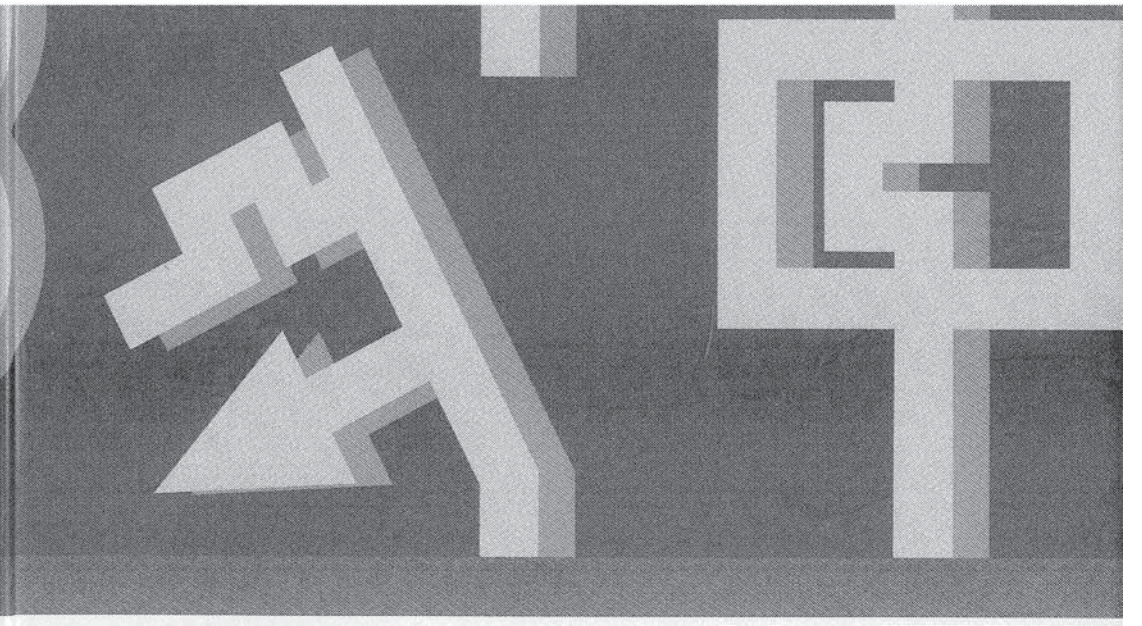


Manual de Baja Tensión

Criterios de selección de aparatos de maniobra e indicaciones para el proyecto de instalaciones y distribución

Con SIRIUS 3R y SIRIUS NET

SIEMENS

Dirección y redacción: Werner Sturm
Traducción:
Traducciones Técnicas*, Ing. Juan B. Horwitz y Asociados, Buenos Aires, República Argentina

Autores	Secciones
Bernd Adam	2.1.1–2.1.5
Willi Böke	3.2.2–3.2.2.1, 3.7.12, 3.7.14, 9.3.6, 9.3.7, 10.4
Gudrun Frank	3.7.13, 6.4
Richard Freitag	3.2.2.2–3.2.2.5, 3.4–3.4.3.2, 3.4.5–3.4.5.2, 3.4.5.4, 3.5–3.5.1
Dieter Fuchs	2.1.6, 3.7.16, 7.1, 10.7, 10.11
Siegbert Gern	8.3.4, 8.3.5, 8.3.8–8.3.8.4, 8.4.5
Michael Gieselmann	3.4.4–3.4.4.2, 3.4.4.4, 3.8
Jorge Guillen	3.4.4.6, 3.4.5.3, 3.4.6, 3.5.2, 10.6.6, 10.6.7
Georg W. Haberl	9.1.2, 10.1, 10.8, 10.11
Harald Heil	3.4.3.3, 10.6–10.6.1, 10.6.3, 10.6.5
Günter Henneberg	3.8
Karl-Heinz Heymer	5
Werner Hörmann	1.3, 1.4, 1.5.3, 1.5.4, 1.5.6, 1.6–1.6.1.3, 10.3
Ralf Jäger	2.1.5, 9.12
Dr. Holger Jansen	1.6.1.4, 1.6.2, 10.2
Hermann Klärner	8.3.6, 8.3.7, 8.4.4, 8.4.6, 8.4.7
Andre Kling	4.1, 4.2–4.2.3, 4.6, 9.5, 9.6
Anton Kohling	1.6.3
Helmuth Kotulla	8.1, 8.2, 8.4–8.4.2
Peter Kreppel	7.4, 7.5, 8.5
Toni Kress	5
Daniela Kümmelmann	3.4.3.6, 9.4–9.4.2
Rolf Müller	1.1, 1.2, 10.12
Roland Nagel	3.1, 3.2–3.2.1.5, 3.3–3.3.4.1, 3.4.3.4, 3.4.3.7, 3.4.4.3, 3.4.4.5, 3.7–3.7.5, 3.8, 9–9.1.1, 9.3–9.3.5, 9.3.8–9.3.11
Antje Platte	1.5.1, 3.3.4.2, 4.7
Klaus Pregizer	8.4.8
Roland Pürner	4.3.6.2, 6.2.2
Eberhard Renner	3.6
Manfred Schäfer	7.3, 8.3–8.3.3, 8.4.3
Heiko Schielzeth	3.7.15
Martin Schubert	6.3
Reinhard Solleder	3.6
Dagmar Solondz	1.5.2, 1.5.5, 6–6.1
Alfred Stang	10.6.2, 10.6.4
Werner Sturm	2–2.1, 10.5–10.5.1, paginas 13–18
Hiltrud Theiss	3.9, 4.3.6–4.3.6.1, 6.2–6.2.1, 9.7
Karin Thiel	9.4–9.4.2
Heinz-Dieter Tietjen	9.11
Detlef Vogel	9.1.3
Hans-Jürgen Wamser	5
Georg Weidner	9.8
Jörg Westerholt	3.4.3.5, 3.7.17, 9.4.3, 9.4.4
Hans Westermann	4.2.4, 4.3.5
Rotburg Wilhelm	4.4, 9.9
Heinz Zipperer	1.1, 1.2, 2.2, 3.7.6–3.7.11, 4.6, 7.2, 9.1.4, 9.2, 10.9, 10.10, 10.12
Josef Zizler	4.3–4.3.4
Achim Züche	4.5, 9.10

Manual de Baja Tensión

Criterios de selección de aparatos de maniobra e indicaciones para el proyecto de instalaciones y distribución

2ª Edición revisada y ampliada, 2000

Publicis MCD Verlag

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Cataloguing-in-Publication-Data
A catalogue record for this publication is available from Die Deutsche Bibliothek

ISBN 3-89578-119-3 (Publicis MCD Verlag)

2ª Edición, 2000

Editor: Siemens Aktiengesellschaft, Grupo Accionamientos y Productos Estándar,
División Aparatos de Maniobra y Sistemas de Baja Tensión, Amberg/Erlangen, República Federal de Alemania.
Editorial: Publicis MCD Verlag, Erlangen y Munich, República Federal de Alemania.
© 1982 by Siemens Aktiengesellschaft, Berlín y Munich, República Federal de Alemania.
© 1997 by Publicis MCD Werbeagentur GmbH, Munich, República Federal de Alemania.
Los derechos de autor de la obra y todas sus partes, están protegidos. Su utilización sin el consentimiento de la editorial fuera de los estrictos límites establecidos por la Ley de Protección Intelectual no está permitida y es punible. Esto rige, en especial, para reproducciones de cualquier índole, traducciones, microfilmaciones, adaptaciones de cualquier otro tipo, así como para el almacenamiento y procesamiento en sistemas electrónicos. Rige asimismo para el uso de grabados individuales y para la reproducción parcial de los textos.

Printed in Germany

Prólogo

El presente manual constituye una herramienta de trabajo para los usuarios de aparatos e instalaciones de maniobra y distribución de baja tensión. Ofrece respuestas concisas y precisas, no sólo a cuestiones básicas, sino también a preguntas técnicas especiales relacionadas con los productos o sistemas. En su redacción se tuvieron en cuenta tanto los diferentes aspectos que interesan al proyectista como los del montador, del operador y del personal de mantenimiento.

Los criterios de selección indicados, así como ejemplos de proyectos, de esquemas y de circuitos eléctricos, permiten conformar soluciones técnica y económicamente óptimas. En los diferentes capítulos se sugieren alternativas técnicas que el profesional puede aplicar en sus proyectos, pero también se le presentan posibilidades para optimizar soluciones ya conocidas.

En la redacción de este libro se tuvo presente su uso práctico y, en consecuencia, contiene frecuentes referencias a los catálogos, aparatos y sistemas de Siemens, así como a las disposiciones, las reglamentaciones y las normas correspondientes. La creciente importancia de la acción conjunta de dispositivos electromecánicos y electrónicos se trata en profundidad, al igual que los temas relacionados con la comunicación y los buses. Además, se señalan soluciones para reducir los costos de montaje, simplificar la operación y facilitar el mantenimiento.

Erlangen, enero de 2000

Siemens Aktiengesellschaft

Contenido

Innovaciones para beneficiar al usuario 13

1 Disposiciones vigentes para aparatos de maniobra de baja tensión y combinaciones de los mismos . . . 19

1.1 Abreviaturas de los organismos de normalización 19

1.2 Aparatos de maniobra de baja tensión. 21
1.2.1 Síntesis de disposiciones, normas y aprobaciones 21
1.2.2 Disposiciones y aprobaciones en los países europeos 24
1.2.3 Disposiciones y aprobaciones en EE.UU., Canadá y Australia 25

1.3 Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas y con homologación parcial 29
1.3.1 Resumen de disposiciones y normas . . . 29

1.4 Protección de personas y bienes materiales 38
1.4.1 Protección contra contacto directo 38
1.4.2 Protección ante contacto indirecto (Protección diferencial). 46
1.4.3 Seguridad por medio del aislamiento de protección. 53
1.4.4 Montaje y conexión de instalaciones de maniobra y distribución 59
1.4.5 Distancias de aislamiento y de fuga . . . 61

1.5 Disposiciones para el equipamiento y normas relevantes 65
1.5.1 Interruptor principal 65
1.5.2 Dispositivos de desconexión de emergencia 66
1.5.3 Aparatos de desconexión ara mantenimiento mecánico 68
1.5.4 Equipamiento eléctrico para máquinas a exportar a otros países 69
1.5.5 Colores para pulsadores, pulsadores luminosos y lámparas de señalización . . 70
1.5.6 Clases de protección por medio de carcasas (Código IP) contra contacto accidental, cuerpos extraños y agua . . . 71

1.6 Condiciones de servicio y del medio ambiente 75
1.6.1 Condiciones normales de servicio 75
1.6.2 Condiciones especiales que se presentan durante el transporte, almacenamiento y servicio 83
1.6.3 Compatibilidad electromagnética 90

2 Datos de la red y clases de servicio 95

2.1 Datos de la red 95
2.1.1 Tensiones y frecuencias nominales. . . . 95
2.1.2 Corrientes de cortocircuito 98
2.1.3 Clases de cortocircuitos. 100
2.1.4 Efectos de la corriente de cortocircuito. . 103
2.1.5 Diagramas para determinar las impedancias y las corrientes de cortocircuito, programa KUBS plus para seleccionar aparatos 104
2.1.6 Influencia de los transformadores y conductores sobre las corrientes de cortocircuito 116

2.2 Clases de servicio 119
2.2.1 Servicio permanente 120
2.2.2 Servicio de breve duración 120
2.2.3 Servicio intermitente 120
2.2.4 Servicio periódico ininterrumpido 122
2.2.5 Servicio ininterrumpido con cambio no periódico de la carga y de la velocidad de rotación 124
2.2.6 Servicio con carga variable. 124

3 Criterios de selección para aparatos de baja tensión en circuitos principales 126

3.1 Condiciones de la red y del servicio . . 126
3.1.1 Tensión asignada y frecuencia de red . . 126
3.1.2 Resistencia a los cortocircuitos y capacidad de ruptura asignadas 127
3.1.3 Corrientes asignadas 128

3.2 Funciones y condiciones de maniobra . 128
3.2.1 Tipos de maniobras. 128
3.2.2 Condiciones para la conexión de componentes de instalaciones 133

3.3 Frecuencia de maniobras y vida útil . . 140
3.3.1 Frecuencia de maniobras admisible . . . 140
3.3.2 Vida útil mecánica 140

3.3.3 Vida útil eléctrica 142
3.3.4 Selección según las categorías de servicio 142

3.4 Protección contra sobreintensidades y sobretemperatura 145
3.4.1 Funciones generales 145
3.4.2 Normas 146
3.4.3 Aparatos de protección 149
3.4.4 Combinaciones de maniobra 165
3.4.5 Protección de los componentes de las instalaciones 175
3.4.6 Selectividad 190

3.5 Aparatos de baja tensión en tecnología de conexión en vacío 203
3.5.1 Contactores en vacío 3TF6 para conectar y proteger motores trifásicos asincrónicos con rotor de anillos rozantes y jaula hasta 1000 V 203
3.5.2 Interruptor automático en vacío 3WS1 . . 204

3.6 Dispositivos de protección contra corrientes de defecto 206
3.6.1 Aplicación de interruptores diferenciales en los distintos sistemas de red 206
3.6.2 Contacto indirecto y directo 208
3.6.3 Medidas preventivas para la protección contra incendios 210
3.6.4 Construcción y modo de funcionamiento 211
3.6.5 Interruptor diferencial (FI) para corrientes de defecto alterna y continua pulsante según la norma DIN VDE 0664 212
3.6.6 Interruptores diferenciales sensibles a corrientes universales para aplicaciones industriales 212
3.6.7 Interruptores diferenciales (FI) selectivos y con retardo breve 216
3.6.8 Capacidad de ruptura asignada y resistencia a los cortocircuitos de los interruptores diferenciales (FI) Siemens 217
3.6.9 Programa de interruptores diferenciales (FI) de Siemens 217
3.6.10 Indicaciones prácticas para la búsqueda de fallas al utilizar interruptores diferenciales (FI) 217

3.7 Condiciones de servicio para el empleo de aparatos de maniobra de baja tensión en circuitos principales 220
3.7.1 Conexión en paralelo y en serie de las vías de corriente 220
3.7.2 Utilización de aparatos de maniobra tetrapolares 221
3.7.3 Influencia de la frecuencia de red y de las armónicas en la función de los aparatos de maniobra 222
3.7.4 Aparatos de maniobra para corriente alterna utilizados en redes de corriente continua 228
3.7.5 Contactores para corriente alterna sinusoidal usados en redes de corriente alterna con onda rectangular 231
3.7.6 Aparatos de maniobra para conexión de condensadores trifásicos 231
3.7.7 Selección de contactores 3RT1 y 3TF según la vida útil de los contactos y categorías de servicio 234
3.7.8 Selección de contactores 3TF y 3TB para servicio de corta duración e intermitente 239
3.7.9 Selección de contactores para motores trifásicos asincrónicos de polos conmutables 242
3.7.10 Selección de contactores 3RT, 3TG, 3TF y 3TK e interruptores cortacircuitos automáticos para conectar lámparas . . . 243
3.7.11 Conexión de transformadores trifásicos hasta 1 000 V con contactores 3RT1 y 3TF 250
3.7.12 Arranque de motores trifásicos asincrónicos 251
3.7.13 Arranque directo de motores trifásicos asincrónicos con arrancadores 3TW 252
3.7.14 Arrancador electrónico de motores SIKOSTART 3RW 254
3.7.15 Contactores electrónicos 3RF1 268
3.7.16 Protección de cortocircuitos y tipos de coordinación en la aplicación de contactores 271
3.7.17 Systema SIMOCODE-DP 272

3.8 Conformación de salidas a consumidores con aparatos de maniobra de la serie SIRIUS 3R 280
3.8.1 Aparatos para salidas a consumidores . . 280
3.8.2 Criterios de selección para los aparatos de las salidas 280
3.8.3 Configuración de salidas convencionales a consumidores 281
3.8.4 Montaje de salidas a consumidores con módulos de conexión 281
3.8.5 Salidas a consumidores 3RA1 armadas en fábrica 283
3.8.6 Salidas a consumidores con capacidad de comunicación 284

3.9 Bornes de conexión 285

4 Criterios de selección para aparatos de maniobra de baja tensión en circuitos auxiliares 288

4.1 Tensiones de accionamiento en circuitos auxiliares 288
4.1.1 Seguridad de contacto con tensiones bajas 288
4.1.2 Medidas a tomar en circuitos auxiliares con tensión inestable 288

4.2 Condiciones de servicio 289
4.2.1 Categorías de servicio según DIN VDE, EN e IEC 289
4.2.2 Particularidades que deben tenerse en cuenta en la selección y el empleo de aparatos de baja tensión en Canadá y EE.UU. 289
4.2.3 Protección contra cortocircuitos en circuitosauxiliares 290
4.2.4 Protección de transformadores de mando contra cortocircuitos y sobrecargas 290

4.3 Condiciones de servicio de aparatos de maniobra de baja tensión en circuitos auxiliares 292
4.3.1 Formas de evitar perturbaciones en circuitos de mando con contactores . . . 292
4.3.2 Circuitos de mando con conductores largos, un diseño correcto evita problemas en el servicio 298
4.3.3 Limitación de sobretensiones en la desconexión de contactores (protección contra sobretensión) 304
4.3.4 Empleo de contactores auxiliares en circuitos de seguridad. 310
4.3.5 Criterios de selección para pequeños transformadores de baja tensión 313
4.3.6 Aplicaciones y selección de interruptores fines de carrera 3SE 327

4.4 Elementos de acoplamiento 337
4.4.1 Elementos de acoplamientos a relé 337
4.4.2 Elementos de acoplamiento optoelectrónicos 338

4.5 Relés de tiempo 341
4.5.1 Relés de tiempo 7PU y 7PR 341
4.5.2 Relés de tiempo SIRIUS 3RP1 343
4.5.3 Indicaciones para el proyecto. 345

4.6 Circuitos de seguridad 346
4.6.1 Seguridad para la protección de personas y máquinas 346
4.6.2 Contactos auxiliares mecánicos de aparatos periféricos y su montaje en circuitos eléctricos de seguridad 347
4.6.3 Circuitos de seguridad para diferentes aplicaciones. 353
4.6.4 Contactores, aparatos de maniobra para circuitos de seguridad. 357
4.6.5 Combinación de seguridad de contactores 3TK28, los peligros se desconectan en forma garantizada 358

4.7 Supervisión de fusibles 362

5 Comunicación 366

5.1 Introducción 366
5.1.1 SIRIUS NET 367
5.1.2 Argumentos técnicos y económicos para aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación 367
5.1.3 Potenciales de ahorro adicionales 368
5.1.4 Perspectivas y tendencias. 369

5.2 Sistemas de buses 369
5.2.1 PROFIBUS-DP 369
5.2.3 PROFIBUS-DP con AS-Interface 373

5.3 Componentes de la AS-Interface 377
5.3.1 Aparatos conectados al PROFIBUS-DP 377
5.3.2 Aparatos conectados a la AS-Interface . . 379

5.4 Compatibilidad entre automatización, accionamientos y aparatos de maniobras 385

6 Aparatos de mando y señalización 386

6.1 Pulsadores y lámparas de señalización 386

6.2 Fines de carrera e interruptores con mando por cable 393
6.2.1 Fines de carrera y fines de carrera de seguridad. 393
6.2.2 Interruptores de seguridad con mando por cable 394

6.3 Detectores de proximidad BERO. . . . 395
6.3.1 Detectores de proximidad inductivos BERO 395
6.3.2 Detectores BERO capacitivos 397
6.3.3 Detectores BERO Sonar (detectores de proximidad por ultrasonido). 397
6.3.4 Opto-BERO (detectores de proximidad ópticos). . . . 400

6.4 Aparatos de maniobra de baja tensión compatibles con señalizaciones y controles electrónicos 401
6.4.1 Accionamiento compatible con el sistema 401
6.4.2 Adaptación del campo de trabajo. 402
6.4.3 Protección contra sobretensiones. 403
6.4.4 Confiabilidad de los contactos 403

7 Manejo y mantenimiento de los aparatos de maniobra 408

7.1 Fijación 408
7.1.1 Medios auxiliares para el montaje 408
7.1.2 Posiciones de servicio 410
7.1.3 Espacios libres necesarios para la expansión de los gases de conexión. 410

7.2 Conexión 411
7.2.1 Técnica de conexión SIGUT 411
7.2.2 Terminales enchufables planos 412
7.2.3 Bornes tipo marco 413
7.2.4 Conexión libre de tornillos 413

7.3 Operación 414
7.3.1 Operación manual 414
7.3.2 Accionamiento motorizado, motorizado con acumulación de energía, magnético . 415

7.4 Medidas para facilitar los trabajos de reemplazo, control y mantenimiento . . 417

7.5 Control y criterios de evaluación del estado de contactos de los contactores de corriente alterna 418

8 Instalaciones de maniobra y de distribución para baja tensión . . . 420

8.1 Generalidades 420
8.1.1 Armario o tablero principal, distribuidor secundario. 420
8.1.2 Formas constructivas 423
8.1.3 Criterios de selección 425

8.2 Instalaciones de maniobra de baja tensión en ejecución estándar 428
8.2.1 Introducción 428
8.2.2 Armarios o tableros SIVACON 433
8.2.3 Armarios SIVACON para subestaciones compactas S con transformador 442

8.3 Sistemas de distribución 446
8.3.1 Sistema de distribución 8 HP en cajas de material aislante 447
8.3.2 Sistema de distribución 8 HU en cajas de chapa de acero 448
8.3.3 Sistemas adaptadores para barras colectoras. 449
8.3.4 Sistema de distribución por barras con revestimiento de material aislante, 8PL (Sistema L) 451
8.3.5 Sistemas de barras 8PU. 453
8.3.6 Sistemas constructivos para montaje de mandos, tipo 8LW y 8LV. 454
8.3.7 Sistemas de armarios 8MF y 8MC para tableros (cuadros) de maniobras, distribución y mandos 458
8.3.8 Distribuidores para instalaciones 462

8.4 Indicaciones para el proyecto de instalaciones de maniobra, distribuciones y mandos de baja tensión 474
8.4.1 Generalidades. 474
8.4.2 Instalaciones de maniobra de baja tensión SIVACON 478
8.4.3 Sistemas de distribución 479
8.4.4 Sistema de unidades de montaje 8LW y 8LV para paneles de mando 480
8.4.5 Distribuidores para instalaciones 480
8.4.6 Climatización para armarios de maniobra y de mando 481
8.4.7 Clases de protección, condiciones climáticas y del medio ambiente 489
8.4.8 Compensación de potencia reactiva . . . 492

8.5 Transformadores de intensidad 512
8.5.1 Formas constructivas 513
8.5.2 Transformadores de intensidad para aplicaciones determinadas 513
8.5.3 Clases de exactitud para transformadores de intensidad 516
8.5.4 Corriente secundaria en transformadores de intensidad 517
8.5.5 Potencia asignada y factor limitador de sobreintensidad en transformadores de intensidad 517
8.5.6 Tensiones en los bornes secundarios de un transformador de intensidad. 519
8.5.7 Criterios de selección para transformadores de intensidad 522
8.5.8 Consumos propios en circuitos de transformadores de intensidad 522

9 Esquemas de conexión básicos . . . 523

9.1 Indicaciones Generales 523
9.1.1 Denominación de los bornes de conexión 523
9.1.2 Símbolos normalizados según la normativa DIN, IEC, ANSI y BS 527
9.1.3 Denominación de equipos eléctricos, conductores y funciones generales 541
9.1.4 Esquemas de conexión 545
9.1.5 Maniobras con contactores 546

9.2 Arranque y parada directos de motores trifásicos. 549
9.2.1 Conexión y desconexión de motores trifásicos 549
9.2.2 Conexión alternativa de motores trifásicos a dos redes diferentes. 550
9.2.3 Arranque secuencial automático de varios motores trifásicos asincrónicos . . 552
9.2.4 Inversión del sentido de giro de motores trifásicos asincrónicos (Inversores de marcha) 554
9.2.5 Motores trifásicos con polos conmutables. 556

9.3 Arranque de motores trifásicos asincrónicos 576
9.3.1 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos, conexión con tres contactores: de red, estrella y triángulo . 576
9.3.2 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos sin pausa en la conmutación 578
9.3.3 Arranque estrella-triángulo en cuatro etapas 581
9.3.4 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos con dos sentidos de giro. 583
9.3.5 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos con compensación de la energía reactiva 586
9.3.6 Arranque de motores trifásicos asincrónicos con SIKOSTART 3RW21 588
9.3.7 Arranques y paradas suaves de motores trifásicos asincrónicos con SIKOSTART 3RW22 589
9.3.8 Arranque suave automático de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula, mediante resistencia en una fase (conexión KUSA) y relé de tiempo. 591
9.3.9 Esquemas de conexión para arranque suave automático de motores trifásicos con rotor jaula, mediante tres resistencias en serie y relé de tiempo 594
9.3.10 Arranque automático de motores trifásicos con rotor bobinado y anillos rozantes 596
9.3.11 Arrancador a tensión reducida con transformadores de arranque con tres bobinados (Conexión Korndörfer). 598

9.4 Esquemas de conexión para la protección de motores. 600
9.4.1 Protección de motores mediante sondas térmicas con coeficiente de temperatura positivo (PTC) 600
9.4.2 Protección de motores con termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC). 606
9.4.3 Relé de sobrecargas electrónico 3RB12 . 608
9.4.4 Aplicación del sistema SIMOCODE-DP con capacidad de comunicación 609

9.5 Esquemas de conexión con controladores o sensores 613
9.5.1 Esquemas de conexión con controladores de la velocidad de rotación 613
9.5.2 Esquemas de conexión con controladores de cintas transportadoras 620
9.5.3 Esquemas de conexión con presostatos en combinación con contactores 622

9.6 Esquemas de conexión con interruptores de posición. 623
9.6.1 Inversión del sentido de rotación de motores con fines de carrera, por ejemplo, para apertura y cierre de puertas 623
9.6.2 Esquemas de conexión con fines de carrera y lámparas de señalización 624

9.7 Esquemas de conexión con bornes para circuitos de medición 626
9.7.1 Esquemas de conexión con bornes de paso seccionables para transformadores . 626
9.7.2 Bornes con interruptor de protección para circuitos auxiliares. 626
9.7.3 Bornes sensor–actuador. 629

9.8 Esquemas de conexión con dispositivos de protección contra corrientes de defecto (Corriente diferencial) 631

9.9 Elementos de acoplamiento. 633

9.10 Esquemas de conexión con relés de tiempo en circuitos auxiliares. 635
9.10.1 Arranque estrella triángulo de motores trifásicos asincrónicos con relé de tiempo, contactores estrella, triángulo y de red. 635
9.10.2 Posibilidades del relé de tiempo 7PR4140 con accionamiento por motor . 637

9.11 Instalaciones de suministro de energía eléctrica de emergencia. . . 638
9.11.1 Conmutación tripolar de servicio normal a servicio de emergencia mediante contactores (con generador de emergencia) . 638
9.11.2 Conmutación de servicio normal a servicio de emergencia, con desconexión tetrapolar de la red de servicio normal, mediante el empleo de dos contactores tripolares 638

9.12 Medios auxiliares para realizar proyectos. 641
9.12.1 Programa de selección para transformadores de control, ASIST-PC 641

10 Apéndice 645

10.1 Fórmulas básicas, parámetros característicos y unidades de la electrotecnia . 645
10.1.1 Fórmulas básicas de la electrotecnia . . . 645
10.1.2 Parámetros característicos y unidades de la electrotecnia según las normas DIN EN, DIN VDE y Publicaciones IEC 646
10.1.3 Diferencias entre las Publicaciones IEC 157-1 e IEC 947-2 648
10.1.4 Símbolos de fórmulas y unidades SI – Sistema Internacional de Unidades (SI) . 649

10.1.5 Conversión de unidades internacionales, británicas y estadounidenses 653

10.2 Valores climáticos, influencias de la temperatura y conducción del calor . . 658
10.2.1 Valores climáticos 658
10.2.2 Influencias de la temperatura y conducción del calor 658

10.3 Intensidad de corriente máxima admisible y protección de cables, conductores y barras colectoras ante sobreintensidades 661
10.3.1 Asignación de dispositivos de protección 662
10.3.2 Máxima intensidad de corriente admisible 668
10.3.3 Intensidad de corriente máxima admisible para conductores aislados en temperaturas ambiente de 30 a 70 °C y asignación de fusibles para protección de conductores según las normas estadounidenses y canadienses 673
10.3.4 Carga térmica admisible en barras colectoras y bornes de conexión 673
10.3.5 Resistencia de conductores de cobre y de aluminio 676

10.4 Corrientes asignadas de motores trifásicos 679

10.5 Transformadores trifásicos de distribución 681
10.5.1 Símbolos y grupos de conexión de transformadores trifásicos de distribución. . . 684

10.6 Características de disparo de interruptores y dispositivos de protección. . . . 685
10.6.1 Curvas características de disparo de interruptores automáticos, interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) y relés de sobrecargas. . . . 685
10.6.2 Curvas características tiempo de fusión – corriente de fusibles (Clases de servicio gL/gG, aM y gR). . . 685
10.6.3 Curvas y características de disparo de los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) 688
10.6.4 Diagramas de limitación de la corriente . 690
10.6.5 Selectividad de fusibles e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) 692
10.6.6 Límites de selectividad entre interruptores automáticos e interruptores termomagnéticos y entre interruptores automáticos 695
10.6.7 Protección de back-up con interruptor . . automático preconectado e interruptor cortacircuitos automático (termomagnético) o interruptor automático posconectado 708

10.7 Corrientes de cortocircuito 714
10.7.1 Amortiguación de las corrientes de cortocircuito por efecto de los conductores y cables 714
10.7.2 Esfuerzos dinámicos de la corriente de cortocircuito 714

10.8 Número de ciclos de maniobras de los aparatos de maniobra con diferentes tiempos de uso por día. . . . 716

10.9 Tensiones y frecuencias de las redes de baja tensión en diferentes países 717

10.10 Directivas de la Comunidad Europea para equipos de baja tensión 721

10.11 Vocabulario técnico resumido 724

10.12 Direcciones postales de diferentes . . . entidades de normalización, de certificación y laboratorios de ensayos 770

10.13 Libros y catálogos relacionados con el tema aparatos de maniobra, instalaciones y distribuciones de baja tensión. 773
10.13.1 Libros 773
10.13.2 Catálogos Siemens 775

Los autores y la editorial elaboraron y comprobaron cuidadosamente todos los textos y grabados de este libro. A pesar de ello, no se descarta que contenga errores. Se excluye cualquier responsabilidad que pueda caber a la editorial o a los autores, cualquiera fuera el fundamento legal, por daños y daños consiguientes que surgieran de la aplicación o utilización de las informaciones dadas en este libro.

Los nombres que se reproducen en este libro pueden ser marcas cuya explotación por terceros para sus fines podría lesionar los derechos de los titulares de las mismas. La editorial tampoco garantiza que las informaciones dadas no estén sujetas a protección de patentes o de modelo de uso.

Las normas mencionadas en el presente libro tienen validez en el o los idioma(s) oficial(es) de sus editores y los títulos de las mismas sœlo se traducen a efectos informativos.

Innovaciones para beneficiar al usuario SIRIUS 3R, SIRIUS NET

Desde hace varias décadas, Siemens es uno de los más importantes fabricantes de aparatos de maniobra y equipamiento que, de manera individual o como parte de combinaciones, son necesarios para la maniobra y protección de consumidores eléctricos o para la distribución de energía eléctrica en redes de baja tensión.

Al perfeccionar estos equipos, siempre se consideró que deben cumplirse y aún superarse las expectativas de los usuarios en relación con sus características esenciales, la vida útil, tanto eléctrica como mecánica y las dimensiones, así como las facilidades para el montaje y el mantenimiento.

La notable concienciación del medio ambiente que el público experimentó, especialmente en la última década se tuvo en cuenta al desarrollar y emplear materiales no contaminantes y de fácil reciclado. Así, se crearon programas de aparatos que adecuaron sus características eléctricas, mecánicas y las dimensiones a estas aplicaciones especiales, particularmente en el campo de los aparatos de maniobra de baja tensión, equipamientos auxiliares y de protección para accionamientos motorizados de la industria moderna.

Los ya conocidos aparatos del programa de productos SIMICONT de Siemens son, con cerca de 30 millones de unidades en servicio, una clara prueba de esta elevada calidad de los desarrollos.

Sobre la base de este desarrollo, ahora se incorporó para la gama de accionamientos de hasta 45 kW una generación completamente nueva de interruptores automáticos, contactores, relés de sobrecarga, contactores auxiliares, elementos de acoplamiento y relés de tiempo, con la denominación genérica SIRIUS 3R.

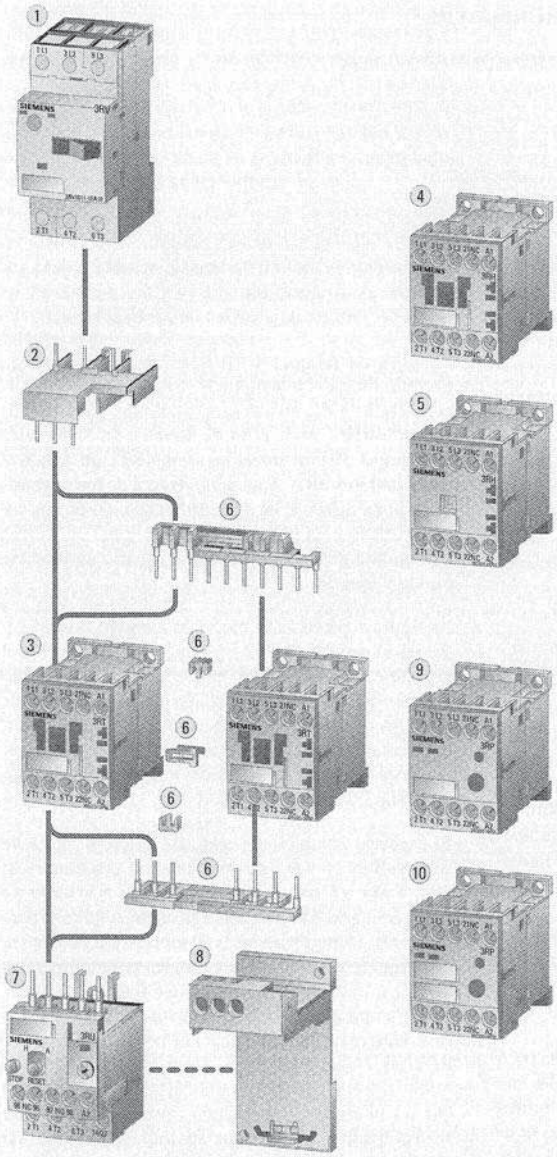
Los nuevos aparatos SIRIUS 3R satisfacen todas las exigencias que en la práctica tienen las aplicaciones, ya sea como aparato individual o módulo en una salida completa para consumidor o para montaje en armarios o tableros de distribución de baja tensión.

La línea de productos SIRIUS 3R está compuesta por interruptores automáticos (guardamotores) 3RV, contactores 3RT, contactores auxiliares y de acoplamiento 3RH y 3RT, relés de sobrecarga 3UR, relés de tiempo 3RP y unidades completas de salida a consumidores 3RA. Una gran ventaja de los aparatos de la línea SIRIUS 3R es la armonización de sus características para una aplicación conjunta en salidas a consumidores que le asegura al usuario un montaje rápido y sencillo.

La figura 1 presenta, a modo de ejemplo, los aparatos básicos de la línea de productos SIRIUS 3R del tamaño constructivo S00, hasta 5,5 kW y el sencillo armado que requiere una salida a consumidor. Los módulos de conexión y cableado ofrecen aquí grandes ventajas. En los circuitos auxiliares y de potencia hasta 12 A se utilizan conexiones por jaula ("Cage clamp") sin tornillos.

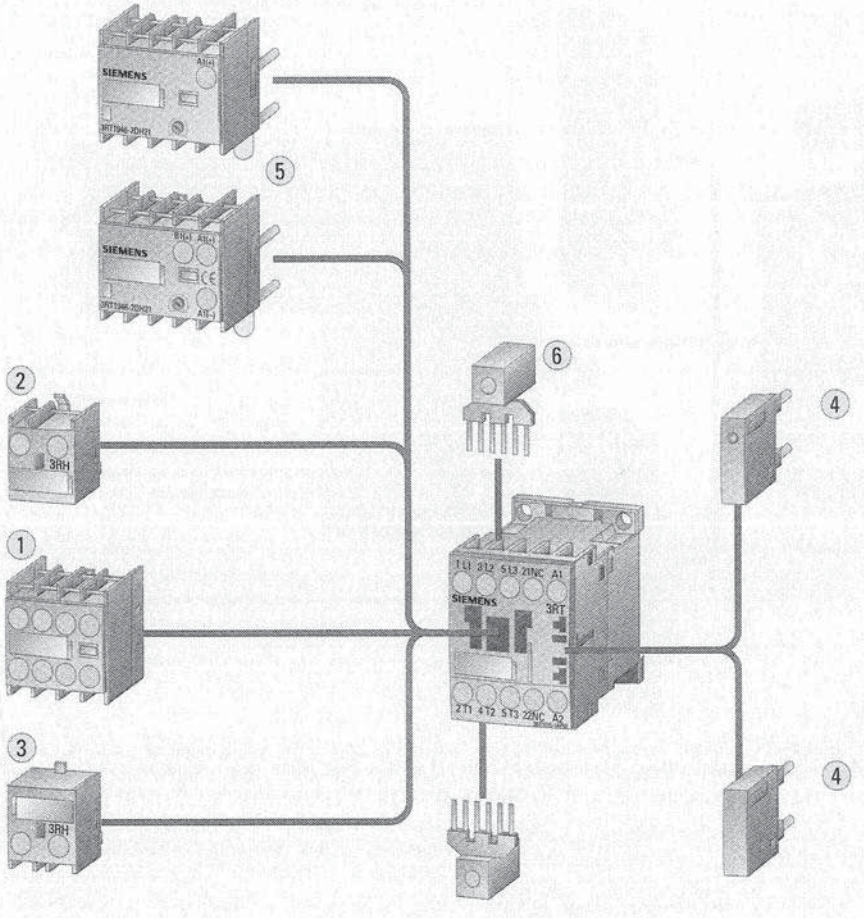
El espectro completo de aparatos SIRIUS 3R se ha subdividido en sólo cuatro tamaños constructivos: S00, hasta 5,5 kW; S0, hasta 11 kW; S2, hasta 22 kW y S3 hasta 45 kW (con tres anchos: 45 mm para S00 y S0, 55 mm para S2 y 70 mm para S3), y posee un conjunto de accesorios comunes para todos estos tamaños. La figura 2 indica de qué forma sencilla se puede ampliar un contactor con sus diversos accesorios. Una eventual modificación posterior de la instalación o control podrá efectuarse simplemente desde el frente. La figura 3 muestra la manera en la que un interruptor automático (guardamotor) puede ser equipado con contactos auxiliares o bobinas de apertura por tensión.

Las salidas a consumidores no requieren de fusibles en ningún caso, debido a que la capacidad de ruptura en cortocircuito (con tensión y frecuencias nominales) de los interruptores automáticos 3RV de 50 ó



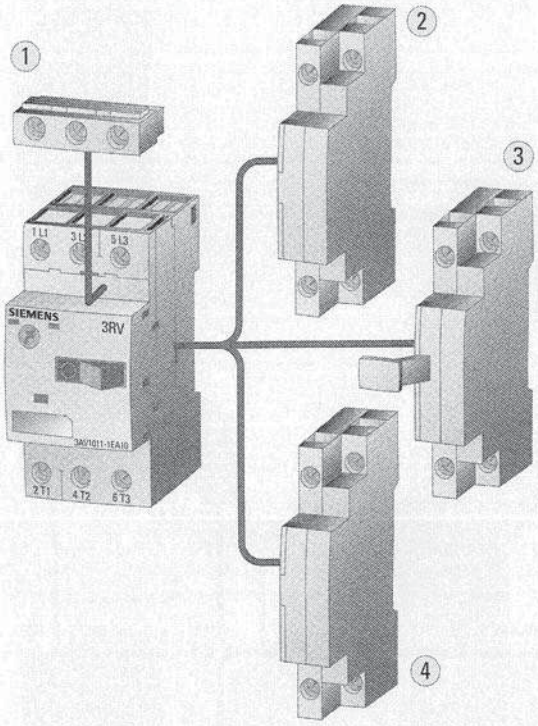
① Interruptor automático 3RV
② Módulo de conexión
③ Contactor 3RT
④ Contactor auxiliar 3RH
⑤ Contactor de acoplamiento 3RH (AS-Interface)
⑥ Módulo de cableado
⑦ Relé de sobrecarga
⑧ Soporte para montaje individual
⑨ Relé de tiempo 3RP (retardo a la conexión)
⑩ Relé de tiempo 3RP (multifuncional)

Figura 1 Aparatos para la salida a consumidores de la línea de productos SIRIUS 3R



① Bloque de contactos auxiliares para obtener contactores con 2 a 8 contactos auxiliares
② Contacto auxiliar superponible, conexión desde arriba
③ Contacto auxiliar superponible, conexión desde abajo
④ Limitador de sobretensiones con y sin LED
⑤ Bloque relé de tiempo electrónico de dos conductores
⑥ Puente paralelo

Figura 2 Montaje de módulos adicionales sobre un contactor 3RT



① Contacto auxiliar
② Disparador por mínima tensión
③ Disparador por mínima tensión con contactos auxiliares adelantados 2NA
④ Disparador por tensión

Figura 3 Montaje de contactos auxiliares y bobinas de apertura por tensión sobre un interruptor automático 3RV

100 kA supera los valores que podrían producirse en caso de cortocircuito en el lugar de montaje de este interruptor.

Con la línea de productos SIRIUS 3R, Siemens ha generado una innovación tecnológica de dimensiones completamente nuevas. Además de parámetros técnicos destacados y características uniformes de los productos, se ha considerado también una confortable integración en la automatización. En una armonización consecuente con las características de los productos de la línea SIRIUS 3R ahora también se suministran los aparatos que, con la denominación genérica SIRIUS NET, posibilitan una acción conjunta directa entre los aparatos de maniobras y la automatización (Figura 4).

El vínculo es la red de campo, que para Siemens es todo un concepto (Figura 5), "PROFIBUS-DP y AS-Interface, dos socios que se complementan de manera ideal".

SIRIUS NET es un concepto integral para los aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación. Este concepto alcanza y vincula todos los grupos de productos dentro de la técnica de aparatos de maniobra de baja tensión, como pulsado-

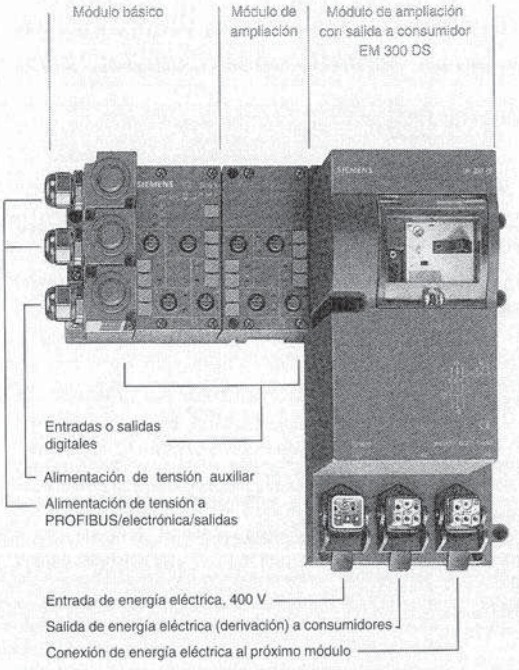


Figura 4
Aparato periférico descentralizado ET 200X con módulo de ampliación y salida a consumidor EM 300 DS como derivación a motor libre de fusibles (arranque directo) en clase de protección IP 65 para conexión a PROFIBUS-DP

res y lámparas de señalización SIGNUM, columnas de señalización, teclados de membrana, interruptores de posición, detectores de proximidad BERO, interruptores automáticos 3WN y los aparatos de maniobra para salidas de consumidores como, por ejemplo, arrancadores de motor con protección de la clase IP 20 e IP 65.

Con el concepto de comunicación SIRIUS NET, todos los aparatos de maniobra de baja tensión se integran sin interrupciones y de manera confortable en la automatización a través de AS-Interface y PROFIBUS-DP.

Las ventajas para el usuario están dadas por los potenciales de ahorro totalmente novedosos tales como, menores costos de cableado y tendido, mejores posibilidades de diagnóstico, mantenimiento preventivo, reducción de los tiempos de parada y de puesta en servicio, así como menores costos de ingeniería.

Todos los aparatos de la línea de productos SIRIUS 3R fueron construidos y probados de acuerdo con las normas vigentes. Cumplen con los requerimientos de la norma alemana DIN VDE 0660, partes 100, 101 y 102, así como con las disposiciones internacionales IEC 947 y las normas NEMA de EE.UU. Además, fueron aprobados por el UL. Por ende, los aparatos SIRIUS 3R se pueden usar en todo el mundo.

En los correspondientes capítulos y secciones del presente libro se describen en detalle los criterios de uso específicos de los diferentes aparatos SIRIUS 3R.

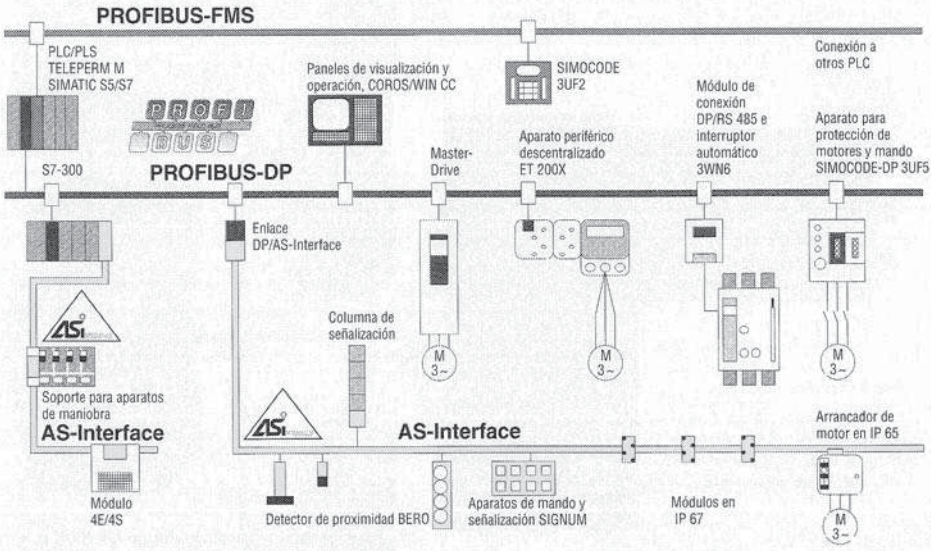


Figura 5 El concepto de Siemens para el bus de la red de campo

1 Disposiciones vigentes para aparatos de maniobra de baja tensión y combinaciones de los mismos

1.1 Abreviaturas de los organismos de normalización

Disposiciones y normas vigentes en la República Federal de Alemania

En la República Federal de Alemania las disposiciones y normas para aparatos de maniobra de baja tensión y sus combinaciones son editadas por:

- ▷ DIN (**D**eutsches **I**nstitut für **N**ormung e. V. – Instituto Alemán para Normalización, Sociedad Registrada) y
- ▷ VDE (**V**erband **D**eutscher **E**lektrotechniker e. V. – Asociación de Electrotécnicos Alemanes, Sociedad Registrada).

Los resultados de los trabajos de normalización en la electrotecnia que contienen determinaciones concernientes a la seguridad técnica se incluyen como normas DIN con una caracterización adicional en el conjunto de disposiciones VDE y al mismo tiempo como Norma Alemana en el conjunto de normas DIN. En ambos casos reciben la denominación común DIN VDE ...

Disposiciones y normas internacionales, regionales y nacionales

En la Tabla 1.1/1 se enumeran las asociaciones técnicas y los laboratorios de ensayos responsables tanto de las disposiciones y normas internacionales como de las regionales y en la Tabla 1.1/2, los organismos encargados de las normas en los respectivos países.

El Comité Europeo para la Normalización en la Electrotecnia (CENELEC) es una asociación de las instituciones de normalización y comités electrotécnicos de los diferentes países europeos.

Las Normas Europeas (EN) y los Documentos de Armonización (HD) aceptados en la normativa del CENELEC responden en la medida de lo posible a las Normas Internacionales publicadas por la IEC.

Todos los países miembro deben incorporar los resultados de los trabajos de normalización europeos, con lo cual éstos se constituyen de inmediato en normas nacionales.

Tabla 1.1/1
Organismos internacionales y regionales responsables de disposiciones y normas:

Abreviatura	Denominación
CEE	International **C**ommission on Rules for the approval of **E**lectrical **E**quipment: Comisión Internacional de Reglas para la Aprobación de Equipos Eléctricos (Los Países Escandinavos las toman, en parte, como base para aparatos de maniobra de baja tensión y corrientes nominales de hasta 63 A).
CEN	**C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation: Comité Europeo de Normalización
CENELEC	**C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation **El**ectrotechnique: Comité Europeo para la Normalización en la Electrotecnia (la sede de la Secretaría General se encuentra en Bruselas)
IEC (CEI)	**I**nternational **E**lectrotechnical **C**ommission (abreviatura en francés: CEI): En la **C**omisión **E**lectrotécnica **I**nternacional (CEI) colaboran todas las naciones industrializadas importantes. Por una parte, las Recomendaciones IEC elaboradas por esta organización se incorporan directamente en la normativa de cada uno de los países; por otra, cuando las instituciones de normalización nacionales no aplican el criterio anterior adaptan sus normas en gran medida a las recomendaciones IEC correspondientes.
ISO	**I**nternational **O**rganization for **S**tandardization: Organización Internacional de Normalización

Tabla 1.1/2
Organismos responsables de las disposiciones y normas en los países respectivos:

Abreviatura	Denominación
ANCE	**A**sociación **N**acional de Normalización y **C**ertificación del Sector **E**léctrico.
ANSI	**A**merican **N**ational **S**tandards **I**nstitute: Instituto Nacional de Normalización (EE. UU.), publica normas y disposiciones para casi todos los campos de la técnica (incluso para electrotecnia). La mayor parte de las normas ANSI correspondientes a los aparatos de maniobra de baja tensión fueron redactadas sobre la base de las normas NEMA y UL.
AS	**A**ustralian **S**tandards: Normas Australianas, en parte, ya fueron ajustadas a las normas IEC.
BIS	**B**ureau of **I**ndian **S**tandard: Oficina de Normas de la India; estas normas, en parte, ya fueron ajustadas a las normas IEC.
BS	**B**ritish **S**tandard: Normas de Gran Bretaña, que en parte, ya fueron ajustadas a las normas IEC.
CCEE	**C**hina **C**ommission for Conformity Certification of **E**lectrical **E**quipment: Comisión para la Certificación de la Conformidad del Equipamiento Eléctrico de China.
CEI	**C**omitato **E**lettrotecnico **I**taliano: Comité Electrotécnico Italiano.
CSA	**C**anadian **S**tandards **A**ssociation: Asociación Canadiense de Normas, que otorga aprobaciones y publica normas.
DEMKO	**D**anmarks **E**lektriske **M**aterielkontrol: Oficina estatal dinamarquesa para control de productos electrotécnicos, publica normas y otorga aprobaciones.
EEMAC	**E**lectrical and **E**lectronic **M**anufactures **A**ssociation **C**anada: Asociación Canadiense de Fabricantes de Productos Electrotécnicos y Electrónicos.
IEEE	**I**nstitute of **E**lectrical and **E**lectronics **E**ngineers: Instituto de Ingenieros Electricistas y de Electrónica de EE.UU.
JEM	**J**apanese **E**lectrotechnical **M**anufacturers Association: Asociación de Fabricantes de Productos Electrotécnicos de Japón.
JIS	**J**apanese **I**ndustrial **S**tandard: Normas industriales japonesas.
KAITECH	**K**orean **A**cademy of **I**ndustrial **Tech**nology: Academia Coreana de Tecnología Industrial.
KEMA	**K**euring van **E**lektrotechnische **Ma**terialen: Entidad Verificadora de Productos Electrotécnicos de los Países Bajos que, entre otros cometidos, realiza aprobaciones de la CSA para fabricantes europeos.
NBN	**N**ormes de l'Institut **B**elge de **N**ormalisation: Normas del Instituto Belga de Normalización.
NEMA	**N**ational **E**lectrical **M**anufacturers **A**ssociation: Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos de EE.UU.
NEMKO	**N**orges **E**lektriske **M**ateriell**ko**ntroll: Oficina Noruega de Control de Productos Eléctricos, publica disposiciones y concede aprobaciones.
NEN	**N**ederlandse **N**orm: Normas de los Países Bajos.
ÖVE	**Ö**sterreichischer **V**erband für **E**lektrotechnik: Asociación Austríaca para la Electrotecnia. Las normas ÖVE en su mayor parte coinciden con las normas DIN VDE e IEC.
SACI	**S**tate **A**dministration of Import and Export **C**ommodity **I**nspection (China): Administración Estatal de la Inspección de Productos de Importación y Exportación de China.
SABS	**S**outh **A**frican **B**ureau of **S**tandards: Oficina de Normas de Africa del Sur.
SASO	**S**audi **A**rabian **S**tandard **O**rganisation: Organización de Normas de Arabia Saudita.
SEMKO	**S**venska **E**lektriska **M**aterielkontrollanstalten: Oficina Sueca de Control de Productos Eléctricos, emite normas y concede aprobaciones.
SEN	**S**venska **E**lektroteksniska **N**ormer: Normas Electrotécnicas Suecas.
SETI	Instituto Verificador de Productos Eléctricos de Finlandia.
SEV	**S**chweizerischer **E**lektrotechnischer **V**erein: Asociación Electrotécnica Suiza.
SII	**S**tandards **I**nstitution of **I**srael: Instituto de Normalización de Israel.
UL	**U**nderwriters' **L**aboratories Inc.: Laboratorio Verificador de la Compañía Aseguradora Nacional contra Incendios de EE.UU. que, entre otros cometidos, realiza ensayos de productos eléctricos y publica las normas correspondientes.
UTE	**U**nion **T**echnique de l'**E**lectricité: Unión Electrotécnica Francesa.

1.2 Aparatos de maniobra de baja tensión

1.2.1 Síntesis de disposiciones, normas y aprobaciones

Los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens y sus combinaciones han sido diseñados, desarrollados, construidos y probados en conformidad con las disposiciones DIN VDE, las normas DIN, los documentos de armonización CENELEC, las normas europeas (EN) y las publicaciones de la IEC correspondientes (Tabla 1.2/1). También cumplen con las normas de seguridad de las Directivas de la Comunidad Europea. Los requerimientos de protección del "Equipamiento de Baja Tensión" quedan definidos por las siguientes disposiciones: NS RL 73/23/EWG del 19/02/1973, EWV RL 89/336/EWG del 03/05/1989 y por la Directiva para Diseños Nuevos 93/68/EWG del 22/07/1993.

La Directiva para Diseños Nuevos 93/68/EWG también determina la marcación de los aparatos. Cada fabricante debe presentar una "Declaración de Conformidad CE" (ver la Sección 1.6.3) para documentar que sus productos cumplen con los requerimientos de una disposición o norma reconocida.

Tabla 1.2/1
Disposiciones para aparatos de maniobra de baja tensión y sus combinaciones

Disposiciones válidas en 1995/1996:		En relación con:	
DIN VDE 0660	Contenido	Publicación **IEC**	Documento de Armonización (HD) de la **CENELEC** o **Norma Europea** (EN)
Disposiciones de orden superior			
Parte 100	Disposiciones generales	947-1	EN 60947-1
Parte 14/9.82	Disposiciones adicionales para ferrocarriles	–	–
Disposiciones:			
Parte 101/7.92	Aparatos de maniobra de baja tensión Interruptores automáticos	947-2	EN 60947-2
Parte 102/7.92	Aparatos de maniobra de baja tensión, contactores electromecánicos y arrancadores de motores	947-4-1	EN 60947-4-1
Parte 107/12.92	Interruptores de potencia, seccionadores, seccionadores bajo carga y unidades interruptor – fusibles.	947-3	EN 60947-3
Parte 109	Contactores semiconductores	158-2	419.2
Parte 114/7.92	Interruptores automáticos de red	947-6-1	EN 60947-6-1
Parte 200	Aparatos de mando y elementos de conexión, aparatos de mando electromagnéticos	947-5-1	EN 60947-5-1
0660 Parte 208/8.86	Interruptores auxiliares, disposición adicional para detectores de proximidad inductivos	947-5-2	pr EN 60947-5-2
0660 Parte 209/1.88	Disposición adicional para interruptores de posición sin contacto utilizados para funciones de seguridad	–	–
0660 Parte 302/2.87	Protección térmica para máquinas eléctricas rotativas: sensores térmicos y disparadores	34-11-2, Sección 1	–
0660 Parte 303/2.87	Protección térmica para máquinas eléctricas rotativas: sensores térmicos PTC y disparadores	34-11-2, Sección 2	–
0660 Parte 500/4.94	Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas y parcialmente homologadas	439-1	DIN EN 60439-1

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 1.2/1
(Continuación)

Disposiciones válidas en 1995/1996:		En relación con:	
DIN VDE	Contenido	Publicación **IEC**	Documento de Armonización (HD) de la **CENELEC** o **Norma Europea** (EN)
0660 Parte 501/2.92	Requerimientos especiales para distribuidores de energía eléctrica en obra	439-4	EN 60439-4
0660 Parte 502/7.93	Requerimientos especiales para distribuidores de barras	439-2	DIN EN 60439-2
0660 Parte 503/7.86	Disposición adicional para armarios de distribución de cables	–	–
0660 Parte 504/4.92	Aparatos de maniobra; combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión; Parte 3: Requerimientos especiales para combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión	439-3	DIN EN 60439-3
0660 Parte 506/10.89	Combinaciones de aparatos de maniobra, cuadros o tableros, conductos de cableado; requerimientos y ensayos	–	–
0660 Parte 507/4.91	Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión: Procedimientos para la determinación del calentamiento por extrapolación de combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión parcialmente homologadas	890	528 S1
0435 Parte 201/5.83	Relés eléctricos, relé de conexión	255-1-00	–
0435 Parte 2021/9.86	Relé con tiempo de respuesta fijo (relé de tiempo); requerimientos y ensayos	–	–
0609 Parte 1/4.94	Material para conexiones: bornes de conexión por tornillo y bornes sin tornillos para conductores eléctricos de cobre	999	DIN EN 60999
0611 Parte 1/8.92	Aparatos de maniobra de baja tensión; Parte 7: Dispositivos auxiliares; Capítulo principal uno: Borneras para conductores de cobre	947-7-1	EN 60947-7-1
0611 Parte 3/11.89	Borneras para conectar o empalmar conductores de cobre; borneras para conductores de protección de hasta 120 mm^2	–	–
0611 Parte 4/2.91	Borneras para conectar o empalmar conductores de cobre; borneras de varios pisos para distribuidores y conductores de hasta 6 mm^2	–	–
0611 Parte 20/12.87	Borneras para conectar o empalmar conductores de cobre para hasta 1000 V C.A. y hasta 1200 V C.C.; ensayo de inflamabilidad y propagación de llamas	–	–
0641 Parte 11/8.92	Interruptor cortacircuitos automático para usos domésticos y aplicaciones similares	898	EN 60898
0641 Parte 2/4.84	Interruptor cortacircuitos automático de hasta 63 A de corriente nominal y 440 V de tensión continua	–	–
0641 Parte 3/4.84	Interruptor cortacircuitos automático de hasta 63 A de corriente nominal y 415 V de tensión alterna y 440 V de tensión continua	–	–

Tabla 1.2/2
Normas y disposiciones vigentes para transformadores de intensidad, de tensión y para fines varios

Normas y disposiciones válidas en 1995/1996:		En relación con:	
DIN VDE	Contenido	Publicación **IEC**[1)]	Documento de Armonización (HD) de la **CENELEC**[1)] o **Norma Europea** (EN)
0414 Parte 1/1.94	Transformador de medida – Transformador de intensidad	IEC 185	HD 553 S2
0414 Parte 2/1.94	Transformador de medida – Transformador de tensión	IEC 186	HD 554 S1
0550 Parte 1/11.87	Disposiciones para transformadores pequeños – Determinaciones generales	–	–
0550 Parte 3/12.69	Disposiciones para transformadores pequeños – Determinaciones especiales para transformadores separadores y de control, así como transformadores de conexión a la red para tensiones superiores a 1000 V	–	–
0550 Parte 4/4.66	Disposiciones para transformadores pequeños – Determinaciones especiales para autotransformadores		
0551 Parte 1/9.89	Transformadores separadores y de seguridad – Requerimientos	IEC 742	DIN EN 60742
0532 Parte 6	Transformadores y bobinas de impedancia	IEC 726	HD 464 S1

[1)] Con respecto a la relación real entre las normas DIN VDE, DIN EN, EN e IEC, cuando se realizan modificaciones nacionales, europeas o internacionales, deben tenerse en cuenta las indicaciones de las normas y disposiciones respectivas

En la República Federal de Alemania, la fabricación de los aparatos de maniobra de baja tensión según las normas DIN VDE, EN e IEC es una responsabilidad propia del fabricante. La calidad de los aparatos queda garantizada por la adopción de métodos de producción de acuerdo con los sistemas internacionales de normas de aseguramiento de la calidad DIN ISO 9000 a DIN ISO 9004 o las EN 29000 a EN 29004.

En la Sección 1.3.1 se encuentran otras disposiciones relacionadas con las combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión.

La Tabla 1.2/2 ofrece un resumen de disposiciones importantes para transformadores de intensidad y tensión, así como otros transformadores de diferente naturaleza. Las normas y disposiciones para fusibles de baja tensión se encuentran en la Tabla 1.2/3.

Los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens pueden ser empleados sin problemas en numerosos países, porque, por lo general, la mayor parte de las normas nacionales ya han sido armonizadas con las Publicaciones IEC; o bien, las normas DIN VDE o las Publicaciones IEC son reconocidas como normas electrotécnicas válidas en esos países.

Debido a la creciente internacionalización y armonización, las normas y disposiciones se adaptan continuamente. Por lo tanto, en caso de duda debe recurrirse siempre a las disposiciones y normas válidas respectivamente.

Las normas y disposiciones de EE.UU. y de Canadá, así como las normas australianas para interruptores de potencia aún difieren considerablemente de las Publicaciones IEC. En dichos países, determinados aparatos de maniobra de baja tensión sólo pueden ser comercializados si con anterioridad han sido aprobados por un laboratorio de ensayos autorizado (ver la Sección 1.2.3).

Para emplear los aparatos de maniobra de baja tensión en las instalaciones eléctricas de buques se deben considerar además las normas de las sociedades clasificadoras navales (Tabla 1.2/4) las que, en parte, exigen ensayos de tipo para aprobar y homologar los aparatos.

Tabla 1.2/3
Normas y disposiciones vigentes para fusibles de baja tensión

Normas y disposiciones válidas en 1995:		En relación con:	
DIN VDE 0636	Contenido	Publicación **IEC**	Documento de Armonización (HD) de la **CENELEC**[1] o **Norma Europea** (EN)
Parte 1	Determinaciones generales	269-1, -2 y -3, 291	EN 60269-1, -2 y 3[2]
Parte 21	Sistema NH; Protección de cables y conductores hasta 1250 A y 500 V~, 400 V ⎓, así como 660 V~	269-2 269-2-1 (I)	EN 60269-2 pr HD 630.2.1 S1
Parte 22	Sistema NH; Fusibles NH para protección de instalaciones de hasta 1250 A y 1000 V~, aM, gTr, gB	269-2 269-2-1 (I)	EN 60269-2 pr HD 630.2.1 S1
Parte 23	Sistema NH; Fusibles NH para protección de semiconductores hasta 1600 A y 3000 V	269-4	pr EN 60269-4
Parte 31	Sistema D; Protección de cables y conductores hasta 100 A y 500 V o 63 A y 660 V~, 600 V ⎓	269-3 269-3-1 (I)	EN 60269-3 pr HD 630.3.1 S1
Parte 33	Sistema D; Fusibles para protección 100 A y 500 V	269-4	pr EN 60269-4
Parte 41	Sistema D0; Protección de cables y conductores hasta 100 A y 380 V~, 250 V ⎓	269-3 269-3-1 (I)	EN 60269-3 pr HD 630.3.1 S1

[1] Las normas EN o pr HD no son congruentes con las DIN VDE.
[2] Las normas EN 60 269-1, -2 y -3 fueron publicadas como DIN VDE 0636, Parte 10, Parte 20 y Parte 30. Las partes de la norma DIN VDE 0636 mencionadas en la primera columna aún no fueron anuladas.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se indica qué aparatos de baja tensión están aprobados por las distintas sociedades clasificadoras navales. (En la Sección 10.12 de la presente publicación se suministran las direcciones de las sociedades clasificadoras.)

1.2.2 Disposiciones y aprobaciones en los países europeos

Las normas de los países nórdicos y de Suiza fueron adaptadas a las de la Comunidad Europea (CE). Como los aparatos de baja tensión para corrientes nominales de menor valor no sólo se utilizan en instalaciones industriales, sino también en instalaciones domiciliares o, por ejemplo, en aparatos electrodomésticos, se deben respetar los requerimientos basados en las disposiciones de la CE.

La obligación legal de homologar los aparatos, la inscripción en los libros correspondientes de los laboratorios de ensayos autorizados que efectuaron las pruebas, aseguran al usuario que el aparato satisface plenamente las normas nacionales y que es adecuado para el uso requerido (las direcciones se suministran en la Sección 10.12).

Los aparatos eléctricos para tensiones superiores a 50 V deben estar aprobados en los países del Este de Europa (República Checa, Eslovaquia, Hungría y Polonia); en cambio, aunque no exista una obligación legal de proveerlos con un sello de aprobación, el mismo puede aplicarse. En Rusia rige la obligación legal de ensayar los aparatos importados según las disposiciones GOST. Los certificados requeridos podrán obtenerse en el GOST en Moscú o en la Oficina DIN GOST TÜV en Berlín-Brandenburgo, Alemania (las direcciones se indican en la Sección 10.12 de la presente publicación).

Tabla 1.2/4
Sociedades clasificadoras navales

Abreviatura	Denominación
ABS	**A**merican **B**ureau of **S**hipping: Sociedad clasificadora naval, país de origen EE.UU.
BV	**B**ureau **V**eritas: Sociedad clasificadora naval, país de origen Francia
DNV	**D**et **N**orske **V**eritas: Sociedad clasificadora naval, país de origen Noruega
GL	**G**ermanischer **L**loyd: Sociedad clasificadora naval, país de origen República Federal de Alemania
LRS	**L**loyd's **R**egister of **S**hipping: Sociedad clasificadora naval, país de origen Gran Bretaña
PRS	**P**olski **R**ejestre **S**tatkow: Sociedad clasificadora naval, país de origen Polonia
RINA	**R**egistro **I**taliano **N**avale: Sociedad clasificadora naval, país de origen Italia
USSR	**USSR-R**egister of Shipping: Sociedad clasificadora naval, país de origen ex URSS
ZC	China **C**lassification Society: Sociedad clasificadora naval, país de origen China

1.2.3 Disposiciones y aprobaciones en EE.UU., Canadá y Australia

Las disposiciones ANSI, NEMA y UL en EE.UU., así como las CSA en Canadá y las AS para interruptores automáticos en Australia son casi idénticas entre sí. Sin embargo, se diferencian de las normas DIN EN (Disposiciones VDE) y de las Publicaciones IEC.

Para el desarrollo y la construcción de los aparatos de Siemens se tienen en cuenta las normas UL y CSA, así como las AS para interruptores automáticos, en la medida en que esto sea aceptable desde un punto de vista económico.

Sólo en algunos pocos casos Siemens necesita suministrar aparatos de maniobra para baja tensión con una ejecución especial para que puedan satisfacer requerimientos especiales de UL y CSA o, en parte, disposiciones de AS.

En Canadá es obligatoria la aprobación de todos los aparatos de baja tensión; en Australia, sólo la requieren los interruptores automáticos. La ley impone, por regla general, la obligación de utilizar sólo aparatos probados y autorizados por un organismo verificador reconocido en la mayoría de los Estados Federados de EE.UU. Como ejemplo cabe mencionar, UL, el Laboratorio de Ensayos independiente de mayor renombre de este país. En los últimos años, UL también acepta los protocolos de ensayos realizados en los laboratorios acreditados de Siemens como base para homologar los aparatos de maniobra para baja tensión.

Las tablas 1.2/5 a 1.2/7 ofrecen un resumen de los diversos procedimientos para la aprobación u homologación de aparatos por UL o CSA. El sello de conformidad obligatorio del organismo verificador sólo podrá aplicarse a los aparatos de baja tensión una vez que éstos hayan aprobado los ensayos correspondientes y cuenten con la debida autorización de CSA o UL. La producción de aparatos caracterizados con el logotipo de UL o CSA es controlada regularmente por inspectores de dichas organizaciones que, de esta manera, garantizan que los aparatos cumplen en todos sus términos las normas en cuestión.

Teniendo en cuenta los usos imperantes en la construcción de cuadros o instalaciones de maniobra y los conceptos de seguridad en estos países, es que UL y CSA hacen diferencias básicas entre los interruptores automáticos y los demás aparatos de maniobra para baja tensión utilizados en la industria. Las diferencias conciernen tanto a las disposiciones y normas válidas como a los controles posteriores (control de producción). También se considera la colocación del sello de conformidad en los interruptores automáticos ("Identificación o Label" especial) y las diversas posibilidades de empleo del aparato. Así, según el NEC (**N**ational **E**lectrical **C**ode), todos los aparatos de baja tensión en instalaciones industriales deberán tener preconectado un dispositivo de protección contra cortocircuitos, por ejemplo, fusibles o interruptores automáticos ("Circuit Breaker"). Los interruptores que deban asumir funciones de protección en caso de cortocircuito también deberán tener indicada la capacidad de ruptura – expresado en kA – haber aprobado los ensayos correspondientes a la capacidad de ruptura y tener distancias de fuga y disruptivas mayores que los aparatos de baja tensión para aplicaciones industriales.

Representantes de los comités de normas UL, CSA e IEC elaboran en la actualidad una armonización de las normas correspondientes.

Tabla 1.2/5
Aprobaciones de aparatos de maniobra de baja tensión como "Industrial Control Equipment" (Equipamiento de control industrial) de acuerdo con disposiciones CSA y UL. (Los aparatos de maniobra de baja tensión para la industria son, por ejemplo, aparatos de mando así como, en especial, todos los aparatos para conectar y proteger motores contra sobrecargas).

País	Canadá	Estados Unidos	
Laboratorio de ensayos autorizado (Comisionado por el estado o privado y reconocido en forma legal)	CSA (Canadian Standards Association)[1] representada en Europa por KEMA (Arnheim, Países Bajos)	UL (Underwriter's Laboratories)[1] representada en Europa por KEMA (Arnheim, Países Bajos)	
Procedimiento para la aprobación	Obligación general de utilizar aparatos aprobados: "Certified Industrial Control Equipment"	Obligación general de utilizar aparatos aprobados, se diferencia entre dos clases: "*Listed* Industrial Control Equipment"	"*Recognized* Component Industrial Control Equipment"
Disposiciones válidas	Norma C22.2 CAN/CSA N° 14: "Industrial Control Equipment"	UL 508: "Industrial Control Equipment" (Sin limitaciones)	UL 508: "Industrial Control Equipment" (en parte con limitaciones)
Campo de aplicación de la aprobación	Aparatos autorizados para: – montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres. – la venta unitaria en Canadá	Aparatos autorizados para "field wiring" ("factory wiring" está incluido), es decir, para: – montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres. – la venta unitaria en EE.UU.	Aparatos autorizados como módulos para "factory wiring", es decir, para: – montaje en equipos que personal capacitado técnicamente cablea completamente en fábrica o en talleres y que, además, fue seleccionado por personal calificado de acuerdo con las condiciones de uso.
Sello de conformidad	Los aparatos deben tener impreso el logotipo ⓒⓔ en su placa de características	Los aparatos deben tener impresa la "Listing Mark" Ⓤ en su placa de características	Los aparatos podrán tener impreso el logotipo 𝔘𝔏 en su placa de características (La autorización tendrá validez aunque el aparato carezca de este símbolo)
Registro (Libros de registro, tarjetas de autorización, informes)	Registro en la "List of Certified Electrical Equipment" (CSA extiende "Certification Records" en los que constan los números de "Guide" y de "File")	Registro en el "Electrical Constructions Materials Directory" (verde) (UL extiende "Guide cards" (blancas) en las que constan los números de "Guide" y de "File")	Registro en el "Recognized Component Directory" (amarillo) (UL extiende "Guide cards" (amarillas) en las que constan los números de "Guide" y de "File")
Controles regulares (Inspecciones en las fábricas)	Los inspectores de la CSA realizan regularmente el "Re-Examination Service" en la planta del fabricante (La verificación visual puede realizarse, en parte, varias veces por año)	Los inspectores del UL realizan regularmente el "Follow-up Service" de tipo R en la planta del fabricante (Verificaciones visuales cuatro veces por año)	

[1] Entre el UL y CSA existe un acuerdo ("Memorandum of Understanding" – 7/89) de mutuo reconocimiento. Estas organizaciones extienden autorizaciones válidas tanto en Canadá como en EE.UU. En este caso, el UL otorga la autorización C-Ⓤ o la C-𝔘𝔏. Estas autorizaciones con los símbolos C aún no gozan de una aceptación amplia entre los clientes canadienses

Tabla 1.2/6
Aprobaciones de interruptores automáticos ("Circuit Breaker") de acuerdo con disposiciones CSA y UL.
(Interruptores automáticos: apropiados, en especial, para la protección contra cortocircuitos con una capacidad de ruptura nominal mínima de 10 kA).

País	Canadá	Estados Unidos
Laboratorio de ensayos autorizado (Comisionado por el estado o privado y reconocido en forma legal)	CSA (Canadian Standards Association), representada en Europa por KEMA (Arnheim, Países Bajos)	UL (Underwriter's Laboratories), representado en Europa por KEMA (Arnheim, Países Bajos)
Procedimiento para la aprobación	Obligación general de utilizar aparatos aprobados: "Certified Circuit Breakers"	La aprobación del UL tiene un amplio reconocimiento legal, "Listed Molded-Case Circuit Breakers"
Disposiciones válidas	Norma C22.2 CSA N° 0: "General Requirements – Canadian Electrical Code, Parte II" Norma C22.2 CSA N° 5.1: "Molded-Case Circuit Breakers" Norma C22.2 CSA N° 65: "Construction and Test of Wire Connectors"	UL 489: "Molded- Case Circuit Breakers y Circuit Breaker Enclosures" UL 486: "Wire Connectors and Soldering Lugs"
Campo de aplicación de la aprobación	Aparatos autorizados para: "field wiring", es decir, para: – montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres. – la venta unitaria en Canadá	Aparatos autorizados para "field wiring" es decir, para: – montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres. – la venta unitaria en EE.UU.
Sello de conformidad "Identificación o Label Especial"	Los aparatos tienen, además, de su placa de características, una "Identificación o Label Especial" que contiene el monograma CSA, el N° de la autorización y un número de registro correlativo	Los aparatos tienen, además, de su placa de características, una "Identificación o Label Especial" que contiene el logotipo UL y un número de registro correlativo. Esta "Identificación" es entregada por el UL
Registro (Libros de registro, tarjetas de autorización, informes)	Registro en la "List of certified Electrical Equipment" (CSA extiende "Certification Records" en los que constan los números de "Guide" y de "File")	Registro en el "Electrical Constructions Materials Directory" (verde) (UL extiende "Guide cards" (blancas) en las que constan los números de "Guide" y de "File")
Controles regulares (Inspecciones en las fábricas)	Los inspectores de la CSA realizan regularmente el "Label Service" en la planta del fabricante (Programa de pruebas anual exactamente definido, análogo al del ensayo de recepción)	Los inspectores del UL realizan regularmente el "Follow-up Service" de tipo L en la planta del fabricante (Verificación de la calibración y hasta cuatro veces por año un programa de pruebas anual exactamente definido, análogo al del ensayo de recepción)

Tabla 1.2/7
Aprobaciones de transformadores de acuerdo con disposiciones CSA y UL.

País	Canadá	Estados Unidos
Laboratorio de ensayos autorizado (Comisionado por el estado o bien privado y reconocido en forma legal)	CSA (Canadian Standards Association), representada en Europa por KEMA (Arnheim, Países Bajos)	UL (Underwriter's Laboratories), representado en Europa por KEMA (Arnheim, Países Bajos)
Procedimiento para la aprobación	Obligación general de utilizar aparatos aprobados	La aprobación del UL tiene un amplio reconocimiento legal
Disposiciones válidas	Norma C22.2 CSA N° 0: "General Requirements – Canadian Electrical Code, Parte II" Norma C22.2 CSA N° 66: "Specialty Transformers"	Norma estadounidense UL 506: "Specialty Transformers" UL 1561: "Dry-Type General Purpose Power Transformers"
Campo de aplicación de la aprobación	Aparatos autorizados para: "field wiring", es decir, para: montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres. la venta unitaria en Canadá	Aparatos autorizados para "factory wiring" es decir, para: montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres.
Registro (Libros de registro, tarjetas de autorización, informes)	Registro en la "List of certified Electrical Equipment" (CSA extiende "Certification Records" en los que constan los números de "Guide" y de"File")	Registro en el "Recognized Component Directory" (UL extiende "Guide cards" (amarillas) en las que constan los números de "Guide" y de "File")
Controles regulares (Inspecciones en las fábricas)	Los inspectores de la CSA realizan regularmente el "Label Service" en la planta del fabricante (Programa de pruebas anual exactamente definido, análogo al del ensayo de recepción)	Los inspectores del UL realizan regularmente el "Follow-up Service" de tipo R en la planta del fabricante (Verificación de la calibración y hasta cuatro veces por año un programa de pruebas anual exactamente definido, análogo al del ensayo de recepción)

1.3 Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas y con homologación parcial

Para diseñar combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión es indispensable conocer las normas y disposiciones concernientes. Las exigencias concretas en lo referente a la aplicación y comprobación del cumplimiento de "las reglas técnicas reconocidas" se especifican en las disposiciones legales respectivas, en Alemania, por ejemplo, en:

- ▷ la Ley de Economía Energética (2º Decreto de Aplicación)
- ▷ la Ley de Seguridad de Aparatos y
- ▷ las Disposiciones para la Prevención de Accidentes de las asociaciones profesionales, en especial las disposiciones para "Instalaciones Eléctricas y Materiales para el Servicio" (abreviatura alemana: VBG 4) y
- ▷ en el Reglamento para Lugares de Trabajo

De esta legislación se derivan obligaciones claras para documentar las reglas técnicas observadas, por ejemplo, en los catálogos, en las placas de características y toda otra documentación concerniente.

Antes de comenzar un diseño es necesario aclarar, qué disposiciones y normas se deberán tener en cuenta. Esto es indispensable, porque sólo así pueden describirse exactamente las exigencias que las combinaciones de aparatos deben cumplir en la aplicación prevista.

1.3.1 Resumen de disposiciones y normas

Determinaciones, requerimientos, normas para ensayos, etc., para

- ▷ la construcción,
- ▷ el equipamiento y
- ▷ el montaje

de instalaciones de maniobra y distribución de baja tensión se encuentran resumidas en las disposiciones y normas nacionales, regionales (normas europeas y documentos de armonización) e internacionales correspondientes.

Para facilitar al proyectista el empleo de las normas DIN VDE, ordenadas por productos, es conveniente separarlas en diferentes categorías:

- ▷ Normas constructivas,
- ▷ Normas fundamentales
- ▷ Normas para el equipamiento y
- ▷ Normas de montaje

Adicionalmente, existen diversas normas DIN que son relevantes para las combinaciones de aparatos de maniobra como, por ejemplo, la norma DIN 40705 (IEC 446).

1.3.1.1 Normas constructivas

Las normas constructivas contienen estipulaciones y requerimientos para la fabricación de aparatos de maniobra o combinaciones de los mismos, es decir, para instalaciones de maniobra y distribución, las que incluyen también las disposiciones para los ensayos a efectuar.

Las normas constructivas que son satisfechas por cada tipo y forma constructiva de las combinaciones de aparatos de maniobra SIEMENS se indican en los catálogos correspondientes de la empresa.

Las principales normas constructivas son:

DIN VDE 0160[1]	"Normas para el equipamiento de instalaciones de potencia con componentes electrónicos"
Normas de la serie:	
DIN EN 60947 (VDE 0660)	"Aparatos de maniobra para baja tensión"
DIN EN 60439-1 (VDE 0660 Parte 500): 04.94	"Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión" Parte 1: Combinaciones homologadas y con homologación parcial
Publicación IEC 439-1: 1992 Con Enmiendas 1 y 2	"Low-voltage switchgear and controlgear assemblies", Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies,
BS EN 60439-1 (Gran Bretaña)	Idéntica a la norma EN 60439-1:94 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies, Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies,
NF EN 60439-1 (Francia)	Idéntica a la norma EN 60439-1:94 Ensembles d'appareillage à basse tension – Première partie: Règles pour les ensembles de série et les ensembles dérivés de série,

[1] Norma europea DIN VDE 50 178 (DIN VDE 0160)

NEMA-ICS 2 (EE.UU.) "Normas para equipos industriales de control, regulación y conjuntos de dispositivos" (Standards for industrial control devices, controllers and assemblies)

La norma DIN EN 60439-1 (VDE 0660, Parte 500) no sólo se aplica para combinaciones de aparatos de maniobra en general, también es válida como norma grupal para "combinaciones de aparatos de maniobra especiales". En esta denominación quedan comprendidos, por ejemplo, los distribuidores de barras o tableros de distribución que pueden ser operados por personas sin conocimientos técnicos.

Para estas combinaciones de aparatos de maniobra especiales, además de la mencionada norma grupal también rigen las siguientes normas adicionales:

DIN EN 60439-2 (VDE 0660 Parte 502): 07.93 "Aparatos de maniobra; Combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión; Parte 2: Requerimientos especiales para distribuidores de barras",

DIN EN 60439-3 (VDE 0660 Parte 504): 10.94 "Aparatos de maniobra; Combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión; Parte 3: Requerimientos especiales para aparatos de maniobra para baja tensión a cuya operación tienen acceso personas sin conocimientos técnicos – Tableros de distribución",

DIN EN 60439-4 (VDE 0660 Parte 501): 02.92 "Aparatos de maniobra; Combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión; Parte 3: Requerimientos especiales para distribuidores de energía eléctrica para obra"

Para completar la información se mencionan también las siguientes normas que en Alemania se aplican a las combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión:

DIN VDE 0603 "Tableros de distribución y tableros para contadores de hasta 250 V contra tierra",

DIN VDE 0660-503: 06.86 Aparatos de maniobra; Combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión; Disposición adicional para armarios de distribución de cables,

DIN VDE 0660-505: 07.90 Aparatos de maniobra; Combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión; Disposiciones para cajas de conexión particulares y cajas de fusibles.

Las instalaciones de maniobra y las distribuciones descriptas en los catálogos de Siemens cumplen con las normas siguientes:

- DIN EN 60439-1 (DIN VDE 0660, Parte 500): 04.94,
- Publicación IEC 439-1, edición 1992 y Complemento 1993,

y, en parte, observan también los requerimientos de la norma DIN VDE 0660 Parte 504.

Se suministran como combinaciones de aparatos de maniobra homologadas listas para ser conectadas. Para armar combinaciones de aparatos de maniobra homologadas o con homologación parcial en talleres o en el lugar de instalación se tienen a disposición conjuntos montados, módulos, cajas, armarios vacíos y aparatos de maniobra.

Para el desarrollo, la construcción y la fabricación de las combinaciones de aparatos de maniobra homologadas se consideraron, siempre que fue económicamente aceptable, las principales prescripciones nacionales de otros países (por ejemplo, distancias según NEMA).

La Publicación IEC 439-1 es, en parte, idéntica a la DIN EN 60439-1 (VDE 0660 Parte 500), pero se encuentra en proceso de actualización. Una vez que se disponga de la nueva norma se adecuará la norma europea (EN).

Las diferencias entre las combinaciones de aparatos de maniobra homologadas o con homologación parcial descriptas en la norma DIN EN 60439-1 (VDE 0660, Parte 500), y en la Publicación IEC 439-1 no implica separar las combinaciones de aparatos de maniobra en dos clases de distinta calidad. Ambas ejecuciones son equivalentes.

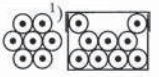
La diferencia entre estas combinaciones de aparatos radica, en primera línea, en el tipo y el volumen de las pruebas a efectuar. Los ensayos a los que se someten las combinaciones de aparatos con homologación parcial tienen las siguientes simplificaciones:

- La demostración del cumplimiento de los requerimientos de calentamiento se puede realizar mediante cálculo.
- El ensayo de aislamiento para comprobar la rigidez dieléctrica puede reemplazarse por la comprobación de la resistencia de aislamiento requerida.

Tabla 1.3/1

Intensidad de corriente máxima admisible, protección ante sobrecarga y cortocircuito de conductores aislados en las combinaciones de aparatos de maniobra con homologación parcial considerando una temperatura ambiente alrededor del conductor de 35 °C (por ejemplo, tendido en bandejas portacables abiertas), temperatura de servicio admisible 70 °C.

Los valores consignados en las tablas pueden transformarse en los correspondientes a servicio de breve duración o intermitente. En el capítulo 14.2.1 del libro "Instalaciones Eléctricas" de Siemens se suministra la información necesaria para realizar estas transformaciones. Para el caso de servicio intermitente también puede aplicarse la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) Anexo C2.

Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	 [1]											
Sección del conductor q	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]
mm^2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0,5	6	6	20	90	8	6	20	120	8	6	20	120
0,75	8	6	20	120	8	6	20	120	8	6	20	120
1	8	6	20	120	8	6	20	120	8	6	20	120
1,5	12	10	25	188	12	10	25	180	12	10	25	180
2,5	17	16	32	255	20	20	35	300	20	20	35	300
4	22	20	35	330	25	25	40	375	25	25	40	375
6	28	25	40	420	32	32	50	480	32	32	50	480
10	38	35	63	570	48	40	80	720	50	50	100	750
16	52	50	100	780	64	63	125	960	65	63	125	975
25					85	80	160	1275	85	80	200	1275
25					104	100	200	1560	115	100	250	1725
50					130	125	250	1950	150	125	250	2250
70					161	160	315	2415	175	160	315	2625
95					192	160	315	2880	225	200	400	3375
120					226	200	400	3390	250	250	500	3750
150					275	250	500	4125	275	250	500	4125
185					295	250	500	4425	350	315	630	5250
240					347	315	630	5205	400	40	800	6000
300					400	400	800	6000	460	4000	800	6900

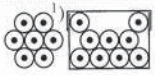
[1] En este caso el tendido podrá ser arbitrario, los valores indicados se refieren a un grupo de numerosos conductores con 6 por los que circula simultáneamente el 100 % de la carga admisible.

[2] Disparador electromagnético por sobreintensidad sin retardo

Debido a que los cálculos no permiten reconocer los puntos de concentración de calor, el fabricante no puede asumir la responsabilidad al seleccionar la sección de los conductores. En consecuencia, los conductores deberán tener la sección indicada en la norma DIN VDE 0660, Parte 507 (Ver también las tablas 1.3/1 y 1.3/2 a y b que fueron elaboradas sobre la base de la mencionada norma para facilitar el trabajo del usuario).

Tabla 1.3/2a
Intensidad de corriente máxima admisible, protección ante sobrecarga y cortocircuito de conductores aislados en las combinaciones de aparatos de maniobra homologadas considerando una temperatura ambiente alrededor del conductor de 55 °C (por ejemplo, tendido en armarios cerrados), temperatura de servicio admisible 70 °C.

Los valores consignados en las tablas pueden transformarse en los correspondientes a servicio de breve duración o intermitente. En el capítulo 14.2.1 del libro "Instalaciones Eléctricas" de Siemens se suministra la información necesaria para realizar estas transformaciones. Para el caso de servicio intermitente también puede aplicarse la norma DIN EN 60 204-1 (VDE 0113, Parte 1) Anexo C2.

Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	 [1]											
Sección del conductor q	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]
mm^2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0,5	4	4	16	60	5	4	16	75	6	6	20	90
0,75	5	4	16	75	6	6	20	90	6	6	20	90
1	6	6	20	90	6	6	20	90	6	6	20	90
1,5	8	6	20	120	8	6	20	120	8	6	20	120
2,5	11	10	25	120	12	10	25	180	12	10	25	180
4	14	10	25	210	18	16	32	270	20	20	35	300
6	18	16	32	270	23	20	35	345	25	25	40	375
10	25	25	40	375	31	25	40	465	32	32	50	480
16	34	32	50	510	42	40	80	630	50	50	100	750
25					55	50	100	835	65	63	125	975
35					67	63	125	1005	85	80	160	1275
50					85	80	160	1275	115	100	200	1725
70					105	100	200	1575	149	125	250	2235
95					125	125	250	1875	175	160	314	2625
120					147	125	250	2205	210	200	400	3150
150					167	160	315	2505	239	200	400	3585
185					191	200	315	2865	273	250	500	4095
240					225	200	400	3375	322	315	630	4830
300					260	250	500	3900	371	315	630	5565

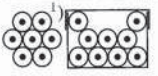
[1] En este caso el tendido podrá ser arbitrario, los valores indicados se refieren a un grupo de numerosos conductores con 6 por los que circula simultáneamente el 100 % de la carga admisible.
[2] Disparador electromagnético por sobreintensidad sin retardo

Nota

Las correlaciones indicadas en las tablas también pueden emplearse para las combinaciones de aparatos de maniobra homologadas. En la tabla 10.1/11, sección 10.1.5 se suministra una comparación de las secciones en mm^2 con los correspondientes valores según AWG, MCM o SWG.

Tabla 1.3/2b
Intensidad de corriente máxima admisible, protección ante sobrecarga y cortocircuito de conductores aislados en las combinaciones de aparatos de maniobra con homologación parcial considerando una temperatura ambiente alrededor del conductor de 50 °C (por ejemplo, tendido en armarios cerrados), temperatura de servicio admisible 70 °C.

Los valores consignados en las tablas pueden transformarse en los correspondientes a servicio de breve duración o intermitente. En el capítulo 14.2.1 del libro "Instalaciones Eléctricas" de Siemens se suministra la información necesaria para realizar estas transformaciones. Para el caso de servicio intermitente también puede aplicarse la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) Anexo C2.

Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	 [1]											
Sección del conductor q	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]	Intensidad de corriente máxima admisible y ajuste del relé de sobrecarga (disparador *a*)	Protección contra sobrecargas por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de fusible, interruptor cortacircuitos automático	Protección contra cortocircuitos por medio de interruptor automático (disparador *n*)[2]
mm^2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0,5	5	4	16	75	6	6	20	90	8	6	20	120
0,75	6	6	20	90	8	6	20	120	8	6	20	120
1	8	6	20	120	8	6	20	120	8	6	20	120
1,5	10	10	25	150	12	10	25	180	12	10	25	180
2,5	13	10	25	195	16	16	32	230	20	20	35	300
4	17	16	32	255	21	20	35	315	25	25	40	375
6	22	20	35	330	27	25	40	405	32	32	50	480
10	29	25	40	435	37	35	63	555	50	50	100	750
16	39	35	63	585	49	40	80	735	65	63	125	975
25	52	50	100	780	65	63	125	975	85	80	160	1275
35	63	63	125	945	79	63	125	1185	112	100	200	1680
50	79	63	125	1185	99	80	160	1485	141	125	250	2115
70	98	80	160	1470	123	100	200	1845	174	160	315	2610
95	117	100	200	1755	146	125	250	2190	207	200	400	3105
120	138	125	250	2070	172	160	315	2580	248	200	400	3720
150	156	125	250	2340	196	160	315	2940	275	250	500	4125
185	179	160	315	2685	224	200	400	3360	318	315	630	4770
240	211	200	400	3165	264	250	500	3960	375	315	630	5625
300	243	200	400	3645	304	250	500	4560	460	400	800	6900

[1] En este caso el tendido podrá ser arbitrario, los valores indicados se refieren a un grupo de numerosos conductores con 6 por los que circula simultáneamente el 100 % de la carga admisible.
[2] Disparador electromagnético por sobreintensidad sin retardo

Para "cableado suelto", por ejemplo, en el sistema 8LW, deben emplearse los valores de las columnas 2 a 5. Los cables de varios conductores que se emplean en las combinaciones de aparatos de maniobra homologadas (por ejemplo, alimentación de tomacorrientes para mantenimiento o iluminación del armario, pueden seleccionarse según las columnas 6 a 9 de las tablas 1.3/2a y 1.3/2b.

Los cables con la sección indicada en la columna 1 de las tablas tienen una protección correcta contra sobrecargas, si los dispositivos de protección tienen una corriente nominal o de ajuste que no sobrepase los valores indicados en las columnas 2/3, 6/7 ó 10/11.

Las secciones indicadas en las tablas tendrán suficiente protección ante sobrecargas cuando las corrientes nominales o de ajuste de los dispositivos de protección no sobrepasan los valores consignados en las columnas 2/3, 6/7, y 10/11.

Para la protección en caso de cortocircuito podrán emplearse fusibles o interruptores cortacircuitos automáticos (de protección de cables hasta tres escalones mayores que los antes mencionados. Para esto deben aplicarse los valores de las columnas 4, 8 ó 12.

Los disparadores por cortocircuito de los interruptores automáticos pueden ajustarse a 15 veces los valores de las columnas 2, 6 ó 10. Las columnas 5, 9 ó 13 muestran los valores calculados en conformidad con la regla antes mencionada.

La práctica ha demostrado que para las combinaciones de aparatos de maniobra habituales la Tabla 1.3/2a para una temperatura ambiente de 55 °C se ubica demasiado hacia el lado seguro debido a que estos 55 °C se determinan en la parte superior del armario o tablero. Como la temperatura en el interior del armario o tablero disminuye en función de la altura de montaje, también se reduce la temperatura alrededor de los conductores y, por lo tanto, se obtiene un buen compromiso aplicando los valores de la Tabla 1.3/2b para una temperatura ambiente de 50 °C.

Nota

Como para los circuitos auxiliares sólo se exige una protección contra cortocircuito, la selección del dispositivo que asume estas funciones puede efectuarse según las columnas 4/5, 8/9 ó 12/13. Aquí, sin embargo, debe tenerse en cuenta que no son válidos los valores antes mencionados para una protección ante cortocircuitos de los cables y conductores salientes de las combinaciones de aparatos de maniobra, ya sean éstos de los circuitos principales o de los auxiliares. En este caso, la asignación de dispositivos de protección para los cables y conductores salientes de las combinaciones de aparatos de maniobra debe realizarse básicamente (tanto para circuitos principales como auxiliares) teniendo en cuenta la impedancia del circuito (ver también la norma DIN VDE 0100-430) y el ejemplo de las páginas 48–53.

El diseño de la coordinación del dispositivo de protección común para todos los circuitos eléctricos (salvo aquéllos en locales de trabajo con riesgo de incendio) también podrá realizarse según el principio de sobrecarga. Sin embargo, una coordinación de este tipo sólo es adecuada, cuando la protección ante contactos indirectos se realiza, por ejemplo, utilizando una tensión baja de protección con una separación segura de los circuitos de mayor tensión o mediante dispositivos de protección contra corrientes de defecto. En caso contrario, sería necesario considerar la impedancia del circuito para diseñar la protección contra contactos indirectos.

Para calcular la protección ante cortocircuitos en sistemas TN, puede determinarse la impedancia del circuito de manera análoga a la descripta en la sección 1.4.2.

El "aumento aparente" de las secciones de los conductores en las tablas 1.3/1 y 1.3/2a y b se debe, en parte, a los aparatos de maniobra incorporados. Los aparatos de maniobra se ensayan a una temperatura ambiente de 40 °C, con una sección determinada para los conductores; es decir, estos aparatos sólo pueden conducir su corriente nominal considerando esta sección mínima. Las secciones antes mencionadas utilizadas para los ensayos se consideran en las tablas 1.3/1 y 1.3/2a y b.

En la tabla 1.3/3 se resumen las principales diferencias entre las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas y las con homologación parcial.

1.3.1.2 Normas fundamentales

Las normas fundamentales contienen determinaciones básicas, cuyo cumplimiento es exigido en las normas para la construcción o el equipamiento de instalaciones. Asimismo, contienen disposiciones para la protección de las personas, métodos de cálculo, procedimientos de prueba, bases de proyecto, etc. En los catálogos de Siemens se indica, cuando es necesario, la conformidad con las normas fundamentales.

Las principales normas fundamentales son:

Normas de la serie:

DIN VDE 0100	"Determinaciones para la construcción de instalaciones de corriente industrial con tensiones nominales de hasta 1000 V". En especial, debe

Tabla 1.3/3
Principales diferencias entre las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas y con homologación parcial

Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas	Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión con homologación parcial
Las partes constructivas pueden utilizarse como conductor de protección único.	Se requieren disposiciones homologadas o una barra conductora de protección separada para los conductores de protección y PEN entrantes y salientes. La sección de los conductores se seleccionará de acuerdo con la norma DIN VDE 0660–500 A5 (en proyecto), (Ver también la Tabla 1.4/3).
En la prueba de tipo para la homologación deben demostrarse las características del calentamiento.	Las características del calentamiento se demostrarán por ensayo o cálculo según la norma DIN VDE 0660-507.
En la prueba de tipo para la homologación debe demostrarse la resistencia al cortocircuito.	La resistencia al cortocircuito se demostrará por ensayo o por extrapolación de disposiciones homologadas (recurriendo a las normas DIN VDE 0660-509 DIN VDE 103).
En la prueba de tipo y en la individual debe demostrarse la rigidez dieléctrica mediante un ensayo con tensión.	La rigidez dieléctrica se demostrará mediante la medición de la resistencia de aislamiento o por medio de un ensayo con tensión.

	considerarse la parte 410 "Medidas de protección: protección contra corrientes peligrosas para el cuerpo humano".
DIN VDE 0102	"Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes tiránicas"
DIN EN 60865-1 (VDE 0103)	"Corrientes de cortocircuito – Cálculo de los efectos – Definiciones y métodos de cálculo" (Idéntica a la norma IEC 865-1).
DIN VDE 0106 Parte 100	"Protección contra descargas eléctricas, disposición de elementos de accionamiento o mando en las cercanías de partes de contacto peligroso"
DIN VDE 0110-1	"Coordinación del aislamiento de equipos eléctricos en instalaciones de baja tensión. Parte 1: Determinaciones básicas"
DIN VDE 0110-2	"Parte 2: Diseño de las distancias disruptivas y de fuga"
DIN VDE 0110-20	Ensayo de descarga parcial; Recomendación de aplicación
DIN EN 60073 (VDE 0199)	"Codificación por colores para indicadores luminosos, pulsadores y medios complementarios" (Idéntica a la norma IEC 73).
DIN VDE 0875	"Disposiciones para la supresión de interferencias originadas en equipos e instalaciones eléctricas"
IEC, Publicación 364	"Electrical installations of buildings" (Instalaciones eléctricas en edificios)
IEC, Publicación 73	"Coding of indicating devices and actuators by colours" ("Codificación por colores para indicadores luminosos y pulsadores)
NF C15-100 (Francia)	"Erection des installations à courant forte tension nominale inférieure ou égale à 1000 V" (Armonizada con la norma DIN VDE 0100)
NF C20-040 (Francia)	"Distancias disruptivas y de fuga" (Règles communes aux matériels électriques. Liftnes de fuite et distances d'isolement dans l'air)"
SEV 3017 (Suiza)	"Distancias disruptivas y de fuga"

1.3.1.3 Disposiciones para el equipamiento

Estas disposiciones comprenden el equipamiento de instalaciones eléctricas y contienen, entre otros, los siguientes requerimientos:

- ▷ Requerimientos relacionados con el diseño de las instalaciones, incluida la selección de materiales y equipos eléctricos.
- ▷ Requerimientos suplementarios relacionados con las normas de construcción existentes, las cuales tienen en cuenta la utilización de cuadros o tableros principales y de distribución en condiciones de servicio definidas.

Por lo general, en las instalaciones de maniobra y de distribución descriptas en los catálogos de Siemens aún no se tuvieron en cuenta las disposiciones para el equipamiento. Estas deben fijarse oportunamente durante la fase de proyecto.

Las principales normas para la selección de equipos son las siguientes:

Normas de la serie:

DIN VDE 0100	"Disposiciones para la construcción de instalaciones de corriente industrial con tensiones nominales de hasta 1000 V". En especial, debe considerarse la parte 726 Aparejos o equipos elevadores[1)]
DIN VDE 0107	"Disposiciones para la construcción de instalaciones de corriente industrial en hospitales y en ambientes utilizados con fines médicos fuera de estas instituciones"[2)]
DIN VDE 0108, Partes 1 a 8, así como el Anexo 1 de la Parte 1	"Instalaciones de corriente industrial y suministro de energía eléctrica de emergencia en salas o locales en los que se producen grandes concentraciones humanas"[3)]
DIN EN 60204-1 (VDE 0113 Parte 1)	"Seguridad de máquinas, equipos eléctricos de máquinas, Parte 1: Determinaciones básicas"
DIN VDE 0115	"Disposiciones para trenes eléctricos"
DIN VDE 0118	"Disposiciones para instalaciones eléctricas en explotaciones mineras subterráneas"
DIN VDE 0160	"Disposiciones para equipar instalaciones de corriente industrial con aparatos electrónicos"[4)]
DIN VDE 0165	"Construcción de instalaciones eléctricas en zonas con peligro de explosión"
DIN VDE 0166	"Instalaciones eléctricas y sus componentes en zonas expuestas a materiales explosivos"
DIN VDE 0168	"Disposiciones para la construcción y el servicio de instalaciones eléctricas en explotaciones mineras a cielo abierto, canteras y explotaciones similares"
IEC, Publicación 204-1	"Electrical equipment of industrial machines – Part 1 General requirements"
BS EN 60204-1 (Gran Bretaña)	„Safety of machinery – Electrical equipment of industrial machines Part 1: General requirements" (Idéntica a la norma DIN EN 60204-1)
NF EN 60204-1 (Francia)	„Sécurité des machines – Équipment électrique des machines partie 1: Régles générales" (Idéntica a la norma DIN EN 60204-1)
SEV 1000 (Suiza)	"Normas para instalaciones domiciliarias, con indicaciones especiales para máquinas – herramienta"

En la Sección 1.5 se suministra más información con referencias especiales a las disposiciones para el equipamiento.

[1)] En breve será integrada en la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1)
[2)] En breve será integrada en la norma DIN VDE 0100-710
[3)] En breve será integrada parcialmente en la norma DIN VDE 0100-718

1.3.1.4 Disposiciones para la construcción de instalaciones

Estas disposiciones contienen lo siguiente:

- ▷ Requerimientos para la construcción y el montaje de instalaciones eléctricas.
- ▷ Requerimientos mínimos de seguridad para la construcción de aquellos equipos para los que no existen otras disposiciones.

[4)] Será publicada como EN 50178.

▷ Requerimientos para la selección de equipos y materiales de servicio.

Al proyectar instalaciones con cuadros o tableros principales o de distribución sobre la base de los catálogos de Siemens, también deben determinarse las disposiciones constructivas respectivas, ya que de ellas pueden provenir exigencias adicionales para la construcción y puesta en servicio.

Las principales disposiciones para la construcción de instalaciones son las siguientes:

Normas de la serie:

DIN VDE 0100	"Determinaciones para la construcción de instalaciones de corriente industrial con tensiones nominales de hasta 1000 V". En especial, debe considerarse la parte 729 "Montaje y conexión de cuadros o tableros principales o de distribución"
DIN VDE 0107	"Determinaciones para la construcción de instalaciones de corriente industrial en hospitales y en ambientes utilizados con fines médicos fuera de estas instituciones"
DIN VDE 0108 Partes 1 a 8	"Instalaciones de corriente industrial y suministro de energía eléctrica de emergencia en salas o locales en los que se producen grandes concentraciones humanas"
DIN VDE 0118	"Disposiciones para instalaciones eléctricas en explotaciones mineras subterráneas"
DIN VDE 0165	"Construcción de instalaciones eléctricas en zonas con peligro de explosión"
DIN VDE 0166	"Instalaciones eléctricas y sus componentes en zonas expuestas a materiales explosivos"
DIN VDE 0168	"Disposiciones para la construcción y el servicio de instalaciones eléctricas en explotaciones mineras a cielo abierto, canteras y explotaciones similares"

Normas de la serie:

DIN VDE 0800	Telecomunicaciones
IEC, Publicación 364	"Electrical installations of buildings"
NF C15-100 (Francia)	„Éréction des installations à courant forte tension nominale inferieure ou égale à 1000 V." (Armonizada con la norma DIN VDE 0100)
SEV 1000 (Suiza)	"Normas para instalaciones domiciliarias, con indicaciones especiales para máquinas – herramienta"

1.3.1.5 Normas DIN relevantes para combinaciones de aparatos de maniobra

Las normas DIN relevantes para combinaciones de aparatos de maniobra tienen el mismo carácter que las normas fundamentales, y su aplicación en las combinaciones de aparatos de maniobra es obligatoria cuando no están incluidas en las normas para la construcción y el equipamiento, etc. de aparatos para instalaciones eléctricas.

Las principales normas DIN relevantes para combinaciones de aparatos de maniobra son:

DIN 41488	"Dimensiones de divisiones (módulos) para armarios o tableros"
DIN 40705	"Identificación de conductores aislados y desnudos mediante colores"
DIN 40719	"Documentación de esquemas y diagramas eléctricos"
DIN 40900	"Símbolos utilizados en esquemas y diagramas eléctricos", Partes 1 a 13
DIN 50010	"Conceptos climatológicos"
DIN 50019 Parte 3	"Climas técnicos, módulos climatológicos estadísticos"

Además de estas disposiciones y normas, también tienen importancia algunas recomendaciones de la VDI (Asociación de Ingenieros Alemanes), por ejemplo:

VDI 2854	"Requerimientos de seguridad técnica para la construcción, el equipamiento y la operación de robots industriales".

La VDI 2854 tiene validez entre el fabricante y el usuario aunque no lo hayan acordado específicamente.

1.4 Protección de personas y bienes materiales

En lo concerniente al tema "Protección contra descargas eléctricas" (denominación anterior Protección contra corrientes peligrosas para el cuerpo humano, protección de las personas), la norma DIN VDE 0660, Parte 500, hace referencia a la norma DIN VDE 0100, Parte 410.

1.4.1 Protección contra contacto directo

La "Protección contra contacto directo de partes activas" (partes que en servicio se encuentran bajo tensión) es una exigencia básica que se impone a las instalaciones eléctricas y cuadros o tableros de distribución.

1.4.1.1 Protección contra contacto directo según la norma DIN VDE 0100

En la norma DIN VDE 0100, Parte 410, se describe la protección contra contacto directo. Esta protección debe preverse siempre sin tener en cuenta el valor de la tensión.

Excepción:

No es necesaria una protección de esta naturaleza cuando se emplea una tensión reducida de protección de hasta 25 V C.A. o 60 V C.C. (en algunos casos se fijan valores inferiores, por ejemplo, en recintos para uso médico). Esta excepción no rige para zonas con peligro de explosión, es decir, en estas zonas siempre es necesaria una protección contra contacto directo. Según la norma DIN VDE 0100-410 (VDE 0100, Parte 410): 01.97 también se puede desistir de aplicar la protección contra contacto accidental en circuitos con tensiones de servicio reducidas de hasta 25 V C.A. o 60 V C.C. y separación o aislamiento seguro cuanto los ambientes son secos y no es previsible un contacto de gran superficie.

La protección contra contacto directo tiene que ejecutarse como protección completa. En algunos casos como, por ejemplo, en locales de trabajo eléctrico y en recintos eléctricos cerrados, podrá ser suficiente una protección parcial contra contacto directo. La protección completa se logra mediante aislamientos, carcasas, envolturas, revestimientos y similares, a cuyo efecto en las normas para la construcción, selección de equipos o montaje se determina cuál es el grado de protección mínimo que debe alcanzarse. De acuerdo con la norma DIN VDE 0100-410 tiene que aplicarse una clase de protección mínima IP 2X o IP XXB. Una protección parcial sólo es una protección contra contactos accidentales y en ningún caso contra contactos voluntarios de partes activas. La protección parcial se logra con cubiertas, barreras, rejas, listones de protección o similares con una clase de protección IP 2X o menor.

La clase y la envergadura de las disposiciones de protección necesarias dependen de las características del lugar de instalación. La protección parcial, como se mencionó, sólo se admite en locales de trabajo eléctrico y en recintos de uso eléctrico cerrados de acuerdo con la norma DIN VDE 0100-731. En este caso, las barreras que protegen de las partes activas podrán doblarse 20 mm como máximo cuando en el centro del campo se aplica una fuerza puntual de 500 N.

En casos especiales se puede desistir de aplicar la protección contra contacto directo cuando las combinaciones de aparatos de maniobra se instalan en locales de uso eléctrico o en recintos de trabajo eléctricos cerrados.

1.4.1.2 Protección contra descargas eléctricas, disposición de elementos de accionamiento en las cercanías de partes de contacto peligroso

Una parte de la protección contra contacto directo es la que se suministra a las partes cuyo contacto es peligroso y que se encuentran en las cercanías de los elementos de accionamiento.

Para que la normativa DIN VDE tuviera en cuenta los objetivos de protección de las Disposiciones para la Prevención de Accidentes (*U*nfall*v*erhütungs*v*orschriften – UVV) publicadas por las Asociaciones Profesionales de Instalaciones Eléctricas y Materiales para el Servicio de Alemania (VBG 4)[1], se incorporaron en la DIN VDE 0106, parte 100, las reglas correspondientes (ver la figura 1.4/1). Esta norma DIN VDE conforma la base para el diseño de equipos eléctricos (por ejemplo, aparatos, cuadros o tableros principales o de distribución, etc.) respecto de la protección contra contacto directo durante el "restablecimiento de una función prevista".

[1] Normativa de la Asociaciones Profesionales de Instalaciones Eléctricas y Materiales para el Servicio de Alemania.

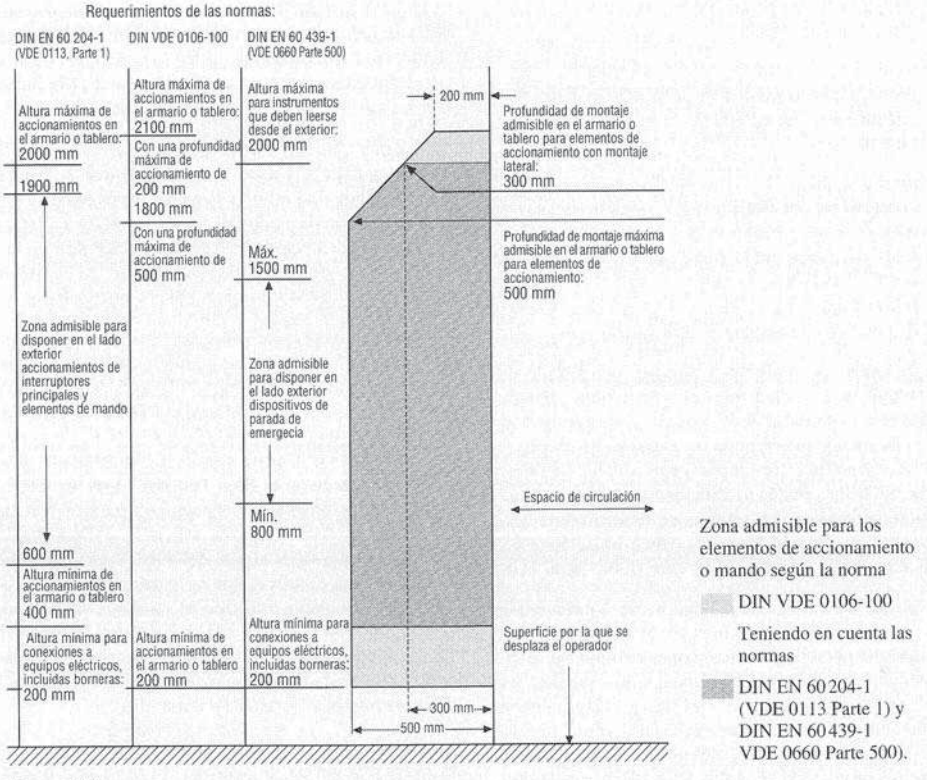


Figura 1.4/1
Disposición admisible de los elementos de mando de acuerdo con la norma DIN VDE 0106-100 y además, los requerimientos de la norma DIN EN 60 204-1 (VDE 0113, Parte 1) y la DIN EN 60 439-1 (VDE 0660, Parte 500)

Como elementos de accionamiento se tienen, por ejemplo, los siguientes:

Elementos de mando:

Accionamiento de
- interruptores cortacircuitos automáticos,
- interruptores automáticos (el término guardamotor, de uso corriente hasta ahora, ya no se define),
- disparadores por sobreintensidad,
- interruptores para motores y de mando,
- teclados de programación.

Desbloqueo de
- relés de mínima tensión o de sobretensión,
- relés de sobreintensidad, dispositivos de protección contra corrientes o tensiones de defecto,
- dispositivos de supervisión para fusibles,
- relés con retención magnética, relés biestables, relés y símbolos indicadores.

Reposición de
- indicadores de circulación de aire o de presostatos,
- bloqueos de apertura para aparatos de maniobra,
- dispositivos para supervisión del aislamiento.

Piezas de recambio

Reemplazo de
- fusibles a rosca, fusibles de baja intensidad a rosca,

lámparas y tubos indicadores, lámparas para iluminación de armarios o tableros.

Conectar y desconectar
uniones por enchufe, dispositivos o elementos enchufables, cuando con ello se repone una función prevista.

Calibrar y ajustar
componentes de circuitos, por ejemplo, potenciómetros,
relés de tiempo, relés intermitentes,
termostatos, presostatos
relés de medición,
dispositivos de mando programados.

La inclusión de "calibrar y ajustar" en el tema de elementos de accionamiento es condicional. Cuando el ajuste o la calibración se efectúa sólo una vez, durante la puesta en servicio, no se requieren coberturas de seguridad para proteger los dedos o el dorso de la mano de contactos accidentales. Cuando el ajuste o la calibración, en cambio, se realizan para restablecer una función prevista, deben observarse las indicaciones de la norma DIN VDE 0106, Parte 100.

En todos los casos mencionados, se sobrentiende que el manejo o accionamiento de los aparatos lo realiza una persona a la cual, como mínimo, se le indicó cómo hacerlo. Cuando los aparatos pueden ser accionados por personal no calificado o lego, deben tener una protección completa contra contactos directos accidentales, por ejemplo, cubiertas de la clase de protección IP 2X o IP XXB o superiores. Los fusibles NH no se consideran elementos de accionamiento. El reemplazo de fusibles NH se clasifica como trabajo. Siempre debe preverse una protección en los seccionadores con fusibles bajo carga porque éstos, por lo general, se insertan o extraen bajo tensión.

Las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas de los catálogos de Siemens, por lo general, cumplen con estas estipulaciones, sea por la ejecución de los aparatos de maniobra (por ejemplo, técnica de conexión SIGUT, ver también la Sección 7.2.1) o por medidas adicionales, por ejemplo, cubiertas o, según el caso, por medio de una distancia adecuada entre los elementos de mando y las partes cuyo contacto es peligroso (Figuras 1.4/2 a 1.4/4).

Además de la zona de seguridad para los dedos y el dorso de la mano, con sus correspondientes coberturas, también se tiene una zona admisible en la cual se pueden instalar los elementos de accionamiento. Estas exigencias se resumen en la figura 1.4/1, esta figura se complementó con los requerimientos correspondientes impuestos por la norma DIN VDE 0113, Parte 1, o la DIN VDE 0660, Parte 500.

Los demás objetivos de protección de las VBG 4[1] que conciernen al proyectista o al fabricante de una instalación de maniobra o distribución siempre se alcanzan cuando se cumplen las normas DIN VDE indicadas por estas asociaciones profesionales en su boletín (ver también el suplemento de las VBG 4 que contiene instrucciones de aplicación).

Para las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas ofrecidas en los catálogos de Siemens, se puede otorgar el "Certificado del Fabricante"[2]. Este certificado, cada vez más requerido por los usuarios, se reemplaza desde el 1° de enero de 1996 por el "Certificado de Conformidad" que exige la "Directiva de Baja Tensión". Los dos certificados mencionados no pueden equipararse con la "Constancia VBG 4" que se refiere al §5, párrafo 4 (ver la figura 1.4/5), el que debe extenderse adicionalmente para certificar que la instalación o el equipamiento completo, incluido el montaje, se ensayó de acuerdo con la norma DIN VDE 0100, Parte 610. Dicho documento, en cambio, no es apropiado como certificado de cumplimiento de las determinaciones de la norma DIN VDE 0106, Parte 100.

Las siguientes aclaraciones de las Disposiciones para la Prevención de Accidentes[3] tienen como finalidad dilucidar cuestiones que se presentan con frecuencia.

Estas asociaciones profesionales como entidades aseguradoras industriales, consideran que una de sus principales metas es la disminución de los accidentes.

Con este fin, para los distintos campos, actividades, equipos, herramientas, etc., publican diferentes disposiciones destinadas a prevenir accidentes. El Ministerio Federal del Trabajo de Alemania autoriza y promulga luego estas disposiciones. Las infracciones a las mismas se podrán penar con multas.

---

[1] VBG 4 = Disposiciones para la Prevención de Accidentes de las Asociaciones Profesionales de Instalaciones Eléctricas y Materiales para el Servicio de Alemania.

[2] El "Certificado del Fabricante" es un certificado de conformidad, en el cual el fabricante y/o el proveedor confirma el cumplimiento de las normas DIN VDE correspondientes.
Impresas por la editorial Carl-Heymann-Verlag KG, calle Gereonstr. 18–32, (50670) Colonia, Alemania. Número de Pedido ZH1/293.

[3] Denominación alemana: *U*nfallverhütungsvorschriften o UVV.

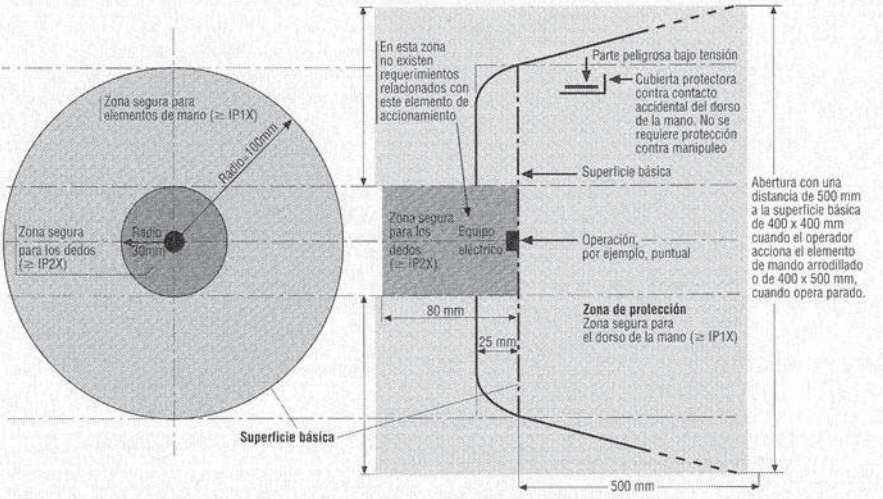


Figura 1.4/2
Zona segura para elementos de mando con prevención de contactos accidentales de dedos y dorso de la mano

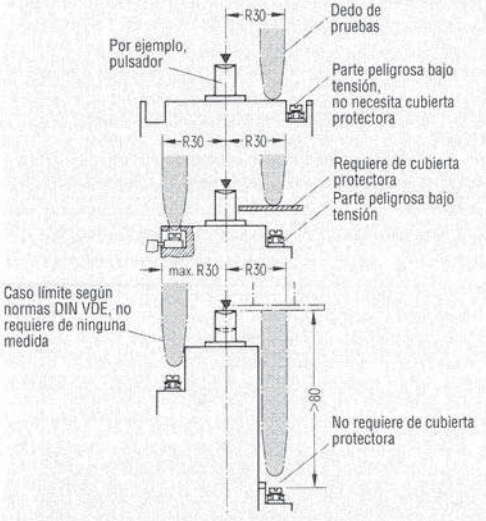


Figura 1.4/3
Ejemplos de zona segura contra contactos accidentales de los dedos; el ensayo se realiza con el dedo de pruebas recto según la norma DIN VDE 0470-1

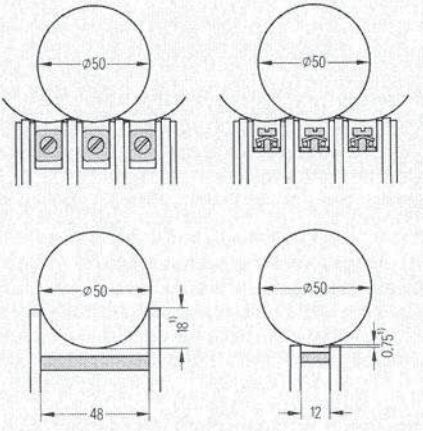


Figura 1.4/4
Ejemplos de zona segura contra contacto accidental del dorso de la mano

1) Profundidad de penetración de la esfera en la zona de conexiones

Constancia

de acuerdo con el §5, párrafo 4 de la Disposición para la Prevención de Accidentes en "Instalaciones Eléctricas y Materiales para el Servicio" (VBG 4)

Para:

Nombre y dirección del comitente

Por la presente se deja constancia de que la instalación eléctrica/el equipo eléctrico/el equipamiento electrónico de la máquina o instalación:

Detalles de la clase de equipamiento y el lugar de montaje

reúne las condiciones estipuladas por la Disposición para la Prevención de Accidentes en "Instalaciones Eléctricas y Materiales para el Servicio" (VBG 4).

La presente constancia se extiende al único efecto de evitar que el empresario deba ensayar o solicitar el ensayo de la instalación eléctrica/el equipo eléctrico/el equipamiento electrónico de la máquina o instalación, antes de efectuar la primera puesta en servicio (§5, párrafo 1, 4 de la VBG 4).
La presente constancia no cubre reclamos por las garantías y responsabilidades que establece el derecho civil.

Fabricante o empresa montadora
de la instalación/del equipamiento

Sello

Lugar y Fecha

Firma

Figura 1.4/5
Ejemplo de una "Constancia VBG 4" (Original en alemán impreso por la editorial Carl Heymann Verlag KG, Colonia, Alemania)

La normativa VBG 4 "Instalaciones Eléctricas y Materiales para el Servicio" se dirige, en primer lugar, a los operadores de las instalaciones/equipamiento, pero, en algunos casos presupone que el fabricante ya cumplió con las exigencias que permiten un servicio en conformidad con estas disposiciones de prevención de accidentes.

1.4.1.3 Medidas a adoptar cuando se modifica o se amplía una combinación de aparatos de maniobra en uso

Cuando se modifica una combinación de aparatos de maniobra de catálogo, que se encuentra en servicio desde hace un cierto tiempo o cuando se amplía una combinación de los mismos, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- ▷ Sólo se requieren medidas de acuerdo con la norma DIN VDE 0106-100 en el ámbito de los elementos de accionamiento necesarios para la reposición de una función nominal y cuando en la zona protegida existe la posibilidad de contactos accidentales de los dedos o dorso de la mano con partes activas en las cuales se tengan tensiones mayores que 50 V de corriente alterna o 120 V de corriente continua.
- ▷ Se debe comprobar que el equipo eléctrico a accionar ya cumple con las exigencias de la norma DIN VDE 0106, Parte 100. En caso contrario, habrá que agregar cubiertas o dispositivos auxiliares que permitan accionar el aparato.
- ▷ Se debe comprobar que el equipo eléctrico a accionar está dispuesto de manera tal que no sobresalga ninguna parte con tensión peligrosa dentro de la zona protegida. En caso contrario, habrá que agregar cubiertas o dispositivos auxiliares para accionar el aparato, o modificar la ubicación del lugar del accionamiento.
- ▷ Se debe comprobar que las conexiones de los equipos eléctricos que se montan en las puertas de los armarios o tableros tengan una ejecución protegida contra contactos accidentales del dorso de la mano. En caso contrario, habrá que agregar cubiertas. Esto sólo será necesario cuando en los armarios correspondientes deban reponerse funciones nominales.
- ▷ Se recomienda comprobar el estado de todos los restantes aparatos de maniobra de la combinación y, en caso de necesidad, equiparlos en la forma adecuada.

Para los equipos en uso, a los cuales no se les realizarán modificaciones o reformas, de acuerdo con la VBG 4, tienen que ser equipados en la forma adecuada o se deben tener los medios auxiliares apropiados para "reponer la función nominal"

1.4.1.4 "Separación eléctrica segura" en aparatos de baja tensión

La separación eléctrica segura de los circuitos con "tensión reducida de protección" o con "tensión reducida de funcionamiento", con respecto a otros circuitos previstos para la protección de los seres humanos contra descargas eléctricas, adquiere cada vez más importancia debido al creciente uso de equipos electrónicos en sistemas de corriente industrial.

En las normas de la serie DIN EN 60947 (VDE 0660) para aparatos de maniobra de baja tensión no se encuentran en la actualidad requerimientos específicos referidos a la "separación eléctrica segura".

En la norma básica de seguridad DIN VDE 0106, -101, 11.86 y en la modificación A1, 2.89, se mencionan exigencias básicas relacionadas con medidas para un equipo eléctrico definido. Estas exigencias deben tenerse en cuenta en las actualizaciones de las normas de seguridad para equipos eléctricos. En la Tabla 1.4/1 se resumen las referencias a diferentes normas relevantes para la "separación eléctrica segura", porque en las disposiciones DIN VDE específicas para aparatos de maniobra de baja tensión no hay requerimientos referidos a este tema.

Según la norma DIN VDE 0106-101 se garantiza una separación segura de circuitos cuando se impide, con suficiente seguridad, el paso de tensión de un circuito a otro. Esto se debe asegurar durante todo el período en que se encuentra en servicio el equipo eléctrico en cuestión.

Como fallas se deberán tomar en cuenta, por ejemplo, una parte conductora doblada o suelta (terminal de soldadura torcido, un alambre cortado de un devanado, un punto de soldadura o un tornillo suelto). La experiencia demuestra que también deben considerarse partes rotas durante el transporte o el montaje (por ejemplo, la rotura de una placa separadora de fases)

Las condiciones básicas para el empleo de los contactores Siemens para la "separación eléctrica segura" se indican en la Tabla 1.4/2. Para tensiones menores que las indicadas no debe considerarse ninguna limitación para el tamaño constructivo 00. Para el

Tabla 1.4/1
Disposiciones referentes a la "separación eléctrica segura"

Normas DIN VDE 0106-101: 11.86 Sección 2, 3, 4.2 y 4.4, y DIN VDE 0106-101 A1: 2.89 (Proyecto)	Separación eléctrica segura	Existe separación eléctrica segura en un circuito eléctrico cuando una falla aislada no provoca el paso de tensión de un circuito a otro. El aislamiento debe ser inalterable por envejecimiento durante toda su expectativa de vida útil.
	Distancias disruptivas en aire	La tensión asignada de choque admisible de las distancias disruptivas en aire para aislamiento reforzado debe corresponder a la clase de servicio inmediata superior o ser del 160% de la tensión de choque admisible para el aislamiento básico
	Distancias de fuga	Para las distancias de fuga debe considerarse el doble de la distancia correspondiente al aislamiento básico Como alternativa puede utilizarse un aislamiento adicional con el mismo valor que el aislamiento básico.
Norma DIN VDE 0160: 12.90, Sección 5.7.5.2, (Proyecto)	Distancias disruptivas y de fuga en aire	Para lograr una "separación eléctrica segura" mediante aislamiento doble o reforzado, se deben diseñar las distancias disruptivas y de fuga como sigue: Se deben tomar como valores mínimos los correspondientes al grado de suciedad 2[1]. Para diseñar las distancias de fuga se deben duplicar los valores indicados en la Sección 5.7.5.2 de la norma DIN VDE 0160. Las distancias disruptivas y de fuga utilizadas para la "separación eléctrica segura" no deben estar en zonas donde el grado de suciedad es de 3 ó 4[1], según el caso, se utilizarán "factores de corrección" para determinar la tensión asignada de choque.
	Blindaje de protección alternativo	Las distancias disruptivas y de fuga entre el blindaje de protección y el circuito eléctrico adyacente deben seleccionarse de acuerdo con el aislamiento básico de estos circuitos.
Norma DIN VDE 0106 Parte 1 A1. 4.90 (Proyecto)	"Separación eléctrica segura"	La "separación eléctrica segura" se logra mediante: – Aislamiento doble o reforzado – Blindaje de protección – Combinación de ambas posibilidades Los requerimientos son similares a los determinados por la norma DIN VDE 0160.

[1] Grado de ensuciamiento, ver la norma DIN VDE 0110, Partes 1 y 2.

tamaño 0 y 1 tampoco existen limitaciones para los contactores 3TH3/3TF3 hasta 415 V.

Para otros aparatos se están realizando ensayos en las fábricas. A pedido se suministra la información correspondiente. Para los aparatos, cuya "separación eléctrica segura" no se conoce o no se puede realizar, deben, agregarse, según el caso, elementos de acoplamiento con "separación eléctrica segura"

En la norma IEC 1140, con funciones piloto en la protección contra descargas eléctricas en instalaciones, equipamientos y sistemas, se describe la "separación eléctrica segura" de la siguiente forma:

La "separación eléctrica segura" entre circuitos se puede lograr mediante las siguientes condiciones:

- Aislamiento básico y adicional, diseñado cada uno para la mayor tensión que pueda producirse, por ejemplo, aislamiento doble.
- Aislamiento reforzado, para la máxima tensión que pueda producirse.
- Blindaje de protección, donde la pantalla de pro-

Tabla 1.4/2
Contactores para "separación eléctrica segura" según las normas DIN VDE 0106-101, DIN VDE 0106-101 A1: 2.89 (Proyecto)

Tamaño constructivo		00	0	0	1	1	2	2	3	4	6	8	10	12	14	S00	S0		S2		S3	
Contactor tipo / Tensión máxima para separación eléctrica segura		3TH2 3TF2 3TK2	3TH30 3TF30/31	3TH40 3TH42/43 3TF40/41[1] 3TH44 3TK64[1]	3TF32/33	3TF42/43	2TF34/35	3TF44/45 3TC44[1]	3TF46/47	3TF48 3TK48 3TF49 3TB48 3TC48[1]	3TF50 3TK50 3TF51 3TB50	3TF52 3TK52 3TF53 3TB52 3TC52	3TF54 3TK54 3TF55 3TB54	3TF56 3TK56 3TF57 3TB56 3TC56	3TF68 3TF69	3RT1015 3RT1016 3RT1017 3RH11	3RT1024 3RT1025 3RT1026		3RT1034 3RT1035 3RT1036		3RT1044 3RT1045 3RT1046	
Valor mínimo	hasta	240 V	415 V	300 V	415 V	415 V	415 V	415 (300) V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	415 V	415 240		415 240		415 240	
Circuito de mando – vía de corriente principal	hasta	300 V	500 V	500 (300) V	690 V	690 V	415 V	415 (300) V	500 V	690 (300) V	660 V	660 V	660 V	660 V	1000 V	415 V	415 V		415 V[2]		415 V[2]	
Circuito de mando – vía de corriente auxiliar	hasta	300 V	500 V	500 V	690 V	690 V	690 V	690 (500) V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	415 V	415 V		415 V[2]		415 V[2]	
Vía de corriente principal a vía de corriente auxiliar con una disposición de las vías de corriente:	hasta																415 V[3]		415 V[3]		415 V[3]	
●○○ ●○○ superpuestas		690 V	690 V	–	415 V	–	500 V	–	–	–	–	–	–	–	–	690 V[4]						
●●○ ○○○ adyacentes		240 V	415 V	300 V	415 V	–	–	500 (300) V	415 V	660 V	415 V	500 V	415 V	660 V	1000 V	415 V						
○●○ ●○○ superpuestas en diagonal		690 V	690 V	500 V	690 V	500 V	500 V	–	–	–	–	–	–	–	–	690 V						
●○● ○○○ adyacentes, separadas por una vía de corriente no usada		500 V	690 V	690 V	–	–	–	–	660 V	660 V	660 V	660 V	660 V	660 V	660 V	690 V						
○○● ●○○ superpuestas en diagonal, separadas por una vía de corriente no usada		600 V	690 V	690 V	690 V	500 V	690 V	–	–	–	–	–	–	–	–	690 V						
Vía de corriente principal a vía de corriente auxiliar con una disposición de las vías de corriente:	hasta																					
●●○ ○○○ adyacentes		240 V	415 V	415 (300) V	415 V	415 V	415 V	415 V	500 V	690 (500) V	690 V	690 V	690 V	830 V	830 V	415 V	415 V		415 V		415 V	
●○● ○○○ adyacentes, separadas por una vía de corriente no usada		500 V	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	690 V	690 V		690 V		690 V	
Vía de corriente auxiliar a vía de corriente auxiliar con una disposición de las vías de corriente:	hasta																V[5]	V[6]	V[5]	V[6]	V[5]	V[6]
●○○ ●○○ superpuestas		690 V	690 V	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	690 V[4]	–	240	–	240	–	240
●●○ ○○○ adyacentes		240 V	415 V	300 V	415 V	415 V	415 V	–	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	415 V	415	–	415	–	415	–
○●○ ●○○ superpuestas en diagonal		690 V	690 V	500 V	–	–	–	–	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V	–	–	–	–	–	–	415
●○● ○○○ adyacentes, separadas por una vía de corriente no usada		500 V	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V	–	–	–	–	–	–	–	–	690 V	690	–	690	–	690	–
○○● ●○○ superpuestas en diagonal, separadas por una vía de corriente no usada		690 V	690 V	690 V	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

[1] Los valores entre paréntesis corresponden a contactores 3TC/3TK
[2] Se aplica para todas las disposiciones de las vías de corriente
[3] Para contactos auxiliares frontales o laterales
[4] En caso de bloque de montaje superpuesto con 4 contactos auxiliares; 415 V para bloque de montaje superpuesto con 1 contacto auxiliare
[5] En caso de contacto auxiliar frontal
[6] En caso de contacto auxiliar lateral

tección para cada circuito adyacente se debe separar por medio del aislamiento básico para la máxima tensión que pueda producirse en este circuito.
- Una combinación de esas medidas.

1.4.2 Protección ante contacto indirecto (Protección diferencial)

Se consideran protección contra contacto indirecto a todas las medidas que se deben tomar además de la protección básica (por ejemplo, "Protección contra contacto directo mediante aislamiento básico"). Estas medidas deben evitar que al producirse una falla de aislamiento pueda derivarse a través de las personas o los animales útiles una tensión de contacto peligrosa de los elementos en servicio, o que esta tensión peligrosa elevada se mantenga presente en dichos elementos.

En la actualidad, de acuerdo con las normas IEC 364-4-41 y DIN VDE 0100-410, se considera peligrosa toda tensión superior a las siguientes:
> 50 V de corriente alterna (valor eficaz) o
> 120 V de corriente continua.

En ambos casos se trata de tensiones con respecto a tierra. En redes no puestas a tierra, en caso de cortocircuito a tierra, será la tensión que se presenta en el resto de los conductores con respecto a tierra.

En algunos casos de aplicación específicos, podrán tenerse límites de tensión considerablemente menores, por ejemplo, en explotaciones agrícolas y en hospitales se consideran como peligrosas las tensiones de contacto mayores que 25 V de C.C. o de C.A.

Independientemente de los límites de las tensiones peligrosas de contacto, siempre se requiere una protección contra contacto indirecto, es decir, para tensiones a partir de 0 V.

En la norma DIN VDE 0100-410: 01.97 armonizada, las protecciones contra descargas eléctricas (protección contra corrientes peligrosas para el cuerpo humano) se subdividen de la manera siguiente:

▷ medidas que deben asegurar la protección, tanto en caso de contacto directo como de contacto indirecto (esto, cuando se analiza con exactitud, no ocurre, pues incluso en caso de tensiones reducidas de protección mayores que 25 V C.A. o 60 V C.C. siempre se requiere una protección adicional contra contactos directos), y

▷ medidas de protección dependientes del sistema según el tipo de conexión a tierra

En las Secciones 4.13.2 hasta 4.13.5 de la norma DIN VDE 0100-410: 01.97, además de las medidas que dependen del tipo de conexión a tierra, también se describen las medidas de protección siguientes:
- Seguridad mediante aislamiento de protección.
- Protección mediante nivelación local del potencial sin tierra
- Protección mediante ambientes no conductores y
- Protección mediante separación eléctrica segura.

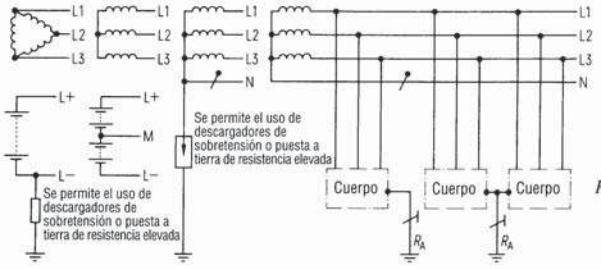
Las medidas que se deben cumplir, tanto para la protección contra el contacto directo como el indirecto, según la Sección 4 de la norma DIN VDE 0100-410: 01.97 son las siguientes:
- Protección por medio de tensión reducida de protección.
- Protección por medio de tensión reducida de funcionamiento y separación eléctrica segura.
- Protección por limitación de las corrientes de contacto de régimen y carga (hasta ahora, protección por medio de la limitación de la energía de descarga).

Para cuadros o tableros de maniobra y distribución se aplican, en primer lugar, medidas de protección dependientes del sistema según el tipo de conexión a tierra y el aislamiento de protección. En este sentido, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

▷ El tipo de la conexión a tierra del sistema, es decir, si se trata de un sistema IT, TT o TN (Figuras 1.4/6 a 1.4/8), así como

▷ El tipo de dispositivo de protección, que puede ser uno de los siguientes:
- Dispositivos de protección contra sobreintesidad tales como fusibles de la clase de servicio gL[1]/gG/gM de acuerdo con las normas de la serie DIN EN 60269-1 (VDE 0636), interruptores cortacircuitos automáticos de las características B y C según la norma DIN EN 60898 (VDE 0644, Parte 112): 08.92[2] e interruptores automáticos según la norma DIN EN 60947-2 (VDE 0660, Parte 101).

[1] En las normas, la característica L se reemplazó por la gG.
[2] Las características B y C equivalen, aproximadamente, a los tipos L y G respectivamente y también se pueden utilizar para la protección de conductores, (Sección 10.6.3).



R_A Resistencia de contacto de la puesta a tierra del cuerpo

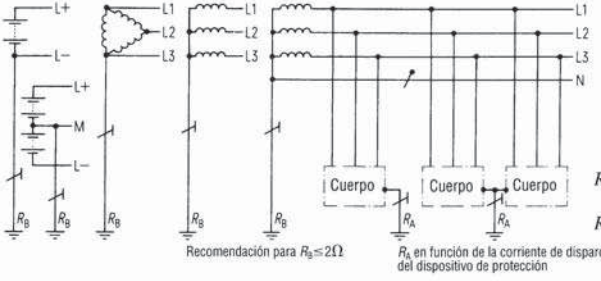
Cuando se utilizan conductores de neutro, se debe prestar atención a los siguientes aspectos:

¡La resistencia del aislamiento de los equipos eléctricos utilizados!
Se tienen que detectar las sobreintensidades en el conductor neutro. Se debe provocar la desconexión de todos los conductores de fase, incluso el neutro. El conductor del neutro no podrá desconectarse antes que los de fase ni conectarse después que éstos.

Figura 1.4/6
Sistema IT

Primera letra **I** (Isolation): ningún punto de la red tiene una puesta a tierra directa.

Segunda letra **T** (Terre): Cuerpo con puesta a tierra directa (se requiere una nivelación de potencial en el alcance seguro de mano).



R_A Resistencia de contacto de la puesta a tierra del cuerpo
R_B Resistencia de la tierra de servicio

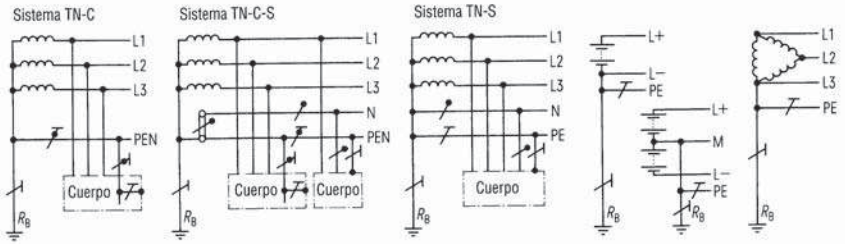
Cuando se utilizan conductores de neutro, se debe prestar atención a los siguientes aspectos:

Cuando se utiliza una protección por sobreintensidad, también se tiene que detectar la corriente en el conductor neutro. El conductor del neutro no podrá desconectarse antes que los de fase ni conectarse después que éstos. Sin protección en el neutro, se deben desconectar todos los conductores de fase en ≤ 200 ms.

Figura 1.4/7
Sistema TT

Primera letra **T** (Terre): se requiere una puesta a tierra directa de un punto de la red.

Segunda letra **T** (Terre): Cuerpo con puesta a tierra directa (en algunos casos se requiere una nivelación de potencial adicional).



$R_B \leq 2\Omega$ o $\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_O - U_L} \leq 1:3.4$

R_B Resistencia de la tierra de servicio del cuerpo
R_E Resistencia de la puesta a tierra de partes conductoras externas.

Figura 1.4/8
Sistema TN

Primera letra **T** (Terre): se requiere una puesta a tierra directa de un punto de la red.

Segunda letra **N** (Neutral): El cuerpo se conecta con el punto de la red con puesta a tierra por medio de un conductor de protección (PE) y/o PEN (según el caso se requiere una nivelación de potencial adicional).

C El conductor neutro y el de protección se tienden en todo su recorrido como conductor PEN
C-S El conductor neutro y el de protección tendidos en forma parcial como conductor PEN y en parte separados
S El conductor neutro y el de protección tendidos separados en todo su recorrido

En caso de que un conductor del sistema deba conectarse a tierra, sólo podrá aplicarse el TN-S. Un conductor del sistema conectado a tierra no se puede utilizar como conductor PEN, es decir, se requieren conductores del sistema y de protección separados en todo el recorrido.

- Dispositivos de protección contra corrientes de defecto según la norma DIN VDE 0664, Parte 1 y 2[1)].
- Dispositivos de control de aislamiento según la norma DIN VDE 0413, Partes 2 y 8.
- En casos especiales, también los dispositivos de protección por tensión de defecto según la norma DIN VDE 0663[2)].

1.4.2.1 Aclaraciones relacionadas con las medidas de protección

De acuerdo con la norma DIN VDE 0100-410: 1997-01, estas medidas se denominan "Protección mediante la desconexión automática de la alimentación de energía".

De acuerdo con la norma DIN VDE 0100-410 anterior, en el sistema IT se podía utilizar tanto la "Protección por aviso" (con nivelación local de potencial adicional) como la "Protección por desconexión" (por ejemplo, con los dispositivos de protección por sobreintensidad).

Con la norma DIN VDE 0100-410: 1997-01, vigente desde el comienzo del año 1997, para el sistema IT rige lo siguiente:

▷ La medida de protección se llama "Protección mediante la desconexión automática de la fuente de energía".

▷ Debe preverse un dispositivo de control de aislamiento y señalizarse la primera falla.

▷ Después de la aparición de la primera falla y en caso de que ocurra una segunda, para la desconexión de la alimentación de energía deben cumplirse las siguientes condiciones:

a) Para los cuerpos con puesta a tierra individual tienen validez las condiciones para el Sistema TT (sin la exigencia de la puesta a tierra del centro estrella o de un conductor del sistema).

[1)] Los dispositivos de protección contra corrientes de defecto dependientes del tipo de red, por ejemplo, LS/DI, sólo serán admisibles cuando la protección se logra mediante la parte LS de la característica.
[2)] Los dispositivos de protección por tensión de defecto ya no están normalizados en Alemania

b) Para cuerpos con puesta a tierra conjunta tienen validez las condiciones para el Sistema TN.

▷ Se debe prever una nivelación adicional del potencial entre los equipos eléctricos fijos a cuerpos que se puedan tocar al mismo tiempo y partes conductoras extrañas que puedan entrar en contacto simultáneamente, donde el conductor de protección incorporado en el cable, cumple con los requerimientos de la nivelación de potencial entre los cuerpos.

En los sistemas TT- y TN sólo se puede utilizar protección por desconexión.

En el sistema TT, las tensiones peligrosas de contacto con valores superiores a 50 V C.A. o 120 V C.C. deben desconectarse dentro de los 5 s.

En los sistemas TN las tensiones peligrosas en circuitos de tomacorrientes hasta 35 A o en los circuitos con equipos eléctricos de la clase de protección I que, en condiciones normales, se tienen en la mano, se deben desconectar en un máximo de 0,2 s. Las fallas en circuitos con equipos eléctricos conectados en forma fija se deben desconectar en menos de 5 s.

De acuerdo con la norma DIN VDE 0100-410: 1997-01 los tiempos de desconexión se fijan con los valores siguientes:

▷ Circuitos de distribución: 5 s

▷ Circuitos en los cuales se conectan electrodomésticos en forma directa o por medio de tomacorrientes, equipos eléctricos de la clase de protección I, equipos portátiles de la misma clase, para las siguientes tensiones:
- U_0 hasta 230 V 0,4 s
- U_0 hasta 400 V 0,2 s
- U_0 superior a 400 V 0,1 s

▷ Circuitos que sólo alimentan equipos fijos y cuando desde el mismo distribuidor no se suministra energía a ningún circuito que requiera un tiempo de desconexión menor, 5 s.

▷ Circuitos con equipos fijos que se alimentan desde un distribuidor, y para los cuales se determinaron tiempos de desconexión menores, se deben ajustar para esos tiempos o cumplir con los siguientes requerimientos:
- La impedancia del conductor de protección que se mide entre el cuadro o tablero de distribución y el punto en el que el conductor de protección se conecta con el nivelador de potencial principal, no es mayor que:

$$\frac{50\ \text{V}}{U_0} \cdot Z_S$$

Z_S impedancia del circuito

- El potencial se debe nivelar localmente en forma comparable con la conexión equipotencial principal, por medio del distribuidor al que están conectados los diferentes circuitos eléctricos.

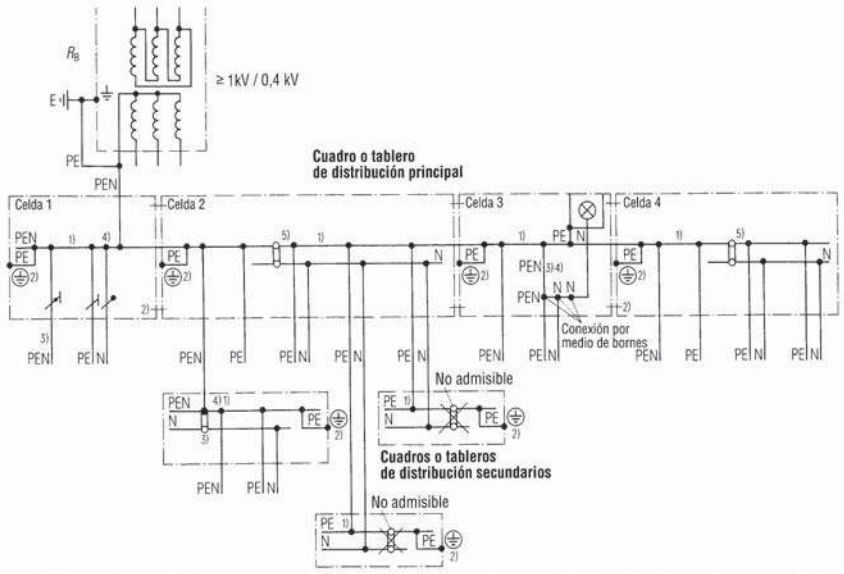
En caso de que aun con estas medidas no se alcancen los tiempos de desconexión estipulados, debe incorporarse un dispositivo protector por corriente de defecto (*R*esidual *c*urrent protective *d*evice – RCD) o nivelar el potencial en forma adicional.

En todos los sistemas, de acuerdo con el tipo de la conexión a tierra, en cada edificio se debe realizar una conexión equipotencial principal.

Las combinaciones de aparatos de los catálogos Siemens se pueden aplicar en todos los sistemas de acuerdo con el tipo de puesta a tierra que se utilice. Cuando se las instala en sistemas TN, debe aclararse primero si el cuadro o tablero se ejecutará con cuatro o cinco conductores, es decir, con conductor PEN o con conductores PEN y N o con PE y N. En la figura 1.4/9 se aclara este punto[1)].

Para el cálculo de estos conductores debe distinguirse entre conductores de protección o PEN entrantes o salientes (ver la Tabla 1.4/3) y secciones para las conexiones internas de conductores de protección (Tabla 1.4/4). Aquí podrán dejar de considerarse las conexiones de protección internas hacia los equipos cuando éstos fueron incluidos en las medidas de protección al fijarlos a partes constructivas conductoras. Las indicaciones de la Tabla 1.4/4 también se pueden aplicar para conexiones de protección de una combinación de aparatos (por ejemplo, la chapa lateral o la superior). Como referencia para el cálculo de estos conductores de protección vale la sección del conductor de fase, que se tiende sobre estas partes constructivas sólo con el aislamiento básico.

[1)] En algunos países, por ejemplo, Francia y, en parte, también en Italia y Noruega, las disposiciones pertinentes determinan la desconexión del conductor N, por lo tanto, debe tenerse en cuenta este hecho cuando se realiza el proyecto y el pedido (aparatos de maniobra tetrapolares).



1) Posibilidades de conexión de los conductores de protección (PE), PEN, neutro y, en algunos casos, el conductor nivelador principal de potencial.

2) Conexión de partes constructivas por medio de la fijación de una barra PEN o PE adicional con elementos de conexión adecuados, por ejemplo, arandelas de contacto dentadas o, dado el caso, por conductores de protección tendidos por separado.

3) Sólo se puede tender un conductor común de protección y neutro, es decir, un conductor PEN en el caso de conductores de cobre con sección ≥ 10 mm^2 o aluminio ≥ 16 mm^2.

4) Según la norma DIN VDE 0100-540 Sección 8.2.5, al conductor PEN se pueden conectar conductores de protección, neutros y PEN. Sólo se requiere una división en PE y N cuando las secciones son < 10 mm^2 para cobre o 16 mm^2 en caso de aluminio. Una vez que se realiza esta división, ya no podrán volver a unirse los conductores PE y N ni conectarse a tierra el conductor neutro.

5) La barra de conexión indicada aquí ya no forma parte de las exigencias de las normas de la serie DIN VDE 0100. Por razones prácticas (medición de la resistencia de aislamiento del conductor neutro contra el conductor de protección o tierra), sin embargo, se recomienda prever como mínimo, una barra de conexión separable por cada barra de neutro.

Figura 1.4/9
Conductores de protección, PEN y neutro, con diferentes secciones, y combinaciones de aparatos de maniobra conectadas a un sistema TN

Cuando todos los conductores con aislamiento básico se tienden en canales de cables, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que un conductor se suelte o se corte.

Aquí, debe partirse de la base que tal falla sólo puede ocurrir para secciones de hasta 10 mm^2. En estos casos el conductor suelto puede hacer contacto con un elemento constructivo, por lo tanto, en las medidas de protección se recomienda integrar un conductor de protección de dimensiones adecuadas, sección de 10 mm^2, para conectar los elementos constructivos.

Además de esto, cada combinación de aparatos de la clase de protección I debe conectarse al conductor de protección de entrada (de la línea de alimentación). Esto se logra, preferentemente, por medio de una fijación conductora directa de la combinación de aparatos a la barra del conductor de protección o del conductor PEN.

En algunos casos, se requiere un conductor de protección separado de cobre con una sección máxima de 10 mm^2 para la conexión a la combinación de aparatos.

En los sistemas IT, por lo general, no se utiliza ningún conductor neutro. Por lo tanto, para esto también deben realizarse las indicaciones correspondientes.

En la República Federal de Alemania, predomina la "Protección por desconexión en el Sistema TN". En esta medida de protección debe observarse lo siguiente:

Tabla 1.4/3
Proyecto de conductores de protección (PE), conductores PEN y conductores N en combinaciones de aparatos de maniobra según la norma DIN EN 60431-1 (VDE 0660, Parte 500) cuando se utiliza el mismo material que el conductor de fase para la conexión de conductores entrantes y salientes.

Conductor de fase	**Conductor de protección (PE)**	**Conductor PEN**	**Conductor neutro (N)**
$<10\ mm^2$	Como el conductor exterior	–	Como el conductor exterior
$>10 \leq 16\ mm^2$	Como el conductor exterior	para media carga del conductor de fase, mín. 10 mm^2 para Cu. Nota: Según la norma, los conductores PEN y N deben calcularse iguales, aunque aquí se tiene una cierta contradicción con el cálculo de los conductores de protección, porque para ellos (los conductores PEN se consideran conductores de protección) se requiere una sección mínima que depende del conductor de fase y esto no se cumple para los cálculos por media carga. Por ello, se recomienda calcular el conductor PEN, como mínimo, con la misma sección que el conductor de protección y tener en cuenta la nota siguiente: Nota: Cuando la intensidad de la corriente en el conductor neutro puede llegar a ser muy elevada, por ejemplo, debido a equipos de iluminación, se puede necesitar un conductor neutro (y también un conductor PEN) con la misma capacidad de carga que un conductor de fase.	
$>16 \leq 35\ mm^2$	mín. 16 mm^2		
$>35 \leq 400\ mm^2$	mín. $^1/_2$ del conductor de fase, o cálculo o ensayo		
$>400 \leq 800\ mm^2$	mín. 200 mm^2, o cálculo o ensayo		
$>800\ mm^2$	mín. $^1/_4$ del conductor de fase, o cálculo o ensayo		

Tabla 1.4/4
Proyecto de conductores de protección (PE) para combinaciones de conductores de protección hacia las carcasas de equipos eléctricos dentro de una combinación de aparatos de maniobra de baja tensión.

Corriente nominal (A)	Sección mínima para conductores de protección de Cu (mm^2)	Integrar por medio de la fijación
hasta 20	Como el conductor principal	Como mínimo con 2 tornillos M6[1)]
hasta 25	2,5	
hasta 32	4	Como mínimo con 2 tornillos M8[1)] o 4 tornillos M6,
hasta 63	6	
>63	10	Como mínimo con 4 tornillos M8[1)]

[1)] Salvo que los equipos tengan sujeciones más pequeñas. Las sujeciones indicadas son recomendaciones que demostraron su eficacia en la práctica.

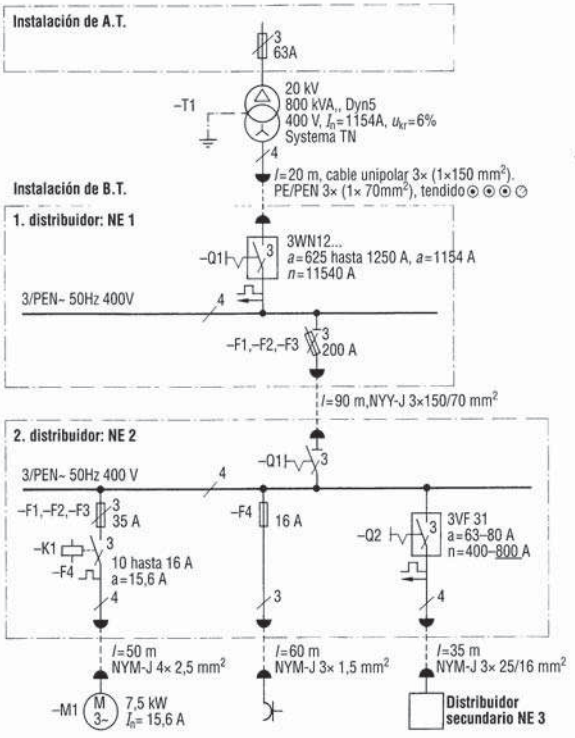


Figura 1.4/10
Diagrama unifilar, por ejemplo, para verificar la medida de protección "Protección por desconexión" en un Sistema TN.

▷ En los sistemas TN-S se deben conectar con un conductor de protección al punto estrella del transformador de red todas las carcasas de los equipos eléctricos, en los sistemas TN-C a través de un conductor de protección, con el conductor PEN y por último, con el punto estrella del transformador de red.

▷ Cuando se utilizan conductores de cobre con sección < 10 mm² o de aluminio, con sección < 16 mm² deben tenderse siempre separados los conductores de protección y el neutro. Para secciones ≥ 10 mm² (Cu) y ≥ 16 mm² (Al) se podrán unificar[1] en un conductor, el N y el de protección para formar el conductor PEN (ver la figura 1.4/9).

[1] La norma DIN VDE 0107 exige, en parte y sin depender de la sección, conductores PE y N separados. En las instalaciones de edificios también se recomienda, en conformidad con la norma DIN VDE 0108, conductores de protección y neutro separados, sin tener en cuenta la sección. Esta recomendación tiene especial importancia en equipos de telecomunicaciones.

▷ Como ya se mencionó, deben alcanzarse ciertos tiempos de desconexión. Para verificar el tiempo de desconexión es necesario medir la impedancia del circuito (Z_S) o determinarla por medio de cálculo.
Aquí debe cumplirse la condición siguiente:

$$Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

Z_S Impedancia del circuito
I_a Corriente de desconexión del dispositivo de protección. Para dispositivos de protección por corriente de defecto $I_a = I_{\Delta n}$
U_0 Tensión contra tierra

A continuación se da un ejemplo para determinar la impedancia del circuito o para verificar la condición de desconexión (Figura 1.4/10):

Para simplificar el cálculo de la impedancia preliminar y de la longitud máxima de los conductores después del último dispositivo de protección, se puede

utilizar la hoja de cálculo 1[1)] representada en la figura 1.4/11. En la Sección I de la hoja de cálculo 1 se indican los valores de las resistencias, de las reactancias e impedancias del transformador de red tomados de la Tabla 1.4/5 y los valores correspondientes para los cables de conexión, de las Tablas 1.4/6 a hasta d. Estos valores se suministran para los cables de ida y de retorno (distancia). Para más de tres tramos consecutivos debe agregarse otra hoja a la original. Los valores de las resistencias óhmicas y las reactancias se suman por separado y de ahí se calculan los valores de la impedancia del circuito. En la Sección II debe describirse la derivación a calcular. La intensidad de la corriente de desconexión cuando se utilizan fusibles se pueden obtener de la Tabla 1.4/7 para tiempos de desconexión de 5 s, 0,4 s, 0,2 s y 0,1 s (las cuatro últimas líneas de la tabla).

Los restantes valores de la Tabla 1.4/7 son corrientes de desconexión, considerando la protección durante un cortocircuito, es decir, las corrientes de desconexión requeridas para las cuales los conductores de cobre con aislamiento de PVC no se calientan más de 160 °C.

Las Tablas 1.4/8 a y b se utilizan cuando se usan interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos). Aquí no se requieren valores diferentes, porque para la corriente de desconexión determinada ($5 \cdot I_n$ para interruptores con característica B y de $10 \cdot I_n$ para la característica C) se produce una desconexión en $\leq$100 ms. Los valores para los interruptores automáticos se pueden obtener del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Para la característica A se debe considerar $3 \cdot I_n$ y para la D, $20 \cdot I_n$.

Para los interruptores automáticos según la norma DIN EN 60947 la corriente de desconexión I_a o I_{kreq} se obtiene del valor de ajuste del disparador por cortocircuito (fijo o ajustable) multiplicado por 1,2.

Las longitudes de cable calculadas (Figura 1.4/12) son inferiores a la requerida de 50 m. Para lograr la longitud requerida, se puede reducir la protección con cortocircuito o elevar la sección a 4 mm^2. Resulta preferible aumentar la sección porque así también puede obtenerse una reducción de la caída de potencial. Para la protección contra tensiones peligrosas para el cuerpo humano "Protección mediante la desconexión automática del suministro de energía eléctrica" se podría utilizar también un dispositivo de protección por corriente de defecto.

En las figuras 1.4/13 a 1.4/15 se continúa el ejemplo de cálculo con un conductor de 4 mm^2.

1.4.3 Seguridad por medio del aislamiento de protección

El uso de cuadros y tableros de distribución con aislamiento de protección está limitado por la capacidad de disipar el calor de los equipos instalados, su tamaño y peso. Los distribuidores con aislamiento de protección de los catálogos Siemens ofrecen el mayor espectro de aplicaciones posible.

La protección por medio del aislamiento de protección (Figura 1.4/16) se logra por medio de un aislamiento completo de los equipos eléctricos. Este aislamiento debe ser doble o reforzado con respecto del aislamiento básico o de servicio. Esto se logra, por lo general, montando los equipos aislados en forma normal dentro de una carcasa de material aislante (completamente cerrada).

Las características del aislamiento de protección son las siguientes:

- ▷ De la carcasa aislante sólo deben sobresalir piezas aisladas. Cuando salen partes metálicas de la mencionada carcasa, deben, por ejemplo, estar separadas con seguridad de las partes activas y de cuerpos internos, con piezas intermedias aisladas equivalentes al aislamiento de protección.
- ▷ En los equipos protegidos con aislamiento de protección mismos y dentro de ellos, no podrán conectarse conductores de protección a los cuerpos ni a partes conductoras. Es decir, está prohibido que la conexión cuerpo/parte metálica se realice con el conductor de protección. Sin embargo, se admite el paso de estos conductores hacia equipos conectados a continuación, por ejemplo, por medio de barras PE/PEN aisladas.
- ▷ Por lo general, equipos con aislamiento de protección son sólo aquellos que se identifican con el símbolo ⧈ (excepciones: cables y líneas).[2)]

[1)] En la hoja de cálculo todavía se utiliza el concepto "Dispositivo de protección contra cortocircuitos". Hoy se utiliza el concepto s "Dispositivo de protección cuando se produce un cortocircuito".

[2)] De acuerdo con el proyecto de norma DIN VDE 0140 no pueden pasar conductores de protección ni conductores PEN por carcasas con aislamiento de protección. Los equipos eléctricos no se podrán identificar con el símbolo ⧈, aun cuando cumplan con los demás requisitos del aislamiento de protección.

Hoja de cálculo 1

			R mΩ	X mΩ
Sección I — Impedancia del circuito delante del dispositivo de protección contra cortocircuito	Transformador	_____ kVA, U_n = _____ V, I_n _____ A, u_{kr} = ____ %, Grupo conex _____	_____	_____
	Cables del Transformador hasta el 1º distribuidor	para I_n = _____ A, sección: _____ mm², l = _____ m		
		$R = \frac{R'}{n} \times l$ = _____ mΩ/m x _____ m	_____	
		$X = \frac{X'}{n} \times l$ = _____ mΩ/m x _____ m		_____
	Cables y barras de: Distribuidor 1 hasta distribuidor 2	para I_n = _____ A, sección: _____ mm², l = _____ m		
		$R = \frac{R'}{n} \times l$ = _____ mΩ/m x _____ m	_____	
		$X = \frac{X'}{n} \times l$ = _____ mΩ/m x _____ m		_____
	Distribuidor 2 hasta distribuidor 3	para I_n = _____ A, sección: _____ mm², l = _____ m		
		$R = \frac{R'}{n} \times l$ = _____ mΩ/m x _____ m	_____	
		$X = \frac{X'}{n} \times l$ = _____ mΩ/m x _____ m		_____

Sección II

Dispositivo de protección contra cortocircuitos, tipo _____ corriente asignada _____ A
Valor de ajuste del disparador n _____ A
Sección después del dispositivo de protección contra cortocircuitos _____ mm²
Corriente de cortocircuito requerida I''_{kreq} _____ A

Suma: _____ _____

$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

$Z = \sqrt{\text{_____}^2 + \text{_____}^2}$

Z = _____ mΩ

Sección III

Máxima longitud de cable admisible después del dispositivo de protección contra cortocircuitos

Trifásica: $L = n \cdot \frac{1000 \cdot \frac{U_o}{I''_{kreq}} - Z}{2 \cdot z'}$

Monofásica / Continua: $L = n \cdot \frac{\kappa \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (\frac{1000 \cdot U_o}{I''_{kreq}} - Z)}{2 \cdot z'}$ *)

L = _____

L = _____ m

Símbolo	Unidad	Denominación
l	m	Longitud del cable delante del dispositivo de protección contra cortocircuitos
L	m	Longitud máx. admisible para el cable después del dispositivo de protección contra cortocircuitos
U_o	V	En la red de 380/400 V = 220/230 V, en la de 500 V = 288 V, en la de 660/690 V = 380/400 V
I''_{kreq}	A	Corriente de cortocircuito requerida por el dispositivo de protección
q	mm²	Sección del conductor después del dispositivo de protección contra cortocircuitos
Z	mΩ	Impedancia del circuito de la fuente de energía (transformador) hasta el dispositivo de protección contra cortocircuitos
R', X'	mΩ/m	Resistencia óhmica o reactancia de la impedancia del circuito por 1 m de cable de la sección indicada
z'	mΩ/m	Impedancia del circuito por 1 m de cable de la sección indicada después del dispositivo de protección contra cortocircuitos
n	--	Número de conductores paralelos de la misma sección

*) 2, Cuando la sección del conductor de protección es igual al diámetro del conductor principal
3, Cuando la sección del conductor de protección es igual a ½ x sección del conductor principal

Valores para cables trifásicos

C en mΩ/m para cables NYY aislados con PVC y conductores de cobre

Sección del conductor q mm²	Cables con 3½ conductores 4½ conductores	Cable con 4/5 conductores	Cable unipolar PE = ½	Cable unipolar PE = ½
0,5	--	107,2	--	--
0,75	--	71,5	--	--
1	--	53,6	--	--
1,5	--	35,7	--	--
2,5	--	21,44	--	--
4	--	13,4	--	--
6	--	8,93	--	--
10	--	5,36	--	--
16	--	3,35	--	--
25	3,11	2,15	3,13	3,12
35	2,23	1,54	2,25	2,24
50	1,56	1,08	1,60	1,59
70	1,12	0,78	1,17	1,16
95	0,84	0,59	0,89	0,88
120	0,67	0,47	0,74	0,72
150	0,55	0,39	0,63	0,61
185	0,45	0,33	0,56	0,53
240	0,37	0,27	0,49	0,46
300	0,31	0,24	0,45	0,42

C en mΩ/m para cables NYY aislados con PVC y conductores de aluminio

16	--	5,70	--	--
25	--	3,64	--	--
35	--	2,60	--	--
50	--	1,83	--	--
70	--	1,31	--	--
95	--	0,97	--	--
120	--	0,77	--	--
150	0,90	0,63	0,96	0,94
185	0,74	0,52	0,80	0,79
240	0,58	--	0,66	0,64
300	--	--	0,57	0,55

Conductibilidad del cobre: $\kappa_{+15^\circ} = 49{,}3\ m/\Omega mm^2$; $\kappa_{+60^\circ} = 37{,}3\ m/\Omega mm^2$

Figura 1.4/11
Hoja de cálculo para determinar la impedancia preliminar y de la longitud máxima de los conductores para una derivación de un consumidor. Los datos de la Sección I y II deben ingresarse en las fórmulas de la Sección III. Se utilizarán las fórmulas correspondientes para derivaciones trifásicas, monofásicas o para corriente continua.

Tabla 1.4/5
Transformadores trifásicos de potencia.
Valores de R, X y Z de la impedancia del circuito en un cortocircuito unipolar.
Tensión asignada, lado de A.T.: 12 ó 24 kV, laso de B.T.: 400 V, 50 Hz.

Grupo de conexión Yz ...[1)]

Aceite	Potencia asignada S_{nT} kVA	Corriente asignada I_n A	Tensión de cortocircuito u_{kr} %	R mΩ	X mΩ	Z mΩ
	50	72	4	58,88	73,30	94,02
	75	108	4	35,50	51,02	62,16
	100	144	4	24,96	39,12	46,40
			6	29,44	62,07	68,70
	125	180	4	18,64	31,91	36,96
			6	22,12	50,16	54,82
	160	231	4	13,60	25,35	28,77
			6	16,00	39,60	42,71

Grupo de conexión Dy ...[1)]

Resina	50	72	4	67,20	107,90	126,43
	75	108	4	38,40	74,91	84,18
	100	144	4	27,20	56,95	63,11
	125	180	4	20,48	46,13	50,47
	160	231	4	14,40	36,69	39,42
Aceite resina	200	289	4	12,24	29,07	31,54
	250	361	4	9,02	23,55	25,22
	315	455	4	6,76	18,83	20,01
	400	577	4	5,08	14,91	15,75
	500	722	4	3,78	12,02	12,60
	630	910	4	2,74	9,61	9,99
Resina	100	144	6	28,00	90,27	94,51
	125	180	6	21,25	72,55	75,60
	160	231	6	15,60	56,96	59,06
Aceite resina	200	289	6	12,04	45,41	47,25
	250	361	6	9,79	36,50	37,79
	315	455	6	7,42	29,06	29,99
	400	577	6	5,36	22,99	23,61
	500	722	6	4,03	18,45	18,89
	630	910	6	2,92	14,71	15,00
	800	1154	6	2,12	11,61	11,80
	1000	1443	6	1,62	9,30	9,44
	1250	1804	6	1,22	7,45	7,55
	1600	2309	6	0,96	5,82	5,90
Aceite	2000	2886	6	0,92	4,63	4,72
	2500	3608	6	0,68	3,72	3,78
Resina	2000	2886	8	0,56	6,27	6,30
	2500	3608	8	0,44	5,01	5,03

[1)] Grupos de Conexión, ver la Sección 10.5.1.

Tabla 1.4/6
Valores de R', X' y Z' de cables aislados con PVC y conductores de Cu a 55 °C[1].
Para cables con conductores de aluminio debe multiplicarse el valor de R' por el factor 1,7.

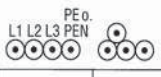
a) Cables con 4 y 5 conductores

Numero de conductores × sección asignada mm²	R' [2] mΩ/m	X' [3] mΩ/m	Z' mΩ/m
4 × 0,5	81,90	0,23	81,90
4 × 0,75	55,74	0,23	55,74
4 × 1	41,18	0,23	41,18
4 × 1,5	27,53	0,23	27,53
4 × 2,5	16,86	0,22	16,86
4 × 4	10,49	0,21	10,49
4 × 6	7,01	0,20	7,01
4 × 10	4,16	0,19	4,16
4 × 16	2,62	0,18	2,63
4 × 25	1,654	0,176	1,663
4 × 35	1,192	0,160	1,203
4 × 50	0,880	0,159	0,894
4 × 70	0,610	0,155	0,629
4 × 95	0,440	0,154	0,466
4 × 120	0,348	0,151	0,379
4 × 150	0,282	0,151	0,320
4 × 185	0,226	0,151	0,272
4 × 240	0,172	0,149	0,228
4 × 300	0,136	0,149	0,202

b) Cables con $3^1/_2$ y $4^1/_2$ conductores.

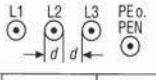
Numero de conductores × sección asignada mm²	R' [2] mΩ/m	X' [3] mΩ/m	Z' mΩ/m
3 × 25/16	2,135	0,182	2,143
3 × 35/16	1,904	0,183	1,913
3 × 50/25	1,267	0,179	1,279
3 × 70/35	0,901	0,174	0,918
3 × 95/50	0,660	0,168	0,681
3 × 120/70	0,470	0,160	0,505
3 × 150/70	0,446	0,167	0,476
3 × 185/95	0,333	0,163	0,371
3 × 240/120	0,260	0,164	0,307
3 × 300/150	0,209	0,162	0,264

c) Conductor unipolar



Numero de conductores × sección asignada Conductor principal, PE o PEN mm²	R' [2] mΩ/m	X' [3] mΩ/m	Z' mΩ/m
1 × 25/16	2,135	0,390	2,170
1 × 35/16	1,904	0,377	1,941
1 × 50/25	1,267	0,373	1,321
1 × 70/35	0,901	0,366	0,973
1 × 95/50	0,660	0,333	0,739
1 × 120/70	0,479	0,330	0,582
1 × 150/70	0,446	0,327	0,553
1 × 185/95	0,333	0,326	0,466
1 × 240/120	0,260	0,320	0,412
1 × 300/150	0,209	0,328	0,381

d) Conductor unipolar



Numero de conductores × sección asignada Conductor principal, PE o PEN mm²	R' [2] mΩ/m	X' [2] mΩ/m	Z' mΩ/m
1 × 25/16	2,135	0,390	2,170
1 × 35/16	1,904	0,377	1,941
1 × 50/25	1,267	0,373	1,321
1 × 70/35	0,901	0,366	0,973
1 × 95/50	0,660	0,362	0,753
1 × 120/70	0,479	0,359	0,599
1 × 150/70	0,446	0,356	0,571
1 × 185/95	0,333	0,354	0,486
1 × 240/120	0,260	0,349	0,435
1 × 300/150	0,209	0,347	0,405

[1] Para obtener los valores correspondientes a otras temperaturas consultar la Sección 10.3.5.
[2] Valores básicos para conductor de ida y retorno de acuerdo con la norma DIN VDE 0295, Tablas 1 y 2, así como la norma DIN VDE 0102, la temperatura media del conductor se fija en 55 °C.
[3] Valores básicos publicados en "Kabel und Leitungen für Starkstrom" (Cables y Conductores para Corriente Industrial), 4ª edición, Siemens AG, e indicados en la norma DIN VDE 0102.

Tabla 1.4/7

Corriente de cortocircuito requerida $I''_{kreq.}$ (Corriente de desconexión) con fusibles para protección de líneas según la norma DIN EN 60269-1 (VDE 0636, Parte 10), clase de servicio gL/gG, gM, teniendo en cuenta la solicitación térmica límite por cortocircuito (160 °C) de cables aislados con PVC y conductores de cobre, así como los tiempos de desconexión de la norma DIN VDE 0100-410: 1997-01 de **5 s, 0,4 s, 0,2 s y 0,1 s**.

Sección asignada q mm²	Corriente asignada I_n en A																												
	2	4	6	10	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125	160	200	224[1]	250	300[1]	315	355[1]	400	425[1]	500	630	800	1000	1250
	Corriente de cortocircuito requerida $I''_{kreq.}$ en A																												
0,5	9	19	28	76	180	400																							
0,75			28	55	115	190	370	350	890																				
1				48	93	137	250	290	550	520																			
1,5					70	100	175	200	360	350	860	1880																	
2,5						86	115	150	225	220	520	890	1750	3200															
4									130	200	330	570	950	1600	3100	6100													
6											250	400	640	1050	1900	3200	6800	4800		8400									
10												330	430	640	1080	1800	3450	3200	5400	6300	10700								
16														580	715	1140	2100	2000	3100	5000	5700	6000	11100	8800	22000				
25																950	1380	1350	2000	3700	3500	4300	6100	6800	10100	28000			
35																	1250	1250	1700	2300	2450	3100	4100	4900	7150	16000			
50																				2050	2050	2000	2950	3200	5000	10050	21000	39000	90000
70																							2800	2900	3500	7100	13500	22500	51000
95																										5150	9400	15500	35500
120																										5000	7400	12000	25000
150																											6600	9400	19000
185																												8800	15000
240																													11000
300																											↓	↓	↓
400																													
500																											6600	8800	11000
2 × 50																											9000	14500	32000
2 × 70																											6600	10500	19500
2 × 95 hasta																												8500	15000
2 × 500																												8500	12300
3 × 50																												9400	19000
3 × 70 hasta																												8800	13000
3 × 500																													11000
4 × 50 hasta	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
4 × 500	9,5	19	28	48	70	86	115	150	130	200	250	330	430	580	715	950	1250	1250	1700	2050	2050	2000	2800	2900	3500	5000	6600	8800	11000
5 s	9,5	19	28	48	70	86	115	150	130	200	250	330	430	580	715	950	1250	1250	1700	2050	2050	2000	2800	2900	3500	5000	6600	8800	11000
0,4 s	17	32	50	80	120	150	210	250	200	300	460	610	800	1050	1300	1800	2200	2200	3000	3200	3900	3700	5100	5600	6600	9900	12000	17000	22000
0,2 s	20	40	60	95	140	180	250	320	270	410	570	720	980	1200	1700	2100	2800	2800	3800	4400	4700	4500	6200	6400	8000	11000	14000	20000	27000
0,1 s	23	48	73	120	180	220	300	390	440	500	690	900	1100	1400	2000	2500	3300	3500	4300	5100	5700	6100	7800	8200	10000	13000	18000	23000	32000

Zona de secciones no protegidas

Zona de secciones protegidas referidas a la protección en cortocircuito, suponiendo que circula la corriente de cortocircuito requerida $I''_{kreq.}$

En las cuatro últimas líneas de la presente tabla se indican las intensidades de las corrientes de desconexión referidas a los tiempos de desconexión de la norma DIN VDE 0100-410: 1997-01.

[1] Fusible no previsto por la norma DIN EN 60269-1 (VDE 0636, Parte 10), sin embargo podrá ser suministrado por Siemens.

Nota:

Las últimas cuatro líneas se refieren a tiempos de desconexión correspondientes a la protección contra descargas eléctricas: 0,4 s para circuitos de tomacorrientes con 230 V; 0,2 s para circuitos de tomacorrientes con 400 V y 0,1 s para circuitos de tomacorrientes tensiones > 400 V.

Tabla 1.4/8 a
Corriente de cortocircuito requerida $I''_{kreq.}$ (Corriente de desconexión) con interruptores cortacircuitos automáticos con característica B según la norma DIN EN 60898 (VDE 0641, Parte 11), teniendo en cuenta la solicitación térmica límite por cortocircuito (160 °C) admisible de cables aislados con PVC y conductores de cobre.

Sección asignada q	Corriente asignada I_n en A																									Sección asignada q
	6			10			16			20			25			32			40			50			60		
	I''_k en kA																									
	3	6	10	3	6	10	3	6	10	3	6	10	3	6	10	3	6	10	3	6	10	3	6	10	3	6	10	
mm²	$I''_{kreq.}$ en A																									mm²
0,5	Sin fusible preconectado, zona de secciones no protegidas con $I''_{kreq.}$ de 3, 6 y 10 kA en el lugar de montaje															Sin fusible preconectado, zona de secciones probablemente no protegidas. No se pueden dar indicaciones concretas porque faltan los valores correspondientes en la norma DIN VDE (tener en cuenta las informaciones de los fabricantes).											0,5
0,75																										0,75
1																										1
1,5	30			50			80			100			125													1,5
2,5	30	30	30	50	50	50	80	80	80	100	100		125	125												2,5
≥4	30	30	30	50	50	50	80	80	80	100	100	100	125	125	125											≥4
≥6																160	160	160	200	200	200	250	250	250	315	315	315	≥6

Tabla 1.4/8 b
Corriente de cortocircuito requerida $I''_{kreq.}$ (Corriente de desconexión) con interruptores cortacircuitos automáticos con característica C según la norma DIN EN 60898 (VDE 0641, Parte 11), teniendo en cuenta la solicitación térmica límite por cortocircuito (160 °C) admisible de cables aislados con PVC y conductores de cobre.

Sección asignada q	Corriente asignada I_n en A															Sección asignada q
	0,5	1	1,6	2	3	4	6	8	10	16	20	25	32	40	50	
mm²	$I''_{kreq.}$ en A															mm²
0,5	5	10	16	20		Sin fusible preconectado, zona de secciones no protegidas.										0,5
0,75	↓	↓	↓	↓	30											0,75
1					↓	40	60	80	100							1
1,5						↓	↓	↓	↓	160	200	250	320	400		1,5
2,5										↓	↓	↓	↓	↓	500	2,5
≥4	5	10	16	20	30	40	60	80	100	160	200	250	320	400	500	≥4

Ejemplo 1: Salida a motor

Determinación de la impedancia del circuito delante del dispositivo de protección contra cortocircuitos –F1, –F2, –F3 (fusibles de 35 A) en el 2° distribuidor NE2.

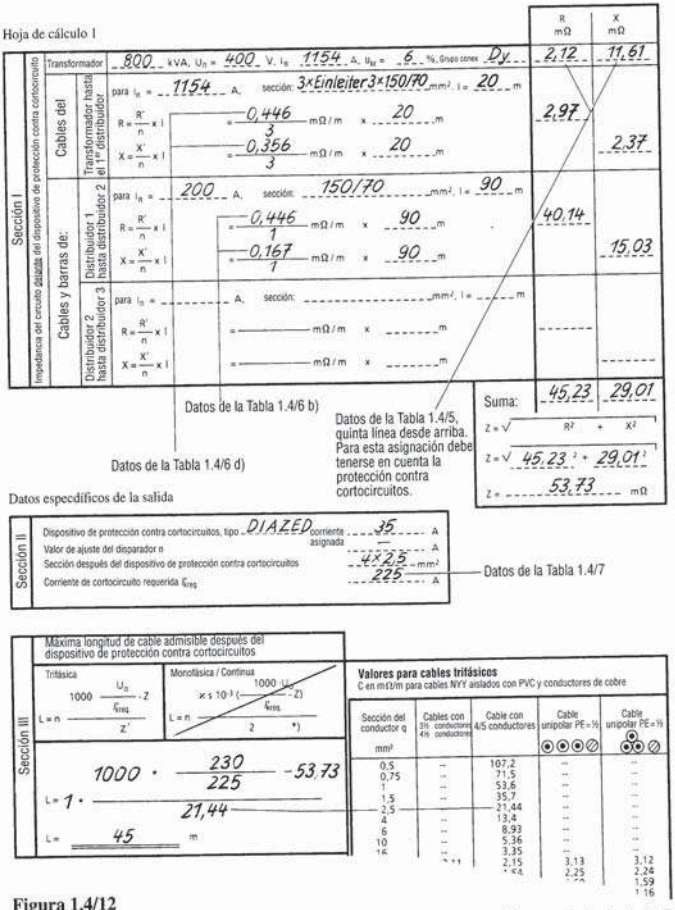


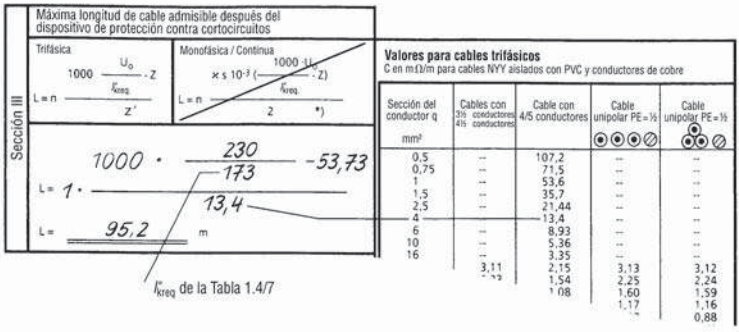
Figura 1.4/12
Salida a motor: realización del cálculo de una derivación a consumidor con la hoja de la figura 1.4/10.

1.4.4 Montaje y conexión de instalaciones de maniobra y distribución

Para cumplir con las medidas de protección previstas, resultan de importancia las determinaciones de la norma DIN VDE 0100, Parte 729 "Montaje y conexión de instalaciones de maniobra y distribución". Las mismas establecen la seguridad de movimiento del personal de servicio, a la vez que exigen lo siguiente:

- ▷ Se debe respetar el ancho mínimo de los pasillos (ver las figuras 1.4/17 a 1.4/20),
- ▷ Las instalaciones de maniobra y distribución con protección reducida contra contacto directo accidental, sólo se podrán montar en locales o recintos cerrados para equipos eléctricos de acuerdo con la norma DIN VDE 0100-731 "Locales y recintos cerrados para equipos eléctricos",

Determinación de la longitud máxima admisible para el cable después del dispositivo de protección para la protección durante el cortocircuito, con un conductor de 4 mm² de sección:



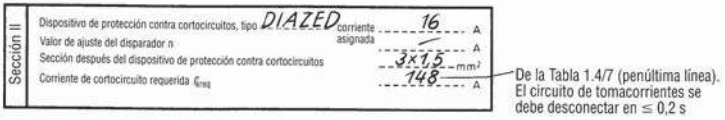
Con ello, para esta salida se asegura la "Protección por medio de la desconexión automática del suministro de energía eléctrica". Al mismo tiempo se obtiene la protección durante un cortocircuito.

Figura 1.4/13
Comprobación de la longitud máxima admisible para el cable con conductores de 4 mm² de sección.

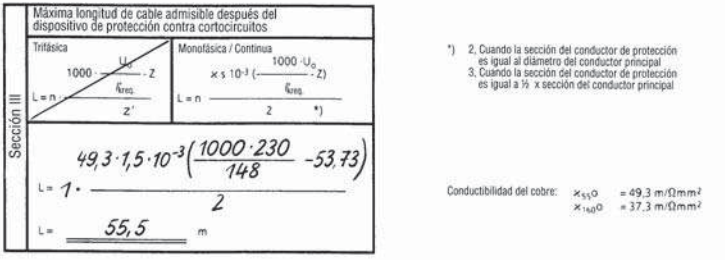
Ejemplo 2: Circuito de tomacorrientes

La impedancia del circuito de 53,73 mW delante del dispositivo de protección – F4 para la protección con cortocircuito puede ser tomada del Ejemplo 1 (Figura 1.4/12).

Datos específicos de la salida



Determinación de la longitud máxima admitida para el cable, después del dispositivo de protección con cortocircuito



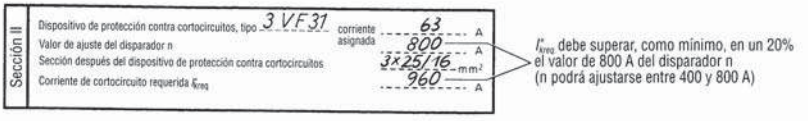
Con esto, para esta salida se asegura la "Protección por medio de la desconexión automática del suministro de energía eléctrica" y se obtiene protección durante un cortocircuito.

Figura 1.4/14
Circuito de tomacorrientes: Cálculo sobre la base del diagrama unifilar de la figura 1.4/10.

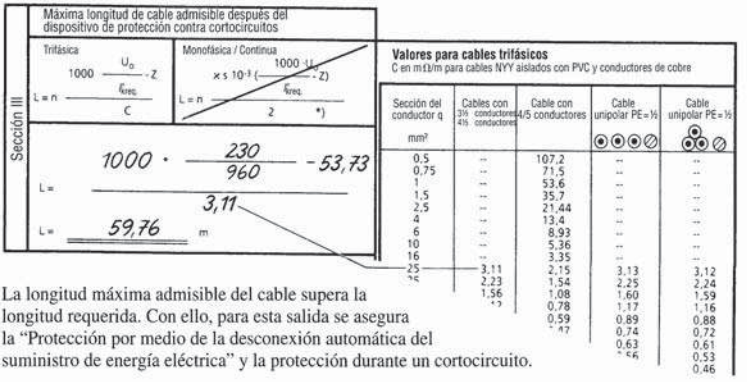
Ejemplo 3: Distribuidor secundario NE3

La impedancia del circuito de 53,73 mW delante del dispositivo de protección – Q2 para la protección con cortocircuito puede tomarse del Ejemplo 1 (Figura 1.4/12).

Datos específicos de la salida



Determinación de la longitud admitida para el cable, después del dispositivo de protección con cortocircuito



La longitud máxima admisible del cable supera la longitud requerida. Con ello, para esta salida se asegura la "Protección por medio de la desconexión automática del suministro de energía eléctrica" y la protección durante un cortocircuito.

Figura 1.4/15
Realización del cálculo sobre la base del diagrama unifilar de la figura 1.4/10.

▷ Para pasillos con una longitud ≥20 m se requieren dos salidas, entre 6 y 20 m se recomiendan 2 salidas y hasta 6 m alcanza con una salida.

1.4.5 Distancias de aislamiento y de fuga

Las distancias disruptivas y de fuga también son de las más importantes determinaciones fundamentales de la norma DIN VDE 0110. En enero de 1989 las normas DIN VDE 0110-1 y DIN VDE 0110-2 reemplazaron a las vigentes hasta ese entonces y el plazo de transición en el que se podían aplicar las exigencias anteriores finalizó el 31.12.89. A partir de esta fecha, todos los proyectistas y también los comités que trabajan con aparatos de maniobra de baja tensión deben tener en cuenta las disposiciones nuevas. Es decir, para actualizar las normas se tienen que respetar estas determinaciones.

En las disposiciones antiguas de la serie de normas DIN VDE 0110, se suministraban informaciones básicas relacionadas con los grupos de aislamiento (A_0, A, B, C, D) en función con el tipo de local y las influencias del entorno.

A estos grupos de aislamiento se le asignaban valores mínimos para las distancias disruptivas y de fuga, así como las distancias de montaje de los equipos.

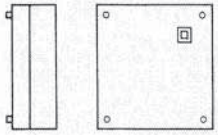
Además, se especificaban tensiones de prueba en función de las distancias disruptivas.

Hasta la fecha indicada, los equipos de maniobra de baja tensión correspondían al grupo de aislamiento C y los aparatos de maniobra que se utilizan en vehículos de transporte debían pertenecer al grupo de aislamiento D. Los materiales de instalación como interruptores para circuitos de iluminación, tomacorrientes, etc., por lo general, sólo cumplen con el grupo de aislamiento B.

De acuerdo con la norma DIN EN 60439-1 (VDE 0660, Parte 500), todos los aparatos de maniobra de-

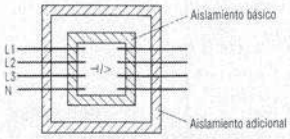
La protección se logra por medio de lo siguiente:

▷ El uso de equipos eléctricos de la clase de protección II según la norma DIN VDE 0106-1 identificados con el símbolo ⧈ según la norma DIN 30600, por ejemplo, carcasa con aislamiento de protección,



o

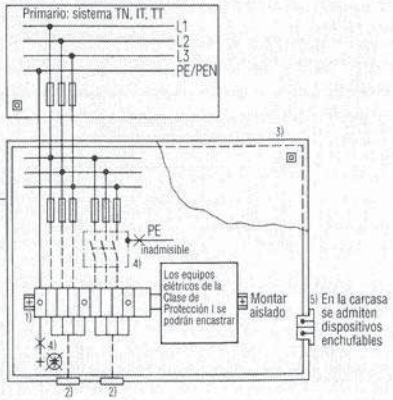
▷ el montaje de un aislamiento complementario ≥IP 2X o IP XXB en los equipos eléctricos con aislamiento básico,



o

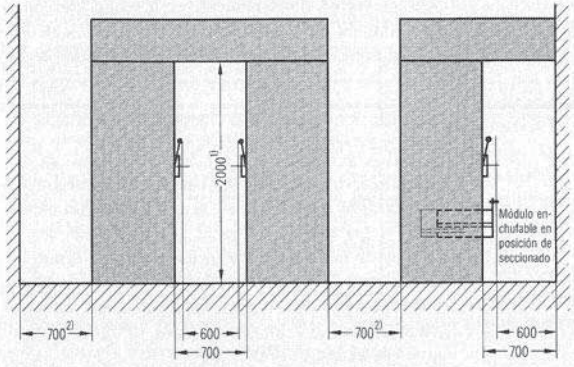
▷ el montaje de un aislamiento reforzado en las partes activas.

Estas dos últimas variantes se deben identificar con el símbolo ⊛ en un lugar bien visible.



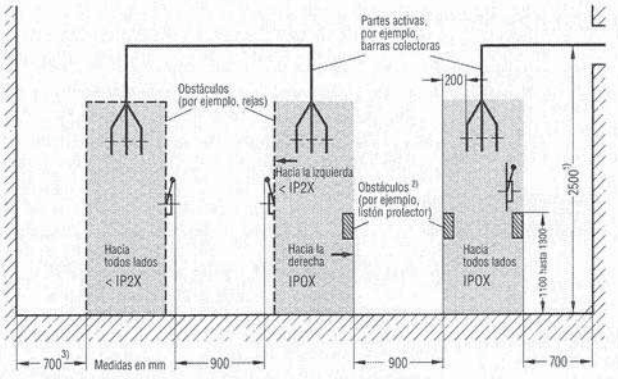
1) Cuando los rieles portaborneras se utilizan como conductor de protección o PEN, se los debe identificar, por ejemplo, con una cinta adhesiva verde y amarilla. Este riel se tiene que montar aislado de las partes y cuerpos activos y, además, si se lo utiliza como conductor PEN, debe ser de cobre o de aluminio.
2) No se admiten fijaciones atornilladas metálicas, incluso tornillos y otros cuerpos conductores no deben atravesar la envoltura, salvo que se encuentren aislados de las partes y cuerpos activos internos (de acuerdo con el aislamiento de protección).
3) Los equipos eléctricos con aislamiento de protección, de acuerdo con la norma DIN EN 60439-1 (VDE 660, Parte 500), deben tener, como mínimo, IP 3XD.
4) No se admiten conexiones del conductor de protección.
5) En las carcasas con aislamiento de protección y tapas rebatibles se admiten conectores enchufables.

Figura 1.4/16 Aislamiento de protección de equipos eléctricos.



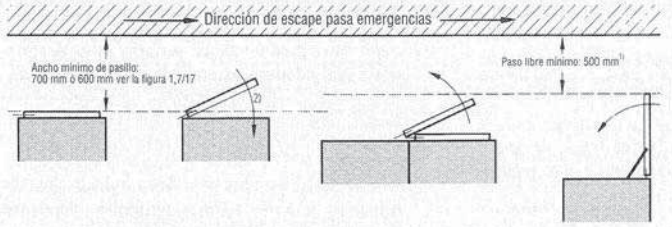
1) Altura mínima de paso por debajo de obstáculos como, por ejemplo, cubiertas
2) El ancho del pasillo sólo se debe tener en cuenta cuando se requiere un acceso.

Figura 1.4/17
Anchos mínimos de los pasillos de instalaciones de maniobra de baja tensión con la clase de protección ≥IP 2X de acuerdo con la norma DIN EN 60529 (VDE 0470, Parte 1) (Excepciones ver la figura 1.4/19).



1) Altura libre mínima de paso por debajo de partes activas desnudas
2) La máxima flexión podrá ser de 20 mm cuando en el centro del campo se aplica una carga de 500 N
3) El ancho del pasillo sólo se debe tener en cuenta cuando se requiere un acceso.

Figura 1.4/18
Pasillos para instalaciones de maniobra de baja tensión con clase de protección < IP 2X según la norma DIN EN 60529 (VDE 0470, Parte 1) (admisibles sólo en ambientes para equipos eléctricos o salas cerradas para equipos eléctricos según la norma DIN VDE 0100-731).



1) Cuando las partes frontales de los cuadros o tableros están enfrentadas, para la reducción sólo se considera el que produce una puerta abierta de uno de los lados (es decir, con puertas que no cierran en la dirección de escape).
2) Tener en cuenta el ancho de la puerta: es decir, según la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) las puertas deben poder abrirse, como mínimo, 95°, mientras que para la norma DIN VDE 0100-729, alcanza con 90°.

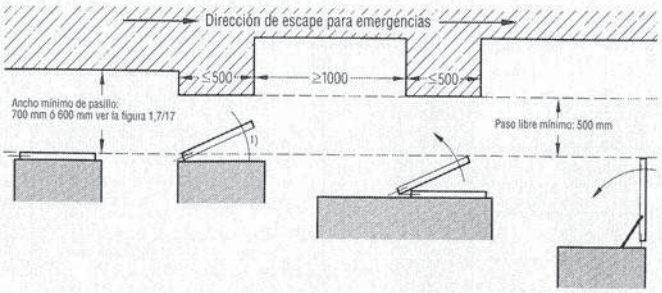
Figura 1.4/19
Anchos de pasillos reducidos en la zona de puertas abiertas (excepciones de la figura 1.4/17).

ben tener distancias disruptivas y de fuga, tal como se exigen en las especificaciones correspondientes. Estos valores mínimos deben mantenerse en condiciones normales de servicio. Para la conexión a equipos eléctricos (por ejemplo, por medio de barras colectoras o cables con terminales) deben mantenerse los valores mínimos de las distancias disruptivas y de fuga que se exigen para los aparatos correspondientes. En parte pueden tenerse valores menores si se realizan ensayos de resistencia a sobretensiones. Esto también tiene validez durante y después de los cortocircuitos.

Para todas las demás distancias disruptivas y de fuga tienen validez las normas DIN VDE 0110-1 y DIN VDE 0110-2

Los equipos eléctricos, instalaciones de maniobra y de distribución de los catálogos de Siemens cumplen los requerimientos correspondientes.

Si se tiene en cuenta la norma DIN VDE 0110-1 "Coordinación del aislamiento de los equipos eléctricos en instalaciones de baja tensión, determinaciones básicas" y la Parte 2 "Distancias disruptivas y de



1) Tener en cuenta el ancho de la puerta: es decir, según la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) las puertas deben poder abrirse, como mínimo, 95°, mientras que para la norma DIN VDE 0100-729, alcanza con 90° (conforme con las normas DIN VDE 0113/DIN EN 60204).

Figura 1.4/20
Anchos de pasillos reducidos en la zona de puertas abiertas y/o salientes de la construcción. La Parte 729 de la norma DIN VDE 0113/DIN EN 60204 no contiene estas disposiciones complementarias.

fuga", para determinar estas distancias se debe considerar lo siguiente:

- Categoría de sobretensión[1)]
- Grado de ensuciamiento
- Resistencia a las corrientes de fuga[2)]
- Tensión asignada/sobretensión asignada.

En la norma DIN VDE 0110, Partes 1 y 2, se determinan cuatro grados de ensuciamiento y cuatro categorías de sobretensiones:

Grado de ensuciamiento 1:

No hay suciedad o ésta sólo es seca, no conductora y no influye en los valores.

Grado de suciedad 2:

Suciedad no conductora. Debe contarse con cierta conductibilidad transitoria cuando se produce rocío.

Grado de ensuciamiento 3:

Suciedad conductora o suciedad no conductora cuando está seca, pero que se hará conductora porque debe contarse con rocío.

Grado de ensuciamiento 4:

La suciedad produce conductibilidad permanente, por ejemplo, polvo, lluvia, nieve.

1) Sólo para distancias disruptivas.
2) Sólo para distancias de fuga.

A los grados de ensuciamiento se asignan los ambientes siguientes:

V1: Ambientes climatizados o secos y limpios.

V2: Ambientes para vivienda, ventas y otros destinados a actividades comerciales, talleres de mecánica de precisión, laboratorios y campos de ensayos, ambientes utilizados para fines medicinales.

V3: Ambientes utilizados para fines industriales, artesanales y explotaciones agrícolas, depósitos sin calefacción, talleres, salas de calderas.

V4: Ambientes exteriores o al aire libre.

Para los aparatos de maniobra y sus combinaciones se deben considerar, por lo general, los grados de ensuciamiento 3 y 4 y la categoría de sobretensión III.

Categoría de sobretensión I:

Instalaciones, en las cuales no aparecen sobretensiones, o que tienen una protección especial contra las mismas.

Categoría de sobretensión II:

Instalaciones, para las cuales no se necesitan considerar sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, pero se tienen en cuenta las sobretensiones transitorias de conexión, por ejemplo, en los electrodomésticos.

Categoría de sobretensión III:

Instalaciones, para las cuales no se necesitan te-

ner en cuenta sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, pero, por seguridad y disponibilidad se deben considerar exigencias especiales.

Categoría de sobretensión IV:
Equipos, en los que se deben considerar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, por ejemplo, equipos eléctricos conectados a líneas aéreas.

1.5 Disposiciones para el equipamiento y normas relevantes

Las disposiciones para el equipamiento tienen una gran importancia en el proyecto de las instalaciones de maniobra y distribución, porque con satisfacer las disposiciones constructivas no siempre alcanza para satisfacen las exigencias adicionales de diferentes condiciones de servicio.

Las disposiciones para el equipamiento se tienen que cumplir necesariamente cuando los aparatos e instalaciones de maniobra o distribución se utilizan bajo condiciones definidas, por ejemplo, las siguientes:

- ambientes y salas para fines médicos, ver la norma DIN VDE 0107,
- equipamiento eléctrico de máquinas utilizadas para conformar, preparar, triturar, mezclar, secar, ensayar materias primas u otros procesos productivos, ver la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1),
- complejos edilicios en los que se producen considerables concentraciones de personas, por ejemplo, salas de reuniones, grandes almacenes, hoteles, hospitales, etc., ver la norma DIN VDE 0108,
- plantas industriales con peligro de explosión, ver la norma DIN VDE 0165,
- zonas con peligro de explosión, ver las normas DIN VDE 0165 y DIN VDE 0170/0171,
- plantas industriales con explosivos, ver la norma DIN VDE 0166,
- instalaciones eléctricas de explotaciones mineras a cielo abierto, canteras y minas, ver las normas DIN VDE 0168 y DIN VDE 0118,
- equipamiento de centrales nucleares (KTA, *K*ern*t*echnischer *A*usschuß – Comité para Técnica Nuclear).

Cuando no se tienen en cuenta las disposiciones para el equipamiento podrán requerirse luego trabajos suplementarios que provocarían sensibles incrementos en los costos y plazos de ejecución previstos.

Los temas más importantes referidos al equipamiento, conciernen a los interruptores principales y a los dispositivos de desconexión de emergencia según la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1)

1.5.1 Interruptor principal

Las normas DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) y la IEC 204-1 son las que, en particular, requieren de interruptores principales. Otras disposiciones, por lo general, sólo requieren de un dispositivo seccionador.

El equipamiento eléctrico de las máquinas debe tener un interruptor principal, que permita separar dicho equipamiento de la red (por ejemplo, cuando deban efectuarse diversos trabajos en el mismo).

La norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) define el cálculo del interruptor principal: La capacidad de ruptura debe ser tal que pueda desconectar la corriente del motor de mayor potencia con el rotor bloqueado más la suma de las corrientes de servicio de todos los consumidores y/o motores restantes.

Cuando el interruptor principal también se utiliza como interruptor de emergencia, debe cumplir también las exigencias fijadas para esta característica del servicio (ver la Sección 1.5.2).

Las características de los interruptores principales de Siemens son las siguientes:

- Tienen las propiedades de un seccionador, es decir, separar todas las vías de corriente de un circuito con una indicación confiable de la posición de maniobra en que se encuentran. Las distancias entre contactos alcanzan para ofrecer suficiente protección a las personas.
- Son, como mínimo, interruptores de potencia, es decir, tienen una capacidad de ruptura y reconexión tal que permiten conectar y desconectar la intensidad de la corriente asignada de los equipos eléctricos y partes de la instalación en funcionamiento normal.
- El accionamiento de estos interruptores es manual y sólo tienen una posición de conectado y otra de desconexión con sus topes correspondientes.

- ▷ Los interruptores tienen una indicación de la posición de maniobra tal que recién señala el estado de desconexión cuando todos los contactos alcanzaron las distancias de apertura prescriptas.
- ▷ El mango de los accionamientos giratorios será negro. La posición de conectado se señala con "I"; la de desconexión, con "O". La manija tiene dispositivos que permiten retenerla en la posición de desconectado con, por ejemplo, candado(s). El accionamiento se montará de forma tal que la manija se opere desde el exterior (no detrás de la puerta), salvo que se trate de un interruptor automático con accionamiento por fuerza.
- ▷ Para los interruptores principales que también se utilizan como interruptores de emergencia se dispone de manijas rojas con fondo amarillo.
- ▷ El interruptor principal separa simultáneamente todos los conductores que no están puestos a tierra. Cuando se exige la desconexión del neutro (N), deben emplearse interruptores tetrapolares.
- ▷ Todas las partes que se encuentran bajo tensión cuando el interruptor está en la posición de desconectado podrán cubrirse con una tapa que se suministra con el interruptor.

Los interruptores automáticos con accionamiento a distancia, cuyos contactos principales no puedan cerrarse ni siquiera durante un instante en un intento de conexión con el disparador de mínima tensión desconectado, podrán utilizarse como interruptores principales.

El programa de suministros del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens comprende interruptores principales con corrientes asignadas de hasta 6300 A.

1.5.2 Dispositivos de desconexión de emergencia

La norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1), es la principal disposición que trata el tema de la desconexión de emergencia, aunque otras normas también se refieren al mismo.

Las normas DIN VDE 0100-460 (VDE 0100, Parte 460) y DIN VDE 0100-537 (VDE 0100, Parte 537), por ejemplo, también suministran disposiciones relacionadas con los dispositivos de desconexión de emergencia.

En caso de peligro, todo el equipamiento eléctrico de una máquina industrial se debe poder detener con la mayor rapidez posible, con el fin de evitar riesgos para las personas y la máquina misma. En algunos casos, esto significa no sólo la desconexión de la máquina, a veces, cuando es necesario, el dispositivo de parada de emergencia también debe disponer movimientos de retroceso bajo tensión.

Para poder llevar a cabo este requerimiento, se podrán aplicar dos métodos:

a) Disponer un interruptor de desconexión de emergencia que interrumpa la alimentación del circuito correspondiente. Este interruptor se podrá accionar manualmente o por medio del control a distancia que desconecta un circuito de comando.

b) Disponer los circuitos de mando de forma tal que un único comando permita desconectar todos los circuitos principales correspondientes. Ver también la Sección 4.3.4 "Uso de contactores auxiliares en circuitos de seguridad". Cuando se deben conectar varios contactores para maniobrar el mismo consumidor, por ejemplo, para los contactores inversores y estrella triángulo, se tienen que desexcitar las bobinas de todos estos contactores.

Los interruptores de emergencia que operan según el método a) deben ser capaces de desconectar la corriente del motor de mayor potencia de la máquina con el rotor bloqueado, más la suma de las corrientes de servicio de todos los consumidores y/o motores restantes.

Las características de los interruptores de emergencia son las siguientes:

- ▷ Los contactos NC tienen apertura forzada, es decir, cuando se desconectan, al menos durante una parte del recorrido de accionamiento se separan en forma segura sin interposición de ninguna pieza elástica.
- ▷ La manija se identifica con un color rojo llamativo.
- ▷ La superficie debajo de la manija tiene un color amarillo que contrasta notablemente con el rojo de la misma.

Con esto, los interruptores de emergencia cumplen con las exigencias de las disposiciones de las normas DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) y la IEC 204-1.

El programa de productos del catálogo "Sistemas y Aparatos" de Siemens incluye interruptores de emergencia para corrientes asignadas de hasta 6300 A.

En el método b), los diferentes aparatos de maniobra (contactores) comandados por la orden de desconexión sólo tienen que operar los equipos eléctricos que manejan habitualmente.

La norma DIN EN 60947-5-1, VDE 0660, Parte 200): 1991 describe los aparatos de mando de emergencia.

Además de las características mencionadas para los interruptores de emergencia que operan según el método a), existen otros requerimientos entre los que, por ejemplo, cabe mencionar los siguientes:

- El dispositivo de accionamiento debe quedar retenido en la posición de accionado ("Interrupción de Emergencia"). Para destrabar este dispositivo se tendrá que accionar manualmente o con una herramienta, por ejemplo, una llave en dicho dispositivo de comando de emergencia.
- El enclavamiento debe quedar efectivo cuando en todos los contactos NC se tenga, al menos, la distancia de seccionamiento mínima y se hayan cerrado todos los contactos NA que eventualmente hubiera.
- No se admite una superposición de contacto entre los NA y NC.

A continuación se dan algunos ejemplos de dispositivos para la desconexión de emergencia del método b):

- pulsador hongo rojo con protección contra manipulación no autorizada y enclavamiento. Se desenclava girando a la izquierda el pulsador hongo. Diámetro del accionamiento: 40 mm,
- pulsador hongo rojo con enclavamiento. Se desenclava girando a la izquierda el pulsador hongo. Diámetro de los accionamientos: 30, 40 ó 70 mm,
- pulsador hongo presión – tracción con accionamiento por presión, rojo, Desenclavamiento por tracción. Diámetro del accionamiento: 40 mm,
- pulsador hongo, con cerradura de seguridad, rojo. Desenclavamiento por medio de llave. Diámetro del accionamiento: 40 mm.

Para los pulsadores hongo con protección contra manipulación no autorizada al accionar el pulsador hongo de emergencia se libera un mecanismo de salto. Esto se logra por medio del principio de funcionamiento con pernos precomprimidos.

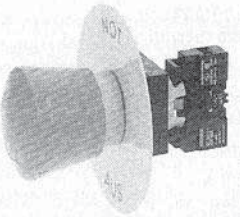


Figura 1.5/1
Pulsador hongo de emergencia.

La apertura de los contactos NC, el cierre de los contactos NA y la correspondiente retención ocurren en una secuencia que no se puede interrumpir. En caso de fallas se garantiza la desconexión segura por la forma especial de la manija.

Indicaciones para el uso

Las máquinas de mayor envergadura, por lo general, se equipan con interruptores principal y de emergencia separados. Este criterio es funcional porque el operador desde su puesto de trabajo debe tener acceso rápido, sencillo y sin riesgos al interruptor de emergencia. Por lo tanto, el interruptor de emergencia se instala en el pupitre o panel de operación y el interruptor principal, en el cuadro o tablero.

Para poder operar los interruptores de emergencia fácil y rápidamente se recomienda utilizar interruptores de emergencia con accionamiento manual directo sólo para corrientes asignadas de hasta 63 A. Cuando se requieren interruptores para corrientes asignadas mayores, se deben utilizar interruptores con disparador por mínima tensión, accionado(s) por medio de un pulsador tipo hongo SIGNUM 3SB3... de color rojo con base amarilla (Figura 1.5/1). Este pulsador requiere de fuerzas mucho menores para el accionamiento.

Combinación de interruptor principal – interruptor de emergencia

En máquinas más pequeñas, sin armario o tablero de mando separado, el interruptor principal y el de emergencia se colocan uno al lado del otro en el campo de maniobras. En este caso, se puede utilizar un único aparato para ambas funciones, siempre que se cumplan las exigencias para los dos tipos de interruptores.

1.5.3 Aparatos de desconexión ara mantenimiento mecánico

Los aparatos de desconexión para mantenimiento mecánico son, por lo general, aparatos de maniobra adicionales según las normas DIN VDE 0100-460 y DIN VDE 0100-537, que se utilizan para evitar que, durante el mantenimiento o reparación de una máquina, sus circuitos eléctricos puedan ser conectados y además, los dispositivos para desconexión y prevención de arranques imprevistos según la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1).

Las normas de la serie DIN VDE 0100 definen los requerimientos de estos interruptores, además, en la Sección 5 de la norma DIN VDE 0100-460 se indica dónde se puede requerir un aparato de desconexión para reparaciones y en la Sección 5 de la norma DIN VDE 0100-537, los requerimientos que deben satisfacer estos interruptores.

Las normas DIN VDE 0100-460 y DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1), indican que la conveniencia de instalar un aparato de desconexión para el mantenimiento mecánico lo deben acordar el proveedor de la instalación eléctrica y el usuario de la máquina, porque los requerimientos de ambas normas sólo deben cumplirse cuando pueden originarse riesgos para el personal de mantenimiento. Pero, esencialmente, los únicos que están en condiciones de responder a estas cuestiones son el fabricante de la maquinaria mecánica y el operador de la misma.

En parte, un interruptor de maniobra de orden superior ya puede satisfacer estos requerimientos, así como, por ejemplo, el interruptor principal previsto de todas maneras por la norma DIN N 60 204-1 (VDE 0113, Parte 1). Pero, además, es posible que aún deban cumplirse las exigencias siguientes:

▷ Requerimientos según las normas DIN VDE 0100-460 y DIN VDE 0100-537:
- Deben tenerse en cuenta los peligros provenientes de giros, movimientos o quemado de elementos, sin embargo, no se necesita considerar el riesgo de contacto accidental con partes activas que se pueden evitar con una adecuada selección de los interruptores.
- Cuando en la maquinaria también se utilicen otras formas de energía, por ejemplo, neumática o hidráulica, la desconexión de la energía eléctrica por si sola podría ser insuficiente.
- Deben preverse medios adecuados para evitar la reconexión accidental, por ejemplo, los siguientes:
  - dispositivos con cerradura o candado(s),
  - avisos de advertencia,
  - ambientes o protecciones cerradas con cerradura o candado(s),
  - control permanente por parte del personal de mantenimiento respectivo.

▷ Requerimientos según la norma DIN VDE 0100-537
- Los dispositivos de desconexión para el mantenimiento mecánico deben ubicarse, preferentemente, en el circuito de alimentación principal,
- los interruptores en los circuitos principales deben poder operar con plena intensidad de la corriente de carga,
- se admite la desconexión en el circuito de mando cuando se verifican las siguientes condiciones:
  - existen medidas adicionales de seguridad, por ejemplo, bloqueos mecánicos,
  - cuando los requerimientos de las normas para los aparatos de maniobra utilizados conducen a los mismos resultados que la interrupción del circuito de alimentación.
- Los siguientes dispositivos serán admisibles:
  - aparatos de maniobra multipolares,
  - interruptores automáticos,
  - interruptores de mando para accionar contactores,
  - dispositivos enchufables.
- Para todos los aparatos de desconexión debe preverse operación manual,
- la distancia de separación entre los contactos abiertos debe quedar visible o estar señalada por una clara indicación de posición,
- la disposición de los elementos debe permitir una fácil identificación y acceso del dispositivo de desconexión.

▷ Requerimientos según la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1):
La norma DIN EN 60204-1 (VDE 113, Parte 1), en forma similar que la norma DIN VDE 0100, también prevé la posibilidad de instalar un aparato de maniobra en el circuito principal de alimentación (también podrá alcanzar con un interruptor principal) o, dispositivos en el circuito de mando. Estos últimos sólo serán admisible en los casos siguientes:
- no se prevé ningún desarme de la maquinaria,

- en la máquina sólo se realizarán ajustes que requieren poco tiempo,
- no se realizan trabajos en el equipamiento eléctrico de la maquinaria, con excepción de:
  - cuando no existe ningún riesgo de descargas eléctricas o de quemaduras,
  - la desconexión del circuito de mando no puede eliminarse durante los trabajos de mantenimiento, por ejemplo, por medio de un accionamiento casual del contactor de potencia,
  - los trabajos requeridos sólo son de pequeña magnitud.

1.5.4 Equipamiento eléctrico para máquinas a exportar a otros países

Cuando los aparatos de maniobra de baja tensión se utilizan, por ejemplo, para el equipamiento eléctrico de máquinas, además de considerarse las disposiciones de montaje de cada uno de los aparatos, también deben tenerse en cuenta las "disposiciones de equipamiento" correspondientes. Por otra parte, también deben tomarse en cuanta las disposiciones de montaje vigentes en el lugar donde se realizará la instalación.

Puede ocurrir que la máquina y su equipamiento eléctrico deban ser aprobadas por parte de una autoridad de control local, estatal, sus inspectores u organismos de contralor independientes. Este hecho ya se debería acordar en los pedidos o contratos pertinentes.

Estos organismos de control podrán probar lo siguiente:

▷ el tipo de los equipos instalados,

▷ la disposición del comando, en concordancia con las disposiciones nacionales o internacionales. En los países de la Unión Europea (UE) se aplican, en condición de obligatorias, las normas europeas (EN) que, por lo general, son también aceptadas por los países europeos que no pertenecen a la UE,

▷ el cumplimiento de las disposiciones locales de montaje, por ejemplo, su conexión al suministro de energía eléctrica.

Las diferentes disposiciones nacionales para equipamiento eléctrico de maquinarias de los distintos países difieren en parte, muy poco entre sí. En algunos países no existen disposiciones propias, por lo tanto, pueden aplicarse las de la IEC. Cuando se incluye el equipamiento eléctrico como parte componente de maquinarias que se exportan a otros países, tiene que aclararse cuáles son las disposiciones que deben observarse y qué diferencias deben aceptarse en relación con las normas DIN EN y con los documentos de armonización (HD).

Las diferencias con respecto a estas disposiciones pueden referirse, entre otras, a equipos y elementos eléctricos individuales, a su disposición, a la identificación y/o medidas de protección. A continuación se suministra una breve reseña de algunas diferencias que se observan en distintos países. Este resumen no debe ni puede reemplazar el análisis de las disposiciones respectivas.

Disposiciones para equipos eléctricos

En la mayoría de los países pueden emplearse aparatos eléctricos no aprobados, cuando forman parte del equipo de máquinas industriales importadas y satisfacen los requerimientos de publicaciones IEC o normas europeas (ver la Sección 1.2.1). Para suministros a Canadá, básicamente sólo deben emplearse aparatos de maniobra de baja tensión aprobados por CSA. Para suministros a EE.UU. hay que aclarar con el cliente final, si en los controles y mandos se sólo se exigen aparatos incluidos en la lista del Ⓤ[1] ("**U**nderwriter **L**aboratories") o si se admiten aparatos de la lista 𝔘[2] ("Recognized Components").

Además, para los suministros a Canadá y, en parte, a EE.UU., debe preverse el cableado con conductores aprobados en dichos países. Los fusibles, según las normas de EE.UU., Canadá, Suiza y, en parte, en Gran Bretaña, tienen dimensiones, formas constructivas y curvas características de fusión diferentes a las de los fusibles diseñados y construidos de acuerdo con las normas DIN. Con objeto de poder asegurar el suministro de repuestos del equipamiento, debe aclararse con el cliente, si admite el uso de fusibles según la norma DIN o si se tienen que emplear fusibles de fabricados en el respectivo país.

Nota

Aunque en la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) o IEC 204-1 ya no existen limitaciones relacionadas con la selección de los fusibles, incluso en

[1] Los aparatos incluidos en el listado del Ⓤ también quedan aprobados para "field and factory wiring"

[2] Los aparatos incluidos en el listado del 𝔘 sólo quedan aprobados para "factory wiring"

la norma DIN EN 60439-1 (VDE 0660, Parte 500), Sección 7.5.2.1.2 se presupone que los fusibles de reemplazo tienen las mismas características que los reemplazados, resulta conveniente acordar con el usuario la selección de los fusibles correspondientes.

Disposiciones o normas para equipamiento eléctrico

Como ejemplo, cabe consignar que existen diferentes disposiciones o normas internacionales, regionales y nacionales para el equipamiento eléctrico de máquinas herramienta y para la industria, que determinan como deben ejecutarse los mandos (ver también la Sección 1.3.1).

Normas internacionales

IEC 204-1	"Equipamiento eléctrico para máquinas industriales", Exigencias generales.

Normas regionales

EN 60204-1	"Equipamiento eléctrico para máquinas industriales", Disposiciones generales.

Todos los países de la Unión Europea (UE) incorporaron en su normativa nacional las normas europeas (EN). Por lo general, en los demás países europeos se procedió de manera análoga.

Normas para el montaje de equipos eléctricos

En diversas normas nacionales para el montaje se encuentran secciones con descripciones generales. Cuando en alguna de esas secciones constan indicaciones de importancia para la construcción de mandos y controles, las mismas también se incluyen en las normas específicas correspondientes.

En la República Federal de Alemania, en lo concerniente a la instalación (montaje, conexiones, etc.) del equipamiento eléctrico de máquinas rigen, por ejemplo, las normas de la serie DIN VDE 0100 y DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1). Aquí, la norma DIN VDE 0100 sólo tiene validez para el montaje de las partes hasta los bornes de la línea de alimentación de la máquina. Por otra parte, la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1), tiene validez para el montaje de la máquina y su equipamiento eléctrico completo, por ejemplo, cuadros o tableros instalados por separado y los cables que los conectan con las partes de la máquina. Cuando estos conductores se tienden en la estructura del edificio, entonces tienen validez nuevamente las normas de la serie DIN VDE 0100.

1.5.5 Colores para pulsadores, pulsadores luminosos y lámparas de señalización

La norma DIN EN 60073 (VDE 0199): 01.94, al igual que la IEC 73, define en forma clara el significado de determinados colores. Con esto se pretende mejorar la seguridad del personal de servicio, así como facilitar el manejo y mantenimiento de instalaciones y equipos eléctricos. Además, la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1): 06.93, también indica los colores de los pulsadores, pulsadores luminosos y lámparas de señalización. Ambas publicaciones coinciden en su mayor parte.

La Tabla 1.5/1 señala el significado de los colores de los indicadores luminosos y, además, suministra aclaraciones y ejemplos de aplicación.

De acuerdo con la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1), debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Los colores preferidos para los aparatos de mando para ARRANQUE/SI son: BLANCO, GRIS o NEGRO, con preferencia por el BLANCO. El VERDE se podrá usar, el ROJO, no.

El color ROJO se debe utilizar para parada de emergencia. Los colores preferidos para los aparatos de mando para PARADA/NO son: NEGRO, GRIS o BLANCO, con preferencia por el NEGRO. El ROJO se podrá usar, el VERDE, no.

Los colores preferidos para los elementos de mando de pulsadores son BLANCO, GRIS o NEGRO, que actúan como pulsadores ARRANQUE/SI y PARADA/NO. Los colores ROJO, AMARILLO o VERDE no se pueden utilizar.

Los colores preferidos para los elementos de mando de pulsadores que provocan una operación de trabajo mientras se los mantiene apretados y finalizan su cometido cuando no se los acciona (por ejemplo, mando por pulsador), son BLANCO, GRIS o NEGRO. Los colores ROJO, AMARILLO o VERDE no se pueden utilizar.

El color VERDE se reserva para funciones que indican un estado seguro o normal.

El color AMARILLO se reserva para funciones que indican una advertencia o un estado anormal.

Tabla 1.5/1
Colores de pulsadores y su significado de acuerdo con la norma DIN EN 60204 (VDE 0113, Parte 1): 06.93

Color	Significado	Aclaración	Ejemplos de aplicación
ROJO	Emergencia	Accionar en un estado peligroso o en una emergencia	Desconexión (Parada) de emergencia Iniciar funciones de desconexión (Parada) de emergencia, en forma condicional para PARADA/NO
AMARILLO	Anormal	Accionar en un estado anormal	Intervención para suprimir un estado anormal, Intervención para volver a arrancar un desarrollo automático que se interrumpió.
VERDE	Seguro	Accionar en condición segura o preparar en estado normal	ARRANQUE/SI, sin embargo se prefiere BLANCO
AZUL	Obligatorio	Accionar en un estado que requiere una operación obligatoria	Función de reposición
BLANCO	No tienen asignado un significado especial	Para la iniciación general de funciones, salvo desconexión de emergencia (ver también la Nota siguiente).	ARRANQUE/SI (preferido) PARADA/NO
GRIS			ARRANQUE/SI PARADA/NO
NEGRO			ARRANQUE/SI PARADA/NO (preferido)

NOTA: Cuando se aplica una medida de identificación adicional (por ejemplo, estructura, forma, posición) para los elementos de mando de pulsadores, podrán usarse los mismos colores BLANCO, GRIS o NEGRO para diferentes funciones, por ejemplo, BLANCO para ARRANQUE/SI y PARADA/NO para los elementos de mando.

El color AZUL se reserva para funciones de significado obligatorio.

Los pulsadores para reposición deben ser de color AZUL, BLANCO, GRIS o NEGRO, en el caso que también actúen como PARADA/NO, se preferirán los colores BLANCO, GRIS o NEGRO, en especial el NEGRO. El color VERDE no se puede utilizar.

La Tabla 1.5/2 señala el significado de los colores de las lámparas de señalización, en función del estado de la máquina, así como su manejo y ejemplos de aplicación.

La Tabla 1.5/1 y la 1.5/2 también se aplican para los pulsadores luminosos. Cuando se presentan problemas con la asignación de los colores apropiados debe recurrirse al BLANCO. El color ROJO usado en los aparatos utilizados para la desconexión de emergencia no debe depender de la iluminación.

La gran variedad del programa de aparatos de mando Siemens 3SB1, 3SB2 y SIGNUM 3SB3, ofrece los aparatos adecuados para todas las aplicaciones mencionadas. La selección se podrá realizar sobre la base del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

1.5.6 Clases de protección por medio de carcasas (Código IP) contra contacto accidental, cuerpos extraños y agua

Se puede decir que en la actualidad las "Clases de protección por medio de carcasas" (Clases de Protección IP) ya fueron normalizadas de manera uniforme en casi todo el mundo. En 1989 se publicó la 2ª edición de la norma IEC 529, después de una encuesta en los países del CENELEC, en 1991, se determinó que estos países adoptarían a esta norma internacional sin modificaciones. En 1991 también se publicó la norma europea EN 60529, idéntica a la

Tabla 1.5/2
Colores para lámparas de señalización y su significado de acuerdo con la norma DIN EN 60204 (VDE 0113, Parte 1): 06.93

Color	Significado	Aclaración	Acción por parte del operador	Ejemplos de aplicación
ROJO	Emergencia	Estado peligroso	Acción inmediata para reaccionar ante un estado peligroso (por ejemplo, parada de emergencia).	Presión/temperatura fuera de límites seguros, Caída de tensión, colapso del suministro de tensión Sobrepaso de una posición de parada
AMARILLO	Anormal	Estado anormal; Estado crítico inminente	Supervisión y/o intervención (por ejemplo, reposición de una función requerida)	Presión/temperatura sobrepasa las zonas normales. Disparo de un dispositivo de protección
VERDE	Normal	Estado normal	Opcional	Presión/temperatura dentro de zonas normales. Autorización para proseguir
AZUL	Obligatorio	Indicación de un estado que requiere de una acción por parte del operador	Acción obligatoria	Indicación para ingresar valores prefijados
BLANCO	Neutro	Otros estados, se podrá usar si existen dudas sobre la aplicación de ROJO, AMARILLO, VERDE o AZUL.	Supervisión	Informaciones generales

IEC 529, que se incorporó en la normativa alemana como DIN VDE 0470-1 (VDE 0470, Parte 1): 1992-11.

Este procedimiento anuló las normas siguientes:

DIN 40050, DIN 40052, DIN 40053, Partes 1 a 4 y DIN VDE 0470, Parte 1: 1984.

Sin embargo, en unos pocos países aún prevalecen las disposiciones antiguas porque todavía no se logró fijar una línea unitaria que comprenda a todos los comités internacionales de aparatos. Así, en algunas normas, por ejemplo, para electrodomésticos o material para instalaciones, se continúa indicando la clase de protección por medio de la simbología de gotas. No se puede realizar una comparación directa entre ambos métodos de identificación y por ello, en la Tabla 1.5/3 se suministra una comparación utilizada en la práctica

El código IP se impuso en el campo de los aparatos de maniobra de baja tensión y sus combinaciones. Este código no sólo debe aplicarse en los equipos eléctricos para baja tensión, también tiene validez para los aparatos de media y alta tensión hasta 72,5 kV.

En la norma válida en Alemania, en relación con las normas antiguas que se aplicaban, entre otras la DIN 40050, se diferencia en algunos lugares la rígida relación entre la protección contra contactos accidentales y contra cuerpos extraños.

Esto se aplica, en especial, a la "protección completa contra el contacto directo" expresada por la clase de protección IP2X que, antiguamente exigía aberturas ≤ 12 mm.

La protección contra cuerpos extraños en la norma vigente se controla con una esfera de 12,5 mm, para la protección contra contactos accidentales, en cam-

bio, se continúa utilizando el dedo de prueba con un diámetro de 12 mm y que, durante el ensayo, puede penetrar hasta una profundidad de 80 mm (Esta profundidad de penetración ya se tenía en algunos casos cuando en la normativa anterior se aplicaba la tolerancia mínima admisible).

En el proyecto de los aparatos de maniobra de baja tensión y sus combinaciones, debe tenerse en cuenta esto, es decir, no sólo la profundidad de penetración de 80 mm, sino también tiene que mantenerse la distancia apropiada entre el dedo de prueba y las partes peligrosas (lo mismo se aplica para las pruebas realizadas con otras sondas, por ejemplo, esfera).

En la actualidad, tal como se indica en la figura 1.5/2, se puede diferenciar la protección contra contactos accidentales y contra cuerpos extraños por medio de una letra adicional (facultativa). Este ensayo no se debe aplicar en relación con los requerimientos de la norma DIN VDE 0106, Parte 100 "Protección contra descargas eléctricas, disposición de elementos de mando en las cercanías de partes peligrosas (ver la Sección 1.4.1.2) debido a que allí sólo se tiene que aplicar el dedo de pruebas recto.

El grado de protección contra el contacto de partes peligrosas que señala la primera letra característica, no sólo comprende el contacto de partes activas peligrosas (partes conductoras de energía eléctrica), también incluye el contacto con partes en movimiento.

Debe tenerse en cuenta que, básicamente, la normativa vigente no requiere en forma esencial de la introducción de modificaciones en los aparatos de maniobra de baja tensión y sus combinaciones. A lo sumo, se tendrán algunas facilidades cuando se apliquen por separado la protección contra cuerpos extraños y contra contacto accidental.

Es de destacar que en la normativa actual se dejó de lado el principio de que en la protección contra la penetración de agua un determinado grado de protección también comprendía a todos los grados inferiores. Esto tiene aplicación, en especial, para los grados de protección IP7. e IP8. que ya no cubren automáticamente al grado IP5. o al IP6.

En los casos en los que deba satisfacerse un requerimiento de esta naturaleza, se tendrán que ensayar los equipos eléctricos de acuerdo con los requerimientos de ambos grados de protección e identificarlos en la forma correspondiente, por ejemplo, IP5./IP7. ó IP6./IP7. ó IP5./IP8. ó IP6./IP8.

En las normas vigentes para aparatos de maniobra de baja tensión, las normas de la serie IEC 947 (normas de la serie DIN VDE 0660 y DIN EN 60947 (VDE 0660)) aún se describen las clases de protección según la 1ª Edición, aunque la actualización está en elaboración.

En las normas vigentes para las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión, las normas de la serie IEC 439 (normas de la serie DIN EN 60439

Tabla 1.5/3
Comparación entre la marcación por símbolos y el Código IP

Marcación por símbolos	Significado	Clase de protección IP
Sin símbolo	Sin protección	IP00
	Protección contra goteo de agua	IPX1 y IPX2
	Protección contra agua pulverizada o lluvia	IPX3
	Protección contra salpicaduras de agua	IPX4
	Protección contra chorros de agua	IPX5
	Protegido contra inmersión pasajera y anegamiento, estanco al agua	IPX6 y IPX7
... bar ... m	Protegido contra sumersión, estanco al agua a presión	IPX8
	Protegido contra polvo	IP5X
	Estanco al polvo	IP6X

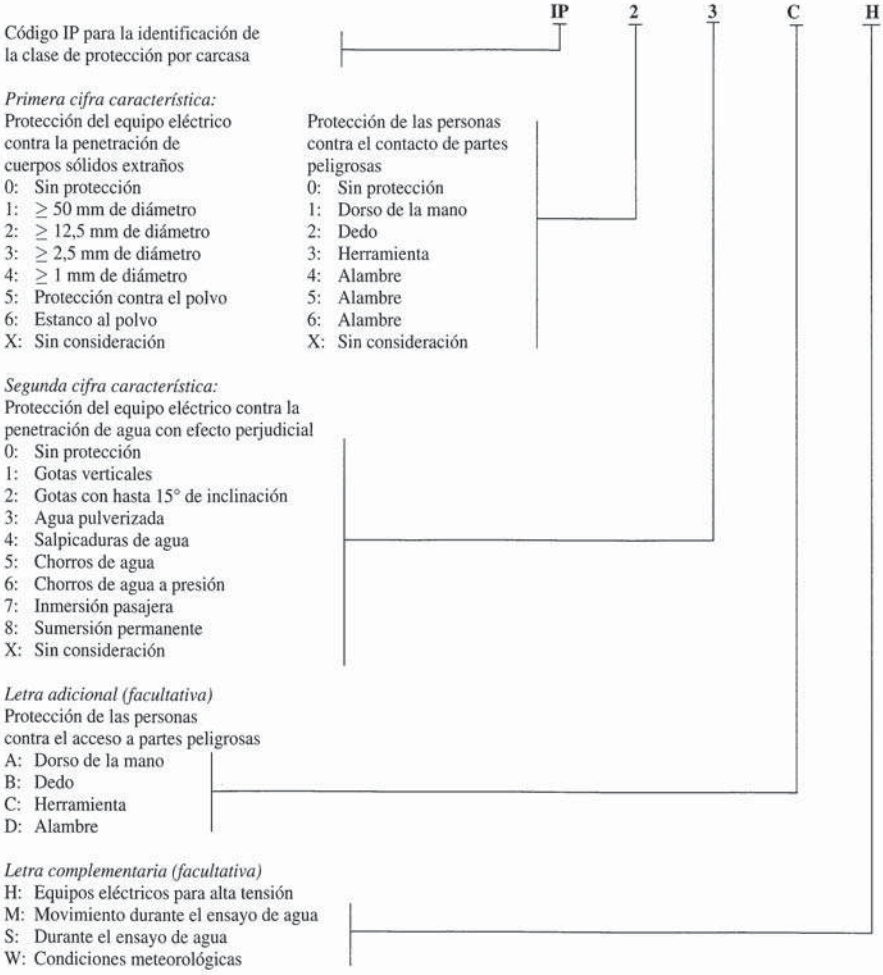


Figura 1.5/2
Disposición y significado del Código IP

(VDE 0660)) se está integrando la forma ampliada de la subdivisión de los grados de protección, es decir, la alternativa que ofrece la tercera letra para la protección contra contacto accidental.

Como ambas series de normas se refieren a la IEC 529, no existen impedimentos para aplicar las determinaciones contenidas en la 2° Edición.

Los ejemplos siguientes muestran la aplicación de letras y números en el Código IP.

IP44 Protección contra salpicaduras de agua
Protección contra cuerpos extraños ≥ 1 mm
Protección contra acceso a partes peligrosas con alambre de 1 mm de diámetro (El alambre no debe penetrar).

IPX5 Protección contra chorros de agua
La protección contra cuerpos extraños no se considera.
La protección contra acceso a partes peligrosas no se considera.

IP20C La sonda para control de acceso con 2,5 mm de diámetro y 100 mm de longitud podrá penetrar completamente, pero debe quedar suficiente espacio con respecto a las partes peligrosas.
Sin protección contra agua
Protección contra cuerpos extraños $\geq 12{,}5$ mm

IP23S Se evita la entrada de agua dañina en partes móviles.
Protección contra agua pulverizada
Protección contra cuerpos extraños $\geq 12{,}5$ mm

1.6 Condiciones de servicio y del medio ambiente

Las diferentes ejecuciones de los aparatos de maniobra de baja tensión y sus combinaciones homologadas descritos en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, pueden utilizarse bajo las condiciones de servicio y medio ambiente estipuladas en las normas de la serie DIN EN 947 (VDE 0660) y DIN EN 60439 (VDE 0660) (ver también la Sección 8.4.7).

1.6.1 Condiciones normales de servicio

Para los aparatos de maniobra y las combinaciones de los mismos rigen las condiciones de servicio normales señaladas en la Tabla 1.6/1 y que coinciden con las indicaciones para los aparatos de maniobra de las normas DIN EN 60947-1 (VDE 0660, Parte 100) y para las combinaciones de aparatos de maniobra, las correspondientes de la norma DIN EN 60439-1 (VDE 0660, Parte 500).

Los conceptos empleados se definen en la norma DIN 50010, Parte 1, de la manera siguiente:

▷ *Clima de interiores* es el correspondiente a cuartos y recintos construidos de manera tal que los objetos en su interior se encuentran protegidos en gran medida de las influencias del clima al aire libre.

Nota:

El clima en el interior de estos ambientes puede variar en forma significativa por fuentes de calor o humedad, por polvo e influencias químicas, por ejemplo, por la presencia de personas, animales o plantas, así como por instalaciones de calefacción o aire acondicionado.

▷ *Clima de exteriores* es el que se tiene en lugares dispuestos de forma tal que los objetos en su interior están protegidos contra la incidencia solar directa y contra precipitaciones atmosféricas, así

Tabla 1.6/1
Condiciones normales de servicio de acuerdo con la norma DIN EN 60947-1 (VDE 0660, Parte 100) y la DIN EN 60439-1 (VDE 0660, Parte 500)

	Interior	Aire libre
Temperatura ambiente		
Valor máximo de corta duración	+40 °C	+40 °C
Valor máximo promedio de 24 horas	+35 °C	+35 °C
Valor mínimo	−5 °C	−25 °C[1]
Condiciones atmosféricas		
Humedad relativa ambiente	50%[2] con 40 °C	100% con 25 °C
Altitud		
Altura máxima con respecto al nivel del mar (NN)	2000 m[3]	2000 m

[1] En clima templado, en clima ártico −50 °C.
[2] Una humedad relativa será admisible con temperaturas menores, por ejemplo, 90% con 20 °C.
[3] Para aparatos de maniobra con tensiones >1 kV hasta 12 kV, máximo 1000 m sobre el nivel del mar.

como, en caso necesario, contra el viento, pero por lo demás, están expuestos al aire libre.

▷ *Clima al aire libre* es aquél que afecta a los objetos que se encuentran a la intemperie.

En el catálogo Aparatos y Sistemas de Siemens, los aparatos de maniobra, con frecuencia, se califican de "resistentes al clima". La experiencia adquirida durante décadas en diversos países con condiciones climáticas extremas, por ejemplo, en Brasil, India e Indonesia, ha demostrado que los aparatos "resistentes al clima" se pueden utilizar en todo el mundo (ver la Sección 1.6.1.4). Sin embargo, esto no excluye que en algunos casos puedan ser necesarias medidas adicionales, por ejemplo, instalar una calefacción cuando se deba prever una posible condensación de agua.

Condiciones climáticas y de servicio diferentes a las expuestas

El cliente deberá indicar cuándo en el servicio o transporte de los aparatos de maniobra o sus combinaciones se pueden presentar condiciones que difieren de las expuestas, por ejemplo:

▷ frecuente condensación de agua (en interiores),

▷ temperaturas mayores o menores que las indicadas en las normas de la serie DIN EN 60947 y DIN EN 60439.

En los catálogos respectivos se indican para los aparatos de maniobra y sus combinaciones las condiciones específicas adicionales (ver también la Sección 1.6.2).

1.6.1.1 Temperatura ambiente

Se considera temperatura ambiente a la que tiene el aire que circunda a los aparatos de maniobra, a las instalaciones de maniobra o los cuadros o tableros de distribución, medida bajo condiciones estipuladas. Para un aparato de maniobra con una carcasa especial, por ejemplo, un arrancador con una caja, se considera temperatura ambiente la del aire fuera de dicha caja. Para aparatos en instalaciones de maniobra o distribución, la temperatura ambiente es la del aire dentro del armario o tablero (ver también las secciones 8.4.6 y 8.4.7).

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se indica la máxima temperatura ambiente admisible para los aparatos de maniobra. Cuando la temperatura ambiente supera los 40 °C, según el caso, debe utilizarse una corriente asignada reducida para el aparato.

1.6.1.2 Altitud de montaje

Cuando los aparatos de maniobra deben montarse a altitudes superiores a 2000 m sobre el nivel del mar, se presentan dos problemas:

▷ La disminución de la densidad del aire origina una reducción en la disipación de calor. Con ello, disminuye la carga admisible de los aparatos. Por lo general, con el incremento de la altura se reduce la temperatura ambiente y, por lo tanto, se compensa el efecto limitador de la carga.

▷ La disminución de la densidad del aire también origina una reducción de la resistencia a la tensión disruptiva y, por lo tanto, de la resistencia a la tensión. Si bien este efecto es menospreciable en gran medida, en la norma DIN VDE 0110-1 (VDE 0110, Parte 1) se lo tiene en cuenta por medio del factor de corrección por altitud (Tablas 2a y 2b) y las distancias disruptivas mínimas.

La capacidad de ruptura, por lo general, disminuye a consecuencia de la baja densidad del aire. En este caso, es necesario consultar al fabricante.

Para la corriente asignada de servicio I_e de los aparatos de maniobra de Siemens pueden aplicarse los siguientes factores de reducción aproximados:

hasta 2500 m sobre el nivel del mar $0.93 \cdot I_e$,

hasta 3000 m sobre el nivel del mar $0.88 \cdot I_e$,

hasta 3500 m sobre el nivel del mar $0.83 \cdot I_e$,

hasta 4000 m sobre el nivel del mar $0.78 \cdot I_e$.

Los contactores en técnica al vacío 3TF6 pueden suministrarse con un sistema magnético o de accionamiento en una ejecución especial para dichas condiciones de servicio.

1.6.1.3 Influencias del medio ambiente

Los aparatos y máquinas eléctricas en uso están expuestos a diversas influencias del medio ambiente, las cuales se describen en la norma DIN 50019, Parte 1, DIN IEC 721, Parte 2-1 y 3-3, 4/90 y en la norma Siemens SN 29070, Parte 1 (Tabla 1.6/2).

DIN 50019, Parte 1

Climas técnicos, caracterización y representación cartográfica de los climas al aire libre.

Tabla 1.6/2
Influencias ambientales según la norma DIN 50019 Parte 1, DIN IEC 721, Parte 2-1 y SN 29070, Parte 1

Denominación		DIN 50 019, Parte 1	DIN IEC 721 Parte 2-1	Norma Siemens SN 29 070
Clima global:	Temperatura mínima	×	×	×
	Temperatura máxima	×	×	×
	Humedad atmosférica	×	×	×
	Influencias climáticas	–	–	×
Montaje interior		–	×	×
Influencias de contaminantes		–	–	×

Tabla 1.6/3
División de la tierra en zonas climáticas según la norma DIN 50019 Parte 1

Denominación abreviada	Denominación	Denominación abreviada derivada de
A	Zona climática seca	**A**rido
F	Zona climática fría	**F**río
H	Zona climática cálida y húmeda	**H**úmedo
M	Zona climática marítima	**M**arítimo
T	Zona climática templada	**T**emplado

La norma DIN 50019 define zonas climáticas de la tierra caracterizadas por letras, que se diferencian en función de la temperatura y la humedad (Tabla 1.6/3).

DIN IEC 721

Clasificación de las condiciones del medio ambiente. Influencias naturales. Temperatura y humedad ambiental.

La norma DIN IEC 721, Parte 2-1, define grupos de clima en las tablas I a IV, los cuales se diferencian de acuerdo con las temperaturas extremas máxima y mínima y la humedad ambiental (Tabla 1.6/4).

La Parte 3-3, 04/90, define y clasifica en 6 tablas las condiciones ambientales climáticas, biológicas, mecánicas, así como sustancias y partículas químicamente activas.

Norma Siemens SN 29070, Parte 1

Condiciones climáticas de empleo para materiales con o sin recubrimiento orgánico o inorgánico. Clases de clima, magnitudes que influyen en el clima, datos climáticos (Tablas 1.6/5 y 1.6/7).

La norma Siemens SN 29 070 define clase de clima referidas al lugar de instalación de los equipos. En la misma se trata también el montaje en interiores, bajo techo en el exterior, así como los efectos de sustancias nocivas o contaminantes.

1.6.1.4 Condiciones ambientales

En el desarrollo de los aparatos y sistemas de maniobra de baja tensión de producción seriada, debe coordinarse la selección de las materias primas utilizadas y los sistemas de protección anticorrosiva con el amplio espectro de las condiciones ambientales que cabe esperar en los campos de aplicación de estos aparatos y sistemas. La comprobación del cumplimiento de los requerimientos a lo largo de toda la vida útil de los aparatos y sistemas que, con frecuencia, se extiende a más de 15 años, se realiza por medio de ensayos de vida acelerada.

Los proyectistas de instalaciones y los usuarios necesitan información confiable en relación con las condiciones de servicio, en las cuales los aparatos y sistemas pueden operar. Cuando las influencias ambientales exceden los límites especificados, debe consultarse al fabricante para, eventualmente, determinar factores de reducción individuales para los parámetros de servicio o proponerse medidas de protección adicionales.

Tabla 1.6/4
Influencias ambientales según la norma DIN IEC 721, Parte 2-1

Grupo climático	Temperatura mínima del aire °C	Temperatura máxima del aire °C	Temperatura máxima del aire con una humedad relativa ambiente ≥ 95% °C	Máxima humedad relativa ambiente $g \cdot m^{-3}$
Valor promedio diario máximo de la temperatura y la humedad ambiente				
Limitado	–15	+30	+20	17
Ampliado	–29	+35	+24	22
Muy extendido	–45	+35	+31	30
Global	–55	+43	+31	30
Valor anual máximo de la temperatura y la humedad ambiente				
Limitado	–20	+35	+25	22
Ampliado	–33	+40	+27	25
Muy extendido	–50	+40	+33	36
Global	–65	+55	+33	36
Valor anual máximo absoluto de la temperatura y la humedad ambiente				
Limitado	–30	+45	+28	25
Ampliado	–45	+45	+31	30
Muy extendido	–60	+45	+37	40
Global	–75	+60	+37	40

Tabla 1.6/5
Influencias ambientales según la norma Siemens 29070, Parte 1

Clase de clima **J1**	Interior de edificios con buen aislamiento térmico o elevada capacidad térmica, con calefacción o refrigeración, por lo general, *sólo* se controla la temperatura, por ejemplo, ambientes habitables normales, de trabajo, oficinas, comercios, centrales de transmisión y de conmutación, almacenes para productos sensibles.
Clase de clima **J2**	Interior de edificios con aislamiento térmico reducido o baja capacidad térmica, con calefacción o refrigeración, *sin* control de la temperatura, la calefacción o refrigeración puede quedar desconectada por varios días, por ejemplo, estaciones transformadoras, de relés y amplificadoras, no atendidos, establos, talleres para automotores, naves industriales de producción hasta, hangares.
Clase de clima **J3**	Interior de edificios sin aislamiento térmico especial y reducida capacidad térmica, sin calefacción ni refrigeración, por ejemplo, cabinas telefónicas, entradas de edificios, graneros, almacenes sin calefacción, cobertizos, garajes.
Clase de clima **A**	Recintos exteriores, en parte abiertos, con protección contra la incidencia solar directa y contra influencias climáticas, pero por lo demás, se tiene un clima de aire libre, según el caso, incluso con elevada concentración de contaminantes, por ejemplo, andenes cubiertos, mercado cubierto, salas de espera, estacionamientos cubiertos.
Clase de clima **F1**	Aire libre con reducida concentración de contaminantes, por ejemplo, zonas rurales, regiones de alta montaña.
Clase de clima **F2**	Aire libre con elevada concentración de contaminantes, por ejemplo, zonas con elevada concentración del tráfico, zonas industriales, zonas costeras y mar abierto.

Tabla 1.6/6
Normativa relacionada con las "Condiciones ambientales"

Objeto de la normalización	Normas
Climas técnicos (zonas climáticas de todo el mundo, modelos climáticos)	DIN IEC 721 Parte 2-1 DIN 50019 Parte 1 hasta 3
Clasificación de condiciones ambientales (para la especificación del empleo de productos)	DIN EN 60721 Parte 3-0 hasta 3-7 (Reemplazo de IEC 721 y DIN IEC 721)
Fundamentos y métodos para la simulación ambiental	VDI 3958
Procedimientos básicos para ensayos ambientales (Listado de los ensayos y las normas pertinentes)	Anexo 1 de DIN IEC 68
Ensayos ambientales (Ensayos de vida acelerada)	Series de normas DIN EN 60068 – DIN IEC 68 – IEC 68 – DIN 40046
Normas de aparatos	IEC 947

Conceptos, normas

En este campo existen numerosos conceptos, tales como condiciones ambientales, del entorno, condiciones climáticas de servicio, etc. Además, el término "medio ambiente" adquirió, desde hace un cierto tiempo y gracias a una creciente conciencia por la protección del medio ambiente, la base de la vida natural, un significado muy diferente.

Por lo tanto, para evitar interpretaciones erróneas, debería utilizase el vocabulario técnico definido en la normativa internacional pertinente.

Tiene que ser internacional, porque ésta es la única forma en la que pueden suscribirse acuerdos en los mercados mundiales que sean entendidos en el mismo sentido por todas las partes involucradas. Las normas nacionales o internas de una empresa sólo representan soluciones de emergencia en aquellos casos en los que no existe ninguna normativa internacional.

En la Tabla 1.6/6 se enumeran las principales normas pertinentes.

Factores que influyen en el medio ambiente y sus efectos

En la Tabla 1.6/7 se realiza una comparación entre los factores ambientales más importantes para la aplicación de aparatos y sistemas de baja tensión y sus efectos sobre los aparatos o materiales. Aquí se presupone que estos aparatos nunca se encuentran totalmente expuestos a las inclemencias atmosféricas. Tienen que estar protegidos desde arriba contra precipitaciones directas por medio de una carcasa, un techo o una cubierta.

Clases de factores ambientales

Los factores ambientales reseñados en la Tabla 1.6/7 prácticamente nunca se presentan en forma individual, sino en combinaciones arbitrarias. En la práctica, se observó que determinadas combinaciones se presentan con mayor frecuencia en regiones o zonas industriales definidas. En la norma DIN EN 60721 se agruparon estas combinaciones en clases y se las ordenó por grados de agudeza teniendo en cuenta los casos de aplicación enumerados en la Tabla 1.6/8.

Para cada caso de aplicación se agruparon en estas normas en clases de diferente agudeza, las condiciones ambientales climáticas y biológicas, sustancias químicamente activas, sustancias mecánicamente activas y condiciones ambientales mecánicas. Para la especificación de aparatos se podrá definir una clase y dentro de la misma, indicar límites más estrechos o adicionales para una condición.

Ensayos de vida acelerada

En la serie de Publicaciones IEC 68 así como en la serie de normas derivadas DIN IEC 68 y DIN EN 60068 se describen las condiciones, la realización y la evaluación de numerosos ensayos de vida acelerada. Hasta el presente no existe ninguna norma que asigne condiciones de uso a determinados ensayos o de clases de condiciones ambientales a una combinación de ensayos. Esta asignación la debe realizar el diseñador de aparatos con el auxilio de la experiencia de aplicaciones de los productos en un marco mundial tan amplio como sea posible y con largos años de experiencia en relación con el efecto de las condiciones de los ensayos sobre estos productos.

La norma VDI 3958, Hoja 1 podrá ayudar en la fase de planificación de los procedimientos.

Tabla 1.6/7 Factores ambientales y sus efectos

Factor influyente	Posible efecto
Baja temperatura	– Los materiales plásticos se pueden volver frágiles[1)], en caso extremo, sucede lo mismo con los metales. – Incremento de la viscosidad de los lubricantes.
Alta temperatura	– Envejecimiento acelerado de materiales plásticos[1)] con reducción de sus características mecánicas y eléctricas. – Resinificación de los lubricantes. – Volatilización de aceites. – Dificultades en la evacuación del calor.
Humedad relativa ambiente reducida	– Por lo general, no ofrece problemas.
Humedad relativa ambiente elevada	– Favorece la corrosión, en especial cuando se combina con temperaturas altas.
Presión atmosférica reducida	– Dificultades en la evacuación del calor. – En el caso de los aparatos con vacío se modifica la relación de fuerzas.
Presión atmosférica elevada (por ejemplo, operación en minas)	– En el caso de los aparatos con vacío se modifica la relación de fuerzas.
Incidencia solar	– Pérdida de color.
Radiación ultravioleta	– Se modifica la constitución superficial de los materiales plásticos[1)], empeoran las características mecánicas y eléctricas en el caso de partes muy delgadas o láminas. – Los materiales plásticos transparentes se vuelven frágiles y se agrietan.
Radiación calórica	– Dificultades en la evacuación del calor o calentamiento de los aparatos.
Condensación	– Favorece la corrosión. – Reducción de la resistencia superficial y con ello de la resistencia de aislamiento, en especial en combinación con el ensuciamiento.
Flora (mundo vegetal)	– Eventual formación de moho sobre PVC blando; por lo general, no se forma sobre materiales plásticos técnicos.
Fauna (mundo animal)	– Daño de roedores al material aislante. – Ataque de termitas: afecta a casi todos los materiales.
Nieblas salinas y gases como: dióxido de azufre Cloro Cloruro de hidrógeno Amoníaco Ozono Óxidos de nitrógeno Ácido sulfídrico	– Favorece la corrosión, en especial, en combinación con humedad relativa ambiente $>60\%$ y calor. – La niebla salina también puede reducir la resistencia superficial y con ello la resistencia de aislamiento. – Ataca el cobre y la plata, puede provocar un aumento de la resistencia de paso en los contactos.
Arena, polvo	– Fallas mecánicas. – Fallas en los contactos.
Choques, vibraciones	– Fallas funcionales por influencias mecánicas. – Destrucción por choque o amplificación de resonancia.

[1)] Materiales plásticos son, en este caso: termoplásticos, duroplásticos y elastómeros.

Tabla 1.6/8
Clases de factores ambientales para diferentes casos de aplicación y las normas correspondientes

Caso de aplicación	Normas correspondientes
Almacenaje a largo plazo	DIN EN 60721 Parte 3-1
Transporte	DIN EN 60721 Parte 3-2
Aplicación estacionaria protegida de la intemperie	DIN EN 60721 Parte 3-3
Aplicación estacionaria sin protección de la intemperie	DIN EN 60721 Parte 3-4
Aplicación en vehículos terrestres	DIN EN 60721 Parte 3-5
Aplicación en barcos	DIN EN 60721 Parte 3-6
Aplicación móvil	DIN EN 60721 Parte 3-8

Especificación de los aparatos de maniobra y sistemas de baja tensión de Siemens

Los aparatos de maniobra y sistemas de baja tensión de Siemens se utilizan con éxito en todo el mundo en las más variadas condiciones ambientales climáticas y biológicas. En la Tabla 1.6/9 se describen las condiciones mínimas que debe satisfacer el almacenamiento de estos productos de acuerdo con la norma DIN EN 60721-3-1 y para el montaje en un determinado lugar según la norma DIN EN 60721-3-3. Sin embargo, debe reconocerse que ninguna de las clases de la norma coincide exactamente con las condiciones que se presentan en la realidad y se pueden dominar técnicamente.

Por lo tanto, se requieren limitaciones para las diferentes condiciones porque el paso a otra clase, por ejemplo, podría tener como consecuencia una gama demasiado reducida de la temperatura ambiente admisible.

De la Tabla 1.6/10 se podrán obtener indicaciones detalladas para las diferentes condiciones del medio ambiente admisibles para los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens y los ensayos de vida acelerada correlacionados.

Empleo en zonas expuestas a radiación

El empleo de los aparatos de maniobra y sistemas de baja tensión en zonas expuestas a radiación puede producirse en centrales nucleares, laboratorios nucleares o en la medicina nuclear. Aquí debe tenerse en cuenta que la radiación ionizante daña a la mayor parte de los materiales plásticos. El proceso de deterioro no sólo depende de la dosis de radiación que reciben los materiales, sino también de la duración

Tabla 1.6/9
Clases de aplicación para aparatos de maniobra y sistemas de baja tensión de Siemens según las normas DIN EN 60721-3-1 y DIN EN 60721-3-3.

Solicitación	Almacenamiento DIN EN 60721, Parte 3-1	Aplicación estacionaria DIN EN 60721, Parte 3-3
Climática	1K6[1) 2)]	3K6[5)]
Biológica	1B2	3B2
Química	1C2[3)]	3C2[3)]
Partículas/Suciedad	1S2[4)]	3S2[6)]
Mecánica	1M4	3M6[7)]

[1)] Con las siguientes limitaciones:
- Condensación ocasional
- Sin precipitaciones
- Sin agua salpicada proveniente de otras fuentes.

[2)] Temperatura límite superior ampliada a 80 °C.

[3)] Sin niebla salina.

[4)] En los aparatos no debe penetrar arena.

[5)] Como[1)], pero además lo siguiente:
- Sin formación de hielo
- Es admisible un límite superior de la temperatura: +70 °C con potencia reducida.

[6)] Como [4)], pero además Clase 3S1 con los máximos requerimientos de seguridad de contacto.

[7)] El aparato permanece funcional, no se asegura en todos los casos un funcionamiento sin perturbaciones durante la solicitación.

Tabla 1.6/10
Condiciones ambientales para los aparatos de maniobra y sistemas de baja tensión de Siemens en aplicaciones estacionarias protegidas de la intemperie

Clases de aplicación	Definición según la norma DIN EN 60721, Parte 3-3				Complementos	Ensayos ambientales de vida acelerada según la norma IEC 68
Climática 3K6	– Temperatura	–25 hasta +55 °C			Temperatura máxima: +70 °C con limitaciones	IEC 68-2-1; Ab o Ad: Frío; –25 °C, 6 h IEC 68-2-2; Bb o Bd: Calor seco; +55 °C, 16 h
	– Humedad relativa ambiente	10 hasta 100%				IEC 68-2-30; Db: Calor húmedo; 55 °C, 2 ciclos, 12+12 h
	– Humedad absoluta del ambientet	0,5 hasta 29 g/m³				No se ensaya
	– Variación de la temperatura	0,5 °C/min				IEC 68-2-14; Nb: Variación de la temperatura; –25 bis +55 °C; 1 °C/min, 2 ciclos
	– Presión atmosférica	70 hasta 106 kPa			Menor 90 kPa	No se ensaya
	– Radiación solar	1120 W/m²			No permanente	No se ensaya
	– Corriente de aire	1 m/s				No se ensaya
	– Condensación	Si			Sólo ocasionalmente	No se ensaya
	– Precipitación	Si (lluvia, nieve, granizo)			No	–
	– Chorros de agua	Si			No	–
	– Formación de hielo	–			No	–
Biológica 3B2	– Flora – Fauna	Moho Roedores, salvo termitas				No se ensaya En el caso de los materiales plásticos técnicos, no deben esperarse problemas
Química 3C3	– Sales	Niebla salina			No	–
		Valor promedio mg/cm³	cm³/m³	Valor máximo mg/cm³	cm³/m³	Para probar la resistencia contra la influencia de sustancias dañinas industriales (contaminantes), se utiliza una atmósfera con una mezcla de gases de acuerdo con la norma IEC 68-2-60: Duración de la solicitación: 10 días Proporción de contaminantes:: 0,2 ppm SO_2 + 0,2 ppm NO_2 + 0,01 ppm H_2S + 0,01 ppm Cl_2 Humedad relativa: 75% con 25 °C
	– SO_2 (dióxido de azufre)	5,0	1,85	10	3,7	
	– H_2S (ácido sulfhídrico)	3,0	2,1	10	7,1	
	– Cl_2 (cloro)	0,3	0,1	1,0	0,34	
	– HCl (ácido clorhídrico)	1,0	0,66	0,5	3,3	
	– HF (ácido fluorhídrico)	0,1	0,12	2,0	2,4	
	– NH_3 (Amoníaco)	10	14	35	49	Cuando se tienen las condiciones que pueden provocar corrosión interna por fisuras (amoníaco, humedad, tensiones mecánicas), ensayo con aleaciones de cobre (en especial, latón) según la norma DIN 50916, Parte 2
	– O_3 (Ozon)	0,1	0,05	0,3	0,15	
	– NO_x (óxidos nitrosos, gases nitrosos)	3,0	1,56	9,0	4,68	
Partículas/ suciedad 3S2	– Arena	30 mg/m³			No debe penetrar en los aparatos.	No se ensaya
	– Polvo (en suspensión)	0,2 mg/m³				No se ensaya
	– Polvo (precipitado)	1,5 mg/(m²/h)				No se ensaya
Mecánica 3M6	– Oscilación sinusoidal	2–9 Hz, 7 mm; 9–200 Hz, 20 m/s²			No puede garantizarse un funcionamiento sin perturbacoines	IEC 68-2-6; Fc; 5–26 Hz, 0,75 mm; 26–500 Hz, 20 m/s²; 10 cidos
	– Choque	Tipo II; 6 ms; 250 m/s²; 10 ... 2000 Hz				IEC 68-2-27; Ea; Semisinusoidal; 11 ms; 150 m/s²; 3 positivas y 3 negativas

de la misma. Una radiación con una elevada dosis aplicada durante un tiempo corto puede provocar otros efectos que una dosis reducida aplicada durante un tiempo largo. Además, diferentes materiales plásticos presentan distinta sensibilidad al deterioro por la incidencia de la radiación.

El deterioro de los materiales plásticos se refleja en una reducción de los valores característicos mecánicos y eléctricos y en parte actúa con un efecto sinérgico con el envejecimiento térmico.

En cada caso se debe consultar con el fabricante para determinar la vida útil de los aparatos sometidos a radiación, indicando la intensidad de la dosis, la duración de la exposición a radiación y la temperatura ambiente.

Descontaminación

En las zonas expuestas a radiación existe el riesgo de que los aparatos se ensucien (contaminen), debido a la radioactividad. La eliminación de dicha suciedad se denomina "descontaminación".

Para los aparatos de maniobra y sistemas de baja tensión, por lo general, no podrán emplearse los métodos habituales de descontaminación, por ejemplo, con soluciones ácidas. Los residuos de estas soluciones prácticamente no podrán eliminarse de las grietas capilares o del interior de estos aparatos y luego producen inevitablemente fallas en el servicio o daños catastróficos por corrosión en los aparatos y, además, una reducción inadmisible de la resistencia superficial.

Uso de aparatos con condiciones ambientales que se encuentran fuera de las especificaciones

En caso de que en el lugar, donde se utilizarán los aparatos, se verifiquen condiciones ambientales que difieren de las especificaciones de los mismos, debe consultarse con el fabricante para definir posibles limitaciones en la confiabilidad y vida útil de estos aparatos o posibles medidas de protección.

Con frecuencia no es posible obtener con precios adecuados ejecuciones especiales de aparatos fabricados en grandes series industriales y, por lo tanto, resultan más económicas las medidas externas.

En la Tabla 1.6/11 se resumieron las condiciones ambientales más duras que se presentan con frecuencia y las posibles medidas que pueden tomarse para subsanar la situación.

1.6.2 Condiciones especiales que se presentan durante el transporte, almacenamiento y servicio

Entre estas condiciones especiales para los aparatos e instalaciones de maniobra y distribución, se pueden mencionar las siguientes:

- ▷ Fuerte polución en el aire causada por polvo, humo, vapores, sales y partículas corrosivas o radioactivas.
- ▷ Influencias de campos magnéticos o eléctricos.
- ▷ Radiaciones (por ejemplo, radiación solar o radioactiva).
- ▷ Influencias de vegetales y microorganismos.
- ▷ Instalación en lugares expuestos a explosiones o incendios.
- ▷ Exposición a fuertes esfuerzos mecánicos como sacudidas y choques.

Cuando durante el transporte, almacenamiento o servicio, se prevé alguna de las condiciones antes mencionadas, o con otras no indicadas, se las deberá tener en cuenta durante la fase de planificación.

1.6.2.1 Condiciones de servicio severas

Los aparatos de maniobra del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens fueron previstos para prestar servicio en lugares cerrados, donde no existan condiciones de servicio severas provocadas por polvo, vapores corrosivos o gases.

Existen condiciones de servicio severas, cuando la atmósfera circundante a los aparatos favorece la corrosión y, por lo tanto, se reduce la vida útil de los aparatos de maniobra. Este es el caso, por ejemplo, cuando se tiene una atmósfera sulfurosa o cuando el aire contiene ácido carbónico, amoníaco o sal marina (aire marítimo). En la industria química se presentan condiciones de servicio extraduras para los aparatos de maniobra. En estos casos, debe preverse un encapsulado con la clase de protección requerida o consultar con el proveedor.

1.6.2.2 Influencia de los rayos α, β y γ

La resistencia a las radiaciones define el comportamiento de los materiales (cambios en las características eléctricas, mecánicas y otras) sometidos a radiaciones ionizantes con gran energía.

Tabla 1.6/11
Medidas de protección en condiciones ambientales extremas

Condición de servicio	Efectos	Medida correctiva
Excesiva altitud Temperatura ambiente demasiado elevada	La evacuación de calor del aparato por convección ya no alcanza. En el caso de interruptores en vacío se perturba el equilibrio de fuerzas	Reducir la carga eléctrica de los aparatos para que no llegue hasta los valores límites, utilizar el tamaño constructivo subsiguiente. Se requieren ejecuciones especiales.
Temperatura ambiente demasiado elevada	La evacuación de calor del aparato por convección ya no alcanza	Reducir la carga eléctrica de los aparatos para que no llegue hasta los valores límites, utilizar el tamaño constructivo subsiguiente.
Condensación frecuente	Corrosión	Aplicar calefacción en el cuadro o tablero durante los periodos de inactividad.
Concentración demasiado elevada de gases contaminantes	Corrosión	Mantener la humedad relativa ambiente debajo del 60% para que la velocidad de la corrosión se mantenga extremadamente reducida. Ventilación externa de las instalaciones de maniobra con aire limpio y una ligera sobrepresión.
Concentración demasiado elevada de gases contaminantes que contienen azufre	Aumenta la resistencia de paso de los contactos de aleaciones de plata	Por lo general, sólo comprende los contactos auxiliares y los contactos que muy rara vez operan con carga. Aplicar un dorado superficial muy delgado a los contactos auxiliares resulta prácticamente ineficaz porque se quema después de pocas maniobras. Cuando se pueda, utilizar tensiones mayores (230 V) en los circuitos auxiliares. En el caso de contactos de potencia NC, el engrasado con una grasa que no se resinifique o espese, puede prolongar notablemente la duración.
Excesiva carga de polvo o de chorros de agua	Destrucción de los aparatos	Montar los aparatos dentro de cajas o carcasas con la clase de protección IP, según la norma DIN VDE 0470-1 correspondiente.

En el caso de radiaciones ionizantes, se diferencian los rayos α (iones de helio), los rayos β (electrones) y los rayos γ (radiación electromagnética dura). En la práctica, casi siempre se tienen rayos γ.

La dosis, es decir, la energía de radiación por unidad de masa (en J/kg) , necesaria para cambiar una característica determinada de un material en un máximo del 25 ó 50%, es la información relacionada con la resistencia a la radiación que se indica con mayor frecuencia. Pero, en la práctica, este dato del cambio porcentual de una característica no es apropiado. Por lo general, se necesita saber, si determinado material o componente, con las condiciones dadas, cumple con las exigencias mínimas estipuladas o no lo hace.

Los efectos de las radiaciones ionizantes dependen del tipo y del contenido energético de las mismas. Las superficies afectadas por los rayos α, β y γ están, por ejemplo, en una relación aproximada de 10000 : 100 : 1. Las consecuencias de las radiaciones son siempre las mismas: destrucción de las combinaciones químicas por la ionización de las moléculas o átomos de los materiales. El comportamiento de los diferentes materiales varía considerablemente, tal como se describe a continuación.

Metales

Las radiaciones, excepto las de los neutrones, no producen efectos dañinos en los metales, porque los electrones libres de conducción anulan la ionización de los átomos.

Semiconductores

Los semiconductores se pueden calificar como relativamente sensibles a las radiaciones. Los portadores de cargas eléctricas adicionales que se producen mientras incide la radiación, provocan un cambio en los parámetros eléctricos de los materiales.

Plásticos

A continuación se describen los efectos de las radiaciones en los plásticos. Entre paréntesis se indican los cambios en sus características:

- ▷ Reducción de la cristalinidad en los plásticos con cristalización parcial (disminuye su resistencia).
- ▷ Rotura de las cadenas de polímeros, en combinación con una degradación oxidante (reducción de la resistencia, fluidez, disociación de gases).
- ▷ Reticulación adicional (aumento de la fragilidad y de la dureza).
- ▷ Formación de portadores de cargas eléctricas (empeoramiento de las características de aislamiento eléctrico).

Una influencia considerable sobre la resistencia a las radiaciones tiene en la mayoría de los casos, la energía de la dosis (cuando la radiación ocurre en el aire), porque el oxígeno, difundido durante la radiación provoca una degradación oxidante.

Debido a esto, es que para poder dar una información precisa sobre la resistencia a las radiaciones resulta indispensable conocer exactamente las condiciones en el sitio de la instalación (es decir, entre otros, conocer la dosis, la energía de esta dosis y la temperatura).

Termoplásticos

La sensibilidad de los termoplásticos a las radiaciones puede variar en forma considerable. Entre los termoplásticos de menor resistencia se encuentran los que contienen flúor, por ejemplo, TEFLON, los cuales sólo pueden utilizarse hasta dosis comprendidas entre 10^2 y 10^3 J/kg.

Duroplásticos

Por lo general, los duroplásticos tienen una resistencia mayor a radiaciones que los termoplásticos. Pueden, en parte, soportar dosis del orden de 10^6 y 10^7 J/kg. Los materiales de carga que se incorporan desempeñan un papel muy importante, los inorgánicos, casi siempre, confieren más estabilidad a las radiaciones que los orgánicos.

Elastómeros

Tienen un comportamiento semejante al de los termoplásticos.

Aceites y grasas

La radiación ionizante acelera la resinificación en los aceites y las grasas.

1.6.2.3 Esfuerzos debidos a sacudidas y choque

Los aparatos de maniobra también se utilizan en condiciones de servicio severas, por ejemplo, para conectar tamices vibrantes, compresores de pistones y máquinas similares; así como en vehículos, grúas, etc. En estos casos, los aparatos de maniobra pueden verse sometidos a sacudidas fuertes, es decir, a oscilaciones y/o choques.

Las oscilaciones se describen mediante su frecuencia f y su amplitud A, con la fórmula siguiente:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a}{A}} = 0{,}159\sqrt{\frac{a}{A}}$$

f Frecuencia de la oscilación

a Aceleración

A Amplitud de la oscilación

La resistencia de los aparatos de maniobra a las sacudidas se indica en dirección x (perpendicular al plano de montaje), en dirección y (horizontal) y en dirección z (vertical).

Los aparatos de maniobra deben montarse, preferentemente, en paredes libres de sacudidas. Cuando las sacudidas no se pueden evitar, su influencia puede reducirse, por ejemplo, al instalar los aparatos sobre amortiguadores, o por medio del montaje de las placas de fijación sobre resortes. Otra medida eficaz resulta de girar la posición de montaje de los aparatos para sacarlos de la posición crítica.

Las oscilaciones provocan en los aparatos esfuerzos mecánicos que se repiten en forma constante, por el contrario, un choque es un esfuerzo aislado (en algunos casos los choques puede repetirse). Los choques se describen por medio de su forma (choque diente de sierra, trapezoidal, rectangular, semisinusoidal, etc.), su aceleración (por lo general, un múltiplo de la aceleración de la gravedad g) y por su duración en ms.

Estos datos se podrán consultar en los catálogos o, cuando no se publican, se debe consultar con el fabricante. Los aparatos de maniobra, por lo general, satisfacen los requerimientos de la clase 3M6 según la norma DIN EN 60721, Parte 3-3.

1.6.2.4 Diseño para evitar los efectos de sacudidas inducidas

Sacudidas inducidas son oscilaciones estocásticas, es decir, que no siguen ninguna regla y tienen su origen en terremotos, caídas de aviones, ondas de presión originadas por explosiones o estallidos, etc. Los esfuerzos que soportan las instalaciones eléctricas a causa de estas oscilaciones dependen del origen de las mismas, las cuales tienen una gama de frecuencias y aceleraciones muy amplia. Por lo general, las instalaciones de maniobra se proyectan para soportar los terremotos o la combinación "terremoto superpuesto con la onda de presión por estallido".

Cuando el diseño se realiza para evitar el efecto de altas frecuencias, como es el caso cuando se estrella un avión, además del proyecto antisísmico, se tienen que tomar medidas suplementarias para reducir las aceleraciones y las frecuencias de las oscilaciones a los valores típicos de los terremotos. Esto puede lograrse mediante medidas constructivas adicionales.

A las instalaciones de maniobra se les puede exigir lo siguiente:

- ▷ Estabilidad e integridad.
- ▷ Capacidad de funcionamiento durante y después de la acción de la carga.

La demostración de la resistencia contra sacudidas inducidas puede ser experimental, sometiendo los armarios o tableros completos, con los aparatos montados, a las pruebas de oscilaciones según la especificación de Siemens/KWU[1)], o una combinación de cálculo y ensayo; es decir, por medio del cálculo de la estructura soporte de acuerdo con la especificación de Siemens/KWU[2)], y la calificación de los aparatos instalados por medio de la especificación de Siemens/KWU. La demostración de aptitud debe documentarse con los informes de cálculo y/o de las pruebas realizadas.

1.6.2.5 Resistencia a las termitas o termes

En la bibliografía técnica se encuentran pocas referencias acerca de la resistencia a las termitas, y las que existen se contradicen en muchos casos. Esto es comprensible, porque la resistencia a las termitas es relativa y depende de la clase de pruebas efectuadas, las cuales reflejan las aplicaciones prácticas o las condiciones locales del sitio donde se efectuaron las pruebas. Los aparatos de maniobra de Siemens cumplen, por lo general, con las especificaciones de la clase biológica 3B2 de acuerdo con la norma DIN EN 60721, Parte 3-3.

En realidad, sólo el acero, el hormigón, las piedras y el vidrio están seguros ante el ataque de las termitas, puesto que éstas se alimentan de madera y de otros materiales que contienen celulosa. Devoran otros materiales pero no los digieren. Comienzan el ataque royendo los bordes y los cantos, porque tienen dificultades para roer piezas y superficies lisas o redondeadas.

Como a través de los excrementos húmedos de las termitas pueden circular corrientes de fuga, podrán producirse otros daños adicionales. Cuando los excrementos se secan, se endurecen como piedras y también pueden provocar daños mecánicos.

1.6.2.6 Aparatos de maniobra para baja tensión y compatibilidad con el medio ambiente

La conciencia ecológica adquiere cada vez mayor preponderancia y, por lo tanto, los usuarios de aparatos de maniobra de baja tensión exigen a los fabricantes que sus productos respeten el medio ambiente y reduzcan el uso de recursos naturales, cuya existencia podría agotarse en plazos previsibles. Además, numerosos usuarios también exigen el cumplimiento de la legislación pertinente así como de las disposiciones internas de suministro vigentes en sus empresas. Las consultas más frecuentes se refieren al uso de determinadas sustancias o materiales en la fabricación de los aparatos, así como los procedimientos adecuados para reciclar o eliminar los aparatos de maniobra usados.

[1)] Especificaciones Siemens/KWU: Ensayos de oscilaciones en estructuras portantes N° ZXX001/DD 7080.7 ó en aparatos individuales, N° ZXX001/7080.9 de la electrotecnia y la técnica de mando de operaciones industriales para comprobar la seguridad contra oscilaciones inducidas producidas por terremotos y cargas comparables.

[2)] Especificaciones Siemens/KWU: N° ZXX001/DD 7080.3
"Procedimiento para el cálculo de estructuras portantes de la electrotecnia y la técnica de mando de operaciones industriales contra oscilaciones inducidas" (Siemens AG, Grupo KWU, Erlangen, Alemania).
Esta especificación se basa en el proyecto de norma KTA 2201.4 del Comité de Técnica Nuclear.
Las especificaciones mencionadas serán reemplazadas por otras con la denominación ZEN000 ... y requerimientos intensificados (Editor Siemens AG, Grupo KWU, Erlangen, Alemania).
Las especificaciones fueron elaboradas sobre la base de las normas DIN 40046, Parte 8, 35 y 55 ó con la nueva denominación DIN IEC 68, Parte 2-6, conforme a IEEE 344-1975.

Materiales utilizados en la fabricación de los aparatos de maniobra de baja tensión

Como es natural, ningún fabricante utilizará materiales o materias primas, cuyo uso está prohibido por la legislación o disposiciones vigentes. Entre los mismos pueden citarse, por ejemplo, amianto o hidrocarburos fluoclorados. Dejando de lado las sustancias prohibidas, cada fabricante podrá elegir la solución que técnica y económicamente considere más conveniente. Por otra parte, el progreso técnico implica una optimización continua de nuevas combinaciones de aparatos utilizando los más recientes desarrollos de la tecnología de los materiales. Por lo tanto, en este tema no se podrán suministrar informaciones generales independientes de las del fabricante.

Sobre la base de los aparatos de maniobra para baja tensión de Siemens del año 1996 se suministrará a continuación una serie de informaciones concretas relacionadas con sustancias y materiales utilizados. De aquí podrá reconocerse que, incluso superando disposiciones legales, se intenta evitar el uso de materias primas que en algún aspecto puedan ser críticos para el medio ambiente durante el ciclo de vida útil de un aparato.

Materias primas utilizadas en aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens AG

- Materiales plásticos
  Las normas vigentes y los criterios para protección de las personas y las instalaciones determinan que numerosos materiales plásticos utilizados en los aparatos de maniobra de baja tensión deben ser autoextinguibles.
  Los requerimientos técnicos hacían necesario en una determinada medida el uso de materiales plásticos ignífugos. Esto se lograba utilizando combinaciones halogenadas que contenían bromo o cloro, con reducidas concentraciones de trióxido de antimonio como sustancia sinérgica. Un trabajo conjunto intensivo con la industria proveedora de materiales plásticos permitió obtener materiales reemplazantes libres de halógenos. Los materiales plásticos utilizados en la nueva serie de aparatos SIRIUS 3R de Siemens ya no contienen halógenos, sea en forma de medios ignífugos conteniendo cloro o bromo ni como PVC. De esta forma se obtuvo un nuevo desarrollo no sólo atractivo por sus aspectos técnicos y económicos, sino también ecológicos.
  Los materiales plásticos utilizados por Siemens no contienen sustancias ignífugas del tipo de los difeniléter polibromados (óxidos de difenilo) y bifenilos polibromados, porque en caso de incendio pueden generar volúmenes considerables de dioxinas bromadas y furanos. Estos materiales plásticos tampoco contienen amianto como material de relleno o refuerzo ni cadmio o sus combinaciones como pigmentos de color y estabilizadores.

- Metales
  En los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens se utilizan aceros no aleados y con bajas aleaciones, aceros cromo níquel, en especial para resortes, cobre y sus aleaciones, por lo general para las vías de corriente y plata y sus aleaciones para los contactos. En algunos casos aislados poco frecuentes y exclusivamente para piezas pequeñas debe usarse por razones técnicas cobre berilio para resortes. Para proteger a las piezas metálicas de la corrosión se utilizan pinturas sobre la base de resinas epoxi, acrílicas o poliuretánicas, así como galvanizados de cinc, níquel, cobre, plata o estaño. Las capas galvánicas cumplen en algunos casos funciones adicionales como protección contra el desgaste o conductibilidad eléctrica. Para estos fines no se utiliza cadmio.
  Para el cromatizado de cinc se usa exclusivamente pasivado sin cromo seis (Cr VI).

- Materiales para contactos/soldadura
  Como materiales para contactos se usan la plata-níquel y la plata-óxido de estaño. Los materiales para contactos con el contenido de cadmio no se utilizan más en los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens con la única excepción de los relés de salida de los aparatos electrónicos y los microinterruptores encapsulados.
  Siemens adquiere estos componentes de terceros, pero en el mercado internacional aún no se puede adquirir contactos libres de cadmio que satisfagan los requerimientos de potencia y vida útil que tienen estos aparatos.
  Las soldaduras utilizadas por Siemens no contienen cadmio. Con frecuencia también se objeta el plomo de las soldaduras blandas utilizadas en electrónica. Por lo general estas soldaduras contienen entre 37 y 40% de plomo. En el mercado mundial aún no existe un material equivalente libre de plomo que lo pueda reemplazar.

- Envases y embalajes
  Los embalajes utilizados para los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens son de cartón

reciclable. En algunos casos, los aparatos con contactos sensibles deben protegerse con bolsas de láminas plásticas. Para este fin se utiliza exclusivamente polietileno (PE), una materia prima que se puede reciclar sin problemas y que, incluso cuando se quema produce menos sustancias contaminantes que el gasoil normal. En caso de que se deban llenar espacios vacíos en los embalajes con materiales espumados, se los fabrica sin hidrocarburos fluoclorados (productos químicos destructores de la capa de ozono). Además, para los envases exteriores se utiliza relleno de algodón de celulosa y papel de embalar arrugado. Aquellos usuarios que adquieren grandes cantidades de aparatos podrán recibirlos en envases multiuso o para varios aparatos en lugar de las cajas individuales.

- En resumen cabe señalar que los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens **no** contienen las siguientes sustancias:
  - Amianto en ninguna de sus formas,
  - cadmio para protección superficial, en pigmentos o estabilizadores,
  - mercurio en ninguna forma, ni siquiera como baterías de mercurio,
  - bifenilos polibromados y difenidos polibromados como ignífugos,
  - hidrocarburos fluoclorados (productos químicos que destruyen la capa de ozono).

Reciclaje y eliminación de aparatos de maniobra de baja tensión usados

El espacio disponible para depositar residuos disminuye en forma visible tanto en Alemania como en otros países. Esta realidad y el reconocimiento de que la preservación de los recursos naturales adquiere mayor importancia día a día, llevó a la promulgación de la legislación correspondiente. En Alemania, la base de todas las disposiciones legales es la ley "Kreislauf-Wirtschaftsgesetz" (Ley de Reciclado de Bienes Económicos) promulgada en el año 1994. En forma complementaria se promulgaron otras disposiciones como la "TA Siedlungsabfall" (Instrucciones Técnicas para la Deposición de Basura Urbana) que regula la deposición de residuos, así como otras disposiciones para reciclar y eliminar productos industriales. Otros ejemplos son la "Disposición para Embalajes y Envases" y la legislación correspondiente a la electrotecnia en relación con la devolución y reciclado de equipos eléctricos y electrónicos, denominada en forma abreviada "Disposición para el Procesamiento de Chatarra Electrónica".

En esta legislación se determina que el fabricante de productos de la electrotecnia es responsable de la recepción, reciclado y eliminación de los aparatos usados de acuerdo con procedimientos determinados. En el caso de los productos de la electrotecnia industrial que comprende a los aparatos de maniobra de baja tensión, las entidades representativas de los fabricantes de aparatos y de usuarios están acordando la forma, el lugar y quienes asumirán los costos relacionados con estos procedimientos.

En el ínterin, ya se dispone de numerosas informaciones relacionadas con construcciones apropiadas y técnicas para el reciclado de productos industriales. Pero, en la mayoría de las veces, estas informaciones son muy generales y no comprenden todos los productos en forma íntegra. Por lo tanto, deberán completarse por diferentes condiciones adicionales para los respectivos grupos de productos que suministren indicaciones relacionadas con las posibilidades técnicas y económicas existentes en la actualidad.

Condiciones complementarias para aparatos de maniobra de baja tensión

En relación con las condiciones específicas para el uso y la comercialización de aparatos de maniobra de baja tensión se tiene lo siguiente:

- Los aparatos de maniobra de baja tensión industriales son, por lo general, componentes de máquinas, instalaciones o sistemas, por lo tanto, su masa es muy pequeña en relación con la masa del sistema total.
- Una instalación de maniobra contiene siempre diferentes aparatos de maniobra de un fabricante y, con frecuencia, de distintos fabricantes.
- Las vías de comercialización a través de los fabricantes de máquinas y sistemas son variables, comprenden diferentes pasos y son difíciles de seguir, por lo tanto, con frecuencia, el fabricante no conoce al cliente final.

La tecnología de los aparatos y los progresos técnicos suministran otras condiciones adicionales de naturaleza técnica, entre las que cabe mencionar las siguientes:

- Una proporción creciente de aparatos contiene módulos electrónicos.

- Cada uno de los aparatos tiene, por lo general, un volumen y una masa reducidos.
- Cada aparato, por lo general, esta compuesto por numerosas piezas de los materiales más variados condicionados por funciones mecánicas complejas, requerimientos de seguridad, especificaciones técnicas, oferta del mercado proveedor y presión de costos.
- El desmontaje de los diferentes aparatos y su colección separada resulta muy costosa debido al gran número de variantes y partes.

Consecuencias

Cuando una instalación de maniobra o de control de baja tensión deja de ser útil, no será rentable desmontar los aparatos componentes y recolectar por separado. En el caso que este procedimiento resultara económicamente aceptable, un desmontaje de cada uno de los aparatos para clasificar los componentes, separando los diferentes materiales, sería inaceptable. Si nuevamente se intentara realizar esta operación sin tener en cuenta costos y rentabilidad, con gran rapidez se vería que en la empresa de reciclaje se reunirían numerosos materiales en cantidades tan pequeñas que haría imposible un reciclado que tenga sentido.

Las empresas que integran la Asociación Profesional 6 "Aparatos e Instalaciones de Maniobra, Controles Industriales" de la ZVEI (Asociación Central de las Industrias de la Electrotecnia y la Electrónica de Alemania) realizaron intensivos análisis del mercado y pruebas piloto para llegar a la conclusión que por muchos años el procedimiento técnica, económica y ecológicamente más razonable para el reciclado de los aparatos de maniobra para baja tensión comprende los siguiente aspectos:

- Cuando sea posible y tenga sentido se desmontarán los aparatos de las instalaciones de maniobra y control de baja tensión.
- Piezas grandes de determinados materiales sin mezclas se desmontarán con medios sencillos en forma rápida y con poco gasto.
- En caso necesario, se separarán las sustancias contaminantes.
- Los aparatos individuales y las partes sobrantes de la instalación de maniobra se triturarán.
- Los metales y los no metales se separarán por métodos físicos que prácticamente no contaminan al medio ambiente.
- Los metales se aprovecharán aplicando procesos metalúrgicos acreditados.
- La fracción no metálica (denominada fracción liviana de la trituración), por su composición específica proveniente de aparatos de maniobra se podrá aprovechar sólo en procesos térmicos para recuperar la energía que contiene.
- El procedimiento de carbonización lenta seguida por carbonización a elevadas temperaturas desarrollado por Siemens/KWU representa una alternativa interesante. De esta manera, podrán aprovecharse los aparatos completos. Los metales se recuperan en una forma utilizable, se recupera la energía contenida en los materiales plásticos y los residuos obtenidos podrán depositarse sin problemas en vertederos de basura.

Otros procedimientos para el reciclado o la eliminación se encuentran en una fase primaria y ni siquiera fueron sometidos a pruebas piloto. En la actualidad, no se conoce ni es previsible una alternativa industrial que técnica, económica y ecológicamente pueda reemplazar el procedimiento descripto.

Por lo tanto, la meta de los diseñadores y fabricantes de aparatos de maniobra de baja tensión deberá ser desarrollar equipos que con el uso de materiales apropiados, hagan posible el procedimiento mencionado en la forma más económica y libre de contaminantes posible.

Empresas de reciclado

Las empresas que integran la ZVEI elaboraron un catálogo de criterios que permite evaluar la confiabilidad y la calidad de las empresas que se ocupan del reciclado. En dicha asociación, podrá obtenerse una lista con las empresas que fueron certificadas por el ente correspondiente. Para ello se tiene que dirigir a la dirección siguiente:

ZVEI – Abteilung Umweltpolitik
Stresemannallee 19
60596 Frankfurt am Main
República Federal de Alemania

Los clientes de Siemens podrán dirigirse al interlocutor del Grupo Proyectos Industriales (ANL A 443) de cualquier departamento de comercialización o asesoramiento de clientes que asumirá el reciclado y eliminación de aparatos usados de acuerdo con las disposiciones legales y los costos habituales del mercado.

1.6.3 Compatibilidad electromagnética

La compatibilidad electromagnética (EMC) caracteriza a un estado, en el que diferentes dispositivos eléctricos de naturaleza variada no se perturban entre sí ni reducen su funcionalidad, la que tampoco será influenciada por fenómenos electromagnéticos naturales como, por ejemplo, las descargas atmosféricas.

La cada vez mayor densidad de integración de los aparatos eléctricos y electrónicos, la cercanía física de módulos electrónicos de potencia y de datos, la transmisión de energía eléctrica en constante aumento y las velocidades de la transmisión de datos cada vez más rápidas, la expansión de la automatización y supervisión de procesos, así como el aumento del uso de instalaciones informáticas en todos los campos de la técnica requieren un cuidadoso análisis de la compatibilidad electromagnética para que todos los sistemas e instalaciones eléctricas funcionen en la forma apropiada. En numerosos países la legislación vigente requiere un estado apropiado de la compatibilidad electromagnética que deben alcanzar los fabricantes de los productos comprendidos.

Directiva y Ley de Compatibilidad Electromagnética

La Comunidad Europea promulgó el 3 de mayo de 1989 la Directiva 89/336/EWG en la que se declaró como objetivo la compatibilidad electromagnética de las instalaciones eléctricas. Según la misma, todos los aparatos sistemas e instalaciones eléctricas que se pongan en servicio dentro de la Unión Europea (UE) o de la European Economic Area (EEA) después del 1° de enero 1996 tienen que satisfacer los requerimientos de la mencionada directiva.

Los estados integrantes de la CE deben incorporar esta directiva, al igual que todas las directivas promulgadas por la CE en su propia legislación. En Alemania se la integró con la denominación de Ley de Compatibilidad Electromagnética (EMVG).

Los requerimientos de protección se formulan en el Artículo 4 de la mencionada directiva y especifican lo siguiente:

Los aparatos que producen perturbaciones electromagnéticas o cuyo funcionamiento puede ser influenciado por estas perturbaciones deberán fabricarse de manera tal que:

- la generación de perturbaciones electromagnéticas se limitan de manera tal que puedan funcionar de acuerdo con sus fines los aparatos de radio y telecomunicaciones al igual que otros aparatos.
- los aparatos presenten una resistencia adecuada contra las perturbaciones electromagnéticas para que pueda asegurarse un funcionamiento de acuerdo con sus fines.

Aquí debe prestarse especial atención a la definición de aparatos de acuerdo con el Artículo 1 de la mencionada directiva, porque todos los equipos eléctricos y electrónicos, instalaciones y sistemas que contienen componentes eléctricos o electrónicos se denominan aparatos.

En el Anexo III de la citada directiva se detallan los requerimientos de protección en referencia a normas europeas (EN) que aún deben redactarse y además, se mencionan expresamente los siguientes, sin que se considere el listado como completo:

a) receptores privados de radio y televisión,

b) equipamiento industrial,

c) equipos radioeléctricos móviles,

d) aparatos comerciales radioeléctricos móviles y teléfonos celulares,

e) aparatos y equipos de uso médico y científico,

f) equipos informáticos,

g) electrodomésticos y equipamiento electrónico para el hogar,

h) equipos radioeléctricos para la navegación aérea y marítima,

i) equipos electrónicos para enseñanza,

j) redes y equipos de telecomunicaciones,

k) transmisores para televisión, radio y audio,

l) luminarias y lámparas de descarga.

El Artículo 10 de la mencionada directiva señala que el fabricante debe certificar la conformidad de los dispositivos eléctricos con los requerimientos de protección fijados por la misma y marcar los aparatos o la documentación adjunta a los mismos con el símbolo de conformidad CE.

Las disposiciones relacionadas con la mencionada conformidad y el símbolo de la CE se encuentran en el Anexo I de la directiva y señalan:

la declaración de conformidad CE debe contener lo siguiente:

Figura 1.6/1
Símbolo de conformidad CE
Ambas letras deben tener una altura similar.
Altura mínima: 5 mm

- la descripción del (de los) aparato(s) correspondiente(s),
- la especificación con la que se declara la conformidad, así como, según el caso, las medidas internas de la empresa con las que se asegura esta conformidad de los aparatos con los requerimientos de la directiva,
- los datos del firmante autorizado legalmente para firmar en nombre del fabricante o de su apoderado,
- según el caso, los datos de una entidad autorizada que extendiera el certificado de muestra tipo CE.

Símbolo de conformidad CE:

- el símbolo de conformidad CE está formado por estas iniciales con el formato indicado en la figura 1.6/1.

Los criterios para extender las declaraciones de conformidad de los fabricantes u oferentes se formulan en la norma DIN EN 45014. La declaración de conformidad en sí misma se define como "la determinación de un oferente que, bajo su única responsabilidad, declara que un producto, procedimiento o un servicio coincide con una norma determinada u otro documento normativo".

El declarante retiene la declaración de conformidad CE con la Directiva EMC y la debe presentar cuando la autoridad competente lo requiere. Esta declaración será archivada por un lapso de 10 años después de la fecha del lanzamiento al mercado del producto.

Con respecto a la ley EMVG, el declarante de la conformidad debe indicar este hecho en la documentación adjunta al producto. De acuerdo con el estado actual de la formación de opinión, alcanza con un pedido a la persona jurídica para que la autoridad competente pueda ubicar al declarante. De aquí se desprende también la exigencia de que el declarante, se trate del fabricante mismo, su apoderado o el importador deba estar establecido dentro de la jurisdicción de la CE para que sea accesible para la administración de justicia de los estados miembro.

Dos conceptos tienen un significado especial en relación con la declaración de conformidad, y son los siguientes:

- *Fabricante*

  "Fabricante es todo aquel responsable por el diseño y la fabricación de un producto comprendido dentro de la Directiva de Compatibilidad Electromagnética, así como cuando a partir de productos finales ya fabricados confecciona un producto nuevo, lo modifica transforma o adapta".

- *Lanzamiento al mercado*

  "Se considera lanzamiento al mercado de un producto al ofrecimiento del mismo a título oneroso o gratuito en algún mercado de la CE para su comercialización o uso en el ámbito de dicha comunidad".

Por lo tanto, el fabricante tiene la obligación de diseñar y fabricar su producto en plena coincidencia con los requerimientos de protección fijados por la directiva y tener en cuenta los procedimientos para la certificación de la conformidad de dicho producto con los citados requerimientos de protección.

El mismo fabricante podrá lanzar al mercado de la CE su producto o lo puede hacer un apoderado o autorizado con sede dentro de la jurisdicción de la CE. En el caso que el fabricante o su apoderado no posean sede legal en la jurisdicción de la CE, entonces la obligación de presentar a las autoridades pertinentes la Declaración de Conformidad CE y/o la documentación técnica correspondiente, recae en la persona que lanza al mercado de la CE (por ejemplo, el importador) el producto en cuestión.

Procedimiento para la evaluación de la conformidad

El fabricante debe aplicar en su producto el símbolo de conformidad CE bajo su única responsabilidad una vez que el producto fue aprobado en una evaluación de conformidad y la autoridad competente extendió la declaración de conformidad pertinente.

El Artículo 10 de la Directiva de Compatibilidad Electromagnética prevé tres procedimientos diferentes para evaluar la conformidad de un aparato (Figura 1.6/2):

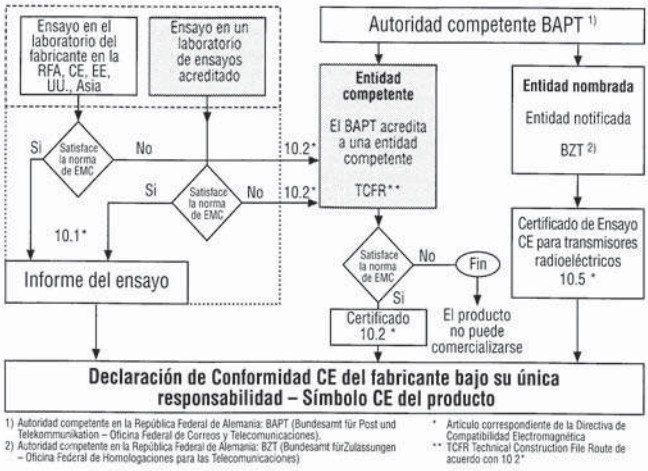


Figura 1.6/2
Diagrama de flujo del procedimiento que se debe seguir para aplicar a un producto el símbolo de conformidad CE de acuerdo con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética y la Ley EMVG

- El Párrafo 1 describe el procedimiento para aparatos, en los cuales el fabricante aplica las normas armonizadas.
- El Párrafo 2 describe el procedimiento para aparatos, en los cuales el fabricante no aplica las normas o sólo las aplica en parte, o no existen normas pertinentes.
- El Párrafo 5 describe el procedimiento específico para aparatos transmisores de radiofonía.

La legislación exige para la compatibilidad electromagnética de la mayoría de los productos de la electrotecnia la comprobación de la conformidad aplicando los procedimientos de evaluación de acuerdo con el Párrafo 1, según el cual el fabricante bajo su única responsabilidad tiene el derecho de redactar la declaración de conformidad CE y aplicar el símbolo correspondiente sin que intervenga una "Entidad de Ensayos Independiente" o una "Autoridad de Certificación".

En los casos de excepción en los cuales no existe una norma publicada en el Boletín Oficial de la CE para un producto especial o el fabricante desea aplicar para su producto las versiones más modernas de la norma, podrá de acuerdo con el Artículo 10, Párrafo 2 de la Directiva de Compatibilidad Electromagnética, solicitar los servicios de una "Autoridad Competente". Una vez que dicha institución verificó el cumplimiento de los requerimientos de protección básicos de la directiva mencionada o de la ley EMVG, extenderá el certificado correspondiente que confirma lo expuesto. Una vez que el fabricante posee este certificado, podrá redactar bajo su única responsabilidad la Declaración de Conformidad CE y aplicar el símbolo CE pertinente.

Otro procedimiento para evaluar la conformidad se realiza sobre la base de un ensayo de una muestra tipo representativa obtenida de la producción del aparato en cuestión y el ensayo realizado por una "Entidad Autorizada" que extiende un "Certificado de Ensayo de Muestra Tipo" una vez que verificó el cumplimiento de los requerimientos fijados en la normativa.

Este procedimiento sólo se exige, de acuerdo con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética, Artículo 10, Párrafo 5, para la evaluación de la conformidad de transmisores radiofónicos.

Una vez que el fabricante posee el certificado correspondiente al ensayo de la muestra tipo, tiene el derecho de extender la Declaración de Conformidad CE y aplicar el símbolo correspondiente. La legislación no prevé una supervisión de la producción por parte de la "Institución Autorizada".

La figura 1.6/2 muestra los caminos que deben recorrer los productos para obtener el símbolo de con-

formidad CE de acuerdo con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética y la ley EMVG de Alemania.

En la ley mencionada también se prevén excepciones, que se aplican exclusivamente a componentes que serán elaborados por la industria o el gremio y que no pueden considerarse como productos eléctricos o electrónicos de funcionamiento independiente o de obtención general. Los mismos, al igual que las redes e instalaciones que se ensamblan en el sitio, no requieren de una declaración de conformidad ni del símbolo CE correspondiente. Estas disposiciones de excepción adquieren una gran importancia para los fabricantes y usuarios de aparatos de maniobra.

La "Guía para Aplicación de la Directiva 89/336 EWG", publicada por la Comisión de las Comunidades Europeas, contiene otras informaciones relacionadas con la excepción a la aplicación del símbolo de conformidad CE.

Normas Europeas

La Directiva de Compatibilidad Electromagnética, de acuerdo con la nueva concepción (New Approach), no contiene detalles técnicos sino menciona requerimientos globales de protección que deben alcanzarse con la aplicación de normas europeas (EN). La elaboración de las normas europeas detalladas requeridas para esto fue encomendada al Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica (CENELEC).

Las normas relevantes para la directiva mencionada se publican en el Boletín Oficial de las Comunidades Europeas, al igual que en el que publica el "Ministerio Federal de Correos y Telecomunicaciones de Alemania".

En la Tabla 1.6/12 se reproduce un listado de las normas EMC publicadas.

Tabla 1.6/12
Normas relacionadas con la compatibilidad electromagnética publicadas en el Boletín Oficial de las "Comunidades Europeas (CE)" y en el del "Ministerio de Correos y Telecomunicaciones (BMPT)" de Alemania

EN	IEC	DKE	Referencia
EN 50081-1	–	VDE 0839, Parte 81-1	Norma genérica, emisión de interferencias, áreas residenciales, comerciales e industriales, así como pequeñas empresas
EN 50082-1	–	VDE 0839, Parte 82-1	Norma genérica, resistencia a interferencias, áreas residenciales, comerciales e industriales, así como pequeñas empresas
EN 50081-2	–	VDE 0839, Parte 81-2	Norma genérica, emisión de interferencias, áreas industriales
EN 50082-2	–	VDE 0839, Parte 82-2	Norma genérica, resistencia a interferencias, áreas industriales
EN 50091-2	–	DIN VDE 0558, Parte 520	Compatibilidad electromagnética de suministros de energía eléctrica sin interrupción
EN 50065-1	–	DIN VDE 0808, Parte 1	Transmisión de señales en redes de BT
EN 55011	CISPR 11	DIN VDE 0875, Parte 11	Supresión de interferencias ISM
EN 55013	CISPR 13	DIN VDE 0872, Parte 13	Protección antiparásita de receptores radiofónicos
EN 55014	CISPR 14	VDE 0875, Parte 14	Protección antiparásita de electrodomésticos
EN 55015	CISPR 15	VDE 0875, Parte 15	Protección antiparásita de luminarias
EN 55020	–	VDE 0872, Parte 20	Resistencia a interferencias de receptores radiofónicos
EN 55022	CISPR 22	VDE 0878, Parte 22	Supresión de interferencias ITE
EN 55104	–	VDE 0875, Parte 14-2	Resistencia a interferencias, electrodomésticos, etc.
EN 60555-2	IEC 555-2	DIN VDE 0838, Parte 2	Armónicas de la red
EN 60555-3	IEC 555-3	DIN VDE 0838, Parte 3	Variaciones de la tensión
EN 61000-3-2	IEC 1000-3-2	VDE 0838, Parte 2	Corrientes armónicas
EN 61000-3-3	IEC 1000-3-3	VDE 0838, Parte 3	Variaciones y parpadeo de la tensión
EN 60521	IEC 521	VDE 0418, Parte 12	Contadores de energía activa de corriente alterna
EN 60687	IEC 687	VDE 0418, Parte 8	Contadores electrónicos de energía activa de corriente alterna
EN 61036	IEC 1036	VDE 0417, Parte 7	Contadores electrónicos de energía activa de corriente alterna
EN 61037	IEC 1037	VDE 0420, Parte 1	Receptores de telemando centralizado a través de la red
EN 61038	IEC 1038	VDE 0419, Parte 1	Relojes de conmutación y de mando, controles de tarifas y de potencias variables
EN 60945	IEC 945	DIN EN 60 945	Sistemas de navegación, navegación marítima
EN 60947-1	IEC 947-1 (+A 11)	VDE 0660, Parte 100 y Parte 100 A11	Aparatos de maniobra de baja tensión
EN 60601-1-2	IEC 601-1-2	VDE 0750, Parte 1-2	Equipos de electromedicina
EN 61131-2	IEC 1131-2	VDE 0411, Parte 500	Controles de lógica programable (PLC)

2 Datos de la red y clases de servicio

Para determinar y seleccionar los componentes de las instalaciones eléctricas, es necesario considerar los datos, características y condiciones de la red, así como las clases de servicio para las cuales fueron previstos los componentes.

2.1 Datos de la red

Los datos característicos más importantes de las redes eléctricas son:

- ▷ Tensión nominal
- ▷ Frecuencia nominal
- ▷ Potencia de cortocircuito en el punto de conexión.

Estos datos de la red de alimentación responden a acuerdos internacionales y se suministran como valores nominales de la misma.

Para los aparatos de maniobra de baja tensión, en concordancia con la norma DIN EN 60947 (VDE 0660), los datos nominales indicados anteriormente se convierten ahora en datos asignados (ver también la Sección 10.1.2).

2.1.1 Tensiones y frecuencias nominales

En la República Federal de Alemania rige desde mayo de 1987 la norma DIN IEC 38 "Tensiones Normalizadas IEC".

En dicha norma se incorporó sin modificaciones la norma 38 de la IEC, 6ª edición de 1983, denominada "IEC Standard Voltages".

La mencionada norma IEC 38 es el resultado de los esfuerzos de armonización a nivel internacional, encaminados a reducir la gran variedad de tensiones existentes en las redes de abastecimiento de energía eléctrica industrial y domiciliaria, así como en las redes de uso ferroviario, en las instalaciones de centros de consumo y alimentación de aparatos.

Circuitos principales

Hay que destacar que, en el campo de la baja tensión, la norma IEC 38 logró la relevante unificación de las tensiones 220/380 V y 240/415 V para las redes trifásicas de abastecimiento de energía eléctrica, en una única tensión con valores normalizados, a nivel mundial, de 230/400 V (ver la Tabla 2.1). Las tolerancias para la tensión de servicio de la red, admitidas para el período de transición que concluye en el año 2003, tienen como finalidad que los aparatos diseñados para las tensiones de las redes actuales puedan utilizarse con un alto nivel de seguridad hasta el final de su vida útil.

Las recomendaciones de la IEC fueron incorporadas como normas nacionales por los países más importantes, siempre que las circunstancias locales lo permitieran. En Alemania se recomienda realizar el proyecto de instalaciones nuevas de acuerdo con los valores de las tensiones mencionadas en estas normas.

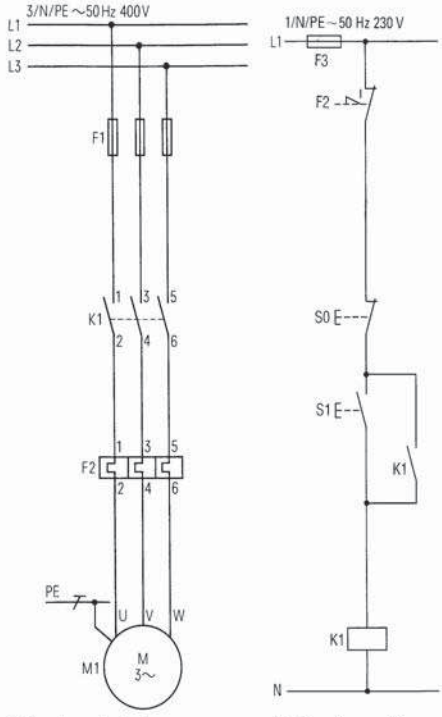
La publicación titulada "Netzspannungen und Frequenzen im Ausland" ("Tensiones y frecuencias de las redes eléctricas en el extranjero"), número de pedido A 19 100-E 593-B 009 de Siemens AG y en la

Tabla 2.1/1
Tensiones nominales en la gama de las bajas tensiones entre 100 V y 1 000 V según la norma DIN IEC 38 para redes de corriente alterna de 50 Hz y los consumidores correspondientes.

Redes trifásicas con tres o cuatro conductores	Redes monofásicas de tres conductores
Tensión nominal V	Tensión nominal V
–	120/240
230/400 [1]	–
277/480 [2]	–
400/690 [1]	–
1000	–

[1] Tolerancias en los valores de tensión durante el tiempo de transición en aquellos países con tensiones actuales de las redes de 220/380 V, +6%, −10% ó 240/415 V, +10%, −6%.
Al finalizar el tiempo de transición deberán alcanzarse los valores de 230/400 V ±10%.
Para las redes actuales de 380/660 V, se recomienda utilizar el valor de 400/690 V, +6%, −10%.
Los valores de las tensiones nominales válidas, las tolerancias y los plazos para el tiempo de transición deben extraerse de las reglamentaciones vigentes en cada país.

[2] No utilizar en conjunto con 230/400 V ó 400/960 V.



a) Circuito principal b) Circuito auxiliar

Figura 2.1/1
Circuito principal y auxiliar de un motor con operación por medio de pulsadores

Sección 10.9 de la presente obra, muestra un panorama de las actuales redes públicas de transmisión, distribución y alimentación a los consumidores en los países del este y oeste de Europa, Africa, América (Norte, Centro y Sur), en el cercano y lejano Oriente, así como en Australia.

La norma DIN 4005 "Frecuencias nominales desde $16^2/_3$ hasta 10000 Hz", contiene las disposiciones para las frecuencias nominales. Para el abastecimiento de energía, esta norma ha previsto utilizar como frecuencia única 50 Hz. Dicha frecuencia se emplea no sólo en las redes de distribución de energía eléctrica de Europa, sino también en aquellos países en los que la técnica europea tiene una influencia predominante.

Sólo en EE.UU. y en Canadá, así como en los países influenciados por la técnica estadounidense se utiliza

Tabla 2.1/2
Tensiones nominales de equipos eléctricos según la norma DIN IEC 38 para tensiones alternas de hasta 120 V y tensiones continuas de hasta 750 V.

Tensiones alternas		Tensiones continuas	
Valores nominales		Valores nominales	
Preferidos V	Complementarios V	Preferidos V	Complementarios V
–	–	–	2,4
–	–	–	3
–	–	–	4
–	–	–	4,5
–	5	–	5
6	–	6	–
–	–	–	7,5
–	–	–	9
12	–	12	–
–	15	–	15
24	–	24	–
–	–	–	30
–	36	36	–
–	–	–	40
–	42	–	–
48	–	48	–
–	60	60	–
–	–	72	–
–	–	–	80
–	–	96	–
–	100	–	–
110	–	110	–
–	–	–	125
–	–	220	–
–	–	–	250
–	–	440	–
–	–	–	600

como frecuencia nominal 60 Hz. Dichos países son los de Centroamérica y parte de América del Sur como Colombia, Venezuela y Brasil. Fuera de las regiones mencionadas se debe contar a Japón, que también utiliza 60 Hz.

En la alimentación eléctrica ferroviaria en corriente alterna, los ferrocarriles europeos utilizan una frecuencia nominal de $16^2/_3$ Hz.

Frecuencias más elevadas que las antes mencionadas se emplean en el ámbito de la industria manufacturera para la alimentación de accionamientos motorizados. Ejemplo de ello son los motores de alta velocidad en la industria textil que utilizan 100 y 120 Hz o en la industria de la madera, que alcanza hasta los

300 Hz. En algunas instalaciones especiales se fijó una frecuencia de 400 Hz. En la Sección 3.7.3. de la presente obra se encuentran indicaciones relacionadas con el uso de aparatos de maniobra de baja tensión en redes con frecuencias mayores a la industrial.

La figura 2.2/1 muestra el circuito principal y el auxiliar para la conexión directa de un motor asincrónico trifásico, (ver también las secciones 9.1.4 y 9.2) mediante contactores y operación por medio de pulsadores.

La Tabla 2.1/2 da un panorama de las tensiones nominales de hasta 120 V de corriente alterna y hasta 750 V de corriente continua según la norma DIN IEC 38, utilizadas para aparatos de maniobra.

Circuitos auxiliares

Los valores preferidos para la tensión nominal de los circuitos auxiliares, en tanto éstos difieren de la tensión del circuito principal, se representan en la Tabla 2.1/3.

Tensiones de servicio

La norma DIN VDE 0100, Parte 725, que se refiere a la norma DIN IEC 38 (ver las tablas 2.1/1 y 2.1/2), recomienda que en los aparatos de mando o los medios de servicio que durante su operación habitual se sostienen o abarcan con la mano, se apliquen tensiones cuyo valor máximo no sobrepase los 230 V.

Cuando la tensión se suministra a los circuitos de mando desde un transformador separador, la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1) establece 250 V como valor máximo para esta tensión. En la República Federal de Alemania y en la mayoría de los países se prefiere una tensión de 220 ó 230 V. En algunos países se utiliza una tensión de 110 V en los circuitos auxiliares; en EE.UU. y Canadá se recomienda el valor de 120 V, 60 Hz. Una tensión alterna de 230 V frente a las tensiones de mando menores ofrece las siguientes ventajas:

- ▷ una seguridad de contacto más elevada,
- ▷ menores caídas de tensión,
- ▷ menores secciones de los conductores.

Según la norma DIN VDE 0100, Parte 725, todos los circuitos auxiliares deben proyectarse de manera tal que durante un servicio normal la tensión se mantenga siempre entre 0,85 y 1,10 veces la tensión asignada del equipo eléctrico para no afectar la funcionalidad del mismo.

De acuerdo con la norma DIN EN 60 947 (VDE 0660) e IEC 947, los circuitos de mando, con todos sus elementos funcionales, deben estar construidos de manera tal que su funcionamiento quede garantizado cuando la tensión de accionamiento se mantiene dentro de los límites indicados en la Tabla 2.1/4.

Según la norma DIN VDE 0100, Parte 725, los circuitos auxiliares pueden estar conectados a los circuitos principales, tanto en forma directa como a través de transformadores con bobinados separados, o bien, ambos circuitos podrán ser completamente independientes.

Tabla 2.1/3
Tensiones nominales preferidas para circuitos auxiliares según la norma DIN EN 60947-2 (VDE 0660 Parte 101).

Tensión continua V	Tensión alterna V
24	24
48	48
110	110
125	–
–	127
220	220
–	230
250	–

Tabla 2.1/4
Valores límites de tolerancia de la tensión de servicio para uso general según la norma DIN EN 60947 (VDE 0660) (En instalaciones ferroviarias y mineras se aplican otros valores).

Aparatos	Acción	Tensión de accionamiento como múltiplo de la tensión asignada de control	
		Límite inferior	Límite superior
Accionamiento de interruptores	Cerrar	$0{,}85 \cdot U_S$	$1{,}1 \cdot U_S$
	Abrir	$0{,}85 \cdot U_S$	$1{,}1 \cdot U_S$
Contactores	Cerrar	$0{,}85 \cdot U_S$ [1]	$1{,}1 \cdot U_S$ [1]
	Abrir	$0{,}20 \cdot U_S$ AC $0{,}10 \cdot U_S$ DC	$0{,}75 \cdot U_S$
Interruptores automáticos con bobinas de apertura por tensión	Abrir	$0{,}7 \cdot U_S$	$1{,}1 \cdot U_S$

[1] Para contactores Siemens: límite inferior $0{,}8 \cdot U_S$, límite superior: $1{,}1 \cdot U_S$

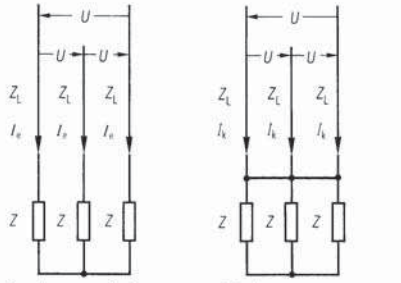
En el caso de circuitos auxiliares conectados de manera directa con el circuito principal de redes puestas a tierra, la tensión de comando debe ser tomada entre un conductor de fase y el conductor de neutro del sistema.

En las redes aisladas de tierra podrá tomarse la tensión entre dos fases cuando todos los interruptores auxiliares de los circuitos de control interrumpan ambas fases.

Los transformadores para la alimentación de circuitos auxiliares deben conectarse, de preferencia, entre dos conductores de fase. Esta separación de potenciales se recomienda para aquellos circuitos auxiliares en los que predominan equipos o sistemas electrónicos.

La norma DIN EN 60 204-1 (VDE 0113, Parte 1) "Equipamiento eléctrico de máquinas" determina que para la alimentación de los circuitos auxiliares en máquinas tiene que utilizarse un transformador a partir de una potencia asignada de 3 kW. En este caso la tensión nominal de alimentación a los circuitos de control no debe sobrepasar los 250 V.

Es de tener en cuenta que la norma DIN EN 60 204-1 (VDE 0113, Parte 1) indica que para la alimentación de corriente continua a través de baterías es admisible un margen de tensión de entre 0,85 y 1,15 veces la tensión nominal, y, en el caso de vehículos, incluso 0,7 a 1,2 veces la tensión nominal.



Corriente nominal de servicio I_e

$$I_e = \frac{U}{\sqrt{3}(Z_L + Z)}$$

a) Operación sin perturbación

Corriente permanente de cortocircuito I_k

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{3}Z_L}$$

b) Operación perturbada por un cortocircuito

Figura 2.1/2
Intensidad de la corriente en servicio nominal y en cortocircuito permanente.

2.1.2 Corrientes de cortocircuito

Corriente máxima de cortocircuito, (valor previsto)

La corriente máxima de cortocircuito prevista en el lugar de la instalación de los equipos eléctricos es determinante para seleccionar los aparatos de maniobra y los armarios o tableros de distribución en lo referente a:

- ▷ Resistencia a cortocircuitos,
- ▷ capacidad de ruptura y
- ▷ protección selectiva o "back-up" (cuando sea necesaria).

La corriente de cortocircuito entre una fase y el conductor de protección, con una impedancia insignificante, es determinante para las medidas de protección contra contacto indirecto según la norma DIN - VDE 0100, Parte 470 (ver también la Sección 1.4.2).

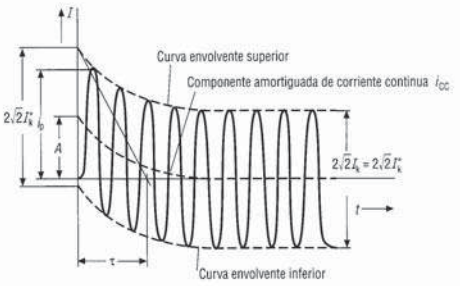
Los conceptos relativos a cortocircuitos se definen en las directivas DIN VDE para calcular las corrientes de cortocircuito en instalaciones y redes trifásicas con tensiones nominales de hasta 1 000 V (DIN VDE 0102).

Durante el servicio normal, circula a través de los conductores la corriente nominal I_e (Figura 2.1/2 a), determinada por la tensión nominal de la red U y la suma de las impedancias de esa red Z_L y de la carga Z. En caso de cortocircuito, se anula la decisiva impedancia de carga Z (Figura 2.1/2 b). Por lo tanto, la corriente de cortocircuito queda determinada por la tensión nominal de servicio U, la impedancia de la red Z_L y la impedancia o resistencia en el punto de cortocircuito. La misma, por ejemplo, la resistencia del arco eléctrico, puede amortiguar considerablemente los cortocircuitos; no obstante, en general, no se la tiene en cuenta para calcular estos cortocircuitos.

Fenómenos transitorios

Cuando ocurre un cortocircuito, la red pasa del estado de servicio al estado de cortocircuito. Con exclusión del caso excepcional de que el cortocircuito se inicie exactamente cuando la corriente pasa por cero, el cortocircuito se produce, como toda conexión eléctrica, a través de fenómenos transitorios (Figura 2.1/3).

A la corriente alterna simétrica se sobrepone una componente de corriente continua i_{CC} (también denominada i_{DC}). En el instante de la conexión, el valor de la componente de corriente continua es igual



i_{CC} Componente amortiguada de corriente continua de la corriente de cortocircuito
I_k'' Corriente inicial alterna de cortocircuito
i_p Corriente de choque
I_k Corriente permanente de cortocircuito
A Valor inicial de la componente de corriente continua i_{CC}
τ Constante de tiempo de la componente de corriente continua i_{CC}

Figura 2.1/3
Variación de la corriente alterna de cortocircuito en el caso del generador *lejano* al punto de cortocircuito según la norma DIN VDE 0102.

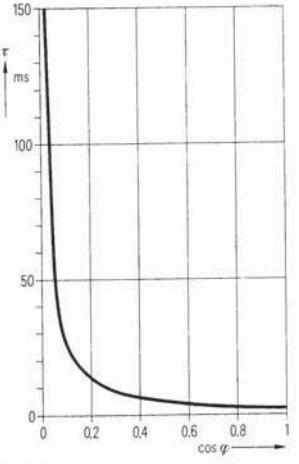


Figura 2.1/4
Constante de tiempo τ de la componente de corriente continua en función del cos φ del circuito de corriente, valores válidos para 50 Hz.

al valor momentáneo de la corriente alterna, pero tiene polaridad inversa. La componente de corriente continua i_{CC} se atenúa según una función exponencial con la constante de tiempo $\tau = L/R$.

La Figura 2.1/4 muestra la dependencia de la constante de tiempo τ del factor de potencia cos φ del circuito.

Para calcular las corrientes de cortocircuito tienen importancia los conceptos siguientes:

▷ Corriente inicial alterna de cortocircuito I_k'', también denominada corriente inicial subtransitoria de cortocircuito

Es el valor eficaz de la componente de corriente alterna en el momento de iniciarse el cortocircuito. En un cortocircuito distante del generador, el valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito permanece casi constante durante todo el cortocircuito. Este es el caso normal en las redes de baja tensión. Por lo tanto, puede decirse, que en estas redes, el valor de la corriente inicial alterna (subtransitoria) de cortocircuito I_k'' es casi igual al valor de la corriente permanente de cortocircuito I_k, o sea: $I_k'' \approx I_k$.

En comparación, en los cortocircuitos cercanos al generador la corriente inicial alterna de cortocircuito I_k'' es mayor que la corriente permanente de cortocircuito I_k'' y luego se reduce (Figura 2.1/5). Para calcular la corriente I_k'' se necesitan, además de las impedancias activas de la red, las reactancias iniciales X_d'' (reactancias longitudinales subtransitorias) de la máquina sincrónica que alimenta al cortocircuito.

▷ Corriente de choque, i_p, también denominada corriente máxima asimétrica de cortocircuito, es el valor máximo de cresta de la corriente de cortocircuito.

Esta corriente se presenta cuando el cortocircuito ocurre al paso por cero de la tensión. Su valor es:

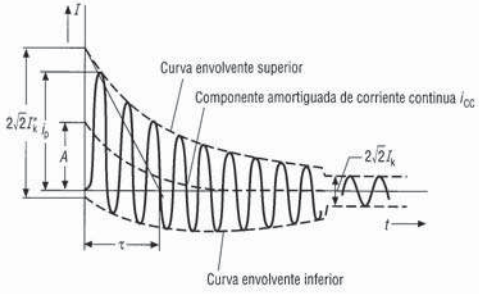
$$i_p = \varkappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k''.$$

El factor $\varkappa$ es el cociente entre la corriente de choque i_p (o corriente máxima asimétrica de cortocircuito) y el valor de cresta de la corriente de cortocircuito permanente. Su valor depende a su vez de la relación resistencia R a la reactancia X del circuito en cortocircuito (R/X), es decir del factor de potencia (cos φ) del circuito del cortocircuito (ver la Figura 2.1/6). El factor $\varkappa$ se puede calcular numéricamente con la fórmula siguiente:

$$\varkappa = 1{,}02 + 0{,}98 \cdot e^{-3 \cdot R/X}$$

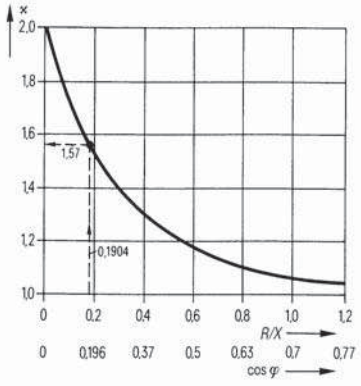
Factor de potencia cos φ del circuito en cortocircuito

En las instalaciones de baja tensión, el factor de potencia cos φ de un circuito en cortocircuito depende pre-



i_{CC} Componente amortiguada de corriente continua de la corriente de cortocircuito
I''_k Corriente inicial alterna de cortocircuito
i_p Corriente de choque
I_k Corriente permanente de cortocircuito
A A Valor inicial de la componente de corriente continua i_{CC}
τ Constante de tiempo de la componente de corriente continua i_{CC}

Figura 2.1/5
Variación de la corriente alterna de cortocircuito en el caso de generador *cercano* al punto de cortocircuito según la norma DIN VDE 0102.



Ejemplo
$R = 1,113\ \text{m}\Omega$
$X = 5,8459\ \text{m}\Omega$
$\frac{R}{X} = \frac{1,113}{5,8459} = 0,1904$
$\varkappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \cdot R/X}$, de donde se obtiene $\varkappa = 1,57$

Figura 2.1/6
Factor $\varkappa$, dependiente de la relación *R/X* y del cos cos φ.

ponderantemente de la reactancia del transformador de alimentación. Mientras más elevada sea su potencia, mayor será la parte inductiva de su impedancia y, por lo tanto, menor será el factor de potencia cos φ.

La norma DIN EN 60 947-2 (VDE 0660, Parte 101) y la IEC 947-2 tiene en cuenta esta relación para determinar el valor mínimo de la capacidad asignada de conexión en cortocircuito de los interruptores automáticos de corriente alterna como múltiplo de la capacidad asignada de ruptura en cortocircuito ($I_{cm} = n \cdot I_{cn}$), en función del factor de potencia cos φ (ver también la Sección 3.1.2).

2.1.3 Clases de cortocircuitos

En una red trifásica pueden ocurrir tres clases de cortocircuitos:

- ▷ entre las tres fases, denominado cortocircuito tripolar,
- ▷ entre dos fases, denominado cortocircuito bipolar,
- ▷ entre una fase y el conductor neutro o tierra, denominado cortocircuito unipolar o a tierra.

Sus características principales se indican en la Tabla 2.1/5.

En ella se expone que las corrientes de cortocircuito más elevadas se dan en el caso de los cortocircuitos entre las tres fases, así como en los cortocircuitos a tierra o con el conductor neutro en los bornes del secundario del transformador (cuando el transformador es la única fuente de energía que alimenta al cortocircuito).

Cortocircuito tripolar alejado del generador, con alimentación sencilla

Corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k

Según la Figura 2.1/7 se tiene la ecuación:

$$I''_k = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_k^2 + X_k^2}}. \qquad (2.1)$$

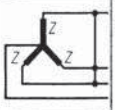
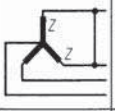
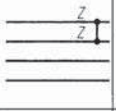
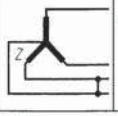
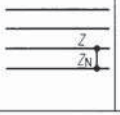
En la que:

c Factor para determinar la tensión equivalente que alimenta al cortocircuito
U_n Tensión nominal de la red

Para calcular la corriente *máxima* de cortocircuito se emplean los valores siguientes:

$c_{máx}$ = 1,0 para 230/400 V y 1,05 para las demás tensiones

Tabla 2.1/5
Tipos de cortocircuitos en sistemas trifásicos y magnitud de las corrientes alternas de cortocircuito

Tipos de cortocircuito	Cortocircuito en bornes del transformador			Cortocircuito en los cables o conductores vinculados		
		Corriente de cortocircuito	Relación		Corriente de cortocircuito	Relación
Tripolar		$I_{k3}=\frac{U}{\sqrt{3}\cdot Z}$	$\frac{I_{k3}}{I_{k3}}=1$		$I_{k3}=\frac{U}{\sqrt{3}\cdot Z}$	$\frac{I_{k3}}{I_{k3}}=1$
Bipolar		$I_{k2}=\frac{U}{2\cdot Z}$	$\frac{I_{k2}}{I_{k3}}=0{,}87$		$I_{k2}=\frac{U}{2\cdot Z}$	$\frac{I_{k2}}{I_{k3}}=0{,}87$
Unipolar (cortocircuito a tierra)		$I_{k1}=\frac{U}{\sqrt{3}\cdot Z}$	$\frac{I_{k1}}{I_{k3}}=1$		$I_{k1}=\frac{U}{\sqrt{3}\cdot(Z+Z_N)}$	$\frac{I_{k1}}{I_{k3}}\leq 0{,}5$

U Tensión de línea o compuesta
Z Impedancias (resistencias y reactancias) de fase
Z_N Impedancias (resistencias y reactancias) de neutro

R_k $= R_{Qt}+R_T+R_L$ según la Figura 2.1/7, suma de las resistencias efectivas (óhmicas) conectadas en serie por fase (valor de R_L con los conductores a una temperatura de 20 °C),

X_k $= X_{Qt}+X_T+X_L$
según la Figura 2.1/7, suma de las reactancias conectadas en serie por fase,

Corriente de choque i_p

$$i_p = \varkappa \cdot \sqrt{2} \cdot I''_k. \qquad (2.2)$$

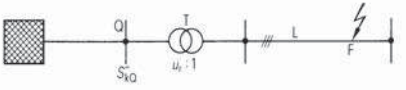
El factor $\varkappa$ se puede obtener de la Figura 2.1/6 mediante la lectura del valor de la abscisa correspondiente al cociente $R/X = R_k/X_k$ o mediante el cálculo numérico con la fórmula antes indicada.

Cortocircuito bipolar, distante del generador, con alimentación sencilla

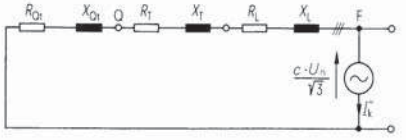
Corriente inicial alterna de cortocircuito I''_{k2}

$$I''_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I''_k. \qquad (2.3)$$

I''_k se calcula con la fórmula 2.1, en la cual se aplican los valores siguientes:



a) Circuito unifilar de la red



b) Circuito equivalente con una fuente de tensión equivalente

Q Punto de alimentación a la red
S''_{kQ} Potencia de cortocircuito en el punto de alimentación
$\ddot{u}_r$ Relación de transformación nominal para la toma principal del transformador
F Lugar en el que se produce la falla
R_{Qt} Resistencia efectiva de la red de alimentación
R_T Resistencia efectiva del transformador
R_L Resistencia efectiva de los conductores
X_{Qt} Reactancia de la red de alimentación
X_T Reactancia del transformador
X_L Reactancia de los conductores

Figura 2.1/7
Ejemplo de cálculo de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k en caso de cortocircuito tripolar, alimentación simple alejada del generador.

Para calcular la corriente *máxima* de cortocircuito se aplica:

$c_{máx}$ = 1,0 para 230/400 V ó 1,05 para las demás tensiones y

R_L para una temperatura del conductor de 20 °C.

Para calcular la corriente *mínima* de cortocircuito se aplica:

$c_{mín}$ = 0,95 para 230/400 V ó 1,0 para las demás tensiones, siempre y cuando en otras normas DIN no se exijan valores menores, así como R_L para una temperatura del conductor de 80 °C.

Corriente de choque i_{p2}

$$i_{p2} = \varkappa \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k2}. \tag{2.4}$$

El factor $\varkappa$ se puede obtener de la Figura 2.1/6 mediante la lectura del valor de la abscisa correspondiente al cociente $R/X = R_k/X_k$ o mediante el cálculo con la fórmula antes indicada.

Cortocircuito unipolar a tierra, distante del generador, con alimentación sencilla

Para los transformadores de los grupos de conexión Dy, Dz, Yy e Yz, cuyo punto estrella sólo está puesto a tierra en el lado de baja tensión, la corriente de cortocircuito unipolar a tierra se calcula con la fórmula 2.5. En esta fórmula se tiene lo siguiente:

I''_{k1} Corriente inicial alterna de cortocircuito unipolar

c Factor para determinar la tensión equivalente que alimenta al cortocircuito

U_n Tensión nominal de la red (por ejemplo, 400 V)

R_{0T} Resistencia efectiva homopolar del transformador

R_{0L} Resistencia efectiva homopolar de los conductores

X_{0T} Reactancia homopolar del transformador

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{\sqrt{(2R_{Qt} + 2R_T + R_L + R_{0T} + R_{0L})^2 + (2X_{Qt} + 2X_T + 2X_L + X_{0T} + X_{0L})^2}} \tag{2.5}$$

En la Figura 2.1/7 se suministran aclaraciones adicionales.

Para calcular la corriente *máxima* de cortocircuito, se utiliza lo siguiente:

$c_{máx}$ = 1,0 para 230/400 V y 1,05 para las demás tensiones y

R_L, R_{0L} para una temperatura del conductor de 20 °C.

Para calcular la corriente *mínima* de cortocircuito se aplica lo siguiente:

c_{min} = 0,95 para 230/400 V ó 1,0 para las demás tensiones, siempre y cuando en otras normas DIN no se exijan valores menores, así como

R_L para una temperatura del conductor de 80 °C.

La fórmula (2.5) no tiene validez para los transformadores del grupo de conexión Yy con el punto estrella del primario y del secundario puestos a tierra, ni cuando se emplean transformadores formadores de neutro; en este caso, debe realizarse el cálculo según la norma DIN VDE 0102 con el método de las componentes simétricas.

2.1.3.1 Aporte de los motores en servicio a la corriente de cortocircuito

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, según la norma DIN VDE 0102, debe considerarse la contribución de los motores vinculados a la red. A tal efecto, los motores sincrónicos y los compensadores sincrónicos de fase deben ser tratados en este caso como generadores.

El aporte de los motores asincrónicos, con tensiones nominales de hasta 1000 V, no se tiene en cuenta cuando la suma de las corrientes nominales de los motores ΣI_{rM} no sobrepasa el 1% de la corriente inicial alterna de cortocircuito tripolar I''_{k3} sin la contribución de los motores, es decir:

$\Sigma I_{rM} < 0{,}01 \cdot I''_{k3}$ (sin los motores).

Los motores que, por la clase de conexión (enclavamientos) o por el proceso (accionamientos de inversión), permanecen desconectados no se consideran para el cálculo.

El cálculo de la corriente máxima en caso de cortocircuitos tripolares en los bornes del motor asincrónico, se realiza con las ecuaciones siguientes:

Corriente inicial alterna de cortocircuito:

$$I''_{k3M} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} Z_M}. \tag{2.6}$$

Corriente de choque i_{pM}:

$$i_{pM} = \varkappa_M \cdot \sqrt{2} I''_{k3M}. \tag{2.7}$$

$$Z_M = \frac{1}{I_{an}/I_{rM}} \cdot \frac{U_{rM}}{\sqrt{3} I_{rM}}$$

$\varkappa_M = 1{,}3$ si se considera que $R_M/X_M = 0{,}42$ (valor supuesto)

U_{rM} Tensión asignada del motor (por ejemplo, 400 V)

I_{an} Corriente de arranque del motor

I_{rM} Corriente asignada del motor

Z_M Impedancia de cortocircuito del motor.

Cuando varios motores asincrónicos de diferentes potencias nominales están conectados a las barras colectoras de baja tensión de una distribución, se podrán formar grupos de motores, que incluyen sus líneas de alimentación y que luego, para simplificar el procedimiento, serán sustituidos por un motor equivalente cuyas características se calculan de la siguiente manera.

Para los motores equivalentes se aplica lo siguiente:

Z_M de acuerdo con la fórmula antes expuesta

I_{rM} suma de las corrientes nominales de cada uno de los motores que componen un grupo.

$I_{an}/I_{rM} = 5$

$\varkappa_M$ = 1,3 si se considera que $R_M/X_M = 0{,}42$ (Figura 2.1/6)

En esta estimación de la corriente de cortocircuito, se consideró la influencia de las líneas de alimentación a cada uno de los motores.

Ejemplo

Se tiene: I''_{k3} (sin motores) = 20 kA;

I_{rM} (para el grupo de motores) = 400 A; U_n = 400 V

Valor buscado: I''_{k3M} (con los motores)

Cálculo:

$$Z_M = \frac{1}{5} \cdot \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 400} = 0{,}11547\,\Omega,$$

$$I''_{k3M} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0{,}11547} = 2000\ \text{A}.$$

Resultado: I''_{k3M} (con los motores) = 22 kA.

A través del aporte del grupo de motores se eleva la corriente alterna inicial de cortocircuito de 20 a 22 kA.

2.1.4 Efectos de la corriente de cortocircuito

La corriente de cortocircuito somete a los componentes de las instalaciones eléctricas a esfuerzos térmicos y dinámicos. Las indicaciones para calcular instalaciones de corriente industrial con gran potencia, en lo referente a resistencia térmica y mecánica a los cortocircuitos, deben extraerse de la norma DIN EN 60865-1 (VDE 0103).

Esfuerzos dinámicos

Cuando una corriente circula por dos conductores paralelos, éstos se atraen o se repelen, según si a través de ellos la corriente circula en el mismo o en sentido contrario (Figura 2.1/8).

La fuerza F que actúa entre dos conductores largos, paralelos, rígidos a la flexión, está dada en una primera aproximación por la ecuación siguiente:

$$F = 0{,}2\, i_1 \cdot i_2 \frac{l}{a}. \qquad (2.8)$$

En la cual:

F Fuerza, en Newton (N)

i_1, i_2 Valor instantáneo de la corriente que circula a través de los conductores, en kA

l Longitud del conductor entre apoyos, en mm

a Distancia entre los centros de los conductores (barras colectoras), en mm.

El valor de la fuerza que actúa entre conductores paralelos, en función de la corriente de choque i_{p2} y de la distancia a_s entre los conductores como parámetro, se calcula para cortocircuitos entre dos fases, de la manera siguiente (ver también la Sección 10.7.2) para conductores paralelos, rígidos a la flexión y con varias barras por fase:

$$F = 0{,}2 \cdot \left(\frac{i_{p2}}{n}\right)^2 \cdot \frac{l}{a_s}. \qquad (2.9)$$

Donde:

F Fuerza en cada conductor parcial, en Newton (N)

i_p Corriente de cortocircuito (en instalaciones trifásicas i_{p3}), en kA

l Distancia entre puntos de fijación, en mm

n Número de conductores parciales (en paralelo)

a_s Distancia efectiva entre conductores parciales, en mm

La distancia efectiva a_s entre los conductores es, en caso de 1 conductor por fase, la distancia "a" entre dos conductores.

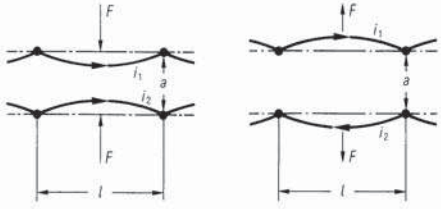
Cuando las fases constan de varias barras en paralelo, a_s no es igual a "a", depende de:

- ▷ la sección de las barras, (ancho / espesor)
- ▷ el número de barras
- ▷ la forma de las barras

Los valores de a_s para barras con sección rectangular o en forma de U pueden tomarse de la tabla 1 de la norma DIN EN 60865-1. En algunos casos, será necesario calcular a_s matemáticamente.

En circuitos trifásicos, bajo determinadas condiciones, el conductor del centro soporta los mayores esfuerzos.

En circuitos de corriente alterna, la corriente varía en el tiempo según una función sinusoidal. La fuerza que actúa entre los conductores depende, por lo tanto, del cuadrado de dicha función. Como consecuencia, si el cortocircuito dura más de medio período (10 ms en redes de 50 Hz), los conductores serán sometidos a un esfuerzo mecánico, cuya frecuencia equivale al doble de la frecuencia nominal de la red (Figura 2.1/9).



a) Cuando las corrientes circulan por diferentes conductores con la misma ción, los conductores tienden a acercarse.

b) Cuando las corrientes circulan por diferentes conductores con dirección contraria, los conductores tienden a separarse.

Figura 2.1/8
Efectos de las corrientes de cortocircuito sobre conductores paralelos originando la fuerza F (Representación esquemática).

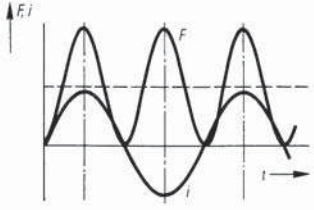


Figura 2.1/9
La corriente alterna i origina una fuerza F pulsante con una frecuencia igual a dos veces la de la corriente.

Esfuerzos térmicos

La corriente de cortocircuito eleva considerablemente la temperatura de los conductores. Este calentamiento depende del cuadrado del valor eficaz de I_k y de su duración (Valor $I_k^2 \cdot t$).

2.1.5 Diagramas para determinar las impedancias y las corrientes de cortocircuito, programa "KUBS plus" para seleccionar aparatos

Un cálculo aproximado de la corriente de cortocircuito tripolar prevista en el lugar de instalación de los aparatos de maniobra puede obtenerse con la ayuda de los "Diagramas para la determinación de impedancias y corrientes de cortocircuito" (ver las figuras 2.1/10 a 2.1/12) o mediante el empleo de la hoja de cálculo de la Figura 2.1/13 (En las páginas siguientes se representan las mencionadas figuras).

El cálculo exacto según la norma DIN VDE 0102 puede efectuarse con el programa "KUBS" que, además de las corrientes de cortocircuitos tripolares máximas, calcula las corrientes de cortocircuito unipolares máximas y mínimas.

El cálculo aproximado de la corriente inicial alterna de cortocircuito I_k''. para las tensiones nominales de servicio de 220/230 V, 380/400 V y 500 V, puede efectuarse con los diagramas de las figuras 2.1/10a 2.1/12. Para ello se suponen las siguientes condiciones previas:

- ▷ La red sólo es alimentada por transformadores.
- ▷ La tensión en el primario del transformador permanece constante en caso de cortocircuito en el secundario.

Los diagramas permiten obtener las reactanciasxy las resistencias efectivas R para diferentes secciones de cables y líneas aéreas. En los diagramas también se muestran las resistencias efectivas R_T y las reactancias X_T de los transformadores, utilizando como parámetro la tensión de dispersión u_x de los transformadores.

La tensión de dispersión (Tabla 2.1/6) se calcula con la siguiente ecuación:

$$u_x = \sqrt{u_{kr}^2 - u_{Rr}^2}. \qquad (2.10)$$

Tabla 2.1/6
Tensión de dispersión u_x de transformadores para $u_{kr} = 4\%$, $u_{kr} = 6\%$ y diferentes valores de u_{Rr}.

u_{Rr} en %	u_x en % con $u_{kr} = 4\%$	u_x en % con $u_{kr} = 6\%$
1	3,87	5,92
1,1	3,85	5,89
1,2	3,82	5,88
1,3	3,78	5,86
1,4	3,75	5,83
1,5	3,71	5,81
1,6	3,67	5,78
1,7	3,62	5,75
1,8	3,57	5,72
1,9	3,52	5,69
2	3,46	5,66
2,1	3,40	5,62
2,2	3,34	5,58
2,3	3,27	5,54
2,4	3,20	5,50
2,5	3,12	5,45

En la que:

u_x Tensión de dispersión del transformador, en %

u_{kr} Tensión de cortocircuito del transformador, en %

u_{Rr} Caída de tensión óhmica del transformador, en %

Los valores de u_{kr} y u_{Rr} se indican en los catálogos Siemens de transformadores. En la Sección 10.5 se suministran algunos valores de estas tensiones.

En las figuras 2.1/10 a 2.1/12 se indica el valor eficaz de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k en función de la suma geométrica de las resistencias efectivas y de las reactancias. Los valores calculados de esta manera son siempre superiores a los valores que pueden adquirir los cortocircuitos en los puntos para los que se efectuó el cálculo, o sea, los valores contienen un factor de seguridad de mayor o menor grado. Esto se debe a las resistencias de transición en el circuito en cortocircuito, como son las resistencias de paso en los bornes (empalmes) y en los contactos de los aparatos, así como a la resistencia del arco, que casi siempre acompaña a los cortocircuitos. Dichas resistencias amortiguan considerablemente los cortocircuitos y no se tuvieron en cuenta para la elaboración de los diagramas.

La resistencia total del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito resulta de la suma aritmética de las resistencias individuales que componen el mismo, Tabla 2.1/7. En las redes de 230 V, las resistencias efectivas se desplazan de las inductivas o reactancias en un 9 % hacia arriba (Figura 2.1/10 b). (Aquí, a causa de su reducida influencia no fue considerado).

Tabla 2.1/7
Resistencias efectivas y reactancias determinadas mediante los diagramas de las figuras 2.1/10 a y b.

	Resistencia efectiva R mΩ	Reactancia X mΩ
Líneas aéreas y cables de la figura 2.1/10 a	12,0	26,0
transformadores,	12,0	7,2
de la figura 2.1/10 b	0,45	1,8
Resistencia total del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito.	24,45	35,0

Determinación de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k

La corriente de cortocircuito se obtiene de la figura 2.1/10 c con la resistencia y reactancia totales determinadas. El punto de intersección de la resistencia con la reactancia da el valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k. Cuando dicho punto de intersección queda entre dos de las curvas dibujadas, el valor de I''_k se determina mediante una interpolación.

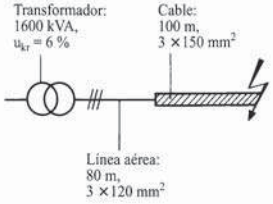
Con la resistencia efectiva y reactancia evaluadas, la corriente alterna inicial de cortocircuito asciende aproximadamente a: $I''_k = 3000$ A (más un 4,5% en redes de 230 V).

La resistencia y la reactancia totales del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito se obtienen efectuando las sumas aritméticas de los valores correspondientes de los componentes individuales, tabla 2.1/8. Para redes de 400 V, las rectas de la resistencia óhmica y de las reactancias se desplazan en un 10% hacia arriba (Figura 2.1/11 b). (Aquí, a causa de su reducida influencia no fue considerado.)

Determinación de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k

La corriente de cortocircuito se obtiene de la figura 2.1/11 c utilizando la resistencia y reactancia totales determinadas. El punto de intersección de la resistencia efectiva con la reactancia da el valor de la

Ejemplo para redes de 230 V



Potencia asignada del transformador $S_{rT} = 1600$ kVA

Línea aérea: Material: cobre, Longitud: 80 m
Sección: 3 × 120 mm²

Cable: Material: cobre, Longitud: 100 m
Sección: 3 × 150 mm²

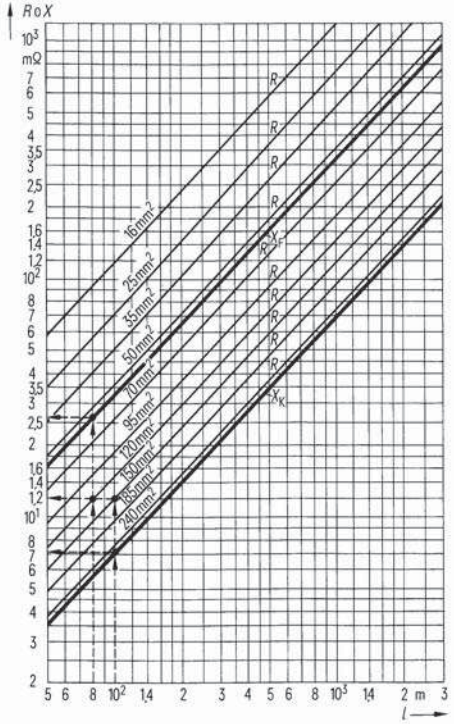
Tensión de cortocircuito $u_{kr} = 6\%$

Caída de tensión óhmica $u_{Rr} = 1\%$

Tensión nominal de servicio del lado de baja tensión: 500 V

Tensión de dispersión: $u_x = \sqrt{u_{kr}^2 - u_{Rr}^2}$
(ver también la Tabla 2.1/6)

$= \sqrt{6^2 - 1^2} = 5{,}92\%$.



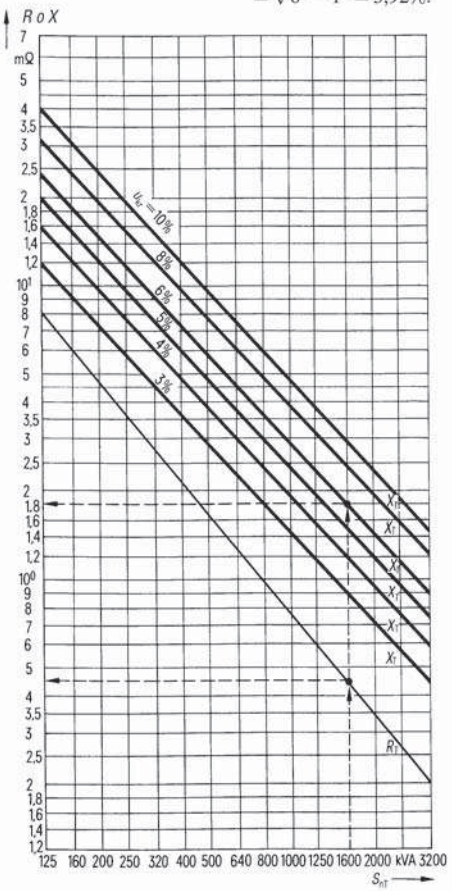
R resistencia a 20 °C

X_F Reactancia de la línea aérea

X_K Reactancia del cable

(Para *conductores de aluminio*, los valores de resistencia efectiva tomados de la tabla deben ser multiplicados por un factor de *1,7*)

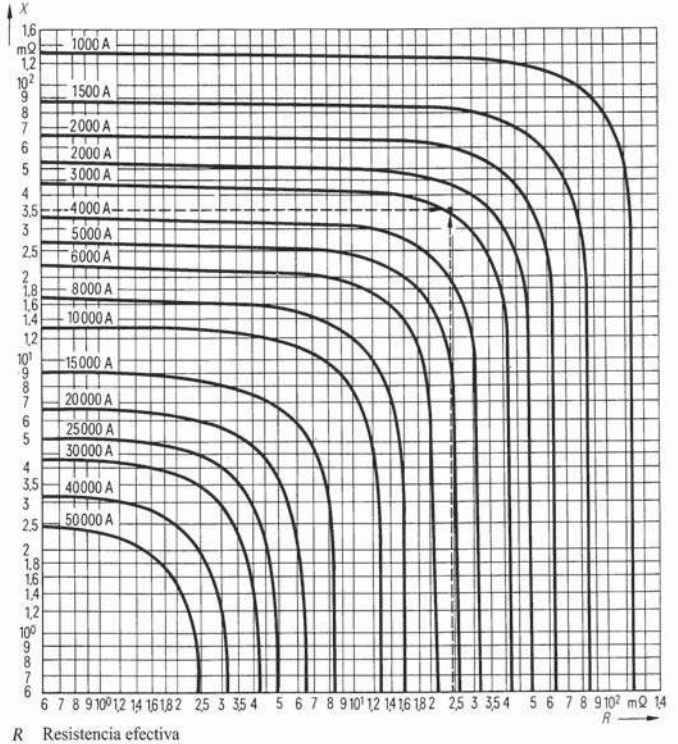
a) Resistencias efectivas y reactancias de líneas aéreas y cables. (Valores medios para cables tripolares de cobre)



R_T Resistencia efectiva X_T Reactancia

b) Resistencias y reactancias de transformadores

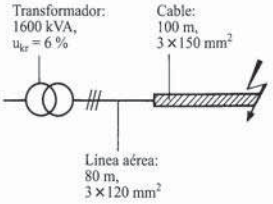
Figura 2.1/10 Nomogramas para la determinación de las corrientes de cortocircuito en redes de 230 V.



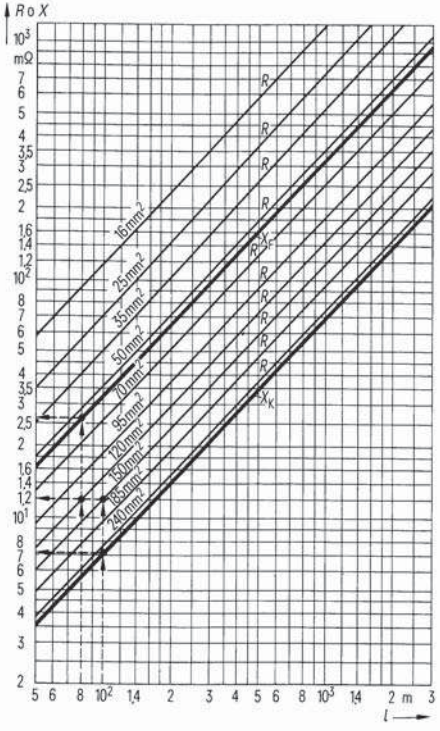
R Resistencia efectiva
X Reactancia

c) I_k'' (valor eficaz) corriente alterna inicial de cortocircuito en función de las resistencias y reactancias totales del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito.

Ejemplo para redes de 400 V



Potencia asignada del transformador S_{rT} = 1600 kVA



R resistencia a 20 °C
X_F Reactancia de la línea aérea
X_K Reactancia del cable

(Para *conductores de aluminio*, los valores de resistencia efectiva tomados de la tabla deben ser multiplicados por un factor de *1,7*)

a) Resistencias efectivas y reactancias de líneas aéreas y cables. (Valores medios para cables tripolares de cobre)

Línea aérea: Material: cobre, Longitud: 80 m
Sección: 3 × 120 mm²

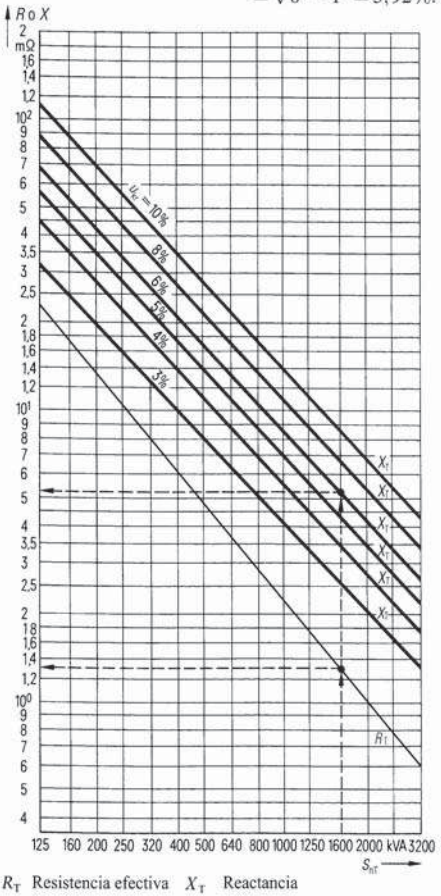
Cable: Material: cobre, Longitud: 100 m
Sección: 3 × 150 mm²

Tensión de cortocircuito $u_{kr} = 6\%$

Caída de tensión óhmica $u_{Rr} = 1\%$

Tensión nominal de servicio del lado de baja tensión: 400 V

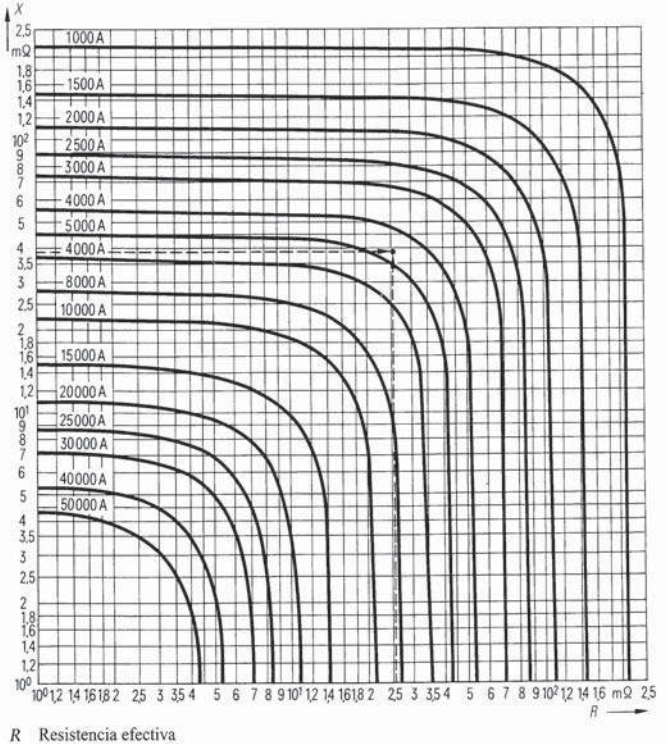
Tensión de dispersión: $u_x = \sqrt{u_{kr}^2 - u_{Rr}^2}$
(ver también la Tabla 2.1/6) $= \sqrt{6^2 - 1^2} = 5{,}92\%$.



R_T Resistencia efectiva X_T Reactancia

b) Resistencias y reactancias de transformadores

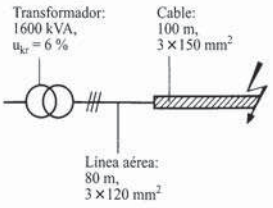
Figura 2.1/11 Nomogramas para la determinación de las corrientes de cortocircuito en redes de 400 V.



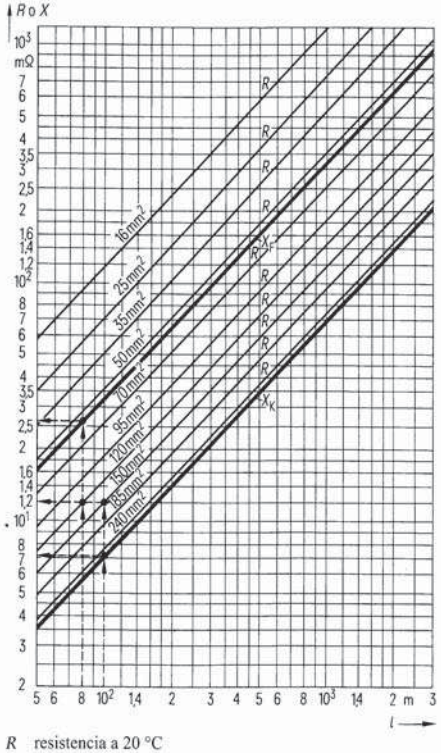
R Resistencia efectiva
X Reactancia

c) I_k'' (valor eficaz) corriente alterna inicial de cortocircuito en función de las resistencias y reactancias totales del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito.

Ejemplo para redes de 500 V



Potencia asignada del transformador S_{rT} = 1600 kVA



R resistencia a 20 °C
X_F Reactancia de la línea aérea
X_K Reactancia del cable

(Para *conductores de aluminio*, los valores de resistencia efectiva tomados de la tabla deben ser multiplicados por un factor de *1,7*)

a) Resistencias efectivas y reactancias de líneas aéreas y cables. (Valores medios para cables tripolares de cobre)

Línea aérea: Material: cobre, Longitud: 80 m
Sección: 3 × 120 mm²

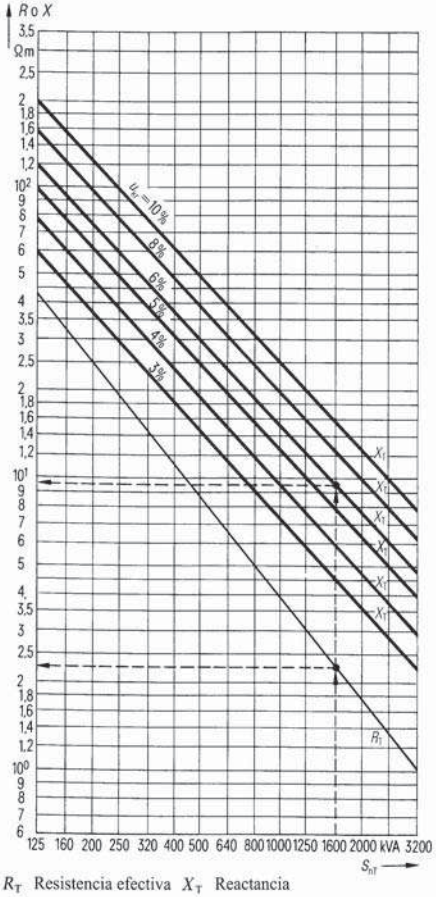
Cable: Material: cobre, Longitud: 100 m
Sección: 3 × 150 mm²

Tensión de cortocircuito $u_{kr} = 6\%$

Caída de tensión óhmica $u_{Rr} = 1\%$

Tensión nominal de servicio del lado de baja tensión: 500 V

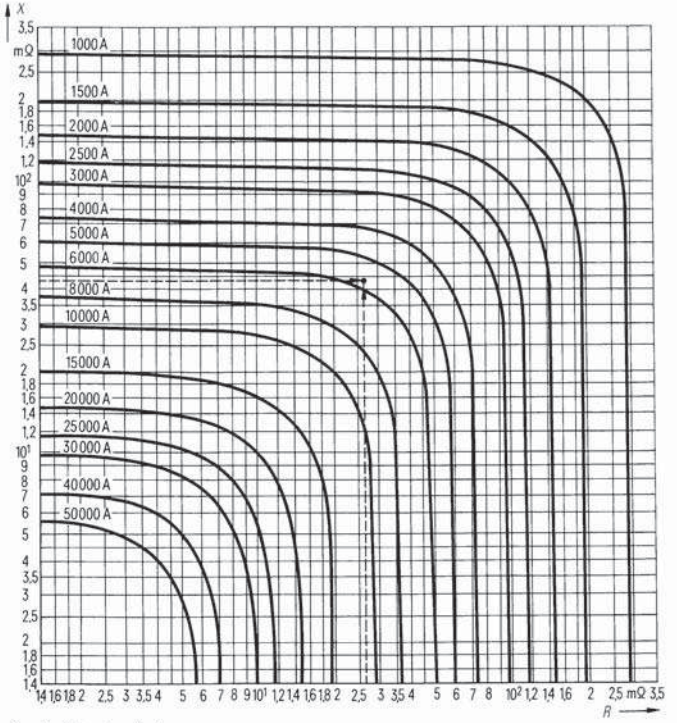
Tensión de dispersión: $u_x = \sqrt{u_{kr}^2 - u_{Rr}^2}$
(ver también la Tabla 2.1/6) $= \sqrt{6^2 - 1^2} = 5{,}92\%$.



R_T Resistencia efectiva X_T Reactancia

b) Resistencias y reactancias de transformadores

Figura 2.1/12 Nomogramas para la determinación de las corrientes de cortocircuito en redes de 500 V.



R Resistencia efectiva
X Reactancia

c) I_k'' (valor eficaz) corriente alterna inicial de cortocircuito en función de las resistencias y reactancias totales del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito.

corriente inicial alterna de cortocircuito I_k''. Cuando dicho punto queda entre dos de las curvas dibujadas, el valor de I_k'' se determina mediante una interpolación.

Con la resistencia efectiva y reactancia evaluadas, la corriente inicial alterna de cortocircuito asciende aproximadamente a $I_k'' = 4700$ A (más un 5% en redes de 400 V)

La resistencia y la reactancia totales del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito se obtienen efectuando las sumas aritméticas de los valores correspondientes de los componentes individuales (Tabla 2.1/9).

Determinación de la corriente inicial alterna de cortocircuito I_k''

La corriente de cortocircuito se obtiene de la figura 2.1/11c mediante la resistencia y la reactancia totales

Tabla 2.1/8
Resistencias efectivas y reactancias determinadas mediante los diagramas de las figuras 2.1/11 a y b.

	Resistencia efectiva R mΩ	Reactancia X mΩ
Líneas aéreas y cables de la figura 2.1/11 a transformadores, de la figura 2.1/11 b	12 12 1,3	26 7,2 5,2
Resistencia total del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito.	25,3	38,4

Tabla 2.1/9
Resistencias efectivas y reactancias determinadas mediante los diagramas de las figuras 2.1/12 a y b.

	Resistencia efectiva R mΩ	Reactancia X mΩ
Líneas aéreas y cables de la figura 2.1/12 a transformadores, de la figura 2.1/12 b	12 12 2,2	26 7,2 9,5
Resistencia total del ramal por el que circula la corriente de cortocircuito.	26,2	42,7

determinadas. El punto de intersección de la resistencia efectiva con la reactancia da el valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito I_k''. Cuando dicho punto queda entre dos de las curvas dibujadas, el valor de I_k'' se determina mediante una interpolación.

Con la resistencia efectiva y la reactancia evaluadas, la corriente inicial alterna de cortocircuito asciende aproximadamente a $I_k'' = 5800$ A.

Hoja de cálculo

La hoja "Cálculo de las corrientes de cortocircuito en redes de baja tensión, según la norma DIN VDE 0102/01.1990", que se muestra con un ejemplo en la figura 2.1/13, puede obtenerse en Siemens AG, Erlangen, Alemania, N° de Pedido H30-E1056-N41.

Cuando varios transformadores conectados en paralelo alimentan una red, es necesario determinar los valores medios de u_{kr} para calcular la corriente de cortocircuito. Este valor medio aproximado se calcula con la ecuación:

$$u_{kr\,media} = \frac{S_{nT_1} + S_{nT_2} + S_{nT_3} + \cdots}{\frac{S_{nT_1}}{u_{kr_1}} + \frac{S_{nT_2}}{u_{kr_2}} + \frac{S_{nT_3}}{u_{kr_3}} + \cdots}.$$

Los valores específicos de la resistividad ρ a 20 °C son aproximadamente los siguientes:

Cobre (Cu): $\rho_{Cu} = \frac{1}{57} \frac{\Omega\,mm^2}{m}$,

Aluminio (Al): $\rho_{Al} = \frac{1}{34} \frac{\Omega\,mm^2}{m}$,

Hierro (Fe): $\rho_{Fe} = \frac{1}{8} \frac{\Omega\,mm^2}{m}$.

Programa de PC para selección de aparatos y cálculo de cortocircuitos "KUBS plus"

El programa "KUBS" (**Kur**zschlußstromberechnung, **B**ack-up-Schutz und **S**elektivität = Cálculo de las corrientes de cortocircuito, protección "back-up" y selectividad) permite calcular, con la asistencia de un PC, las corrientes de cortocircuito tripolar y unipolar máximas, así como las unipolares mínimas en redes radiales de baja tensión. Las bases del programa son las normas DIN VDE 0102, Parte 2 para el cálculo de cortocircuitos con alimentación sencilla distante del generador.

Las corrientes de cortocircuito así determinadas constituyen la base para una selección adecuada de los interruptores automáticos. Para esto se tiene en cuenta

SIEMENS

Cálculo de las corrientes de cortocircuito en redes de baja tensión, según la norma DIN VDE 0102

Cortocircuito tripolar, alimentación simple de una red por medio de un transformador

Cliente / Localidad: Günther / Nürnberg

Punto de la red: A

Tensión asignada en el secundario del transformador: U_{rTBT} = 231 · 400 · 525 δ V, 50 δ Hz

Datos de la red	Cálculo	Resistencia efectiva R [mΩ]	Reactancia X [mΩ]
a) Red: S''_{kQ} = 250 MVA (exigido por la empresa distribuidora de energía eléctrica) (Valor real); U_{nQ} = ... kV	Referido a baja tensión: $Z_Q = \frac{1{,}1}{S''_{kQ}} \frac{U^2_{nQ}}{10^3} \left(\frac{U_{rTBT}}{U_{rTAT}}\right)^2 = \frac{1{,}1}{250} \frac{160 \cdot 10^3}{10^3} = 0{,}704$ mΩ	—	—
	$X_Q = 0{,}995 \cdot Z_Q = 0{,}995 \cdot 0{,}704$	—	0,7004
	$R_Q = 0{,}1 \cdot X_Q = 0{,}1 \cdot 0{,}7004$	0,07	—
b) Transformador: 1000 kVA, 6 %, 1,05 %; 1000 kVA, 6 %, 1,05 %; 2000 kVA, Suma S_{rT}, 6 [1], 1,05 [1], Valor medio. Pueden ser informaciones obtenidas de catálogo. [1]) Ver al dorso	$Z_T = u_{kr} \cdot \frac{U^2_{rT}}{S_{rT} \cdot 100\%} = 6 \cdot \frac{160 \cdot 10^3}{2000 \cdot 100} = 4{,}8$ mΩ	—	—
	$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{4{,}8^2 - 0{,}84^2} = \sqrt{22{,}33} = 4{,}7255$	—	4,7255
	$R_T = u_{Rr} \cdot \frac{U^2_{rT}}{S_{rT} \cdot 100\%} = 1{,}05 \cdot \frac{160 \cdot 10^3}{2000 \cdot 100} = 0{,}84$	0,84	—
c) Cable o línea aérea: n° = 4, q = 240 mm², l = 6 m, Cu, Al, Fe; x' ** ≈ 0,08 mΩ/m (Cable); x' ** ≈ 0,33 mΩ/m (Línea aérea); e ver al dorso	$R_L = \frac{l \cdot e}{q \cdot n} \cdot 10^3 = \frac{6 \cdot 1}{240 \cdot 4 \cdot 56} \cdot 10^3 = 0{,}111$ mΩ	0,111	—
	$X_L = x' \cdot \frac{l}{n} = 0{,}08 \cdot \frac{6}{4} = 0{,}12$ mΩ	—	0,12
d) Barras en el cuadro o tablero: Barras por fase: 1 × 80 × 10 mm, de donde q = 800 mm²/Ph, l = 1,5 m, x' ** ≈ 0,12 mΩ/m, e ver al dorso; Cu	$R_{LS} = \frac{l \cdot e}{q} \cdot 10^3 = \frac{1{,}5 \cdot 1}{800 \cdot 56} \cdot 10^3 = 0{,}033$ mΩ	0,033	—
	$X_{LS} = x' \cdot l = 0{,}12 \cdot 1{,}5 = 0{,}18$ mΩ	—	0,18
e) Cables de distribución (Conductores) (en este caso no hay): n° = ..., q = ... mm², l = ... m, x' ** ≈ 0,08 mΩ/m, e ver al dorso; Cu, Al, Fe	$R_{LS} = \frac{l \cdot e}{q \cdot n} \cdot 10^3 = \ldots$ mΩ	✗	—
	$X_{LS} = x' \cdot \frac{l}{n} = 0{,}08 \cdot \ldots = \ldots$ mΩ	—	✗
f) Barras de distribución (cobre): Barras por fase 1·30·10 mm, de donde q = 300 mm², l = 1 m, x = 0,12 mΩ/m	$R = \frac{l \cdot e}{q} \cdot 10^3 = \frac{1 \cdot 1}{300 \cdot 56} \cdot 10^3 = 0{,}059$ mΩ; $X = x' \cdot l = 0{,}12 \cdot 1 = 0{,}12$ mΩ	0,059	0.12
	Suma	R_k = 1,113	X_k = 5,8459

* n = Número de conductores en paralelo por fase

** x' = Valores válidos para 50 Hz, para otras frecuencias calcular proporcionalmente

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = \sqrt{1{,}113^2 + 5{,}8459^2} = \sqrt{35{,}4133} = 5{,}9509 \text{ mΩ}$$

Intensidad de la corriente alterna inicial de cortocircuito tripolar máxima que puede producirse en el punto de montaje ("Corriente característica")

$$I''_k = \frac{U_{rl}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 5{,}9509} = 38{,}81 \text{ kA}_{ef}$$

Intensidad de la corriente de choque de cortocircuito que puede producirse en el punto de montaje

$$i_p \text{ (Valor de cresta)} = \sqrt{2} \cdot \varkappa \cdot I''_k = \sqrt{2} \cdot 1{,}57 \cdot 38{,}81 = 86{,}17 \text{ kA}$$

✗ ver al dorso

U_{rTBT} = Tensión asignada en el lado de baja tensión del transformador (por ejemplo, 400 V)

U_{rTAT} = Tensión asignada en el lado de alta tensión del transformador

Schröder / 19.3.97
Datos de la red obtenidos por / fecha

Becker / 27.3.97
Calculado por / fecha

[1]) Esta suposición es correcta-(aproximadamente) cuando cada transformador tiene asignada una línea de conexión, en caso contrario = (igual)

Figura 2.1/13
Hoja de cálculo (Siemens AG, Erlangen, Alemania, N° de Pedido H30-E1056-N41), ejemplo para determinar las corrientes de un cortocircuito tripolar en una derivación de baja tensión

la protección "Back-up". El programa también señala los límites de selectividad y representa un criterio adicional para seleccionar el interruptor adecuado.

El programa "KUBS plus" asiste al usuario en la determinación de cables y barras y le permite aceptar los valores propuestos o en su defecto introducir otros. Para determinar la sección adecuada de los conductores se tienen en cuenta la corriente permanente, el material conductor, el tipo de tendido o instalación, así como la temperatura ambiente de la instalación. El usuario puede elegir a través del "set-up" el cálculo de los conductores por medio de los criterios de las normas IEC 364-5-523 o UTE C15-105.

Para utilizar el programa "KUBS plus" se requiere el siguiente hardware:

Procesador:	mind. 386 SX
Memoria de trabajo:	mind. 4 MB
Memoria libre en el disco rígido:	mind. 5 MB
Disquetera:	3,5″
Impresora:	HP-Láser, HP-Deskjet, Kyocera-Láser o compatibles
Sistema operativo:	MS DOS 6.

El usuario introduce en las máscaras correspondientes los datos necesarios para las funciones de cálculo y selección de acuerdo con la guía que le proporciona el mismo programa. Se comienza con los datos de la alimentación. Para la alimentación existen dos posibilidades:

- Uno o varios transformadores,
- Una corriente de cortocircuito definida.

La alimentación con una corriente de cortocircuito dada se utiliza para los proyectos de redes parciales, por ejemplo, en el caso de ampliaciones de redes existentes. Cuando se calculan grandes redes puede ser necesario subdividir el cálculo en varios pasos. En estos casos la alimentación por medio de corrientes de cortocircuito definidas resulta una gran ayuda para el cálculo.

Para la alimentación con transformador, cuando el usuario ingresa los datos, el programa lo asiste y propone valores obtenidos de la práctica. Así, por ejemplo, para una red de media tensión en 20 kV, propone una potencia de cortocircuito S_k de 500 MVA. El usuario del programa puede aceptar este valor o reemplazarlo por otros.

El procedimiento es similar en el caso del ingreso de los datos característicos de los transformadores. Sobre la base de la potencia asignada S_r de un transformador el programa "KUBS plus" determina los valores asignados de la caída óhmica u_{Rr} y la tensión de cortocircuito u_{kr}. Para ello el programa tiene en cuenta fórmulas empíricas así como valores almacenados de transformadores de potencia según la norma DIN EN 60 076–1 (VDE 0532, parte 1/A1) de diciembre de 1994.

Cuando la alimentación se realiza mediante varios transformadores, para el cálculo se acepta que todos ellos se encuentran conectados simultáneamente a la red en estudio. En caso de que no todos se encuentren conectados al mismo tiempo (esto estará asegurado mediante enclavamientos de seguridad entre alimentadores o entradas), ello podrá ser considerado por el usuario del programa al emplear distintas variantes de cálculo del programa "KUBS plus".

Todos los alimentadores se interconectan en un punto común de alimentación. Cuando la alimentación proviene de varios transformadores, el programa "KUBS plus" considera el aporte de corriente de los diferentes alimentadores al seleccionar el interruptor automático incluidas las corrientes de cortocircuito que, al provenir de estos alimentadores, circulan en sentido inverso. Estas corrientes pueden circular cuando el punto de cortocircuito se encuentre en los bornes del transformador o antes del interruptor automático elegido. En este caso el interruptor automático del ramal comprendido debe poder dominar la corriente de cortocircuito que circula por el aporte que realizan los demás transformadores.

Para el proyecto de las redes ubicadas por debajo del punto de alimentación común, el programa permite al usuario elegir para cada ramal, si conecta un interruptor antepuesto o no. Con referencia a la sección del conductor requerida, el programa determina ésta a partir de la corriente I_d permanente, del material del conductor, del tipo de tendido y de las demás condiciones requeridas. La sección indicada por el programa se encuentra entre los límites superior e inferior de sobredimensionado fijados por el usuario en el "set-up"; en condiciones estándar, estos valores se encuentran ajustados en el 10% y 30%. Una vez aceptada una de las secciones ofrecidas, el programa ajusta los valores de las impedancias y determina las

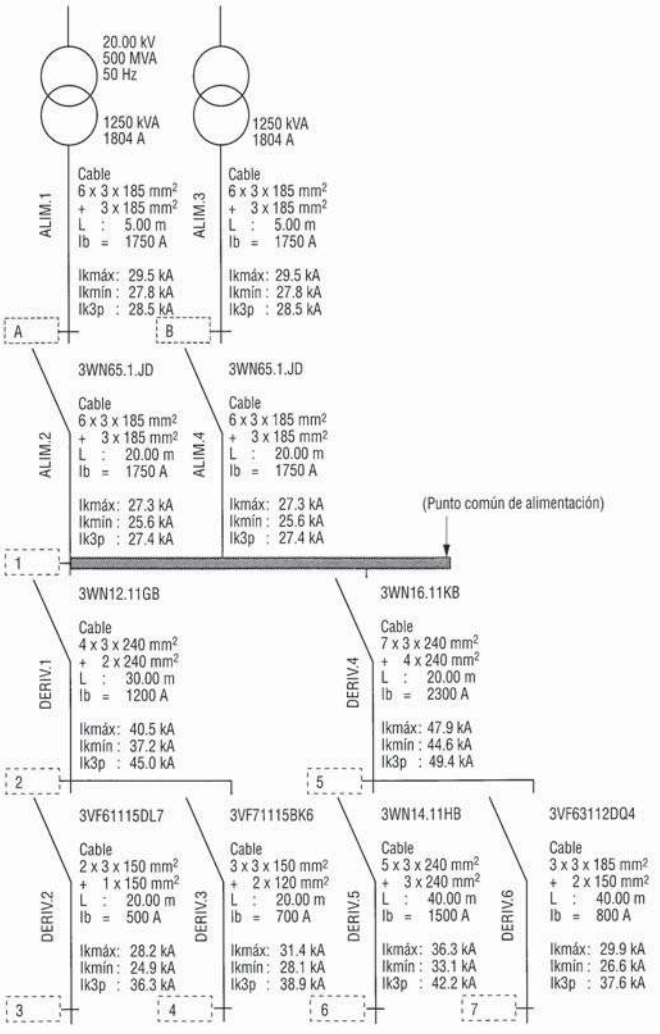


Figura 2.1/14
Representación gráfica de una red trifásica con sus datos, las corrientes de cortocircuitos calculadas y los interruptores automáticos SIEMENS seleccionados.

corrientes reales de cortocircuito. Cuando el ramal debe equiparse con un interruptor automático, el programa selecciona el modelo adecuado y lo presenta al usuario.

En cualquier punto de la red podrán efectuarse nuevas derivaciones. En cualquier momento, el usuario podrá llamar una representación gráfica de la red desde el menú principal y, por lo tanto, tener un panorama completo de su red en cualquier fase del proyecto. (Figura 2.1/14). Esta representación, además de los datos de los conductores y las corrientes de cortocircuito, también ofrece el número de pedido del interruptor automático seleccionado. La

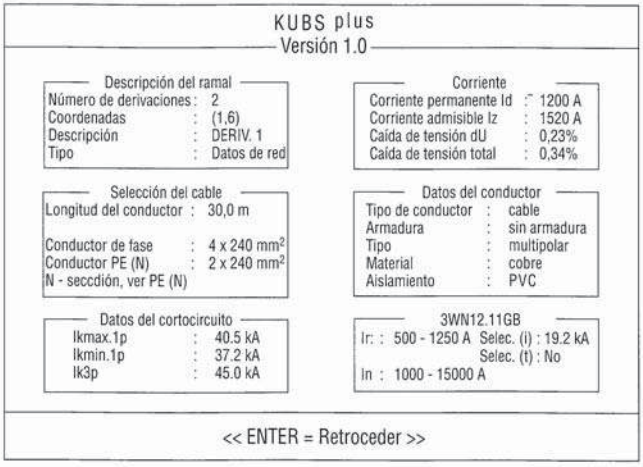


Figura 2.1/15
Representación de una pantalla con los datos técnicos de un ramal.

mencionada figura muestra en pantalla una representación gráfica de la red calculada o una parte de la misma, y, al mismo tiempo, permite obtener una copia impresa de ésta. Además, en hojas separadas se podrán imprimir los límites de selectividad de cada ramal y otros datos que eventualmente puedan requerirse. Desde el menú principal también podrá seleccionarse una pantalla, en la cual se indican para cada ramal todos los datos ingresados y calculados (Figura 2.1/15).

2.1.6 Influencia de los transformadores y conductores sobre las corrientes de cortocircuito

Para una tensión de servicio concreta, el valor de la corriente de cortocircuito depende de las impedancias que se encuentran en el circuito que va desde el generador o transformador hasta el punto en cortocircuito.

En las redes de baja tensión, son decisivas la potencia y la tensión de cortocircuito del transformador de alimentación y las impedancias de los cables y conductores. En el circuito existen otras impedancias, como la resistencia de paso en contactos y bornes, así como influencias por inducción en estructuras de hierro contiguas a las instalaciones. Los valores de cálculo correspondientes son inaccesibles o de difícil obtención.

En la figura 2.1/16 se representa la dependencia de la corriente de cortocircuito I_k'' de la potencia S_{nT} y de la tensión de cortocircuito u_{kr} de los transformadores para una tensión nominal dada. Estas corrientes de cortocircuito sólo se presentan en caso de cortocircuito tripolar pleno, directamente en los bornes del secundario de baja tensión del transformador.

Sin embargo, este es un caso poco probable de falla y que ninguna medida de protección en baja tensión puede evitar. La figura 2.1/16 también demuestra que en la práctica las corrientes de cortocircuito de los transformadores usuales no alcanzan los valores supuestos en general.

Las figuras 2.1.17 y 2.1.18 muestran, en un ejemplo, la amortiguación considerable que los conductores y los armarios o tableros de distribución ejercen sobre la corriente de cortocircuito (ver también la Sección 10.7.1).

En la figura 2.1/17 se representa para un cortocircuito que se produce detrás de un transformador, la variación de la corriente indicial alterna de cortocircuito I_k'' en función de la sección y la longitud de los conductores.

La corriente de cortocircuito ante una falla en los bornes secundarios del transformador depende de los valores asignados de la potencia, de la tensión en el

secundario del mismo y de su tensión de cortocircuito. Cuando el cortocircuito se produce a una cierta distancia, esta corriente dependerá además de la longitud y sección de los conductores que interconectan este transformador con el punto de falla.

Por lo tanto, la amortiguación del cortocircuito será tanto más eficaz cuanto menor sean los valores asignados de la potencia y la tensión secundaria del transformador y mayor su tensión de cortocircuito. También será mayor cuanto menor sea la sección de los cables y mayor su longitud.

Ejemplo según la Figura 2.1/17:

- Cuando se produce un cortocircuito sobre un cable de 10 mm^2 a una distancia de 10 m de un transformador, la corriente de cortocircuito se reducirá de 48,2 (cortocircuito en bornes) a 10 kA (ver circuito y curvas en la figura de referencia). Si, en cambio, se utiliza un cable con una sección de 25 mm^2, el valor de I_k'' de 10 kA se verificará para una falla producida a 25 m de distancia.

En la Figura 2.1/18, dos ejemplos tomados de la práctica representan con claridad la influencia de la longitud y la sección de los conductores como factor amortiguador.

En el caso de la Figura 2.1/18 a, alimentación con un transformador de 630 kVA, la corriente de cortocircuito en bornes del transformador alcanza los 14.8 kA. En barras del armario principal de distribución, situado a 10 m del transformador e interconectado con 3 cables en paralelo de 185 mm^2 por fase, se verifica una corriente de cortocircuito de 14.5 kA, es decir, el factor amortiguador es reducido. Si se analiza la corriente de cortocircuito en el armario de distribución secundaria ubicado a 75 m del anterior y alimentado con un cable tripolar de cobre de 3×70 mm^2, la corriente de cortocircuito se amortigua a 7,1 kA. Esto significa que el interruptor automático de dicho tablero secundario debe elegirse para operar corrientes de cortocircuito relativamente reducidas de 7,1 kA.

Si se continúa con el análisis del circuito de la Figura 2.1/18, se tiene la salida al motor trifásico de 11 kW con un alimentador de 30 m de longitud y una sección en cobre de 3×10 mm^2, que importa una corriente de cortocircuito en bornes del motor de 2,9 kA. Este valor es el más frecuente en la práctica para la mayoría de las salidas a consumidores.

En la Figura 2.1/18 b, se analiza la alimentación de energía con tres transformadores de 630 kVA en paralelo para el mismo circuito analizado con anterioridad. Con esto la corriente de cortocircuito en barras del armario principal de distribución se eleva de 14,5 a 39 kA.

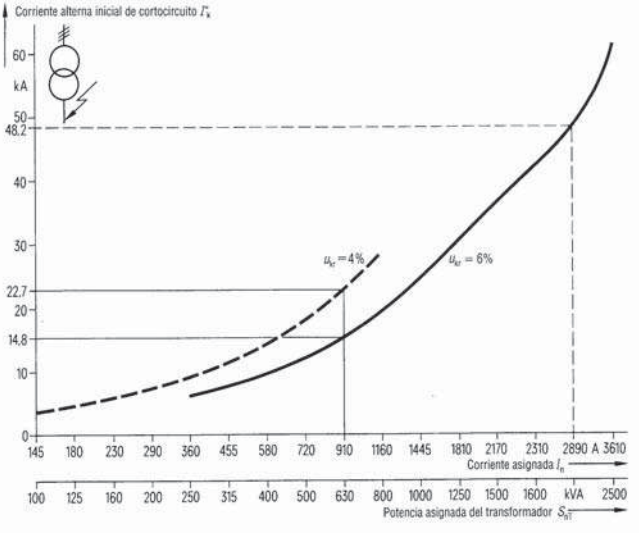


Figura 2.1/16
Corriente alterna inicial de cortocircuito I_k'' de transformadores (400 V, 50 Hz) en función de la potencia del transformador S_{nT} y su tensión de cortocircuito u_{kr}.

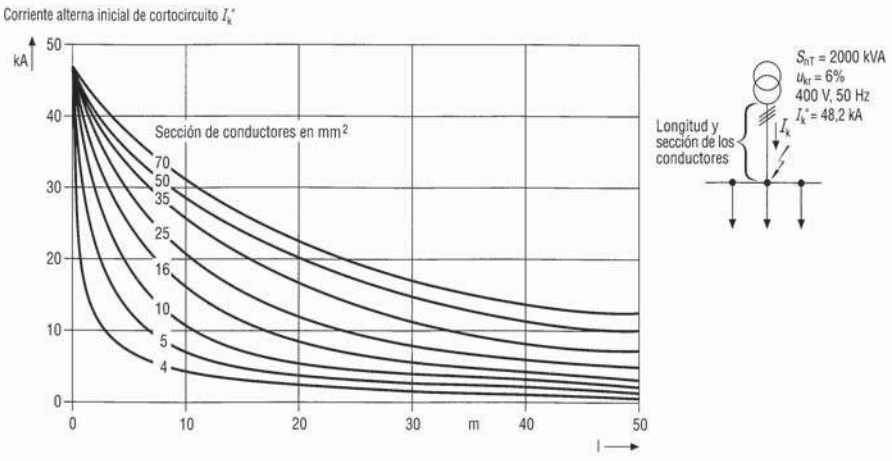


Figura 2.1/17
Corriente alterna inicial de cortocircuito I_k'' en función de la longitud l y la sección q (Ejemplo)

El factor amortiguador de la corriente de cortocircuito dado por los conductores hará que en el armario de distribución y en los bornes del motor se tengan las corrientes indicadas en la figura.

En los bornes del motor, la corriente de cortocircuito sólo se elevó a 3,1 kA pese a la triplicación de la potencia en los transformadores de alimentación.

A pesar al análisis realizado, se recomienda verificar los datos técnicos de los aparatos de maniobra seleccionados, por ejemplo, si su capacidad de ruptura o la clase de coordinación de los contactores satisface la categoría de servicio y mayores corrientes de cortocircuito.

En este ejemplo sólo se necesitaría cambiar el interruptor automático 3VF4 con una capacidad de ruptura de 35 kA por su similar de 65 kA, porque como interruptor de salida en el armario principal se encuentra al comienzo del tramo de conductor amortiguador que alimenta el armario secundario. Si este interruptor, en cambio, se encontrara en el armario secundario como interruptor de entrada, alcanzaría con una capacidad de ruptura de 35 kA.

La combinación de arranque 3VH16, que en la figura 2.1/18a responde al tipo de coordinación 2 con una corriente de prueba i_r de acuerdo con la norma DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, Parte 102) y después de la ampliación aún cumpliría con los requerimientos fijados para la clase de coordinación tipo 1.

En relación con la protección contra cortocircuitos, clase de coordinación y utilización de contactores, ver la Sección 3.7.16.

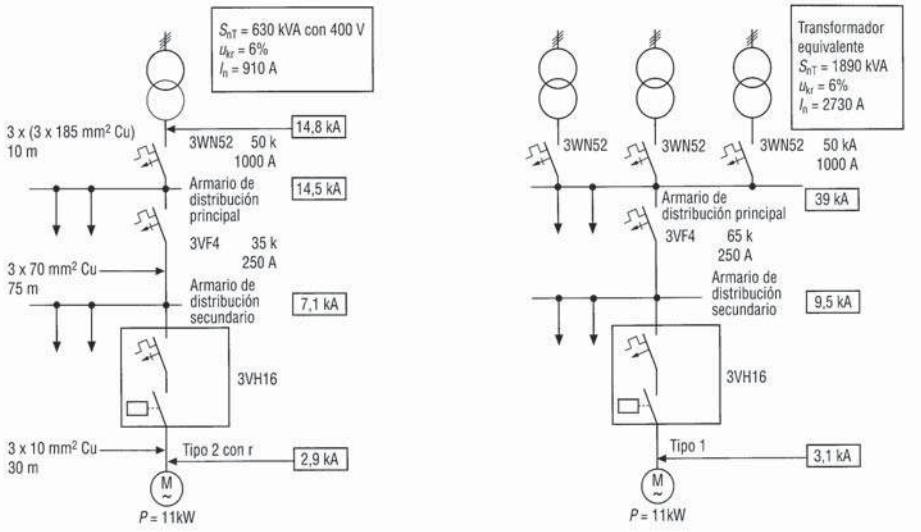
La publicación "Überlast- und Kurzschlußschutz in Niederspannungsanlagen" ("Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos") de Siemens ofrece información adicional.

Corriente mínima de cortocircuito

Para la medida de seguridad "protección por medio de desconexión", por ejemplo, en el sistema TN, se tiene que determinar la corriente mínima de cortocircuito al producirse una falla entre una fase y el conductor PEN en el extremo del conductor alimentador. Aquí debe comprobarse si la corriente de cortocircuito alcanza para que el dispositivo de protección desconecte en el tiempo prefijado.

Para las instalaciones de consumidores, la norma DIN VDE 0100, Parte 410, determina los valores siguientes (ver también las aclaraciones detalladas en la Sección 1.4):

- ▷ un máximo de 0,2 s en circuitos con corriente nominal de hasta 35 A con tomacorrientes,
- ▷ un máximo de 0,2 s en todos los demás circuitos con aparatos de la clase de protección I, cuando



a) Alimentación desde un transformador

b) Alimentación desde tres transformadores

Figura 2.1/18
Amortiguación de la corriente de cortocircuito a través de los cables y conductores de los armarios o tableros de distribución para la alimentación del sistema con uno o tres transformadores de potencia conectados en paralelo.

durante el servicio se sostienen o rodean con la mano, por ejemplo, los elementos de accionamiento de una máquina herramienta,

▷ un máximo de 5 s en todos los demás circuitos con aparatos conectados en forma fija.

La corriente mínima de cortocircuito unipolar en sistemas TT y TN-C puede calcularse con el programa "KUBS plus" (Ver la Sección 2.1.5).

El programa selecciona interruptores automáticos cuyos disparadores sin retardo, electrónicos o electromagnéticos, tengan una corriente de reacción más baja que la corriente mínima de cortocircuito unipolar en el lugar de instalación, es decir, interruptores que cumplen con las exigencias antes mencionadas.

2.2 Clases de servicio

Si se exceptúan los motores para aplicaciones especiales, por ejemplo, los accionamientos reguladores, los motores trifásicos asincrónicos y los aparatos de maniobra de baja tensión se diseñan y construyen para servicio permanente con su potencia asignada. Sin embargo, un gran número de motores presta servicio en condiciones diferentes. Como la potencia que se exige de los motores y aparatos de maniobra puede diferir en gran medida de los valores establecidos para el servicio permanente, para el proyecto de accionamientos y aparatos de maniobra se necesita una descripción más exacta de las condiciones de servicio.[1)] En la norma DIN EN 60034-1 VDE 0530, Parte 1, a efectos de facilitar el acuerdo entre los usuarios de los equipos y sus fabricantes, se divide la gran cantidad de clases de servicio posibles para los motores en nueve clases de servicio principales.

Las clases de servicio S1 a S9 cubren numerosos campos de aplicación que se presentan en la práctica. Cuando la carga real difiere de las mismas, es

[1)] Se puede obtener información adicional (inclusive para el proyecto) del Catálogo M10 "Planungsunterlagen" (Fundamentos para el Proyecto) de Siemens, así como de la publicación "Projektierung von Normmotoren" (Proyecto de Motores Normalizados).
Para seleccionar los contactores 3TF, 3TK y 3TH para servicio de breve duración e intermitente, consultar las secciones 3.7.7 a 3.7.9 de la presente obra.

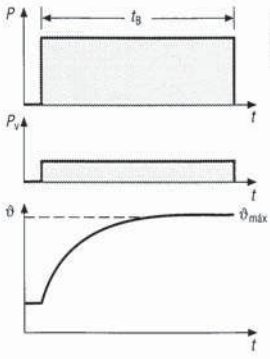


Figura 2.2/1
Clase de servicio S1: Servicio permanente.

preciso hacer una descripción exacta del ciclo de carga o seleccionar una clase de servicio que suponga, al menos, una carga similar a la del servicio real.

2.2.1 Servicio permanente

Clase de servicio S1

Este es un servicio (Figura 2.2/1) con carga constante, por ejemplo, funcionando con la potencia asignada durante un tiempo suficientemente largo como para alcanzar el equilibrio térmico del accionamiento.

Los componentes de la instalación deben diseñarse de manera tal que puedan soportar esa corriente constante por un tiempo indefinido, sin que sea necesaria una intervención externa ni se sobrepase su temperatura límite admisible (Ver también la Sección 4.3.5.3).

Denominación: S1 y la indicación de la potencia, por ejemplo, S1: 20 kW.

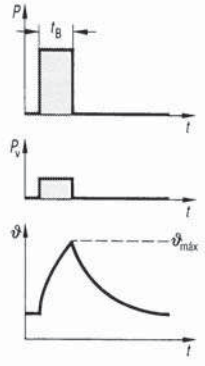


Figura 2.2/2
Clase de servicio S2: Servicio de corta duración.

2.2.2 Servicio de breve duración

Clase de servicio S2

Es un servicio con carga constante (Figura 2.2/2) que no se aplica el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio térmico y la pausa subsiguiente no dura lo suficiente para que los componentes de la máquina puedan enfriarse a una temperatura que no sobrepase en más de 2 K la del medio refrigerante.

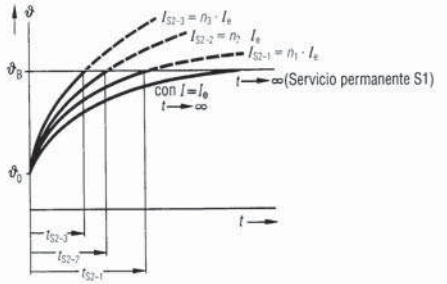
Denominación: S2, la indicación del tiempo de servicio y la potencia, por ejemplo, S2: 20 min, 15 kW.

Cuando las instalaciones se someten a cargas de breve duración (S2) iguales a la corriente asignada de servicio I_e de los componentes, éstos, por ejemplo, aparatos de maniobra, no llegan a alcanzar su temperatura límite admisible. Las pausas entre los períodos de carga son tan largas que los aparatos pueden enfriarse a la temperatura ambiente. Por lo tanto, para un servicio de breve duración (S2), los aparatos pueden cargarse, con una corriente $I_{S2} > I_{eAC1}$ sin que sobrepasen su temperatura límite. El tiempo de carga t_{S2} es el tiempo durante el cual el aparato de maniobra, con la carga para el servicio de breve duración I_{S2}, alcanza su temperatura límite. El tiempo de carga admisible es tanto más corto cuanto mayor es la corriente del servicio de breve duración I_{S2}. La corriente máxima de carga I_{S2} nunca debe sobrepasar el límite de la resistencia dinámica del aparato (por ejemplo, separación momentánea de los contactos). El tiempo máximo de carga también se acorta cuando la temperatura ambiente aumenta. La figura 2.2/3 muestra curvas características de validez general para el calentamiento de aparatos de maniobra.

2.2.3 Servicio intermitente

Clase de servicio S3

Es un servicio compuesto por ciclos idénticos formados por un período con carga constante y por una pausa. En este caso, la corriente de arranque no influye notoriamente sobre el calentamiento (Figura 2.2/4).



I_e Corriente asignada de servicio
I_{S2} Corriente en servicio de corta duración
ϑ_B Temperatura límite admisible
ϑ_0 Temperatura ambiente
t_B Tiempo durante el que está aplicada la carga
n múltiplo de I_e
t_{S2} Tiempo de servicio admisible con I_{S2}
$\vartheta_{máx}$ Temperatura máxima admisible

Figura 2.2/3
Curvas de calentamiento para aparatos de maniobra.

El servicio intermitente periódico implica que durante el tiempo en el que permanece aplicada la carga no se llega al estado equilibrio térmico.

Este servicio se caracteriza por un tiempo de carga (t_B), una duración del ciclo (t_S) y una potencia o corriente, por ejemplo, S3: 15 min/60 min, 20 kW, o un tiempo relativo de conexión t_r (ED) en % y la duración del ciclo, por ejemplo, S3: 20%, 60 min, 20 kW.

Según la norma DIN EN 60034-1 (VDE 0530), el ciclo del servicio intermitente de motores dura 10 minutos, salvo especificación en contrario. Esta duración del ciclo debe considerarse en la práctica como límite superior.

En el servicio intermitente (abreviado como AB en publicaciones alemanas), los aparatos de maniobra se conectan y desconectan periódicamente; los tiempos de carga y las pausas son tan cortos, que los aparatos y demás componentes de la instalación no alcanzan su equilibrio térmico durante los tiempos de carga (calentamiento) ni en las pausas (enfriamiento).

Este servicio se caracteriza por los datos relativos a los tiempos con carga y el de duración del ciclo o el tiempo relativo de conexión en por ciento (denominado factor ED en la bibliografía alemana).

$$ED = t_r = \frac{t_B}{t_S} \cdot 100 \text{ (en \%)}.$$

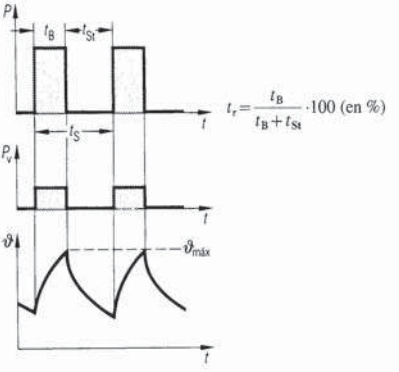


Figura 2.2/4
Clase de servicio S3: Servicio intermitente periódico sin influencia del proceso de arranque.

Según la norma DIN EN 60947-1 (VDE 0660, Parte 100) los valores preferidos para el tiempo relativo de conexión ED son los siguientes: 15%, 25%, 40% y 60%.

La duración del ciclo t_s es la suma de los tiempos de conexión t_B y la de los tiempos de pausa en los que no circula corriente t_{St}, es decir, $t_s = t_B + t_{St}$.

En la práctica, en el servicio intermitente periódico, con una secuencia de tiempos de conexión y de desconexión, por ejemplo, según el ciclo mostrado en la figura 2.2/5, es decir, a tiempos de carga de diferente duración siguen pausas con extensiones distintas y luego de un determinado ciclo se repite toda la secuencia. En este caso será válido un tiempo relativo de conexión ED:

$$ED = \frac{\Sigma t_B}{\Sigma t_B + \Sigma t_{St}} \cdot 100 \text{ (en \%)}.$$

Clase de servicio S4, servicio intermitente con influencia del proceso de arranque

Es un servicio (Figura 2.2/6) compuesto por ciclos idénticos formados por un tiempo notorio de arranque t_A, un tiempo con carga constante t_B y una pausa t_{St}.

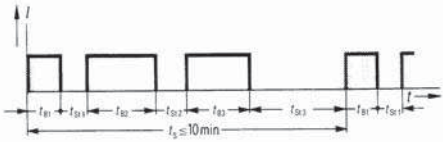
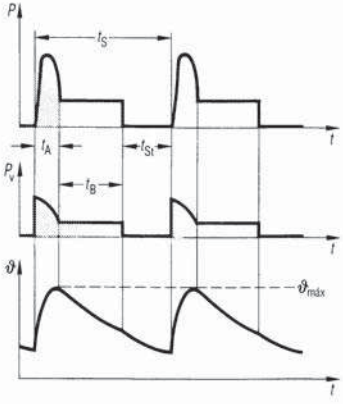
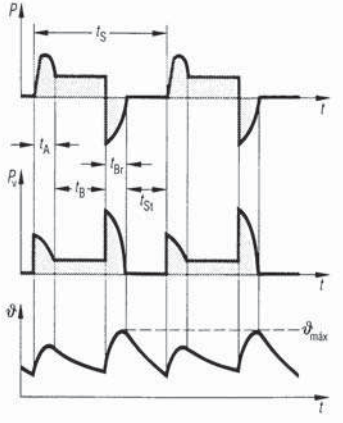


Figura 2.2/5
Servicio intermitente periódico, diferentes tiempos de conexión y desconexión durante un ciclo de trabajo.



$$t_r = \frac{t_A + t_B}{t_A + t_B + t_{St}}$$

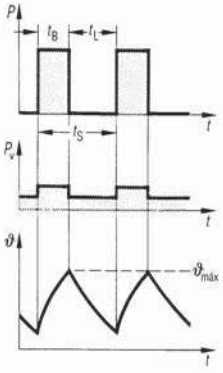
Figura 2.2/6
Clase de servicio S4. Servicio intermitente periódico con influencia del proceso de arranque.



$$t_r = \frac{t_A + t_B + t_{Br}}{t_A + t_B + t_{Br} + t_{St}}$$

Figura 2.2/7
Clase de servicio S5: Servicio intermitente periódico con influencia del proceso de arranque y con frenado eléctrico.

Para este servicio es indispensable disponer de información adicional sobre el momento de inercia y el par resistente durante el arranque. El servicio intermitente S4 se caracteriza por medio del tiempo relativo de conexión t_r en %, el número de arranques por hora y la potencia, por ejemplo, S4: 40 %, 520 arranques por hora, 30 kW.



$$t_r = \frac{t_B}{t_B + t_L}$$

Figura 2.2/8
Clase de servicio S6: Servicio permanente con períodos con y sin carga.

Clase de servicio S5,
servicio intermitente con influencia del proceso de arranque y frenado eléctrico

Este es un servicio (Figura 2.2/7) compuesto por ciclos idénticos formados por un tiempo notorio de arranque t_A, un tiempo con carga constante t_B, un tiempo de frenado eléctrico rápido t_{Br} y por una pausa t_{St}.

Para este servicio es indispensable disponer de información adicional sobre el momento de inercia y el par resistente durante el arranque y el frenado. El servicio intermitente S5 se caracteriza de manera similar al S4 pero con la indicación adicional del tipo de frenado, por ejemplo, S5: 30 %, 250 arranques por hora, frenado por contracorriente, 50 kW.

2.2.4 Servicio periódico ininterrumpido

Clase de servicio S6

Es un servicio (Figura 2.2/8) compuesto por una secuencia de ciclos idénticos formados por un tiempo con carga constante t_B y un tiempo en vacío t_L (sin carga). En este servicio *no* existe pausa.

Denominación similar al S3, por ejemplo, S6: 30%, 40 min, 85 kW.

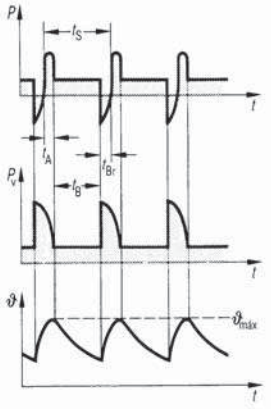


Figura 2.2/9
Clase de servicio S7: Servicio periódico ininterrumpido con frenado eléctrico ($t_r = 1$)

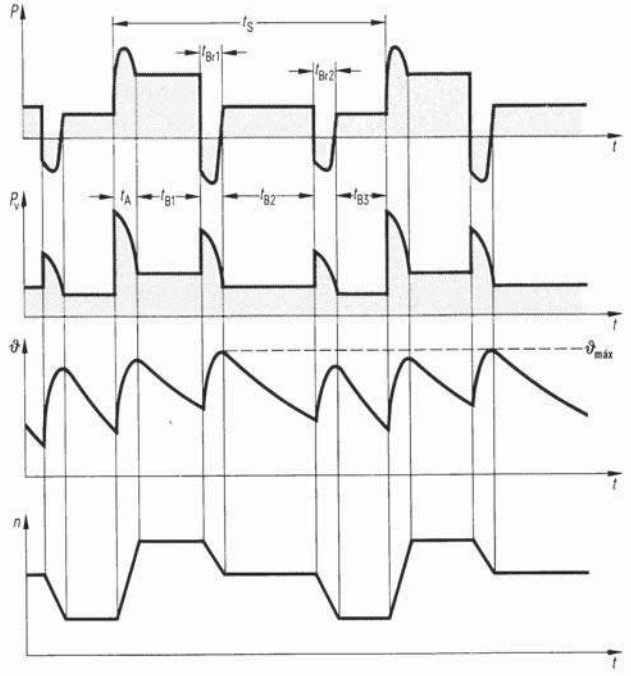
Nota:

Por lo general el ciclo es tan corto que *no* se alcanza el equilibrio térmico.

Clase de servicio S7,
servicio ininterrumpido con arranque y frenado eléctrico

Es un servicio (Figura 2.2/9) compuesto por una secuencia de ciclos idénticos formados por un tiempo notorio de arranque, un tiempo con carga constante y un tiempo de frenado eléctrico rápido t_{Br}. En este servicio *no* existe pausa.

Para este servicio es indispensable disponer de información adicional sobre el momento de inercia y el par resistente durante el arranque y el frenado. El servicio intermitente S7 se caracteriza de manera similar al S5 pero sin t_r, por ejemplo, S7: 12 kW, 500 inversiones del sentido de giro por hora.



$$t_{r1} = \frac{t_A + t_{B1}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

$$t_{r2} = \frac{t_{Br1} + t_{B2}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

$$t_{r3} = \frac{t_{Br2} + t_{B3}}{t_A + t_{B1} + t_{Br1} + t_{B2} + t_{Br2} + t_{B3}}$$

Figura 2.2/10
Clase de servicio S8:
Servicio periódico ininterrumpido con variaciones de carga y velocidad.

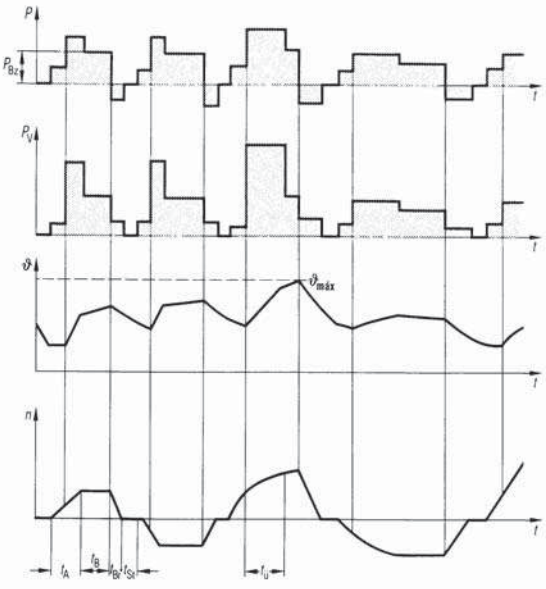


Figura 2.2/11
Clase de servicio S9:
Servicio no periódico con carga y velocidad variables.

Clase de servicio S8,
servicio ininterrumpido periódico con cambio de la carga y de la velocidad de rotación

Es un servicio (Ver la Figura 2.2/10) compuesto por una secuencia de ciclos idénticos formados por un tiempo con carga constante t_B a una determinada velocidad, a continuación se tienen uno o varios tiempos con otras cargas, que corresponden a otras velocidades.

El servicio intermitente S8 se caracteriza de manera similar al S5 para cada una de las diferentes velocidades.

2.2.5 Servicio ininterrumpido con cambio no periódico de la carga y de la velocidad de rotación

Clase de servicio S9

Es un servicio (Figura 2.2/11) en el cual, por lo general, la carga y la velocidad varían de manera aperiódica dentro de un margen de servicio admisible. En el mismo se presentan con frecuencia picos de carga que pueden ser mucho mayores que la potencia asignada (Figura 2.2/11).

Nota

Para esta clase de servicio se tiene que elegir una carga permanente que resulte representativa del ciclo.

Resumen del servicio de breve duración, del servicio intermitente así como del servicio continuo.

Cuando se analizan las clases de servicio S2 a S9, se establece básicamente que pueden subdividirse en dos grupos:

- ▷ clases de servicio que permiten un aumento de potencia con respecto al servicio permanente S1, (S2, S3, S6), y
- ▷ clases de servicio que requieren de una reducción de potencia con respecto al servicio permanente S1 (S4, S5, S7, S8, S9).

2.2.6 Servicio con carga variable

Una de las divergencias más frecuentes en la práctica con respecto a las clases de servicio definidas en la norma DIN EN 60034-1 (VDE 0530, Parte 1) es que la carga no permanece constante durante los tiempos en los que se aplica. En dichos casos se sustituye la potencia P (corriente I, par M) por una potencia media P_{qmi} (corriente I_{qmi}, par M_{qmi}). Dicha potencia es la media cuadrática de las cargas individuales. El par que se presenta en este caso no debe sobrepasar el 80% del par máximo.

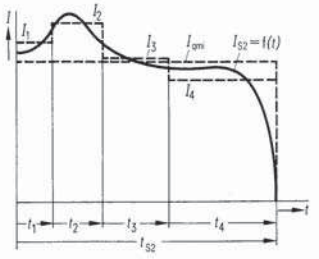


Figura 2.2/12
Corriente de carga irregular en servicios de corta duración durante el tiempo de conexión t_{S2}

Si la mayor potencia requerida difiere en un factor mayor que 2 de la potencia mínima, se tiene una potencia media muy inexacta, en este caso debe calcularse la corriente media. La determinación de este valor medio no es posible para la clase de servicio S2, y por lo tanto, es necesario consultar con el fabricante del motor.

Cuando la corriente de carga en el servicio de breve duración no es constante durante el tiempo de conexión t_{S2}, es necesario calcular la media cuadrática de la corriente I_{qmi} la cual determina el calentamiento.

En la figura 2.2/12 se muestra, como ejemplo, una carga irregular durante el servicio de breve duración. La carga $I_{S2} = f(t)$ se sustituye por los escalones I_1 para el tiempo t_1, etc., hasta llegar a I_4 durante el tiempo t_4. La media cuadrática de la corriente durante el tiempo de carga determina el calentamiento de los aparatos de maniobra en el servicio de breve duración, es decir $I_{qmi} = I_{S2} = n I_{eAC1}$.

Para determinar I_{qmi} se puede dividir la curva de la corriente en n escalones y aplicar la fórmula siguiente:

$$I_{qmi} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \ldots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}}.$$

3 Criterios de selección para aparatos de baja tensión en circuitos principales

Según su función, los aparatos de baja tensión se dividen en:

- ▷ aparatos para circuitos principales
- ▷ aparatos para circuitos auxiliares.

En el presente capítulo se tratarán los criterios para seleccionar aparatos de baja tensión en circuitos principales, en el capítulo siguiente aquellos aplicables a los aparatos de baja tensión en circuitos auxiliares.

La modificación de "... nominal" a "... asignada" fue necesaria porque según acuerdos internacionales, se indican como "nominales" los valores de las redes de alimentación (por ejemplo, tensión nominal). Por el contrario, los aparatos de maniobra se diseñan para determinadas magnitudes físicas, de allí la denominación de "valores asignados".

3.1 Condiciones de la red y del servicio

3.1.1 Tensión asignada y frecuencia de red

La tensión y la frecuencia de la red son determinantes para seleccionar los aparatos de maniobra según los siguientes valores:

- ▷ tensión asignada de aislamiento U_i
- ▷ tensión asignada de servicio U_e.

La tensión asignada de aislamiento U_i es el valor normalizado para el cual se diseñó el aislamiento de un aparato de maniobra o de un accesorio (ver también la Sección 1.4.5). Los valores nominales para aparatos de baja tensión responden, desde la entrada en vigencia de la norma IEC 947-.. y las nuevas DIN VDE 0660-.., a los valores asignados mencionados en los catálogos y en otras publicaciones.

La tensión asignada de servicio U_e de un aparato de maniobra es aquella a la que, por ejemplo, en un interruptor de potencia se refiere su capacidad de ruptura o en un arrancador de motores o en un contactor, su tipo de servicio o su categoría de servicio.

Tabla 3.1/1
Tensiones asignadas para aparatos de maniobra
(Los valores preferidos se marcan en negrita)

Tensión continua V	Tensión alterna V	Tensión continua V	Tensión alterna V
24	24	1200	1000
60	60	**1500**	
110	125	**2400**	
220	**230**		
440	**400**	**3000**	**3000**
660	500		**6000**
			10000
750	**690**		

Los valores usuales para las tensiones asignadas de los aparatos de maniobra pueden verse en la Tabla 3.1/1.

En las redes trifásicas, vale la tensión entre dos fases de la red en triángulo. Un aparato de maniobra puede tener varias tensiones asignadas de servicio U_e, aunque en ese caso varían las características relacionadas con la misma (por ejemplo, la capacidad de ruptura o la vida útil).

En los catálogos se indican los valores de U_i y de U_e para cada aparato de maniobra.

Por lo general, los aparatos de maniobra de Siemens para corriente alterna se diseñan para una frecuencias de 40 hasta 60 Hz. Los datos característicos podrán variar en función de la frecuencia.

En la Sección 3.7.3 se analiza la influencia que puede tener la frecuencia de la red sobre la función del aparato de maniobra.

En la Sección 3.7.3.5 puede observarse la influencia que tienen las armónicas de las corrientes en el comportamiento de los disparadores retardados dependientes de la corriente y en los relés de sobrecarga.

El empleo de contactores para corriente alterna en redes, en las que la corriente es rectangular, se analiza en la Sección 3.7.5.

3.1.2 Resistencia a los cortocircuitos y capacidad de ruptura asignadas

La corriente de cortocircuito en el lugar de la instalación de los aparatos de maniobra es determinante para su selección según los siguientes factores:

- ▷ la resistencia a los cortocircuitos y
- ▷ la capacidad asignada de ruptura; según el caso, considerando la
- ▷ protección de respaldo ("back-up").

En las normas ya no se consideran la resistencia dinámica a los cortocircuitos de los aparatos de maniobra y su corriente de choque asignada I_s. Esta última equivale, según la norma DIN VDE 0102, 01.90, a la corriente de choque de cortocircuito i_P. El comportamiento de los aparatos de maniobra en caso de cortocircuito se describe en normas como la DIN EN 60 947 y publicaciones IEC en vigencia como, por ejemplo, la IEC 947-2 y la IEC 898, entre otras, de acuerdo con:

- ▷ la corriente asignada de breve duración I_{cw},
- ▷ la corriente asignada de cortocircuito condicionada cuando fusibles suministran la protección,
- ▷ la corriente asignada de cortocircuito condicionada cuando interruptores automáticos suministran la protección,
- ▷ la corriente asignada de conexión en cortocircuito I_{cm},
- ▷ diversas categorías de desconexión de cortocircuitos, por ejemplo I_{cn}, I_{cs}, I_c, I_{cu}. Las magnitudes y unidades eléctricas se tratan también en la Sección 10.1.2.

La resistencia térmica a los cortocircuitos admitida se denomina corriente asignada de breve duración. Se trata de la corriente admisible que el aparato de maniobra puede conducir durante un tiempo determinado, sin sufrir daños.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, cuando es necesario, se indican para cada aparato de maniobra, por ejemplo, la capacidad asignada de conexión, la capacidad asignada de ruptura y la corriente asignada de breve duración.

Para un interruptor automático, por ejemplo, rige lo siguiente: La capacidad asignada de conexión I_{cm}, es la corriente de cortocircuito que el interruptor puede conectar a la tensión asignada -10%, frecuencia asignada y un factor de potencia determinado. La capacidad asignada de conexión se expresa por medio del valor de cresta máximo de la corriente característica y, como mínimo, es igual a la capacidad asignada de ruptura, multiplicada por el factor n de la Tabla 3.1/2 (ver también la Sección 2.1.2).

Tabla 3.1/2
Capacidad asignada de conexión I_{cm} en función de la capacidad asignada de ruptura I_{cn}

Capacidad asignada de ruptura I_{cn} A	Factor de potencia cos φ	Constante de tiempo ms	Capacidad asignada de conexión (Valor mínimo) $I_{cm} = n \cdot I_{cn}$
$I_{cn} \leq 1500$	0,95	5	$1{,}41 \cdot I_{cn}$
$1500 < I_{cn} \leq 3000$	0,9	5	$1{,}42 \cdot I_{cn}$
$3000 < I_{cn} \leq 4500$	0,8	5	$1{,}47 \cdot I_{cn}$
$4500 < I_{cn} \leq 6000$	0,7	5	$1{,}5 \cdot I_{cn}$
$6000 < I_{cn} \leq 10000$	0,5	5	$1{,}7 \cdot I_{cn}$
$10000 < I_{cn} \leq 20000$	0,3	10	$2{,}0 \cdot I_{cn}$
$20000 < I_{cn} \leq 50000$	0,25	15	$2{,}1 \cdot I_{cn}$
$50000 < I_{cn}$	0,2	15	$2{,}2 \cdot I_{cn}$

Tabla 3.1/3
Categorías de ruptura de cortocircuitos según la norma DIN VDE 0660 parte 101

Categoría de cortocircuito	Capacidad de ruptura asignada límite	Capacidad de ruptura asignada de servicio
Ciclo de conexión[1]	O–t–CO[2]	O–t–CO–t–CO[2]
Estado del interruptor automático después de un ensayo de cortocircuito	Se debe realizar un ensayo de calentamiento con la corriente asignada. No se deben dañar las piezas aislantes externas. Se admiten pequeños desvíos en las curvas de disparo por sobrecargas	Sin mantenimiento, el interruptor debe poder conducir térmicamente su corriente asignada. (Los ensayos de calentamiento sólo son necesarios en caso de dudas.) No se admiten desvíos en las curvas de disparo por sobrecargas

[1] Para ello ver también la Sección 10.1.3.

[2] O desconexión (O = "open")
CO conexión – desconexión (C = "close")
t pausa (t = "time")

La capacidad asignada de ruptura I_{cn} es la corriente de cortocircuito que el interruptor automático puede desconectar a tensión asignada de servicio +10%, frecuencia asignada y un factor de potencia determinado. Se la expresa por el valor eficaz de la componente de corriente alterna de la corriente de cortocircuito.

Básicamente, la capacidad de maniobra, se indica para la serie de pruebas O–t–CO–t–CO. Además, también se puede suministrar este valor para la serie reducida de maniobra: O–t–CO (Los símbolos O, t y C se aclaran en la Tabla 3.1/3).

En las recomendaciones IEC 157-1, 1973, se determinaban categorías de cortocircuito para los interruptores automáticos. En las mismas, se señalaba la frecuencia con la que un interruptor podía maniobrar su corriente de cierre y de ruptura, y en qué estado debe encontrarse después de un ciclo de maniobras (ver la Tabla 3.1/3). En la recomendación IEC 947-1 de 1988, se definen en la actualidad "Consideraciones generales, definiciones y requerimientos para aparatos de baja tensión". La publicación IEC 947-2 de 1989, así como la norma DIN VDE 0660, Parte 101 del 07.92, contiene disposiciones particulares para interruptores automáticos. En la Tabla 10.1/4 de la Sección 10.1 se muestra una comparación entre las categorías de cortocircuito definidas anteriormente en la publicación IEC 157-1 y las válidas en la actualidad según la IEC 947-2.

3.1.3 Corrientes asignadas

La clase de servicio asignada como, por ejemplo, el servicio permanente, el servicio intermitente y el servicio de breve duración, es determinante para seleccionar los aparatos de maniobra en función de sus corrientes asignadas.

De acuerdo con su comportamiento térmico, se pueden diferenciar las siguientes corrientes asignadas:

- ▷ Corriente térmica asignada convencional I_{th}, con circulación libre de aire,
- ▷ Corriente asignada permanente I_u,
- ▷ Corriente asignada de servicio I_e.

Corriente térmica asignada convencional I_{th}, Corriente asignada permanente I_u

La corriente térmica asignada convencional I_{th} con libre circulación de aire o la I_{the} para arrancadores de motor en cajas o carcasas, corresponde a la corriente de 8 horas definida en DIN VDE 0660, Parte 102 y Parte 107 (DIN VDE 60947, Parte 1/2). Es la corriente máxima que, sin maniobras intermedias, se puede conducir durante ese período, sin que sea necesario intervenir, y sin que se supere la temperatura límite del aparato. La corriente asignada permanente I_u, puede circular por el aparato sin límites de tiempo.

En los disparadores y relés dependientes de la corriente regulables, la corriente asignada permanente es la correspondiente al máximo valor regulable.

Corriente asignada de servicio I_e

La corriente asignada de servicio I_e es aquélla determinada por las condiciones establecidas por el servicio de un aparato de maniobra, la tensión asignada de servicio, la frecuencia asignada, la capacidad de ruptura, la clase de servicio asignada, la categoría de servicio, la vida útil de los contactos y la clase de protección. Por lo tanto, un aparato de maniobra puede tener varias corrientes asignadas de servicio.

3.2 Funciones y condiciones de maniobra

3.2.1 Tipos de maniobras

En un cuadro o tablero se tienen, por lo general, los siguientes tipos de maniobras:

- ▷ seccionar,
- ▷ maniobras en vacío,
- ▷ maniobras bajo carga,
- ▷ maniobra de motores y
- ▷ maniobras en condiciones de cortocircuito.

Existen aparatos específicos para cada una de esas maniobras. Los aparatos de maniobra pueden, además, ser construidos para cumplir con varias de las funciones antes mencionadas.

3.2.1.1 Seccionar

Los seccionadores son interruptores que separan un circuito eléctrico en todas sus vías de corriente con una indicación fiable de su posición de maniobra.

Antes de efectuar trabajos de mantenimiento o reparaciones en partes activas de las instalaciones y equipos eléctricos, se debe crear el estado "libre de tensión" y asegurar que la misma se mantiene mientras dura la tarea. (Disposiciones para la Prevención de Accidentes VBG4, ver la Sección 1.4.1.2).

Para lograr el estado "libre de tensión", deben separarse de la red las partes de la instalación y los equipos eléctricos. En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, se ofrecen interruptores con características de seccionador. Los seccionadores mantienen las distancias de aislamiento en aire exigidas por la norma DIN VDE 0110 (ver la Sección 1.4.5) no sólo entre las

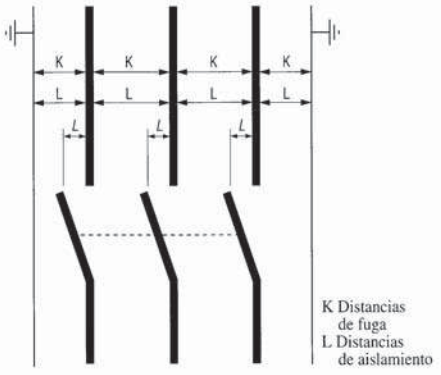


Figura 3.2/1
Distancias de aislamiento y de fuga en seccionadores (diagrama esquemático)

vías de corriente y las partes adyacentes puestas a tierra, sino también entre los contactos fijos y los móviles del seccionador una vez abierto (Figura 3.2/1).

Cuando se debe asegurar un estado libre de tensión mientras se efectúan los trabajos, los seccionadores deben estar provistos de un accionamiento que permita bloquearlos en la posición "DES" durante las distintas fases de la puesta en marcha de una instalación mediante, por ejemplo, la colocación de uno o varios candados.

3.2.1.2 Maniobras en vacío

Se entiende por maniobras en vacío la conexión y desconexión de circuitos eléctricos que se efectúa cuando no circula corriente a través de los contactos, o bien, cuando durante la apertura, circula entre los contactos de cada polo una corriente muy pequeña (por ejemplo, las corrientes originadas por la capacidad propia de una línea).

El uso de interruptores para conectar en vacío presupone que siempre se tomarán las medidas adecuadas que impidan, aún inadvertidamente, que se pueda efectuar una maniobra bajo carga, como en caso de averías. La consecuencia sería la destrucción del aparato y con ello de la instalación, pero, sobre todo, un serio peligro para el personal de servicio por el arco eléctrico que provocaría la maniobra. Por este motivo, es que los interruptores para maniobrar en vacío sólo se utilizan en casos aislados como, por ejemplo, en instalaciones con altas corrientes. En el resto de las instalaciones se emplean, como mínimo, seccionadores (interruptores) bajo carga.

3.2.1.3 Maniobras bajo carga

Las maniobras bajo carga deben realizarse con seccionadores (interruptores) bajo carga que pueden conectar y desconectar aparatos y partes de las instalaciones mientras éstos conducen su corriente de servicio en un estado libre de fallas. Por definición, los seccionadores (interruptores) bajo carga también pueden conectar y desconectar sobrecargas.

Su capacidad de ruptura se encuentra, según la norma DIN VDE 0660, Parte 107 entre 1,5 y 10 veces su corriente asignada de servicio I_e. En particular, vale lo siguiente:

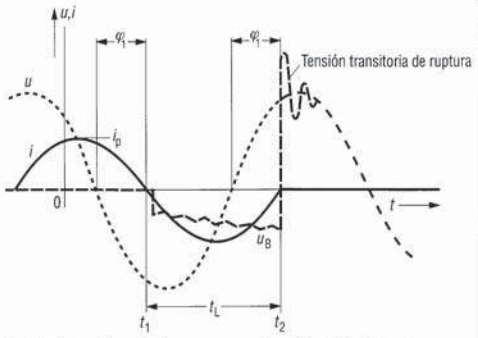
AC-21: $1{,}5 \cdot I_e$ (corriente asignada de servicio),
AC-22: $3 \cdot I_e$ (corriente asignada de servicio),
AC-23: 8 a $10 \cdot I_e$ (corriente asignada de servicio).

La capacidad de ruptura de los seccionadores bajo carga y de los seccionadores fusibles bajo carga se indica en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens. Es un múltiplo de su corriente asignada. De esta forma, se pueden desconectar todas las sobreintensidades que se produzcan durante un servicio normal como, por ejemplo, las corrientes de arranque de motores. Además, con los seccionadores bajo carga de Siemens, también se puede realizar una conexión involuntaria sobre un cortocircuito sin que exista peligro, porque estos seccionadores tienen una capacidad de cierre muy elevada (ver también la Sección 3.3.4.2).

3.2.1.4 Maniobra de motores

Los motores se operan con interruptores capaces de maniobrar con las corrientes correspondientes. Su capacidad de ruptura debe estar en concordancia con las solicitaciones que se presentan durante la conexión y desconexión de los diversos tipos de motores y sus diferentes clases de servicio, por ejemplo, servicio intermitente (ver la Sección 3.2.2.1).

Si bien los seccionadores bajo carga, los listones y seccionadores fusibles y los seccionadores bajo carga con fusibles tienen la capacidad necesaria para conectar motores, *no* fueron diseñados para el *servicio regular* como aparatos de maniobra para motores. Para ello son más apropiados los contactores y los interruptores de mando con su capacidad de conexión AC-3.



t_1 Apertura del contacto
t_2 Fin del proceso de apertura
t_L Duración del arco
u_B Tensión del arco

Figura 3.2/2
Variación de la corriente y la tensión durante la desconexión de un interruptor automático con extinción en el paso por cero

Los seccionadores fusibles bajo carga y los seccionadores bajo carga con fusibles tienen una capacidad de conexión en cortocircuito como la de los interruptores automáticos.

3.2.1.5 Maniobras en condiciones de cortocircuito

Los interruptores automáticos son aparatos de maniobra, que no sólo son capaces de operar corrientes de carga, motores y sobrecargas, sino que también pueden maniobrar corrientes de cortocircuito.

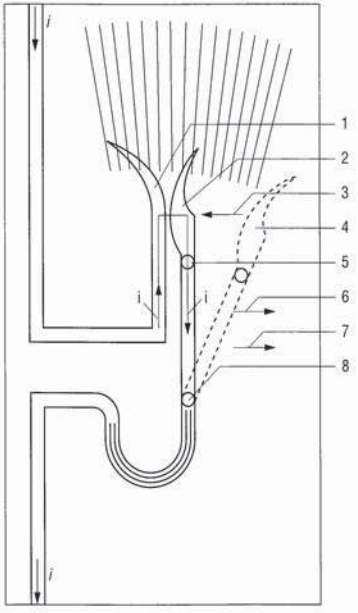
Según el tipo de extinción del arco, se pueden diferenciar dos tipos constructivos de interruptores automáticos para corriente alterna:

- ▷ Interruptores automáticos con extinción en el paso por cero,
- ▷ Interruptores automáticos con limitación de la corriente.

Interruptores automáticos con extinción en el paso por cero

Los interruptores automáticos con extinción en el paso por cero, como su nombre lo indica, apagan el arco de corriente alterna cuando ésta pasa por cero (Figura 3.2/2).

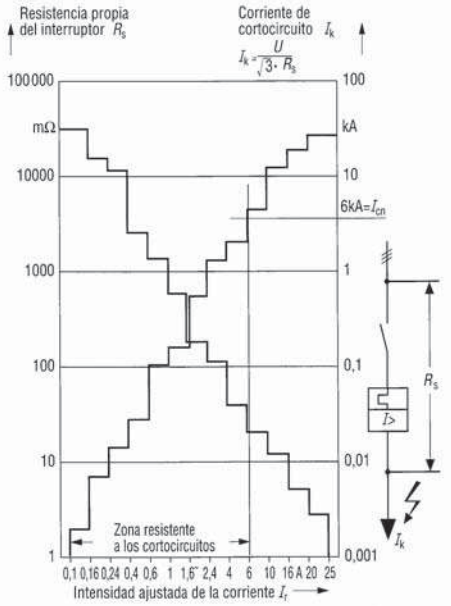
Los elevados picos de las corrientes de cortocircuito originan enormes fuerzas de repulsión entre los contactos que tienden a separarlos. Por lo tanto, los interruptores deben tener la elevada presión de contacto mecánica correspondiente o una amplificación electrodinámica de dicha presión de contacto, con el fin de mantener cerrados los contactos hasta alcanzar la corriente de reacción de los disparadores electromagnéticos sin retardo por cortocircuito. En los interruptores selectivos con valores asignados de la corriente a partir de 160 A, que llegado el caso, deben desconectar con retardo un cortocircuito, se aprovecha al máximo la amplificación electrodinámica de la presión de los contactos.



1 Contacto fijo
2 Contacto móvil
3 Dirección de la fuerza de contacto amplificada
4 Contacto móvil abierto
5 Centro de rotación del contacto móvil en el estado de conectado
6 Dirección de la fuerza de repulsión debida a la acción del lazo de corrientes
7 Dirección en la que actúa la fuerza del resorte del contacto
8 Centro de rotación del contacto móvil para su maniobra de apertura o cierre

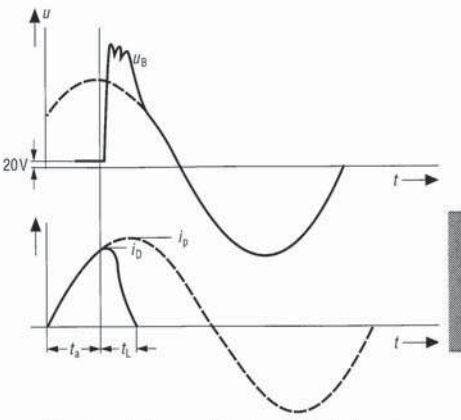
Figura 3.2/3
Contacto de un interruptor selectivo para corriente a signada de servicio superior a 160 A (diagrama esquemático).

Mientras dura el cortocircuito, a causa de las fuerzas de repulsión que actúan como consecuencia del efecto del lazo de corrientes, el brazo de palanca más largo del



I_{cn} Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
I_r Alcance del disparador por sobrecargas retardado (disparador a)

Figura 3.2/4
Resistencia a los cortocircuitos en función de la resistencia propia del interruptor R_s



t_a Retardo en la desconexión
t_L Duración del arcoo
u_B Tensión del arco
i_D Corriente de ruptura limitada
i_p Corriente máxima asimétrica de cortocircuito (Corriente de choque)

Figura 3.2/5
Variación de la corriente y la tensión durante la desconexión de un interruptor automático limitador.

contacto móvil se repele del contacto fijo. Esto provoca una fuerza en el sentido contrario en el brazo de palanca más corto y, por consiguiente, conduce a una amplificación de la presión de contacto (Figura 3.2/3).

Interruptores automáticos con limitación de la corriente

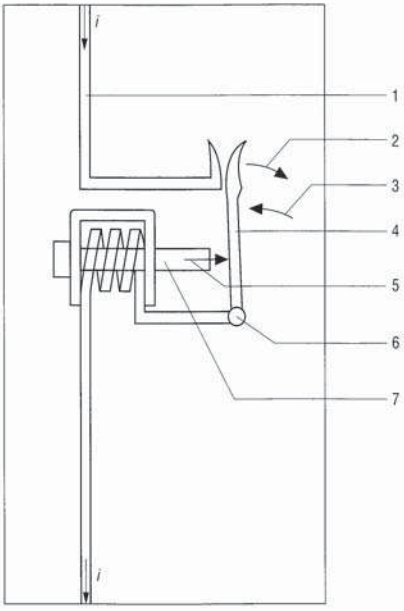
Se considera aquí "limitación de la corriente" la reducción del valor de cresta de la corriente asimétrica de cortocircuito (o de choque) característica i_p a un valor menor de la corriente de ruptura limitada i_D. El interruptor puede alcanzar esta limitación por medio de diversos métodos.

Interruptores automáticos con resistencia propia elevada

En los interruptores automáticos con corrientes de ajuste bajas de los disparadores por sobrecargas dependientes de la corriente (térmicos), las resistencias de las vías de corriente son muy elevadas debido a los arrollamientos calefactores de las tiras bimetálicas y a las bobinas de los disparadores electromagnéticos sin retardo por cortocircuito. Pueden ser tan elevadas como para limitar cualquier corriente de cortocircuito I_k a un valor tal que el interruptor la pueda dominar térmica y dinámicamente e incluso, desconectar.

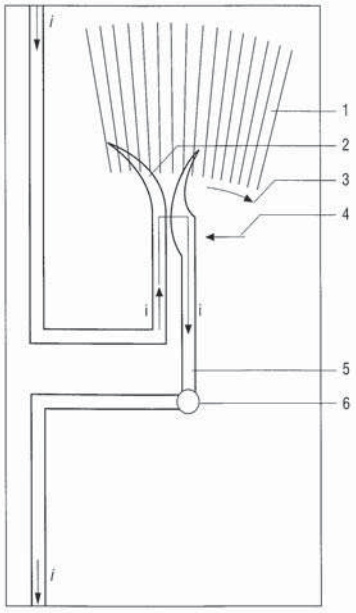
En este caso, el interruptor es "resistente a los cortocircuitos". Se lo puede instalar en puntos de la red donde, por ejemplo, se estimó que podrán circular corrientes de cortocircuito superiores a 80 kA. El margen de ajuste, hasta el cual el interruptor automático es resistente a los cortocircuitos, depende de la capacidad de ruptura del interruptor. Como ésta capacidad a su vez es una función de la tensión asignada de servicio y del factor de potencia, puede haber diferentes "resistencias a los cortocircuitos" para distintas tensiones asignadas de servicio.

La figura 3.2/4 pone de manifiesto que en un interruptor automático con I_{cn} = 6 kA, la resistencia propia del interruptor R_s con un disparador por sobrecargas con márgenes de ajuste inferiores a 6 A, es tal que cualquier cortocircuito, incluso el "cortocircuito pleno" en los bornes de salida del interruptor, siempre es inferior a la capacidad asignada de ruptura I_{cn} de 6 kA a 400 V CA.



1 Contacto fijo
2 Dirección de la fuerza de apertura del contacto
3 Dirección de la fuerza del resorte del contacto
4 Contacto móvil
5 Dirección del golpe de la armadura
6 Eje de rotación del contacto móvil
7 Armadura

Figura 3.2/6
Contacto de un interruptor con limitación de corriente para una corriente asignada de servicio inferior a 63 A (diagrama esquemático)



1 Láminas de extinción
2 Contacto fijo
3 Dirección de la fuerza de repulsión y de la apertura del contacto
4 Dirección de la fuerza del resorte del contacto
5 Contacto móvil
6 Eje de rotación del contacto móvil

Figura 3.2/7
Contacto de un interruptor con limitación de corriente para una corriente asignada de servicio superior a los 200 A (diagrama esquemático).

Interruptor automático con tiempo propio extremadamente corto y elevada tensión de arco

Los interruptores automáticos con un proceso de interrupción limitador de la corriente tienen un mecanismo de disparo y apertura que se diferencia fundamentalmente del de los interruptores con extinción en el paso por cero: la apertura de los contactos no se efectúa mediante el "lento" mecanismo de desenganche del cerrojo del interruptor.

Al igual que en el caso de los fusibles, se satisfacen dos requisitos:

▷ Interrumpir el circuito antes de que la corriente alcance su valor de cresta,

▷ Intercalar inmediatamente una gran resistencia en el circuito. Esta resistencia tiene la forma de una elevada tensión de arco u_B, (Figura 3.2/5).

La apertura rápida del circuito de corriente se logra, tal como lo ilustra la figura 3.2/6 para los interruptores de los tamaños constructivos más pequeños, golpeando a los contactos directamente con la armadura de percusión del disparador. En los interruptores de los tamaños constructivos mayores, los contactos se disponen de manera tal que la corriente circule en sentidos contrarios y actúen las fuerzas de repulsión antes descriptas (Figura 3.2/7).

En caso de cortocircuito, esta fuerza de repulsión, directamente proporcional a la corriente i que circula, aparta el contacto móvil del contacto fijo.

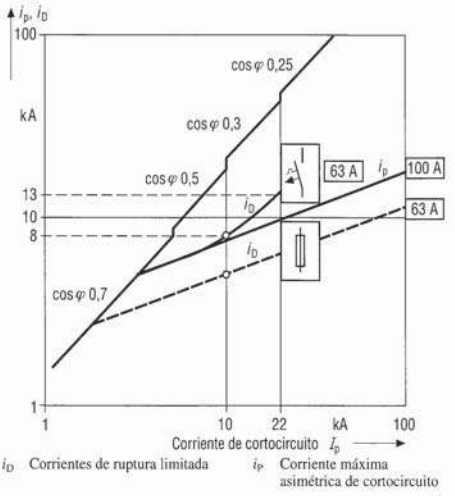


Figura 3.2/8
Limitación de la corriente en 400 V, 50 Hz, de interruptores automáticos para 63 A y fusibles NH para 63 y 100 A, por ejemplo, para I_k = 10 kA: i_D del fusible 7,5 kA, i_D del interruptor automático 8 kA

Se logra una elevada tensión de arco en un tiempo muy corto a través de una forma apropiada de los contactos y al tipo de las cámaras apagachispas. Los arcos se conducen rápidamente a las cámaras apagachispas y, en ellas, se subdividen en las láminas de extinción y se enfrían intensamente.

Los interruptores automáticos limitadores de la corriente dominan, por lo general, corrientes de cortocircuito más elevadas que los de extinción en el paso por cero con corrientes asignadas del mismo valor.

Sin embargo, estos interruptores no tienen una capacidad de ruptura "ilimitada", ya que la misma, al igual que la corriente de paso, depende de la tensión.

En la figura 3.2/8 se puede observar la acción limitadora de un interruptor automático (actuando como guardamotor), de corriente asignada 63 A en 400 V, 50 Hz en comparación con los fusibles NH del tipo 3NA, clase de servicio gL, corrientes asignadas de 63 y 100A respectivamente. Debido a las elevadas corrientes de arranque del motor, la corriente asignada de los fusibles debe ser mayor que la corriente de servicio del motor, es decir, para un motor de 30 kW con una tensión de 400 V, 50 Hz, se pueden emplear un interruptor automático para 63 A o fusibles para 100 A (ver también la Sección 3.4.3).

3.2.2 Condiciones para la conexión de componentes de instalaciones

A continuación, se tratan las condiciones tal como se presentan para los aparatos de maniobra cuando deben conectar los principales componentes de las instalaciones. Estos componentes son los siguientes:

- ▷ Motores de baja tensión,
- ▷ Motores de alta tensión,
- ▷ Condensadores,
- ▷ Aparatos de calefacción,
- ▷ Instalaciones para iluminación,
- ▷ Pequeños transformadores de baja tensión.

3.2.2.1 Arranque de motores de baja tensión

Arranque de motores con rotores de anillos rozantes

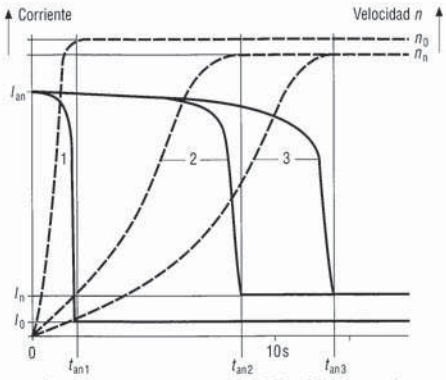
En los arrancadores por resistencias para motores con anillos rozantes y de acuerdo con la norma DIN VDE 0660, Parte 102/07.92 (IEC 947-4-1) se diferencian los siguientes arranques:

- ▷ Arranque a media carga, par de rotación mediano de 0,65 a 0,7 veces el par asignado (por ejemplo, ascensores),
- ▷ Arranque a plena carga, par de rotación mediano de 1,3 a 1,5 veces el par asignado (por ejemplo, prensas, tornos).
- ▷ Arranque pesado, par de rotación mediano de 1,7 a 2 veces el par asignado (por ejemplo, bombas centrífugas y trituradoras de piedras).

Mediante la conexión de resistencias en el circuito rotórico se puede reducir la corriente de arranque y regular el par de arranque entre cero y su valor máximo. Para ello existen resistencias y combinaciones de arranque que se describen en la Sección 3.7.12.1.

En los elevadores de cargas se emplean, con frecuencia, motores con anillos rozantes. Para esta aplicación rige la categoría de servicio AC-2 según la norma DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, parte 102).

La clase de servicio AC-2 representa los requerimientos típicos durante el arranque o la parada durante la fase de arranque, así como durante el frena-



I_{an}	Corriente de arranque	n_0	Velocidad en vacío
I_n	Corriente asignada	n_n	Velocidad asignada
I_0	Corriente de vacío	1	Arranque en vacío
t_{an}	Tiempos de arranque	2	Arranque normal
		3	Arranque pesado

Figura 3.2/9
Variación de la corriente y de la velocidad durante el arranque de un motor trifásico asincrónico con rotor jaula

do por contracorriente o en la inversión del sentido de giro, o bien, en el servicio intermitente de los motores con anillos rozantes a plena carga.

En cambio, el servicio típico de los equipos elevadores de cargas (servicio mixto) representa una carga menor, porque en este caso las desconexiones pueden ocurrir durante el servicio estacionario y las cargas podrán ser parciales.

Los catálogos H1 y H3 de Siemens contienen indicaciones para diversas solicitaciones. En las informaciones publicadas se tuvieron en cuenta, de manera especial, las elevadas frecuencias de maniobras habituales en el servicio de equipos elevadores de cargas.

Arranque de motores con rotor jaula

Arranque directo

Cuando se arranca en directo un motor trifásico asincrónico con rotor jaula, circula la corriente de arranque estacionaria I_{an} después de atenuarse el pico inicial ("rush"). El valor de la corriente de arranque I_{an} es independiente del par resistente, pero el tiempo de arranque t_{an} depende de este par, del momento de inercia de todo el accionamiento y del par acelerador.

Cuando los tiempos de arranque son prolongados, se considera que se tiene un arranque pesado (Figura 3.2/9).

Valores de referencia:

- ▷ Pico inicial de la corriente de arranque (valor máximo)
  $I_S = 2\sqrt{2} \cdot I_{an}$,
- ▷ Corriente de arranque (valor eficaz) $I_{an} = 4$ a $8{,}4 \cdot I_n$, en casos excepcionales hasta $13 \cdot I_n$,
- ▷ Corriente de marcha en vacío $I_0 = 0{,}95$ a $0{,}2 \cdot I_n$ (su valor se reduce cuando el tamaño constructivo del motor es mayor y aumenta con el número de polos),
- ▷ Tiempo de arranque t_{an},
  en condiciones normales, $t_{an} < 10$ s,
  en arranque pesado $t_{an} > 10$ s (se debe controlar el calentamiento del motor).

En motores con servicio en el que se invierte el sentido de giro, se deben prever picos aún mayores en la corriente inicial de arranque.

Cuando se conecta el motor con el rotor bloqueado, circula la corriente de arranque máxima (corriente en reposo).

Se puede reducir la corriente de arranque de un motor con diversos métodos:

Conexión estrella-triángulo

En todas las conexiones de arranque con tensión reducida en el devanado del motor, el par decrece en función del cuadrado de la reducción de tensión, mientras que la corriente disminuye linealmente.

En el arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos, la intensidad de la corriente se reduce a $^1/_3$ del valor que tendría en el caso de un arranque directo. Este valor es el resultado de la reducción lineal de la tensión en un factor de $1/\sqrt{3}$ de la disminución de la tensión de fase, y en un factor $1/\sqrt{3}$ de la relación corriente de fase a corriente de línea en la etapa de estrella.

Sin embargo, este tipo de arranque sólo se puede utilizar en motores cuya tensión asignada en conexión triángulo, coincide con la tensión nominal de la red y, además, los extremos de sus devanados se llevan por separado a la caja de bornes del motor.

Del mismo modo, la reducción en $\sqrt{3}$ de la tensión aplicada a los devanados del motor, hace que el par

motor se reduzca a un valor del orden de $^1/_3$ del que tendría en arranque directo ($\approx 0{,}33 \times M_n$ para motores de hasta 15 kW a 400 V, 50 Hz, y $\approx 0{,}29$ para motores a partir de 18,5 kW). Con esto se asegura una aceleración suave de la máquina accionada que no es sometida a esfuerzos bruscos que reducen su vida útil mecánica.

Aunque se sabe, por lo general, que el arranque estrella-triángulo sólo puede usarse cuando el par resistente aplicado al motor trifásico permanece reducido durante el arranque, en algunas ocasiones el arrancador estrella-triángulo se emplea incorrectamente. Esto sucede cuando durante el arranque el par resistente de la máquina accionada llega a ser tan elevado que el motor durante la etapa estrella no logra alcanzar, como mínimo, el 90% de su velocidad asignada.

Mediante la elección de un motor con una clase de rotor elevada, por ejemplo KL 16, se puede mejorar el par acelerador del accionamiento. Clase de rotor KL 16 significa que, en conexión directa, se logra un arranque con un par resistente de hasta un 160% mayor que el asignado aunque la tensión sea del 95% de la asignada.

Entre las máquinas que por sus curvas características de par resistente o antagónico pueden causar problemas se encuentran los ventiladores, las bombas centrífugas ($M_n \sim n^2$), los compresores y otras con relaciones par-velocidad similares. Esto se debe a que durante la pausa de conmutación (≥ 50 ms) la velocidad de rotación decae notoriamente.

Al cerrar el contactor de la etapa triángulo, se pueden producir fenómenos de compensación en el motor, que amplificados por una relación inadecuada de la frecuencia de red y el campo del rotor, producen picos de corriente mayores que los que se originarían en la conexión directa en triángulo. En los casos más desfavorables, estos picos sobrepasan la capacidad de conexión de los contactores. La consecuencia puede ser la soldadura de los contactos.

La reducción de estas corrientes de compensación se logra mediante un cableado correcto del circuito principal (ver "Conexiones básicas", Sección 9.3). Con ello, no sólo se obtiene una carga menor en las vías de corriente del contactor, sino también se reducen los esfuerzos dinámicos de las cabezas del devanado del motor.

En la Sección 3.7.8 se suministran indicaciones para las condiciones de servicio y la selección de los contactores.

Conexión estrella-triángulo sin pausa de conmutación

Para reducir a un mínimo los procesos transitorios de compensación durante la conmutación de la etapa estrella a la de triángulo, un cuarto contactor (contactor de transición) mantiene conectado el devanado del motor a la red a través de resistencias, así la conmutación se efectúa sin intercalar una pausa. Con esto se logra una limitación de los picos de corriente durante la conmutación, por ejemplo, cuando el motor no logró acelerar hasta la velocidad necesaria.

Los esquemas de conexión y las indicaciones para la selección de los aparatos de maniobra se presentan en la Sección 9.3.2.

Arranque suave del motor por medio de una resistencia conectada en una fase (conexión KUSA)

Este tipo de arranque es conocido como "Conexión KUSA", (acrónimo de la denominación alemana "*Ku*rzschlußläufer – *Sa*nftanlauf": arranque *su*ave de motores con rotor en *co*rtocircuito). Debido a la caída de tensión en la resistencia conectada en uno de los conductores de alimentación del motor, la tensión aplicada a éste es asimétrica. En el motor se forma, además del par motor normal, un par en sentido opuesto (inverso), de tal manera que el par motor resultante se reduce. Esto no vale para la corriente de arranque, la cual en las dos líneas de alimentación sin resistencias es, inclusive, mayor que la corriente producida en una conexión directa. Cuando el motor alcanza su velocidad de servicio, se puentea la resistencia.

En la Sección 9.3.8 se suministran los esquemas de conexión y las indicaciones para seleccionar los aparatos de maniobra.

Arranque de un motor mediante resistencias tripolares

La corriente de arranque del motor origina una caída de tensión en las resistencias. Por lo tanto, el motor arranca con una tensión reducida. La corriente de arranque se reduce linealmente con la disminución de la tensión. Cuando el arranque se realiza en una etapa, las resistencias se calculan de modo tal que la corriente de arranque quede limitada a cerca de tres veces la corriente asignada del motor. En arranques de dos etapas, se puede alcanzar una limitación de la corriente de arranque de entre 1,5 y 2 veces la corriente asignada del motor, aunque en este caso, el par de arranque del motor es muy reducido.

En la Sección 9.3.9 se suministran los esquemas de conexión y las indicaciones para seleccionar los aparatos de maniobra.

Arranque de motores con autotransformadores

El motor se conecta durante el arranque a las derivaciones de un transformador dispuesto en conexión estrella-economizadora (autotransformador), por lo general, en el borne correspondiente al 70% de la tensión nominal. En este caso, la corriente y el par de arranque se reducen a un 49% ($M \sim u^2$) de los valores que se producirían si el motor arrancara con una conexión directa. La ventaja radica en una carga reducida de la red durante el arranque. Además, el motor se conecta con tres conductores de alimentación y no con seis como es el caso del arranque estrella-triángulo.

En la Sección 9.3.11 se presentan los esquemas de conexión y las indicaciones para seleccionar los aparatos de maniobra.

Arrancadores trifásicos con inversión del sentido de giro

Estos arrancadores se utilizan para el servicio con inversión de la dirección de rotación de un motor, cuando el cambio de marcha se hace rápidamente por medio de la inversión de dos fases. Cuando la conmutación es muy rápida, en el devanado del motor permanece un campo magnético residual y la correspondiente tensión residual de valor elevado. Así se producen picos de corriente adicionales de hasta un $0{,}7 \cdot I_n$. Se debe tener en cuenta que durante la conmutación tiene que intercalarse una pausa suficientemente extensa para asegurar la extinción del arco en el aparato que desconecta antes de conectar el segundo aparato de maniobra. Para esto, los contactores para la inversión de marcha deben estar enclavados entre sí eléctricamente mediante contactos auxiliares normalmente cerrados. Además, podrán tener enclavamientos mecánicos que impidan la ejecución de comandos erróneos durante la puesta en marcha o que sacudidas fuertes sean capaces de cerrar en forma simultánea ambos contactores y, por ende, provocar cortocircuitos entre las fases.

Los esquemas de conexión se describen en la Sección 9.2.4. Los aparatos se seleccionan como para arranque directo.

Arranque de motores trifásicos asincrónicos con polos conmutables

La velocidad con la que gira un motor asincrónico, a frecuencia constante, queda determinada por su número de polos. Cuando un motor debe trabajar con varias velocidades, los devanados del estator tienen que subdividirse de manera tal que puedan conectarse a la red formando diferentes números de polos.

- ▷ 1ª Versión: Conexión Dahlander, dos velocidades (relación entre las velocidades: 1 : 2)

  Para cada velocidad hay una potencia diferente. Para reducir la corriente de arranque, se puede arrancar el motor en su velocidad inferior mediante la conexión estrella-triángulo. Es necesario que el motor tenga disponibles nueve bornes y que el punto de estrella quede accesible.

- ▷ 2ª versión: Dos devanados separados, dos velocidades

  Para cada velocidad el motor desarrolla una potencia diferente.

- ▷ 3ª versión: Conexión Dahlander, un devanado separado, tres velocidades

  La velocidad del devanado separado complementa las velocidades del devanado tipo Dahlander, que están en relación 1 : 2. Esta velocidad puede ser mayor, menor o intermedia entre las velocidades de la conexión Dahlander.

- ▷ 4ª versión: Dos conexiones Dahlander, 4 velocidades

  Las velocidades del motor pueden ser utilizadas en la secuencia correspondiente a cada devanado Dahlander o en cualquier orden.

Para el control de motores con polos conmutables se dispone de un amplio programa de interruptores de mando y combinaciones de contactores.

Los esquemas de conexión y las indicaciones para seleccionar los aparatos de maniobra se describen en la Sección 9.2.5.

Servicio intermitente de motores

Se entiende por servicio intermitente de motores la conexión breve, unitaria o repetitiva, de un motor para lograr un movimiento pequeño. Por lo tanto, la corriente del motor será desconectada durante el arranque. Esta clase de servicio se presenta, por ejemplo, durante el ajuste de una máquina–herramienta y en

equipos elevadores de cargas. El servicio intermitente provoca un fuerte desgaste por quemadura de los contactos. Los aparatos de maniobra deben seleccionarse según la categoría de servicio AC-4. En caso de presentarse un servicio mixto AC-3/AC-4, debe calcularse la vida útil de los contactos del contactor (ver Sección 3.7.7).

3.2.2.2 Conexión de condensadores

Al conectar condensadores, éstos se cargan a su valor estacionario a través de fenómenos transitorios. Mientras ocurren dichos fenómenos pueden producirse picos muy elevados de la corriente, con frecuencias desde algunos cientos hasta varios miles de Hertz. Esto impone solicitaciones especiales a los aparatos de maniobra. La amplitud y la frecuencia de las corrientes de conexión quedan determinadas por la capacidad del condensador, las reactancias del circuito y el instante en que se conecta el condensador a la red.

Conexión de condensadores individuales

Cuando se conecta un condensador con una potencia definida a la red, la corriente de conexión es determinada, en primer lugar, por la potencia del transformador y por la impedancia de la red que alimenta a los condensadores.

Los esfuerzos a que son sometidos los aparatos de maniobra aumentan conforme a los siguientes factores:

- ▷ la mayor potencia de los condensadores,
- ▷ la potencia nominal del transformador de alimentación, con cuyo incremento aumenta la reactancia de cortocircuito del mismo,
- ▷ la reducción de la impedancia de los conductores de alimentación.

Conexión de condensadores en equipos de regulación del factor de potencia

Cuando un condensador se conecta a una batería de condensadores como, por ejemplo, de equipos automáticos de regulación de la energía reactiva, se producen fenómenos muy adversos para los aparatos de maniobra, dado que los condensadores ya conectados a la red hacen las veces de fuente adicional de energía.

Los picos de la corriente de conexión quedan limitados sólo por las impedancias de los conductores y, en el mejor de los casos, por la inductancia propia de los condensadores y la inductancia de las conexiones entre las baterías de condensadores.

Por lo tanto, los esfuerzos a los cuales se someten los aparatos de maniobra quedan determinados por:

- ▷ la relación entre la potencia de los condensadores que se conectan y la correspondiente a los condensadores que ya estaban conectados a la red,
- ▷ la longitud, es decir, la impedancia, de los conductores que interconectan a los condensadores,
- ▷ la inductancia propia de los condensadores, que en los condensadores tipo MKK de pérdidas reducidas se puede despreciar.

Para conectar condensadores de una manera económica deben tomarse, por lo general, medidas adicionales, por ejemplo, cuando se utilizan contactores para motores, existe el riesgo de soldadura de los contactos. En este caso, se puede aumentar la capacidad de maniobra, por medio de inductancias adicionales conectadas en las líneas de alimentación.

Por medio de contactores especiales para la conexión de condensadores o combinaciones de contactores que conectan los condensadores mediante resistencias de pre-carga, se logra aumentar la capacidad de maniobra y minimizar los efectos nocivos sobre la red de alimentación, porque en este caso se opera con una corriente de conexión definida y muy limitada.

En la norma IEC 947/DIN VDE 0660 para la maniobra de los condensadores se define la categoría de servicio AC-6b.

Los contactores para la conexión de condensadores trifásicos se describen en la Sección 3.7.6.

3.2.2.3 Aparatos para calefacción eléctrica

Los calefactores eléctricos se utilizan, por ejemplo, para la calefacción de ambientes, en hornos de resistencias y en instalaciones de aire acondicionado.

En caso de resistencias de alambre, la corriente de conexión puede ser 1,4 veces la corriente asignada. Si se tiene en cuenta un incremento de la tensión de red del 10%, se debe prever el aumento de la corriente de servicio correspondiente que tendrán los elementos de resistencia. Esto se debe considerar para seleccionar los aparatos de maniobra según su corriente de servicio asignada. Como categoría de servicio debe tomarse AC-1 en el caso de corriente

alterna y DC-1 para corriente continua. Para las maniobras es suficiente el uso de un interruptor con la capacidad de conexión bajo carga correspondiente.

Los circuitos para calefacción son, con frecuencia, circuitos monofásicos. En estos casos, las vías de corriente de los aparatos de maniobra se conectan en paralelo para aumentar la corriente de carga admisible.

Para determinar la capacidad de carga de las vías de corriente de los aparatos de maniobra conectadas en paralelo, debe consultarse la Sección 3.7.1.

3.2.2.4 Conexión de lámparas en instalaciones de iluminación

En las instalaciones de iluminación, los aparatos de maniobra pueden ser sometidos a esfuerzos particulares debido a las elevadas corrientes que circulan al cerrar el circuito.

Lámparas incandescentes

En las lámparas incandescentes el pico de la intensidad de la corriente de conexión alcanza un valor aproximado de 15 veces su valor asignado. La capacidad de cierre del contactor debe ser, como mínimo, de la Categoría de servicio AC-5b.

Lámparas de descarga gaseosa (lámparas fluorescentes) sin compensar

Las lámparas fluorescentes no compensadas y las lámparas en conexión Dúo tienen durante el proceso normal de encendido una corriente de precalentamiento de corta duración, que alcanza el doble del valor de la corriente asignada, La corriente de las lámparas no debe sobrepasar la corriente asignada de servicio I_e, del contactor correspondiente según la categoría AC-1.

Lámparas de descarga gaseosa (lámparas fluorescentes) compensadas

Cuando se conectan lámparas fluorescentes compensadas en paralelo pueden producirse picos de conexión que alcanzan valores de 20 veces la corriente asignada del condensador. Para lámparas fluorescentes con balastos electrónicos, la corriente de conexión promedio es de 10 veces la corriente de la lámpara.

En ambos casos, para seleccionar el contactor se debe considerar la categoría de servicio correspondiente a los condensadores de potencia AC-6b.

Los contactores deben seleccionarse de acuerdo con las Tablas 3.2/1 y 3.7/6 a 3.7/8 o con el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Lámparas de vapores metálicos y de mercurio a alta presión (HQL) y lámparas de halogenuros metálicos (HQI)

Estas lámparas se controlan con balastos conectados delante de la lámpara e ignitores. Durante el arranque, que dura entre 3 y 5 minutos, circula una corriente de conexión casi inductiva pura que puede alcanzar valores del orden del doble de la corriente asignada. La corriente asignada de servicio I_e, según AC-1 de los contactores debe corresponder, como mínimo, a la corriente de conexión de las lámparas de halogenuros metálicos.

Lámparas a vapor de sodio a alta presión (NAV)

Durante el arranque, que dura entre 5 y 10 minutos, circula una corriente inductiva de entre 1,7 y 2,2 veces la corriente asignada de la lámpara.

Esta corriente es la determinante para seleccionar el contactor en función de su corriente asignada de servicio I_e según la categoría de servicio AC-1.

Lámparas de mercurio a alta presión, lámparas de halogenuros metálicos, lámparas a vapor de sodio compensadas

Cuando las lámparas están compensadas, para seleccionar el contactor se debe tener en cuenta la elevada corriente de conexión del condensador. Por otra parte, como el condensador compensa parcialmente la corriente inductiva del encendido, cuando la corriente de conexión del condensador lo permite, se puede utilizar un contactor con una corriente nominal de servicio menor que la del contactor que se emplea cuando las lámparas no están compensadas.

La Tabla 3.2/1 reproduce un resumen de las corrientes de encendido de las diferentes lámparas y los valores necesarios para determinar los contactores de conexión.

Para seleccionar los contactores para la conexión de lámparas, ver la Sección 3.7.10.

3.2.2.5 Conexión de transformadores de baja tensión

Cuando se conecta un transformador de baja tensión, al formarse el campo magnético se produce una bre-

Tabla 3.2/1 Corriente de conexión de lámparas y selección de contactores
(Selección de contactores para conectar lámparas, ver las Tablas 3.7/6 a 3.7/8)

Tipo de lámpara	Corriente de arranque $I^{1)}$	Tiempo de encendido	Corriente de encendido I_{an}	cos φ	Bases de cálculo para contactores de acuerdo con	
	A	min	A		Categoría de servicio AC-1/DC-1 y AC-3	Capacidad de maniobra de condensadores (AC-6b)
Lámparas incandescentes	$15 \cdot I_{eL}$	–	–	1	$I_{eL} \leq 0{,}83 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$ y $\leq I_{e\ AC\text{-}1}$ y $\leq I_{e\ AC\text{-}5b}$	–
Lámparas fluorescentes y lámparas fluorescentes compactas (OSRAM DULUX) con balasto convencional						
– Sin compensar	$\approx 2{,}0 \cdot I_{eL}$	–	–	0,4–0,6	$I_{eL} \leq I_{e\ AC\text{-}1}$ y $\leq I_{e\ AC\text{-}5a}$	–
– Compensación en paralelo	$\approx 20 \cdot I_{eL}$	–	–	0,9	$I_{eL} \leq I_{e\ AC\text{-}1}$ y $R_{Ltg} \geq 0{,}8\ \Omega$ y $\leq I_{e\ AC\text{-}6b}$	$C_{adm} \leq 11{,}1 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}\ \mu F$
– Conexión DUO	$1{,}0 \cdot I_{eL}$	–	–	0,9	$I_{eL} \leq I_{e\ AC\text{-}1}$	–
Lámparas fluorescentes con balasto electrónico						
– Servicio en C.A.	$10 \cdot I_{eL}$	–	–	0,9	$I_{eL} \leq 0{,}7 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$	–
– Servicio en C.C.	$10 \cdot I_{eL}$	–	–	0,9	$I_{eL} \leq 0{,}7 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$ y $\leq I_{e\ DC\text{-}1}$	–
Lámparas de vapores metálicos y de mercurio a alta presión (HQL)						
– Sin compensar	$20 \cdot I_{eL}$	3–5	$2 \cdot I_{eL}$	0,4–0,6	$I_{eL} \leq 0{,}5 \cdot I_{e\ AC\text{-}1}$ y para sólo una lámpara $\leq 0{,}88 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$	–
– Compensación en paralelo	$20 \cdot I_{eL}$	3–5	$2 \cdot I_{eL}$	0,9	$I_{eL} \leq 0{,}5 \cdot I_{e\ AC\text{-}1}$ y para sólo una lámpara $\leq 0{,}88 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$ y $\leq I_{e\ AC\text{-}6b}$	– $C_{adm} \leq 11{,}1 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}\ \mu F^{2)}$
Lámparas de halogenuros metálicos (HQI)						
– Sin compensar	$20 \cdot I_{eL}$	5–10	1,7 hasta $2{,}2 \cdot I_{eL}$	0,4–0,5	$I_{eL} \leq 0{,}5 \cdot I_{e\ AC\text{-}1}$ y para sólo una lámpara $\leq 0{,}88 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$	–
– Compensación en paralelo	$20 \cdot I_{eL}$	5–10	1,7 hasta $2{,}2 \cdot I_{eL}$	0,9	$I_{eL} \leq 0{,}5 \cdot I_{e\ AC\text{-}1}$ y para sólo una lámpara $\leq 0{,}88 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$ y $\leq I_{e\ AC\text{-}6b}$	– $C_{adm} \leq 11{,}1 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}\ \mu F^{2)}$
Lámparas a vapor de sodio a alta presión (NAV)						
– Sin compensar	$20 \cdot I_{eL}$	5–10	1,7 hasta $2{,}2 \cdot I_{eL}$	0,4–0,5	$I_{eL} \leq 0{,}5 \cdot I_{e\ AC\text{-}1}$ y para sólo una lámpara $\leq 0{,}88 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$	–
– Compensación en paralelo	$20 \cdot I_{eL}$	5–10	1,7 hasta $2{,}2 \cdot I_{eL}$	0,9	$I_{eL} \leq 0{,}5 \cdot I_{e\ AC\text{-}1}$ y para sólo una lámpara $\leq 0{,}88 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}$ y $\leq I_{e\ AC\text{-}6b}$	– $C_{adm}{}^{4} \leq 11{,}1 \cdot I_{e\ AC\text{-}3}\ \mu F^{2)}$

1) Como múltiplo de la corriente asignada de la lámpara

2) Vale para resistencias de red interna $R_{Ltg} = 0{,}8\ \Omega$

ve extracorriente de conexión que puede alcanzar un valor de hasta 30 veces la corriente asignada del transformador. Este pico de la corriente de conexión que difiere para cada tipo de transformador, depende de la posición de los devanados, de los valores característicos del circuito magnético y, en especial, del ángulo de fase de la tensión en el instante de la conexión. Los contactores deben tener la capacidad de conexión apropiada para evitar que los contactos principales se suelden.

Para seleccionar los contactores para la conexión de transformadores, ver la Sección 3.7.11 y el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens. Además, se encuentra a disposición del usuario el software para PC, "ASIST" que facilita dicha selección (ver también la Sección 9.12).

3.3 Frecuencia de maniobras y vida útil

La frecuencia de maniobras de un aparato está en relación directa con la función que desempeña. De acuerdo con su aplicación, un aparato de maniobra se conecta con mayor o menor frecuencia. Mientras ciertas partes de las instalaciones sólo se desconectan de la red para trabajos de revisión o mantenimiento, es decir, rara vez, otros grupos como las máquinas de producción se desconectan en las pausas diarias o semanales. Otras máquinas-herramienta se maniobran una o más veces por hora. Por otra parte, las máquinas de producción masiva con controles automáticos realizan hasta 3000 ciclos de conexión/desconexión por hora (Número de maniobras, ver también la Sección 10.8).

Por lo tanto, resulta muy importante instalar aquellos aparatos de maniobra que sean aptos para la frecuencia de maniobras prevista y tengan suficiente vida útil para la misma.

3.3.1 Frecuencia de maniobras admisible

La frecuencia de maniobra admisible se indica en maniobras por hora; depende de la corriente asignada de servicio para la categoría de servicio correspondiente (ver la Sección 3.3.4).

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens podrá encontrar información detallada de la interdependencia entre la frecuencia de maniobras y la categoría de servicio.

Una frecuencia de maniobras elevada tiene como consecuencia un mayor calentamiento del aparato, en comparación con el del servicio permanente. La causa de esto son las corrientes de arranque elevadas que se producen durante la conexión y las pérdidas provocadas por los arcos de la desconexión. La frecuencia de maniobras máxima admisible está limitada por la frecuencia de maniobras en vacío. El límite de la frecuencia de maniobras depende del tipo de carga, de la categoría de servicio y de la temperatura ambiente. La frecuencia de maniobras admisible se calcula, para cada categoría de servicio, en función de la corriente de desconexión, la tensión asignada de servicio y la temperatura ambiente. Para los contactores se aplica la siguiente expresión:

$$Z' = Z \cdot \frac{I_e}{I'} \cdot \left(\frac{400\,\mathrm{V}}{U'}\right)^{1,5} \cdot \frac{55\,^\circ\mathrm{C}}{\vartheta_u}$$

(para $55\,^\circ\mathrm{C} \leq \vartheta_u \leq 70\,^\circ\mathrm{C}$).

Z' Frecuencia de maniobras admisible

Z Frecuencia de maniobra según la categoría de servicio

I' Corriente real de servicio

I_e Corriente asignada de servicio según la categoría de servicio

U' Tensión real de servicio

ϑ_u Temperatura ambiente

Debe tenerse en cuenta no sobrepasar nunca la frecuencia de maniobras admisible en vacío. La frecuencia de maniobras admisible de los interruptores automáticos y contactores está limitada por los dispositivos de protección contra sobrecarga previstos (por ejemplo, relés de sobreintensidad térmicamente retardados). Para más detalles, ver la Sección 3.4.3.4.

3.3.2 Vida útil mecánica

La vida útil mecánica de un aparato de maniobra está dada por el número de maniobras que el aparato puede efectuar, en servicio sin carga, es decir, sin que circule corriente por sus vías principales de corriente. Depende del desgaste de las piezas mecánicas móviles. Cuanto mayores son las fuerzas que deben manejarse, tanto mayor será el desgaste y los esfuerzos a los que se someten los materiales.

Los interruptores automáticos y los seccionadores para grandes corrientes asignadas trabajan con fuerzas de contacto muy elevadas y masas considerables. Por ello, su vida útil mecánica es limitada. Para una vida mecánica prolongada existen aparatos de ma-

Tabla 3.3/1
Categorías de servicio según la norma DIN EN 60947-4-1, 3, 5-1 (VDE 0660, Partes 102, 107 y 200).

Corriente alterna		Corriente continua		DIN VDE 0660 Parte	IEC 947 Parte
Categoría de servicio	Aplicación típica	Categoría de servicio	Aplicacíon típica		
AC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas; hornos de resistencias	DC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas; hornos de resistencias	102	4
AC-12	Control de cargas óhmicas y de semiconductores en circuitos de entradas con optoacopladores	DC-12	Control de cargas óhmicas y de semiconductores en circuitos de entradas con optoacopladores	200	5
AC-13	Control de cargas de semiconductores con separación por transformador	DC-13[1]	Control de electroimanes	200	5
AC-14	Control de pequeñas cargas electromagnéticas (máximo 72 VA)	DC-14	Control de cargas electromagnéticas y resistencias economizadoras en circuitos auxiliares	200	5
AC-15[1]	Control de cargas electromagnéticas (mayores que 72 VA)			200	5
AC-2	Motores con rotor de anillos rozantes: arranque, desconexión	–	–	102	4
AC-20	Cierre y apertura en vacío	DC-20	Cierre y apertura en vacío	107	3
AC-21	Conexión de cargas óhmicas inclusive sobrecargas moderadas	DC-21	Conexión de cargas óhmicas inclusive sobrecargas moderadas	107	3
AC-22	Conexión de cargas mixtas óhmicas e inductivas, inclusive sobrecargas moderadas	DC-22	Conexión de cargas mixtas óhmicas e inductivas inclusive, sobrecargas moderadas (por ejemplo, motores	107	3
AC-23	Conexión de motores u otras cargas muy inductivas	DC-23	con excitación independiente) Conexión de cargas muy inductivas (por ejemplo, motores con excitación en serie)	107	3
AC-3	Motores con rotor jaula: arranque, desconexión durante la marcha[4]	DC-3	Motores con excitación independiente: arranque, frenado por contracorriente[2], contramarcha, servicio intermitente[2], frenado por resistencias	102	4
AC-4	Motores con rotor jaula: arranque, frenado por contracorriente[2], contramarcha[2], servicio intermitente[3]	–	–	102	4
AC-5a	Conexión de lámparas de descarga gaseosa	DC-5	Motores con excitación en serie: arranque, frenado por contracorriente[2], contramarcha, servicio intermitente[2], frenado por resistencias	102	4
AC-5b	Conexión de lámparas incandescentes				
AC-6a	Conexión de transformadores	DC-6	Conexión de lámparas incandescentes	102	4
AC-6b	Conexión de baterías de condensadores				
AC-7a	Cargas ligeramente inductivas en electrodomésticos u otras aplicaciones similares				
AC-7b	Cargas de motores de electrodomésticos				
AC-8a	Conexión de compresores herméticos para refrigeración con reposición manual del disparador por sobrecargas[5]				
AC-8b	Conexión de compresores herméticos para refrigeración con reposición automática del disparador por sobrecargas[5]				

[1] En la norma DIN EN 60 947 (VDE 0660) se trasladan la AC-11 a la AC-15 y la DC-11 a la DC13.
[2] El rápido frenado o cambio del sentido de giro mediante la inversión de dos fases durante la marcha de un motor se denomina frenado por contracorriente o contramarcha de ese motor.
[3] La conexión breve, unitaria o repetitiva, para lograr un movimiento pequeño en las máquinas accionadas se denomina servicio intermitente del motor.
[4] Los aparatos pueden ser utilizados ocasionalmente en servicio intermitente o con frenado por contracorriente durante periodos limitados; en todo caso el número de maniobras no debe superar a cinco por minuto o diez, cada diez minutos.
[5] En los motocompresores herméticos para refrigeración, el compresor y el motor se montan en el interior de una única carcasa sin eje externo ni empaquetadura de acoplamiento y el motor funciona dentro del medio refrigerante.

niobra específicos, (por ejemplo, contactores), que trabajan con fuerzas de contacto relativamente reducidas.

3.3.3 Vida útil eléctrica

La vida útil eléctrica de un aparato de maniobra está determinada por el número de maniobras que puede efectuar hasta que sus contactos principales están desgastados. Los contactos se desgastan cuando son maniobrados bajo carga, tanto en el proceso de conexión como en el de desconexión. En la conexión los contactos móviles pueden rebotar. El desgaste de conexión así provocado y, sobre todo, el debido a los arcos producidos durante la desconexión, provoca un desgaste de las piezas de contacto, que esencialmente depende del trabajo de la maniobra y, por lo tanto, de la tensión, de la corriente y del tiempo. En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, se dan indicaciones sobre la vida útil eléctrica de los aparatos de maniobra para motores.

3.3.4 Selección según las categorías de servicio

Según la norma DIN EN 60947-4-1, 3, 5-1 (VDE 0660, partes 102, 107 y 200) (Tabla 3.3/1), se puede definir el tipo de aplicación y la solicitación a la que se someten los contactores, seccionadores, seccionadores bajo carga y seccionadores fusibles bajo carga, mediante la especificación de la categoría de servicio vinculada a la indicación de la correspondiente corriente asignada de servicio o la potencia del motor y la tensión asignada. Para un aparato de maniobras frecuentemente pueden ser válidas varias categorías de servicio, dependientes éstas de la tensión, de la corriente asignada y de la aplicación. En las Tablas 3.3/2 y 3.3/3 se definen para los valores corriente, tensión y factor de potencia, las capacidades de conexión y de desconexión asignadas, así como la vida útil eléctrica en conformidad con la categoría de servicio.

3.3.4.1 Selección de contactores

Para los contactores rigen, según la norma DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, parte 102), las categorías de servicio AC-1 a AC-8a/b y DC-1 a DC-5 (ver la Tabla 3.3/1).

La capacidad de *conexión* asignada de un contactor está dada por la intensidad de la corriente que el aparato puede conectar, bajo condiciones definidas, sin que durante la conexión se suelden los contactos, éstos sufran un desgaste excesivo por erosión eléctrica ni emerjan arcos demasiado fuertes.

Con condiciones definidas, la intensidad de la corriente que el aparato puede desconectar, sin que haya un desgaste excesivo de los contactos por erosión eléctrica ni emerjan arcos demasiado fuertes se define como la capacidad de *desconexión* asignada del contactor. La vida útil eléctrica indica la resistencia al desgaste eléctrico de un contactor. Queda determinada por el número de maniobras bajo carga, según las condiciones de servicio que puede realizar el contactor sin que deban efectuarse reparaciones o reemplazos de piezas.

En la Sección 3.7.7 se explica el procedimiento de selección de contactores 3RT1 y 3TF según las categorías de servicio AC-1, AC-3, AC-4, así como la vida útil de los contactos y en servicio mixto.

Además, Siemens ofrece el programa para PC, "ELLE". Con la ayuda de este software se puede calcular la vida útil eléctrica de los contactores en servicio mixto y seleccionar el contactor adecuado.

3.3.4.2 Selección de seccionadores bajo carga, seccionadores, seccionadores fusible bajo carga y unidades interruptor-fusibles

Para estos aparatos rigen, según la norma DIN EN 60947-3 (VDE 0660, Parte 107), las categorías de servicio AC-20 a AC-23 y DC-20 a DC-23 y para éstas se diferencia entre accionamiento frecuente (Categoría A) y accionamiento ocasional (Categoría B).

La capacidad asignada de *conexión* de un seccionador bajo carga está dada por la intensidad de la corriente que el aparato puede conectar bajo condiciones definidas.

La capacidad asignada de *desconexión* de un interruptor está dada por la intensidad de la corriente que el aparato puede desconectar bajo condiciones definidas.

Las Tablas 3.3/3a hasta 3.3/3c contienen los datos, con los que se pueden comprobar las capacidades asignadas de conexión y desconexión así como la vida eléctrica de interruptores, seccionadores, seccionadores bajo carga y unidades interruptor-fusibles.

La vida útil eléctrica indica la resistencia al desgaste eléctrico de un aparato de maniobra. Está dada por el número de maniobras bajo carga, según las condiciones de servicio, que el aparato puede realizar sin que deban efectuarse reparaciones o reemplazos de piezas.

Tabla 3.3/2
Comprobación de la capacidad asignada de conexión y de desconexión (a), así como de la vida útil eléctrica (b) de contactores en circuitos principales de acuerdo con las categorías de servicio, según la norma VDE 0660, Parte 102, 07.92 (DIN EN 60947-1-1: 1991). Para la comprobación de la capacidad de conexión en circuitos auxiliares, ver la Sección 4.2, Tabla 4.2/2.

a) Comprobación de la capacidad asignada de conexión y desconexión

Tipo de corriente	Categoría de servicio	Corriente asignada de servicio I_e en A	Conexión I/I_e	U/U_e	cos φ	Desconexión I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ
Corriente alterna	AC-1	Todos los valores	1,5	1,05	0,8	1,5	1,05	0,8
	AC-2	Todos los valores	4,0	1,05	0,65	4,0	1,05	0,65
	AC-3	$I_e \leq 100$ A $I_e > 100$ A	10 10	1,05 1,05	0,45 0,35	8,0 8,0	1,05 1,05	0,45 0,35
	AC-4	$I_e \leq 100$ A $I_e > 100$ A	12 12	1,05 1,05	0,45 0,35	10,0 10,0	1,05 1,05	0,45 0,35
					L/R (ms)			L/R (ms)
Corriente continua	DC-1	Todos los valores	1,5	1,05	1,0		1,05	1,0
	DC-3	Todos los valores	4,0	1,05	2,5		1,05	2,5
	DC-5	Todos los valores	4,0	1,05	15		1,05	15
	DC-6	Todos los valores	1,5[1)]	1,05	[1)]		1,05	[1)]

b) Comprobación de la vida útil eléctrica

Tipo de corriente	Categoría de servicio	Corriente asignada de servicio I_e in A	Conexión I/I_e	U/U_e	cos φ [2)]	Desconexión I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ [2)]
Corriente alterna	AC-1	Todos los valores	1,0	1,0	0,95	1,0	1,0	0,95
	AC-2	Todos los valores	2,5	1,0	0,65	2,5	1,0	0,65
	AC-3	$I_e \leq 17$ A $I_e > 17$ A	6,0 6,0	1,0 1,0	0,65 0,35	1,0 1,0	0,17 0,17	0,65 0,35
	AC-4	$I_e \leq 17$ A $I_e > 17$ A	6,0 6,0	1,0 1,0	0,65 0,35	6,0 6,0	1,0 1,0	0,65 0,35
					L/R (ms) [3)]			L/R (ms) [3)]
Corriente continua	DC-1	Todos los valores	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	DC-3	Todos los valores	2,5	1,0	2,0	2,5	1,0	2,0
	DC-5	Todos los valores	2,5	1,0	7,5	2,5	1,0	7,5

I Corriente de conexión
I_c Corriente de desconexión
I_e Corriente asignada de servicio
U Tensión aplicada
U_r Tensión de restablecimiento a frecuencia industrial
U_e Tensión asignada de servicio

[1)] El ensayo se debe realizar con carga de lámparas incandescentes.
[2)] Desviación límite para cos φ: ±0,05
[3)] Desviación límite para L/R: ±15%

Tabla 3.3/3
Comprobación de la capacidad asignada de conexión y de desconexión, así como de la vida útil eléctrica de interruptores, de seccionadores, de seccionadores bajo carga, y unidades interruptor fusibles, según la norma DIN EN 60947-3 (VDE 660 Teil 107): 12.92

a) Condiciones para la conexión y desconexión de acuerdo con las categorías de servicio

Tipo de corriente	Categoría de servicio		Corriente asignada de servicio I_e en A	Condiciones para la conexión[1]			Condiciones para la desconexión			Número de maniobras
				I/I_e	U/U_e	cos φ	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ	
Corriente alterna	AC-20 A[2]	AC-20 B[2]	Todos los valores	–[3]	–[3]	–[3]	–[3]	–[3]	–[3]	
	AC-21 A	AC-21 B	Todos los valores	1,5	1,05	0,95	1,5	1,05	0,95	5
	AC-22 A	AC-22 B	Todos los valores	3	1,05	0,65	3	1,05	0,65	5
	AC-23 A	AC-23 B	$0 < I_e \leq 100$ A	10	1,05	0,45	8	1,05	0,45	5
			100 A $< I_e$	10	1,05	0,35	8	1,05	0,35	3
					L/R (ms)				L/R (ms)	
Corriente continua	DC-20 A[2]	DC-20 B[2]	Todos los valores	–[3]	–[3]	–[3]	–[3]	–[3]	–[3]	
	DC-21 A	DC-21 B	Todos los valores	1,5	1,05	1	1,5	1,05	1	5
	DC-22 A	DC-22 B	Todos los valores	4	1,05	2,5	4	1,05	2,5	5
	DC-23 A	DC-23 B	Todos los valores	4	1,05	15	4	1,05	15	5

b) Comprobación del comportamiento en servicio
Número de maniobras (vida útil eléctrica) con la corriente asignada de servicio

Corriente asignada de servicio I_e (A)	Número de maniobras por hora	Número de maniobras C.A. y C.C.					
		Categoría: A			Categoría: B		
		sin corriente	con corriente	total	sin corriente	con corriente	total
$I_e \leq 100$	120	8500	1500	10000	1700	300	2000
$200 < I_e \leq 315$	120	7000	1000	8000	1400	200	1600
$315 < I_e \leq 630$	60	4000	1000	5000	800	200	1000
$630 < I_e \leq 2500$	20	2500	500	3000	500	100	600
$2500 < I_e$	10	1500	500	2000	300	100	400

I Corriente de conexión
I_c Corriente de desconexión
I_e Corriente asignada de servicio
U Tensión aplicada
U_e Tensión asignada de servicio
U_r Tensión de restablecimiento a frecuencia industrial o con corriente continua

c) Datos del circuito de pruebas para la comprobación del comportamiento en servicio, según la Tabla b)

Tipo de corriente	Categoría de servicio		Corriente asignada de servicio	Condiciones para la conexión[1]			Condiciones para la desconexión		
			I_e en A	I/I_e	U/U_e	cos φ	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ
Corriente alterna	AC-21 A	AC-21 B	Todos los valores	1	1	0,95	1	1	0,95
	AC-22 A	AC-22 B	Todos los valores	1	1	0,8	1	1	0,8
	AC-23 A	AC-23 B	Todos los valores	1	1	0,65	1	1	0,65
Corriente continua	DC-21 A	DC-21 B	Todos los valores	1	1	1	1	1	1
	DC-22 A	DC-22 B	Todos los valores	1	1	2	1	1	2
	DC-23 A	DC-23 B	Todos los valores	1	1	7,5	1	1	7,5

[1] En corriente alterna las condiciones de conexión se expresan en valores eficaces, con lo cual el valor de cresta de la corriente asimétrica puede tomar un valor mas elevado de acuerdo con el factor de potencia del circuito de corriente.
[2] Esta categoría de servicio no está autorizada en EE.UU.
[3] Cuando el aparato de maniobras tiene una capacidad de conexión y/o de desconexión, el fabricante debe indicar los valores de la corriente y del factor de potencia (constante de tiempo) correspondientes.

Tabla 3.4/1
Dispositivos de protección en baja tensión

Dispositivo de protección	Ofrece protección contra		
	Sobre-cargas	Corto-circui-tos	Sobretem-peraturas
Fusibles			
para la clase de servicio gL/gG[1]	x[3]	×	–
para la clase de servicio aM[2]	–	×	–
Interruptor automático con			
Disparador a	×	–	–
Disparador z	–	×	–
Disparador n	–	×	–
Interruptor cortacircuitos automático (LS)[4]	×	×	–
Relé de sobrecarga retardo térmico dependiente de la intensidad de la corriente	×	–	–
retardo electrónico	×	–	–
Relé de sobreintensidad electromagnético sin retardo	×	×	–
Aparato de protección de motores por termistor	x[5]	–	×

a Disparador con retardo dependiente de la intensidad de la corriente
z Disparador con retardo breve
n Disparador electromagnético sin retardo

[1] Fusibles de uso general (general purpose fuses) para la protección de conductores, cables y líneas.
[2] Fusible de uso parcial (accompanied fuses) para la protección de aparatos de maniobra en derivaciones a motor.
[3] No apto para motores.
[4] Los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) según la norma DIN VDE 0641 son interruptores de protección con disparador contra sobrecargas con retardo dependiente de la corriente y disparador contra cortocircuitos sin retardo.
[5] No apto para motores con rotor crítico.

3.4 Protección contra sobreintensidades y sobretemperatura

Se deben diferenciar entre las siguientes protecciones:

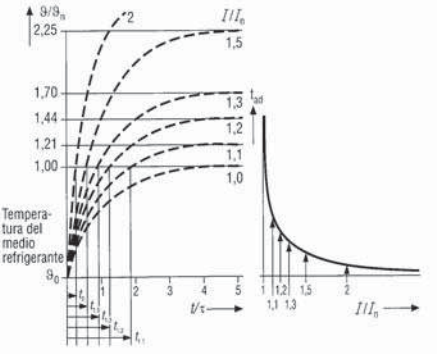
▷ Protección contra corrientes de sobrecarga,

▷ Protección contra corrientes de cortocircuito y

▷ Protección contra sobretemperatura.

Diferentes aparatos que ofrecen protección contra corrientes o temperaturas excesivas asumen esta protección según la naturaleza de la sobrecarga. Así, la protección contra sobrecargas la asumen, en la mayoría de los casos, los disparadores o relés de sobrecargas retardados dependientes de la sobreintensidad, ya sean térmicos o electrónicos. La protección contra cortocircuitos está dada predominantemente por disparadores o relés de sobreintensidad magnéticos o electrónicos no retardados. La función de "protección selectiva contra cortocircuitos" es asignada, en la mayor parte de las veces, a los disparadores de sobreintensidad magnéticos o electrónicos no retardados. Los aparatos de protección de motores por termistores desempeñan, por lo general, la función de protección contra sobretemperaturas.

La Tabla 3.4/1 ofrece un resumen de los dispositivos de protección de baja tensión contra sobrecargas, corrientes de cortocircuito y sobretemperaturas.



a) Calentamiento con carga a corriente asignada ($1{,}0 \cdot I_n$) y con sobrecargas de diferentes intensidades ($1{,}1\cdot$, $1{,}2\cdot$, $1{,}3\cdot$, $1{,}5\cdot$, $2\cdot I_n$)
b) Carga admisible

ϑ_n Temperatura asignada admisible
ϑ_0 Temperatura del medio refrigerante
t_{ad} Tiempo de carga admisible
τ Constante de tiempo térmica

Figura 3.4/1
Sobrecarga admisible en un cuerpo, cuando no se supera su temperatura límite

3.4.1 Funciones generales

3.4.1.1 Protección contra sobrecargas

Una sobrecarga de los componentes de las instalaciones se produce cuando durante un servicio normal las intensidades de la corriente superan los valores

asignados durante lapsos prolongados, o cuando el equipamiento eléctrico como, por ejemplo, los motores o los conductores no se calcularon adecuadamente. Estas intensidades de la corriente calientan los paquetes de bobinas del devanado de los motores y los conductores a valores excesivos que disminuyen la vida útil de sus aislamientos.

Cuanto mayor sea la intensidad de la corriente de sobrecarga, más rápidamente se alcanza la temperatura límite admisible y, por lo tanto, menor es el tiempo admisible de carga (Figura 3.4/1a). La curva de carga admisible se obtiene representando los tiempos admisibles de las cargas en un diagrama corriente-tiempo (Figura 3.4/1b).

La función de la protección contra sobrecargas es la de admitir las sobrecargas correspondientes a un servicio normal, pero desconectarlas antes de que excedan el tiempo admisible de carga.

3.4.1.2 Protección en caso de cortocircuito

Las causas de un cortocircuito pueden ser un defecto del aislamiento o una conexión incorrecta. Los cortocircuitos están vinculados, por lo general, con un arco voltaico.

Los arcos debidos a cortocircuitos pueden destruir las instalaciones y poner en peligro al personal de servicio. La intensidad de la corriente de un cortocircuito produce una considerable sobrecarga térmica y dinámica en los conductores por los que circula y también en los demás componentes de la instalación. Las fuerzas dinámicas dependen del cuadrado de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito i_p (también denominada corriente de choque) (ver también la Sección 2.1.4) y los esfuerzos térmicos, del cuadrado de la corriente permanente de cortocircuito (valor eficaz) y de su duración, o sea, de su valor térmico $I_k^2 \cdot t$.

La función de la protección contra cortocircuitos es reducir al mínimo posible los efectos peligrosos de un cortocircuito. Para esto tiene que detectarse la corriente de cortocircuito en pocos milisegundos y comenzar el proceso de su interrupción. En este caso, es ventajosa una limitación adicional de la corriente.

3.4.1.3 Protección contra sobretemperaturas

Las sobretemperaturas en máquinas eléctricas también pueden producirse en forma indirecta como, por ejemplo, por deficiencias en su refrigeración. La protección contra sobretemperaturas o protección por termistores, a diferencia de las protecciones dependientes de la intensidad de la corriente, toman la temperatura por medio de sensores ubicados directamente en el aparato a proteger, ya sean estos motores o transformadores.

La función de la protección contra sobretemperaturas es controlar que no se excedan las temperaturas de servicio admisibles y desconectar a tiempo antes de que el equipo protegido supere su temperatura límite admisible.

El sistema puede disponerse de tal forma que a determinada sobretemperatura se produzca un aviso antes de la desconexión, para poder tomar las medidas preventivas con suficiente antelación.

3.4.2 Normas

3.4.2.1 Normas para aparatos de protección contra sobrecargas

Las exigencias para los aparatos de protección contra sobrecargas en arrancadores de motores se especifican en la norma DIN VDE 0660, Parte 102 y para interruptores automáticos en la DIN VDE 0660, Parte 101 (ver la Tabla 3.4/2). Cuando se utilizan interruptores automáticos como arrancadores de motores (guardamotores), deben aplicarse para sus disparadores por sobrecargas los valores característicos, según la norma DIN VDE 0660, Parte 102 (ver la Tabla 3.4/3). Para los aparatos de protección contra sobrecargas debe tenerse en cuenta la Publicación IEC 947-4-1, 05.90; para los interruptores automáticos, la IEC 947-2, 01.89 y la DIN VDE 0660, Parte 101, 07.92.

Para un factor A de la corriente ajustada I_r, a partir del estado frío, el disparador no debe actuar dentro del tiempo de disparo t. A continuación debe elevarse la corriente de prueba en un factor B del valor ajustado de la intensidad de la corriente. El disparador debe actuar dentro del tiempo de disparo t.

Para un relé de sobrecargas térmico rige, además, lo siguiente:

Para una intensidad de la corriente ajustada según el factor C, un relé de sobrecargas con clase de disparo 10a, 10, 20 ó 30 debe actuar dentro de los 2, 4, 8 ó 12 minutos, respectivamente. Para intensidades de la corriente ajustadas según el factor D, la actuación a partir del estado frío se tiene que producir según las indicaciones dadas en la Sección 3.4.3.4.

Para cargas bipolares se admite que el factor B sea un 10% mayor que para el caso de carga tripolar.

Tabla 3.4/2
Valores característicos de las corrientes de prueba y los tiempos de actuación para interruptores automáticos según las normas DIN VDE 0660, Parte 101, IEC 947-2 y EN 60947-2

Disparador por sobrecarga	Corriente ajustada I_r	Corriente de prueba como múltiplo de la corriente ajustada I_r		Tiempo de disparo t	Temperatura ambiente ϑ_u (valor de referencia)
		Factor A	Factor B		
Sin compensación de la temperatura ambiente	$I_r \leq 63$ A	1,05	1,3	1 h	+20 ó +40 °C, salvo que el fabricante indique otro valor
	$I_r \geq 63$ A	1,05	1,3	2 h	
Con compensación de la temperatura ambiente	$I_r \leq 63$ A	1,05 1,05 1,00	1,3 1,4 1,3	1 h 1 h 1 h	+20 °C −5 °C +40 °C
	$I_r > 63$ A	1,05 1,05 1,00	1,25 1,35 1,25	2 h 2 h 2 h	+20 °C −5 °C +40 °C

Tabla 3.4/3
Valores característicos de la corriente de actuación y tiempos de retardo para relés trifásicos térmicos con retardo dependiente de la corriente, según la norma DIN VDE 0660 parte 102

Relé contra sobrecargas	Corriente de prueba como múltiplo de la corriente ajustada I_r [1]				Tiempo de disparo t	Temperatura ambiente ϑ_u (valor de referencia)
	Factor A	Factor B	Factor C	Factor D		
a) Todos los polos uniformemente cargados						
Sin compensación de la temperatura ambiente	1,00	1,2	1,5	7,2	2 h	+40 °C [2]
Con compensación de la temperatura ambiente	1,05	1,2	1,5	7,2	2 h	+20 °C
b) Sólo dos polos cargados, sin sensibilidad a la falta de fase						
	Factor A		Factor B			
Sin compensación de la temperatura ambiente	1,0 (3 polos cargados)		1,25 (2 polos cargados) 0 (un polo cargado)		2 h	+40 °C
Con compensación de la temperatura ambiente	1,0 (3 polos cargados)		1,32 (2 polos cargados) 0 (un polo cargado)		2 h	+20 °C
c) Polos sin carga uniforme, con sensibilidad a la falta de fase						
Con compensación de la temperatura ambiente	1,0 (2 polos cargados) 0,9 (un polo cargado)		1,15 (2 polos cargados) 0 (un polo cargado)		2 h	+20 °C

[1] Los valores son válidos para todas las posibles combinaciones de polos.
[2] El valor de referencia de la temperatura ambiente puede estar entre −5 °C y +40 °C: valores preferidos +20 °C y +40 °C

En la Tabla 3.4/3 se reproducen datos característicos para el disparo de los relés térmicos tripolares contra sobrecargas con retardo dependiente de la corriente, según la norma DIN VDE 0660, Parte 102.

3.4.2.2 Factores de servicio según las normas UL/CSA

Las intensidades límite de disparo de los aparatos de protección contra sobrecargas se fijan en función del factor de servicio (SF) del motor. Este factor indica, frente a SF = 1, hasta qué valor pueden aumentarse la potencia y la corriente del motor cuando se admite una vida útil reducida.

Se diferencia entre SF ≥ 1,15 y SF < 1,15. Para los motores con SF ≥ 1,15, la corriente límite de disparo para carga tripolar simétrica es de 1,25 veces la I_r, y para motores con SF < 1,15 su valor es 1,15 veces I_r.

Para un máximo del 200% de la intensidad límite de disparo, éste debe producirse, como máximo, dentro de los 8 minutos. Si la sobrecarga es del 600%, debe ocurrir en un máximo de 30 segundos. El ensayo se realiza a partir del estado frío.

Los relés Siemens contra sobrecargas con retardo dependiente de la corriente para la clase de disparo CLASS 10 pueden emplearse para motores con SF ≥ 1,15 sin corrección individual. En caso de motores con SF < 1,15 debe corregirse a 0,92 veces la corriente asignada del motor.

Los relés electrónicos secundarios (conectados a transformadores) con retardo se pueden emplear sin correcciones para motores con SF < 1,15. En cambio, para motores con SF ≥ 1,15, estos relés deben ajustarse a 1,09 veces la corriente asignada del motor.

3.4.2.3 Normas para aparatos de protección contra sobreintensidades (cortocircuitos)

Los interruptores automáticos se equipan con disparadores electromagnéticos o electrónicos sin retardo por cortocircuito para que actúen y disparen en caso de cortocircuito. En las normas DIN VDE 0660, Parte 101, 07.92 e IEC 947-2, sólo hay indicaciones relacionadas con las tolerancias de la intensidad de la corriente de reacción, pero no con su valor. Las corrientes de reacción pueden ser fijas o ajustables; su intensidad se encuentra, por lo general, entre 5 y 10 veces la corriente asignada cuando se los utiliza para proteger instalaciones, mientras que para proteger motores, estos valores son muy superiores.

Los disparadores electromagnéticos sin retardo contra cortocircuitos de los interruptores automáticos (guardamotores) 3RV de la serie de productos SIRIUS 3R están ajustados a un valor fijo de doce veces la corriente asignada.

3.4.2.4 Normas para aparatos de protección contra sobretemperaturas

Los requerimientos impuestos a los aparatos de protección mediante termistores están especificadas en la Publicación IEC 34-11-2, Secciones 1 y 2, en la norma DIN VDE 0660, Parte 302, 02.87 "Protección térmica de máquinas con sensores de temperatura y aparatos de disparo" y en la norma DIN VDE 0660, Parte 303, 02.87 "Protección térmica de máquinas rotativas con termistores y aparatos de disparo" (ver también la Sección 1.2.1). En la norma DIN VDE 0660, Parte 303 se estipulan los valores característicos para la actuación conjunta de las sondas térmicas tipo A y los aparatos de disparo tipo A.

Relación resistencia-temperatura de las sondas térmicas tipo A

La resistencia de cada sonda con termistor PTC, referidas a su temperatura nominal de reacción (TNF) debe satisfacer las condiciones siguientes:

a) Resistencia ≤ 550 Ω, para una temperatura de (TNF − 5) °C y una tensión continua de medición ≤ 2,5 V.

b) Resistencia ≥ 1330 Ω, para una temperatura de (TNF + 5) °C y una tensión continua de medición ≤ 2,5 V.

c) Resistencia ≥ 4000 Ω, para una temperatura de (TNF +15) °C y una tensión continua de medición ≤ 7,5 V.

d) Resistencia ≤ 250 Ω, para todas las temperaturas comprendidas entre − 20 °C y (TNF − 20) °C y una tensión continua de medición ≤ 2,5 V.

El tipo de montaje preferido es la conexión en serie de tres sondas térmicas. Si se tiene previsto conectar más de 3 sondas en serie, la resistencia de cada una debe ser tal que el valor de la resistencia serie total no supere los 750 Ω con una temperatura comprendida entre −20 °C y (TNF − 20) °C (ver también la Sección 3.4.3.6).

Características de los aparatos de disparo tipo A

Cuando el aparato de disparo para sondas térmicas PTC trabaja en condiciones normales de servicio se-

Figura 3.4/2
Curvas características tiempo de fusión-corriente de un fusible de la clase de servicio gL/gG

gún la norma DIN VDE 0660, Parte 302, 02.87, debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) El aparato de disparo debe poderse conectar y reponer con un valor de resistencia del circuito de sondas térmicas $\leq 750\ \Omega$.

b) El aparato de disparo debe desconectar cuando la resistencia del circuito de sondas térmicas aumenta de un valor de 1650 Ω a 4000 Ω.

c) El aparato de disparo debe poderse conectar y reponer cuando la resistencia del circuito de las sondas térmicas retorna de un valor de 1650 Ω a 750 Ω.

d) Cuando en el servicio con tensión asignada se conecta una resistencia de 4000 Ω en cada par de bornes previstos para la conexión de un circuito de sondas térmicas, la tensión aplicada a cada par de estos terminales no debe superar los 7,5 V (tensión continua o valor de pico en tensión alterna).

e) Los valores de trabajo del aparato de disparo no deben sufrir cambios notorios con una capacidad del circuito de sondas térmicas de hasta 0,2 µF.

3.4.3 Aparatos de protección

3.4.3.1 Fusibles

Curvas características tiempo-corriente

Los tiempos de fusión de un fusible se representan, por lo general, en un diagrama tiempo-corriente y división logarítmica tanto en las ordenadas como en las abscisas. La curva característica de fusión comienza con la mínima corriente que aún logra fundir el elemento fusible, asintótica con la recta de los valores del calor generado por esa corriente (recta $I^2 \cdot t$). Esta recta, en el rango de las elevadas corrientes de cortocircuito, indica el valor constante del calor de fusión $I^2 \cdot t$ (Figura 3.4/2).

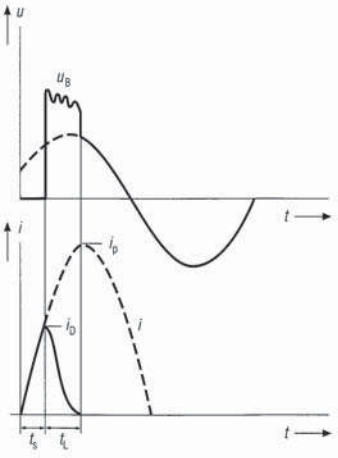
La curva característica de fusión depende, en primer lugar, de la transmisión de calor del elemento fusible al exterior. En la norma VDE 0636 están estipulados para las curvas características de los fusibles los márgenes de tiempo y de intensidad de la corriente dentro de los cuales deben ubicarse las curvas. Estos márgenes son necesarios debido a las ineludibles tolerancias de fabricación.

Según la norma DIN VDE 0636, para las curvas características de fusión vale una tolerancia del 10% en el eje de las corrientes. En el caso de los fusibles NH de Siemens, clases de servicio gL/gG, y los fusibles aM de Siemens, la desviación es inferior al 5%. Para corrientes de hasta unas 20 veces la I_n, a efectos prácticos la curva característica de fusión coincide con la curva característica de ruptura. A corrientes de cortocircuito mayores, ambas curvas características divergen. La diferencia entre ambas curvas está dada por el correspondiente tiempo t_L de extinción del arco, el cual, no sólo depende del factor de potencia, sino fundamentalmente, de la tensión de servicio y de la corriente que se debe interrumpir.

En el catálogo I 2.21 y en la documentación técnica se representan las curvas características de fusión medias determinadas a una temperatura ambiente de (20 ± 5) °C. Estas curvas son válidas para fusibles sin carga previa (ver también la Sección 10.6).

Limitación de la corriente

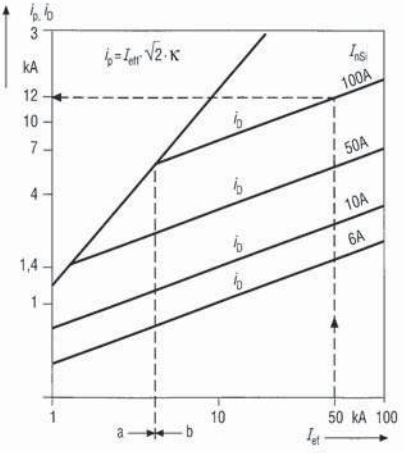
Con las elevadas corrientes de cortocircuito, los fusibles se funden tan rápidamente que ya no se alcanza la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (o de choque), i_p (Figura 3.4/3). El valor instantáneo máximo que la corriente de cortocircuito puede alcanzar se denomina corriente de corte o ruptura limitada i_D. La limitación de la corriente se indica en



i_p Corriente máxima asimétrica de cortocircuito
i_D Corriente de ruptura limitada
t_s Tiempo de fusión
t_L Tiempo de extinción
u_B Tensión del arco

Figura 3.4/3

Oscilograma de la desconexión de un cortocircuito por un fusible.



I_{ef} Corriente característica de cortocircuito
I_{nSi} Corriente asignada del fusible
i_D Corriente de corte limitada
i_p Corriente máxima asimétrica de cortocircuito
a Zona en la que no se limita la corriente
b Zona en la que se limita la corriente
κ Factor de choque

Figura 3.4/4
Diagrama de la limitación de la corriente de fusibles NH tamaño 00 clase de servicio gL/gG, corrientes asignadas de 6, 10, 50 y 100 A

los catálogos en forma de diagramas de corrientes de corte o ruptura limitada (Figura 3.4/4). Dicha limitación se determina a partir del valor eficaz de la corriente característica de cortocircuito I_{ef}, para el cual se produce la intersección de la recta de la corriente de ruptura limitada i_D y la recta de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito i_p no limitada.

Ejemplo

Tensión de la red	500 V, 50 Hz
Valor eficaz de la corriente característica de cortocircuito I_{ef} (corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k determinada por cálculo).	50 kA
Corriente máxima asimétrica de cortocircuito con la mayor componente de corriente continua	105 kA
Fusible previsto: Cartucho fusible NH, tamaño 00, clase de servicio gL/gG	
Corriente asignada	100 A
Valor de cresta de la corriente de ruptura limitada i_D (del diagrama de la figura 3.4/4)	12 kA

El fusible de 100 A limita la corriente máxima asimétrica de cortocircuito i_p a sólo el 11,5% del valor previsto ($i_D = 0{,}115 \cdot i_p$).

Capacidad de ruptura

Los fusibles pueden dominar, debido a su capacidad de limitar las corrientes de cortocircuito (Figura 3.4/4), elevadas corrientes de cortocircuito en un espacio de extinción muy pequeño. Cuanto mayor es la limitación de la corriente, tanto mayor será la capacidad de ruptura en igual espacio de extinción. Por ejemplo, los fusibles NH de Siemens dominan corrientes asignadas de ruptura de, como mínimo, 120 kA, con un cos φ = 0,1. Si se tiene en cuenta que la norma DIN VDE 0636 sólo exige un valor de

50 kA, se observa que aun en redes de 690 V de corriente alterna los fusibles NH de Siemens superan ampliamente los valores fijados.

Esta efectiva limitación de la corriente y la elevada capacidad de ruptura consecuente, son características específicas de los fusibles, que los convierten en elementos indispensables en la técnica de protección contra cortocircuitos.

Valores térmicos (valores $I^2 \cdot t$)

El calor producido por la corriente y absorbido por la fusión tiene el valor $I^2 \cdot t_s$, y el calor producido por la corriente absorbido hasta que el arco se extingue tiene el valor $I^2 \cdot t$. Los valores $I^2 \cdot t_s$ de fusión e $I^2 \cdot t$ de ruptura de los fusibles NH de Siemens se encuentran muy por debajo de los valores límite fijados por la norma DIN VDE 0636.

Los valores $I^2 \cdot t$ de los fusibles son determinantes para establecer la selectividad entre ellos cuando circulan corrientes elevadas y también cuantifican los esfuerzos térmicos a los que se someten los objetos a proteger como, por ejemplo, los conductores (ver también la Sección 3.4.4.4).

Influencia de la temperatura ambiente

En la práctica, los fusibles se utilizan con diferentes temperaturas ambiente, las que, sobre todo, son variables. Las temperaturas ambiente comprendidas entre -5 y $+45$ °C tienen una influencia prácticamente despreciable en la curva característica de los fusibles NH de Siemens. Además, a una temperatura ambiente de 55 °C los fusibles NH admiten en forma permanente su corriente asignada y con 65 °C la soportan, como mínimo, durante 24 horas.

Disipación propia asignada

Una disipación propia asignada reducida (potencia de pérdidas del elemento) no sólo disminuye los costos de operación, sino también genera menos calor. Esto es favorable, en especial, cuando los fusibles deben instalarse en los cada vez más compactos armarios o tableros de distribución. Cuanto menos calor disipen los fusibles, tanto menor será la carga térmica a que se exponen los bornes de las bases portafusibles, al igual que los cables y conductores conectados a los mismos.

La disipación asignada de los fusibles NH de Siemens se encuentra muy por debajo de los límites admitidos por la norma DIN VDE 0636 para la corriente asignada máxima de cada tamaño constructivo.

Tabla 3.4/4
Clasificación de los fusibles de baja tensión por características de funcionamiento según las normas DIN VDE 0636, Parte 10, EN 60269-1 e IEC 269-1

Clase de funcionamiento, denominación	Corriente permanente hasta	Corriente de ruptura	Clase de servicio, denominación	Protección de
Fusibles de uso general				
g	I_n	$\geq I_{min}$	gL/gG[1)]	Cables y conductores
			gR	Semiconductores
			gB	Instalaciones mineras
Fusibles de uso parcial				
a	I_n	$\geq 6{,}3 \cdot I_n$	aM	Aparatos de maniobra
		$\geq 2{,}7 \cdot I_n$	aR	Semiconductores

I_{min} Corriente mínima de ruptura (Corriente de fusión)

[1)] En el marco de la armonización de normas se reemplazará la clase de servicio gG por la clase de servicio gL

Resistencia al envejecimiento

Los fusibles se utilizan con frecuencia para proteger contra cortocircuitos las líneas de alimentación de motores. En estos casos, durante el servicio regular, se presentan sobrecargas de breve duración que pueden llegar a ocho y hasta a doce veces la corriente asignada del motor. Los fusibles NH de Siemens no sólo soportan estas sobrecargas breves sin que se modifiquen sus curvas características, sino también sobrecargas prolongadas.

Clasificación

Los fusibles de baja tensión se clasifican de acuerdo con sus características de funcionamiento y según su forma constructiva.

La Tabla 3.4/4 ofrece un resumen de la clasificación según sus características funcionales.

La clase de funcionamiento **g** (general purpose fuses) caracteriza a los fusibles de uso general, los cuales pueden ser cargados en forma permanente con su

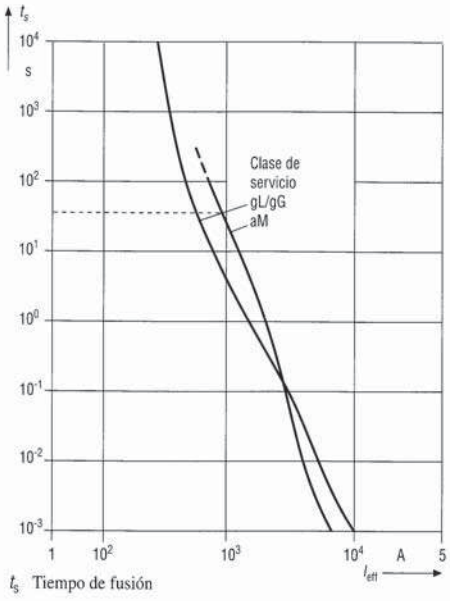


Figura 3.4/5
Curvas características de la relación tiempo de fusión-corriente de fusibles NH de 200 A de corriente asignada, clases de servicio gL/gG y aM

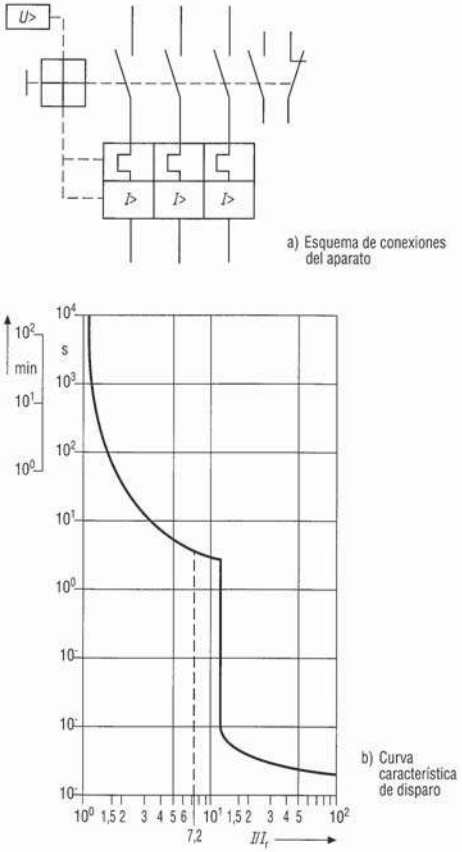


Figura 3.4/6
Interruptor automático con disparadores por sobrecargas con retardo dependiente de la intensidad de la corriente y disparadores electromagnéticos por cortocircuitos sin retardo (disparadores a y n)

corriente asignada e interrumpir corrientes desde su menor corriente de fusión hasta la capacidad de ruptura asignada.

A esta clase de funcionamiento pertenecen los fusibles gL/gG para la protección de cables y conductores.

La clase de funcionamiento **a** (accompanied fuses) caracteriza a los fusibles de uso parcial, por los cuales puede circular en forma permanente, como mínimo, su corriente asignada e interrumpir corrientes superiores a un determinado múltiplo de su corriente asignada, hasta su capacidad de ruptura asignada.

Los fusibles de la clase de servicio aM pertenecen a esta clase de funcionamiento, cuya corriente de interrupción comienza a partir de cuatro veces la corriente asignada, y por lo tanto, sólo protegen contra cortocircuitos.

En la figura 3.4/5 se comparan las curvas características de la relación tiempo de fusión-corriente de los fusibles NH de 200 A, de las clases de servicio gL/gG y aM.

3.4.3.2 Interruptores automáticos

Los interruptores automáticos se utilizan fundamentalmente para proteger contra cortocircuitos, así como también para proteger contra sobrecargas, corrientes de defecto y tensiones bajas. Según la función de aplicación, sus vías de corriente se equipan con disparadores o relés.

Los disparadores forman parte del interruptor (Figura 3.4/6 a). Los relés, por ejemplo, los aparatos de disparo por termistores actúan, por el contrario, eléctricamente

a través de un disparador de mínima tensión o bobina de apertura por tensión sobre el mecanismo del interruptor. La Tabla 3.4/5 presenta un resumen de los disparadores y relés para interruptores automáticos.

Los relés de protección contra corrientes de defecto o falla a tierra se detallan en la Sección 3.6.

Capacidad asignada de ruptura y de conexión en cortocircuito

La capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cn} y la capacidad asignada de conexión en cortocircuito I_{cm} del interruptor automático deben tener un valor como mínimo igual al de la intensidad de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k, que puede producirse en ese lugar de la instalación. Si no fuera éste el caso, será necesario una protección de respaldo, por ejemplo, por medio de fusibles conectados delante del interruptor. Los valores máximos admisibles de los fusibles se obtienen en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Corriente asignada de choque y corriente asignada de breve duración

Los interruptores automáticos para protección selectiva en caso de cortocircuito en la posición de cerrados deben poder conducir la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (o de choque) i_p y el valor eficaz de la corriente de cortocircuito durante el tiempo de retardo preestablecido. En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens figuran los valores de la corriente asignada de choque y de la corriente asignada de breve duración (corriente de 1 s) de los interruptores. En caso de corriente alterna, se toma el valor eficaz de la componente de corriente alterna de la corriente característica de cortocircuito.

Disparadores contra sobrecargas

Los disparadores contra sobrecargas con retardo dependiente de la corriente, pueden regularse dentro de un determinado margen y, a veces, están ajustados en un valor fijo. El ajuste se efectúa con ayuda de un botón giratorio, mediante la entrada con pulsadores o con una palanca. Con la corriente ajustada I_r se determina la curva característica de disparo. En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se representa la curva característica de disparo como múltiplo de la corriente ajustada I_r (Figura 3.4/6).

En los disparadores electrónicos contra sobrecargas se puede modificar el tiempo de disparo para $7{,}2 \cdot I_r$ por medio del ajuste CLASS (Clase de disparo).

Tabla 3.4/5
Disparadores y relés de interruptores automáticos con función de protección

Función	Disparador	Relé
Protección contra sobrecargas	Disparador por sobrecargas térmico o electrónico con retardo dependiente de la de la intensidad de la corriente	Relé de sobrecargas térmico o electrónico con retardo dependiente de la de la intensidad de la corriente Aparato de protección con termistores
Protección contra cortocircuitos	Disparador por sobreintensidad electromagnético o electrónico sin retardo	Relé de sobreintensidad electromagnético sin retardo
Protección contra cortocircuitos con selectividad	Disparador por sobreintensidad electromagnético o electrónico con retardo breve	–

En las normas DIN VDE y publicaciones de la IEC, se dan indicaciones relacionadas con las corrientes de reacción y el comportamiento de los disparadores y relés térmicos con retardo dependiente de la corriente de protección contra sobrecargas (ver también la Sección 3.4.2.1).

Disparadores por cortocircuitos

Los disparadores electromagnéticos contra cortocircuitos pueden estar ajustados a un valor fijo o ser regulables; en cambio, los disparadores electrónicos contra cortocircuitos de los interruptores automáticos Siemens siempre son ajustables.

La Tabla 3.4/6 muestra los márgenes de ajuste de los disparadores de protección contra cortocircuitos. Según la norma DIN VDE 0660, la corriente de reacción, para la que se producirá el disparo, puede tener una desviación del ±20% del valor ajustado.

Bloqueo mecánico de la reconexión

Si se desea impedir que después de un disparo a causa de un cortocircuito el interruptor pueda conectarse involuntariamente sobre dicha falla, se deberá utili-

Tabla 3.4/6
Margen de actuación de los disparadores por cortocircuito. (según la norma DIN VDE 0660, Parte 101)

Aplicaciones, con preferencia, desconexión de la corriente de cortocircuito	Tipo de retardo	Margen de actuación del disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la corriente como múltiplo del valor ajustado I_r
Interruptor para la protección de generadores	Sin retardo o con retardo breve	Aprox 3 a 6 · I_r
Interruptor para la protección de conductores	Sin retardo	Aprox 6 a 12 · I_r
Interruptor para la protección de motores	Sin retardo o con retardo breve[1)]	Aprox 8 a 15 · I_r

[1)] Con un eventual retardo breve para puentear la extracorriente inicial ("rush").

zar un interruptor con mecanismo de bloqueo contra reconexión. Cuando el disparador actúa y provoca la apertura del interruptor, se acciona el mecanismo de bloqueo que enclava el cerrojo del interruptor en la posición de desconectado. Si se intenta cerrar el interruptor, éste hará una maniobra en vacío. Este mecanismo de bloqueo debe ser desbloqueado antes de que pueda llevarse a cabo una nueva maniobra.

En los interruptores compactos (MCCB) y en los guardamotores 3RV, la palanca del accionamiento pasa a la posición de disparado ("Tripped"). El interruptor sólo podrá ser accionado una vez que se llevó su accionamiento a la posición de desconectado.

Disparador por mínima tensión

El disparador o bobina de mínima tensión se utiliza para vigilar la tensión de la red, en circuitos de enclavamientos eléctricos o para desconectar a distancia.

Debe disparar el interruptor cuando la tensión asignada de alimentación del circuito de mando U_s descienda a un rango equivalente a una tensión de accionamiento U_c, entre 0,35 y 0,7 · U_s.

Si la tensión de mando U_s se toma directamente de la red, el interruptor desconecta sin retardo tras una caída o falla de la tensión de alimentación.

Los disparadores por mínima tensión con retardo se utilizan en redes con deficiencias en el suministro de potencia para evitar que los interruptores disparen con cada fluctuación o caídas breves de la tensión de la red. El retardo, que puede seleccionarse, por lo general, entre 1, 2 ó 3 segundos, se obtiene mediante un elemento de retardo.

La interrupción de la conexión entre el elemento de retardo y el disparador permite operar con desconexión inmediata (por ejemplo, en paradas de servicio o de emergencia).

Disparador por tensión

El disparador por tensión (o por corriente de trabajo) se emplea para desconectar el interruptor a distancia. Su rango de trabajo se encuentra entre 0,5 y 1,1 · U_s.

Disparador para redes enmalladas

Los disparadores para redes enmalladas son dispositivos de apertura por tensión con un rango de trabajo de 0,1 a 1,1 · U_s. Esto se logra mediante una combinación de disparo compuesta por dos unidades separadas, un disparador de apertura por tensión de ejecución normal y un conjunto de condensadores. La capacidad de los condensadores es tal que, completamente cargados, mantienen la capacidad funcional aun después de 4 a 5 minutos de una desconexión total de la tensión de red (ver también la Sección 3.4.6.3).

3.4.3.3 Interruptores cortacircuitos automáticos

Los interruptores cortacircuitos automáticos, también denominados interruptores termomagnéticos se emplean, en especial, para proteger cables y conductores en instalaciones y equipos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos. De esta manera, asumen la protección de equipos eléctricos contra sobrecalentamiento inadmisible según la norma DIN VDE 0100, Parte 430.

En redes con sistemas TN y en determinadas circunstancias de acuerdo con la norma DIN VDE 0100, Parte 410, estos interruptores aseguran protección contra descargas peligrosas para el cuerpo humano debidas a tensiones de contacto elevadas causadas por fallas en el aislamiento.

Los interruptores termomagnéticos se utilizan en todas las redes de distribución, tanto en viviendas, instalaciones domiciliarias y comerciales como también en las industriales. Satisfacen los variados requerimientos de los diferentes campos de aplicación con distintas ejecuciones y el auxilio de una amplia

gama de accesorios (por ejemplo, contactos auxiliares, indicadores de falla, de tensiones de defecto, bobinas de apertura, etc.).

Para los distintos casos de aplicación, se dispone de cuatro características de disparo, A, B, C y D (ver también la Sección 10.6.3):

- *Característica de disparo A* indicada, en especial, para la protección de transformadores en circuitos de medición, circuitos con conductores muy largos y que deben desconectar dentro de los 0,2 segundos, según la norma DIN VDE 0100, Parte 410.
- *Característica de disparo B*: es la característica típica para circuitos de tomacorrientes en los circuitos domiciliarios o comerciales.
- *Característica de disparo C*: de uso muy ventajoso en relación con aparatos eléctricos con corrientes de conexión más elevadas como, por ejemplo, lámparas y motores.
- *Característica de disparo D*: adecuada para aquellos aparatos eléctricos cuya conexión hace circular fuertes impulsos de corriente, tales como transformadores, electroválvulas y condensadores.

Los interruptores para corriente alterna, según su número de polos, son adecuados para todas las redes monofásicas y trifásicas hasta una tensión asignada de 240/415 V y los de corriente universal, además, operan en redes de corriente continua con una tensión asignada de hasta 440 V.

Los interruptores termomagnéticos deben cumplir con normas nacionales e internacionales. Los tamaños constructivos se fijan en la norma DIN 43880. Las exigencias constructivas y los ensayos se determinan en las normas EN 60898, DIN VDE 0641, Parte 11 y en la IEC 898.

Además de respetar exactamente la curva característica, otra propiedad importante de estos interruptores es su capacidad asignada de ruptura que se divide en clases. Estas clases señalan la máxima intensidad de la corriente de cortocircuito que este interruptor puede desconectar (Tabla 3.4/7).

Tabelle 3.4/7
Clases de capacidades asignadas de ruptura de interruptores cortacircuitos automáticos según la norma DIN VDE 0641, Parte 11

3000 A
4500 A
6000 A
10000 A
15000 A
25000 A

Los interruptores cortacircuitos automáticos de Siemens, según su ejecución, con certificación del VDE, pueden alcanzar una capacidad asignada de ruptura de hasta 25 000 A.

Como información de su selectividad con fusibles conectados delante de los interruptores de las características B y C hasta 32 A, se los divide en tres clases delimitadoras de la energía según el grado de limitación de la corriente que posean.

Los valores $I^2 \cdot t$ admisibles se obtienen de la norma DIN VDE 0641, Parte 11.

Según indicaciones de las Especificaciones Técnicas para la Conexión (TAB) de las empresas proveedoras de energía eléctrica de la República Federal de Alemania, en los armarios o tableros de distribución, a instalar detrás de los contadores eléctricos, en edificios destinados a viviendas o comercios, por motivos de selectividad, sólo se podrán instalar interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) con una capacidad asignada de ruptura mínima de 6 000 A y con una clase de limitación de energía de 3. Los aparatos deben llevar la inscripción $\frac{6000}{3}$

Se puede encontrar más información acerca de este producto en el catálogo "Aparatos de Protección y Maniobra *Sistema N*", de Siemens, Número de Pedido: E20002-K8210-A101-A2.

3.4.3.4 Relés de sobrecarga

Los relés de sobrecarga se emplean para proteger contra sobrecalentamientos inadmisibles los equipos eléctricos, tales como motores y transformadores.

Un sobrecalentamiento en un motor puede provenir de una sobrecarga en su eje, de un consumo asimétrico de corriente, provocada por una asimetría de las tensiones de la red o la falta de una de las fases (sistema de alimentación de la red), e incluso por un bloqueo del rotor. En estos casos el relé de sobrecarga supervisa la corriente consumida por todos los polos del consumidor.

Los relés de sobrecarga trabajan, como medio de protección dependiente de la corriente, sobre la base de bimetales o de circuitos electrónicos.

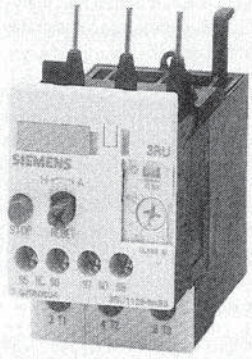


Bild 3.4/7
Relés de sobrecarga 3RU, tamaño S00.

La figura 3.4/7 muestra un relé de sobrecarga del tipo 3RU, tamaño constructivo S00 de la nueva línea de productos SIRIUS 3R con funciones de prueba y parada ("Test-STOP") separadas y desbloqueo ("Reset") manual/automático.

Relés de sobrecarga con tiras bimetálicas

Los relés de sobrecarga, con retardo térmico dependiente de la intensidad de la corriente, tienen, por lo general, tres tiras bimetálicas. Las resistencias calefactoras, por las que circula la corriente del motor, calientan indirectamente estas tiras.

Cuando las corrientes asignadas del motor son muy elevadas, deja de tener sentido el uso de estas resistencias calefactoras en forma directa, por lo tanto, para corrientes de más de 200 A la corriente del motor circula por transformadores de medición. Así, el relé térmico de sobrecarga será caldeado por la corriente secundaria del transformador. De esta forma, se logran reducir las pérdidas, y se aumenta la resistencia a los cortocircuitos de los relés. En la figura 3.4/8 se muestra un esquema de su disposición constructiva y principio de funcionamiento.

Cuando las tiras bimetálicas se calientan debido a la corriente que circula través de las resistencias calefactoras L1 a L3, desplazan la corredera que actúa sobre el disparador a través de cintas de compensación de la temperatura ambiente y de la palanca de desconexión. En la posición de reposo el contacto NC (95–96) se encuentra cerrado y el contacto NA (97–98) abierto.

En el caso de una sobrecarga, la palanca de desconexión se desplaza tanto como para que el disparador

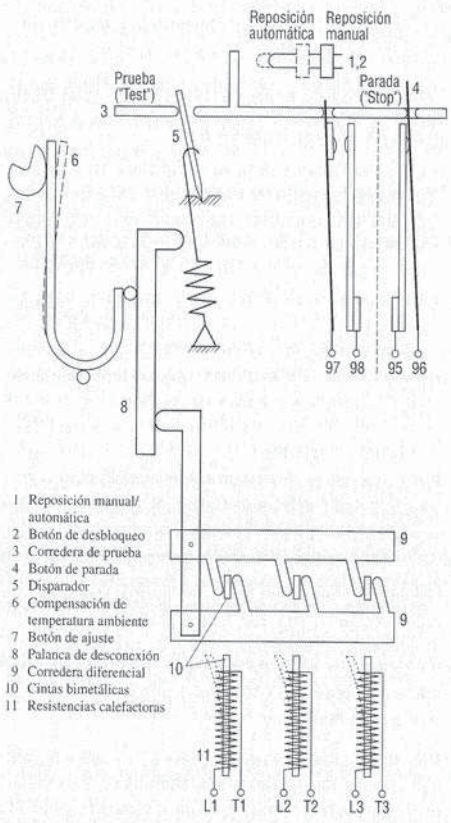


Figura 3.4/8
Principio de un relé de sobrecarga trifásico con compensación de temperatura ambiente. Desbloqueo manual y automático, así como sensibilidad a la falta de fase.

cambie de posición abriendo el contacto NC (95–96) y cerrando el contacto NA (97–98). Un indicador de la posición de maniobra señaliza que el relé disparó.

Cuando el botón de desbloqueo ("Reset") se encuentra en la posición de reposición manual, el disparador pasa más allá de su punto muerto (bloqueo de la reconexión).

Una vez que las tiras bimetálicas enfriaron en un determinado grado, podrá volverse el disparador a su posición inicial oprimiendo al botón de desbloqueo.

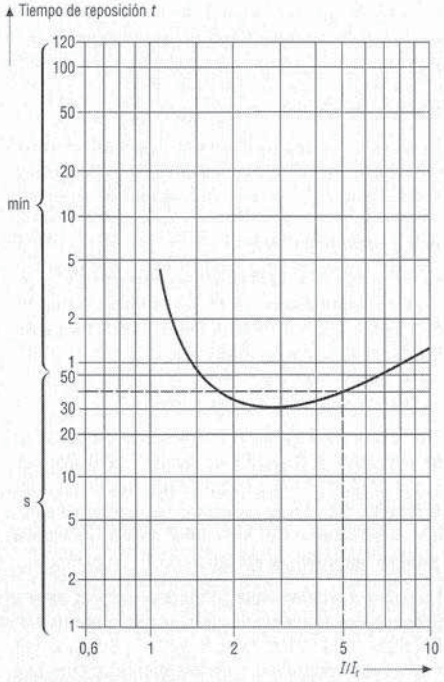


Figura 3.4/9
Tiempo de reposición de un relé de sobrecarga térmicamente retardado en función de la corriente de disparo y de la corriente ajustada.

Cuando el botón de desbloqueo está en la posición de reposición automática, en caso de sobrecarga también se abre el contacto NC (95–96) y se cierra el contacto NA (97–98). Sin embargo, el disparador no pasa más allá de su punto muerto. Después del enfriamiento de las tiras bimetálicas, el disparador regresa automáticamente a su posición de reposo.

Ajuste

Los relés de sobrecarga están provistos de un botón rotativo, con el cual, dentro del margen de ajuste del relé, se puede regular en forma continua la corriente de ajuste I_r.

El ajuste se podrá realizar girando la escala de ajuste hasta que la línea grabada coincida con el valor deseado o la palanca de ajuste coincida con ese valor de la escala. Cuando se utilizan transformadores de intensidad separados del relé, para regular este último debe ajustarse en la marca puntual. Con esto se compensan las diferentes influencias térmicas de las dos formas de montaje.

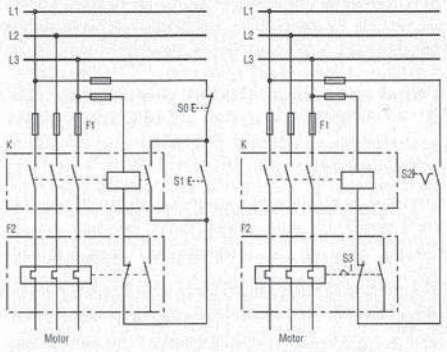
Tiempos de reposición del servicio

Los relés de sobrecarga con retardo térmico necesitan un tiempo determinado para que las tiras bimetálicas se enfríen después de un disparo.

Una vez transcurrido dicho tiempo es posible reponer el relé en la posición de trabajo. A este tiempo se lo denomina tiempo de reposición.

Los tiempos dependen de la intensidad de la corriente que produce el disparo y de la curva característica de disparo del relé. Los tiempos de reposición de los relés térmicos de sobrecarga se reproducen en la Tabla 3.4/9. Después de un disparo ocasionado, por ejemplo, por una corriente 5 veces la de ajuste I_r, el tiempo de reposición será de unos 40 s.

El tiempo de reposición origina una pausa obligada en el servicio, que le da tiempo al motor para enfriarse.



a) Operación por medio de pulsadores, relé sin bloqueo de reconexión (Reposición automática)

b) Operación por medio de interruptor de mando, relé con bloqueo de reconexión (Reposición manual)

F1 Fusible
F2 Relé de sobrecarga con retardo térmico
K Contactor
S0 Pulsador de desconexión
S1 Pulsador de conexión
S2 Interruptor de mando
S3 Botón para desenclavar el enclavamiento de reconexión

Figura 3.4/10
Ejemplos de aplicación de relés de sobrecarga con reposición automática y manual.

Sin embargo, esta pausa no siempre alcanza para que el motor enfríe suficientemente hasta alcanzar una temperatura tal que la reconexión sea admisible.

Protección contra una reconexión indeseable

Los relés de sobrecarga Siemens están equipados con un bloqueo de reconexión (reposición manual) para proteger contra reconexiones indebidas. Para que los contactos auxiliares retornen a su posición de reposo y posibiliten la conexión de los contactores correspondientes a los relés tiene que accionarse manualmente el botón de reposición ("Reset").

Los relés de sobrecarga Siemens, además, tienen disparo libre, es decir, si se oprime el botón de reposición mientras ocurre una sobrecarga, no se impide el disparo.

La reposición del bloqueo de reposición puede conmutarse entre manual y automática. De fábrica, los relés siempre se suministran en la posición de reposición manual.

Por motivos de seguridad, los relés de sobrecarga sólo deben emplearse con el botón en la posición de reposición automática, cuando los contactores se operan con pulsadores (Figura 3.4/10 a).

Después de transcurrir el tiempo de reconexión, el NC de los contactos auxiliares del relé de sobrecarga retorna a su posición de reposo. Sin embargo, el circuito de comando permanece abierto a través del pulsador S1.

Los relés de sobrecarga con reposición manual podrán emplearse en circuitos con operación por medio de interruptor de mando de los contactores (Figura 3.4/10 b).

El contacto auxiliar NC del relé de sobrecarga y con ello el circuito de comando queda abierto, aun cuando los otros elementos de mando, como controladores, interruptores de posición, presostatos, flotadores o termostatos permanezcan cerrados.

Se dispone de un módulo eléctrico para la reposición ("Reset") a distancia de los relés de sobrecarga, este módulo se puede montar sobre el relé.

Prueba de funcionamiento ("Test")

Con la corredera de prueba se puede verificar el funcionamiento de los contactos auxiliares de los relés de sobrecarga dispuestos para el servicio. Al accionar la corredera de prueba "Test", se simula la operación del relé. El contacto NC (95–96) se abre, y el contacto NA (97–98) se cierra. Esta operación permite comprobar el cableado del circuito de comando.

En servicio con reposición manual, después de realizar la prueba, el relé de sobrecarga permanece en la posición de "disparado", por lo tanto, debe pulsarse el botón de reposición para que el relé retorne a la posición de servicio.

En servicio con reposición automática, después de accionarse la corredera de prueba, el relé de sobrecarga se repone automáticamente a la posición de servicio.

Botón de parada ("Stop")

Con el botón de parada se abre el contacto NC y permanece abierto hasta que se suelta dicho botón. Por este medio se puede desconectar el contactor correspondiente al relé y con éste el motor.

Curvas características de disparo

Las curvas características indican la dependencia entre el tiempo de disparo y la corriente de disparo como múltiplo de la intensidad de la corriente ajustada I_r (Figura 3.4/11). Estas curvas se representan para una carga simétrica tripolar y para una carga bipolar, ambas a partir del estado frío.

La menor corriente capaz de producir un disparo se denomina corriente de disparo. Según la norma DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, Parte 102), su valor debe estar comprendido entre límites definidos (ver también "Determinaciones para aparatos de protección contra sobrecargas" en la Sección 3.4.2.1).

La clase de disparo (CLASS) fija el tiempo de disparo, con carga simétrica tripolar de 7,2 veces I_r, a partir del estado frío.

Los tiempos de disparo están comprendidos entre los siguientes valores:

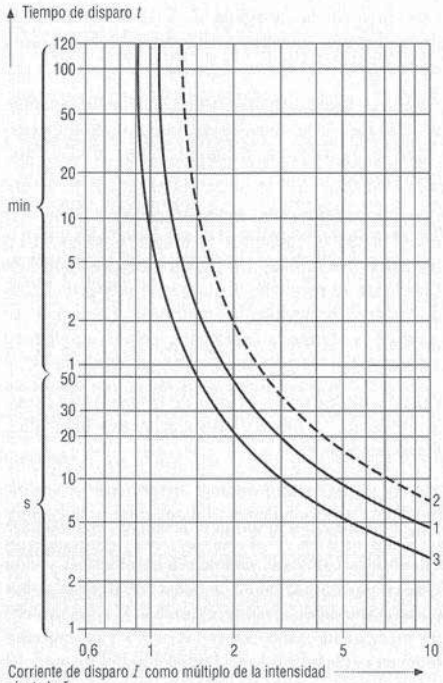
CLASS 10A	entre 2 y 10 segundos
CLASS 10	entre 4 y 10 segundos
CLASS 20	entre 6 y 20 segundos
CLASS 30	entre 9 y 30 segundos

Los relés de sobrecarga de clase 10 (CLASS 10) están previstos para arranques normales y los de la clase 20 (CLASS 20) y clase 30 (CLASS 30), para arranques prolongados (Arranque pesado).

Los relés de sobrecarga 3RU1 de la nueva línea de productos SIRIUS 3R cumplen con las exigencias de la clase 10.

Carga monofásica

Cuando se deben proteger consumidores monofásicos o de corriente continua con un relé de sobrecarga trifá-



1 Carga simétrica tripolar a partir del estado frío
2 Carga bipolar a partir del estado frío, relé sin sensibilidad a la falta de fase
3 Carga bipolar a partir del estado frío, relé con sensibilidad a la falta de fase
I_r Corriente ajustada del relé de sobrecargas

Figura 3.4/11
Curvas características de un relé de sobrecargas tripolar para arranque normal (valores medios).

sico con retardo térmico, es necesario que el calentamiento comprenda las tres tiras bimetálicas del relé. Por lo tanto, todas las vías de corriente principales del relé tienen que conectarse en serie. En ese caso, tendrá validez la curva característica 1 de la figura 3.4/11.

Comportamiento con temperatura de servicio

Un motor que trabaja con su temperatura de servicio tiene, sin lugar a dudas, menores reservas térmicas que un motor en estado frío. El comportamiento de los relés de sobrecarga también tiene en cuenta este efecto. Los tiempos de disparo se reducen aproximadamente a la cuarta parte cuando el relé se carga en forma permanente con su corriente de ajuste I_r.

Dispersión de los tiempos de disparo

Las tolerancias de fabricación, de los materiales y de calibración, tienen como consecuencia una dispersión de los tiempos de disparo. Por ello, con cada margen de ajuste de un relé se correlaciona una banda de dispersión.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se suministra, para cada gama de ajuste, una tabla con los tiempos de disparo de los relés desde tres hasta ocho veces la intensidad de la corriente de ajuste I_r, con una dispersión en el tiempo de hasta el ±20%.

Compensación de temperatura

La compensación de temperatura reduce la influencia de la temperatura ambiente en el comportamiento de disparo del relé. Los relés de sobrecarga de Siemens tienen incorporada una tira de compensación (Figura 3.4/8). Esta tira de compensación logra que dentro de un rango de temperaturas entre −20 °C y +60 °C, los valores límite de la corriente de disparo del relé se mantengan dentro de las tolerancias exigidas por la norma DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, Parte 102).

Para temperaturas más elevadas, desde +60 a +80 °C, debe reducirse el valor máximo de la regulación de acuerdo con los factores indicados en la Tabla 3.4/8.

Sensibilidad a la falta de fase

La curva característica de disparo de un relé tripolar contra sobrecarga es válida, con la condición de que por las tres tiras bimetálicas circulen simultáneamente corrientes iguales. Cuando se interrumpe una de las tres fases que alimentan a un consumidor, sólo

Tabla 3.4/8
Factores de reducción para relés térmicos de sobrecarga 3RU1 con temperaturas ambiente superiores a 60 °C.

Temperatura ambiente °C	Factor de reducción para el valor de regulación máximo
+60	1,0
+65	0,94
+70	0,87
+75	0,81
+80	0,73

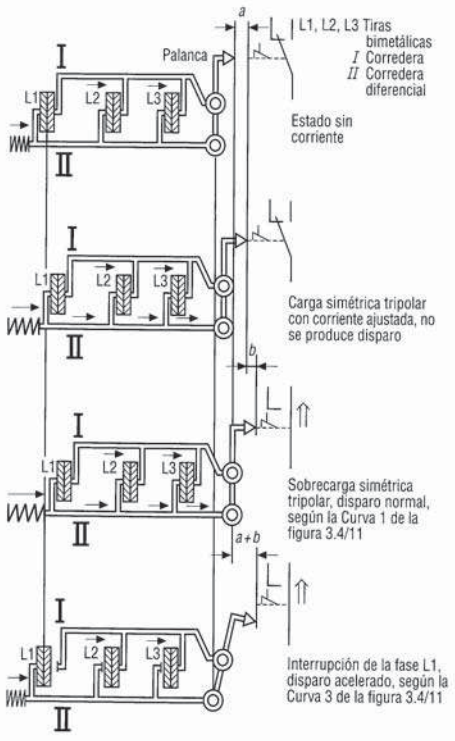


Figura 3.4/12
Funcionamiento de un relé de sobrecarga tripolar con sensibilidad a la falta de fase

dos tiras bimetálicas se calientan, y éstas deben aportar toda la fuerza necesaria para el accionamiento del mecanismo de disparo. Para ello se necesita una corriente más elevada o tiempos de disparo más largos (Curva característica 2 en la figura 3.4/11).

En caso de que el motor se cargue con estas corrientes más elevadas por tiempos prolongados, deben esperarse averías del motor. Para poder ofrecer protección contra sobrecargas del motor, incluso en los casos de asimetría de la red y cuando falta una de las fases, los relés de sobrecarga se prevén con una sensibilidad adicional a la falta de fases.

Los relés de sobrecarga con sensibilidad a la falta de fase tienen una corredera diferencial adicional (II en la figura 3.4/12). Ambas correderas están articuladas entre sí mediante una palanca.

Con carga simétrica tripolar de 1,0 vez la intensidad de la corriente ajustada I_r, las tres tiras bimetálicas se desplazan la distancia a.

Ambas correderas se desplazan al mismo tiempo una distancia a, de tal manera que la posición perpendicular de la palanca se mantiene. No se produce disparo alguno.

En caso de sobrecarga tripolar simétrica, las tres tiras bimetálicas aumentan su desplazamiento en un recorrido b adicional. La posición perpendicular de la palanca se mantiene, dado que el desplazamiento de las tiras bimetálicas es uniforme. El disparo se produce conforme la curva característica de disparo 1 (Figura 3.4/11) para cargas simétricas tripolares.

Cuando, por ejemplo, a través de la fase L1 no circula corriente, lo mismo pasa con la tira bimetálica correspondiente.

Si esta avería ocurre durante el servicio, la tira bimetálica correspondiente a L1 se enfría y se desplaza hacia su posición de reposo, que corresponde al estado frío. Con esto, también la corredera II y, con ella, el eje de rotación de la palanca se desplazan hacia su posición de reposo (Figura 3.4/12). Por el contrario, las tiras bimetálicas L2 y L3 aún calientes mueven la corredera I en la dirección del disparo. El disparador gira sobre su punto de rotación en la corredera II. El extremo de la palanca tiene, como consecuencia de la relación entre los brazos de palanca, un desplazamiento más rápido en la dirección del disparo. El disparo se producirá cuando el desplazamiento acelerado del extremo del disparador sea $a + b$ de acuerdo con la curva característica de disparo 3 (Figura 3.4/11).

3.4.3.5 Relé de sobrecarga electrónico

En los relés de sobrecarga con retardo electrónico, la corriente momentánea de cada uno de las fases se detecta mediante transformadores de intensidad integrados en el aparato. La intensidad de la corriente se transforma en una tensión proporcional, que se rectifica y a través de un convertidor analógico-digital, se conduce a un microprocesador conectado a continuación. Este microprocesador procesa las señales en conformidad con el programa previsto y en caso de sobrecarga del motor, da una señal al relé de disparo. Los relés de sobrecarga electrónicos, con sólo seis variantes del producto, cubren los alcances de la intensidad de la corriente que abarcan desde 0,25 hasta 820 A.

Ajuste

El relé de sobrecarga electrónico se regula al valor deseado mediante una perilla giratoria. La escala de ajuste se tara en Amperios.

Se puede emplear un diodo luminiscente (LED) rojo indicador de sobrecargas "Overload" como ayuda para el ajuste. El LED comienza a parpadear, cuando la corriente momentánea de carga es superior a la corriente de ajuste y señala un inminente disparo. El disparo se señaliza mediante la iluminación permanente del LED.

Clase de disparo (CLASS)

Mediante una segunda perrilla de ajuste de la clase de disparo (CLASS-Einstellung), se puede seleccionar una de las seis clases de disparo (CLASS 5/10/15/20/25/30).

Reposición ("RESET") manual, a distancia y automática

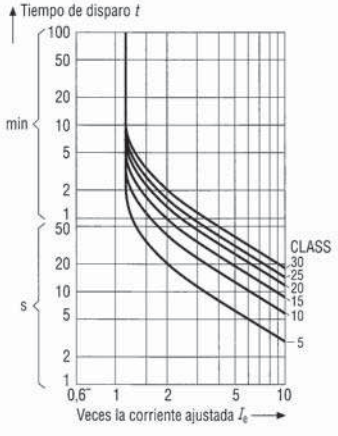
La reposición del relé se implementa con la tecla "Test/Reset" (prueba/reposición). La conexión de un pulsador externo a los bornes Y1 e Y2 del relé electrónico de sobrecarga permite realizar una reposición a distancia. Un puente entre los bornes Y1 e Y2 posibilita una reposición automática.

Función de prueba

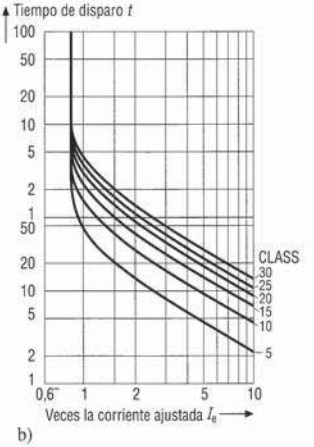
Con la tecla de función combinada "Test/Reset" (prueba/reposición), se puede comprobar la disponibilidad de funcionamiento de un relé dispuesto para el servicio. Si se oprime la tecla durante un período de hasta 2 s, se realiza una prueba del hardware del aparato, de los LED, de la medición de la intensidad, de las entradas de termistores y del control de puesta a tierra. Cuando la tecla se pulsa durante 5 s, se realiza una prueba de los transformadores de intensidad, de su carga y del microprocesador, sin desconectar la derivación hacia el motor. Si la tecla se pulsa más de 5 s, desconectan los relés de salida, y de esta manera se comprueba completamente la electrónica del relé de sobrecarga. Cuando por el circuito principal no circula corriente, no se controlan los transformadores de intensidad ni su carga.

Tiempo de reposición

Después de un disparo por sobrecarga se intercala una pausa o tiempo de reposición para que el motor



a)
Curvas características para carga simétrica tripolar



b)
Curvas características para carga simétrica bipolar

Figura 3.4/13
Curvas características para relés de sobrecarga electrónicos desde la clase CLASS 5 a la clase CLASS 30

pueda enfriar antes de retomar el servicio. Este tiempo es de 5 minutos y está fijado en el programa del microprocesador.

Curvas características de disparo

Para la clase de disparo CLASS 10, éste se produce, en caso de carga tripolar simétrica con 7,2 veces la intensidad de la corriente ajustada a partir del estado frío, dentro de los 10 s; para CLASS 30, será dentro de los 30 s.

La intensidad de la corriente límite de disparo está entre el 110% y el 120% del valor ajustado (Figura 3.4/13 a). La tolerancia de los tiempos de disparo en el rango de sobrecargas es, como máximo, de ±10%, Con ello los relés electrónicos de sobrecarga cumplen no sólo con las exigencias de la norma IEC 947, sino también con las correspondientes normas UL y CSA.

Cargas asimétricas

Los motores asincrónicos trifásicos reaccionan frente a pequeñas asimetrías de la tensión de la red con una asimetría mayor en su consumo de corriente.

Las pérdidas así producidas debidas al campo antagónico que se forma, tienen como consecuencia un aumento de la temperatura en los devanados del rotor y del estator.

Los relés electrónicos también detectan este consumo asimétrico de la corriente del motor protegido.

En caso de una asimetría mayor del 40% en la corriente del motor, se efectúa un disparo adelantado de acuerdo con la curva característica para carga bipolar (Figura 3.4/13 b). Con esto se descarta una sobrecarga del motor, aun en caso de que falte una fase.

Carga unipolar

Los relés de sobrecarga electrónicos se diseñaron para proteger motores trifásicos asincrónicos. Si se desea emplear estos relés para la protección de motores monofásicos, debe asegurarse que el microprocesador sólo considere una fase. Por eso, es necesario conectar las vías de corriente principales a los transformadores de intensidad de acuerdo con lo indicado en las instrucciones de servicio del relé de sobrecarga electrónico.

Protección de motores mediante termistores

Los relés de sobrecarga electrónicos ofrecen, además de la protección contra sobrecargas, la posibilidad de controlar la temperatura de los bobinados del motor mediante la conexión de un circuito de sondas de termistores del tipo PTC. De esta manera, se puede garantizar una "protección integral" de altas prestación contra, por ejemplo, un bloqueo en la circulación del medio refrigerante o grandes variaciones de temperatura del motor.

La conexión de los termistores es del tipo "segura en caso de circuito abierto", es decir, si se interrumpe el cableado de los sensores, el relé dispara.

Luego de una desconexión, el aparato queda disponible para una nueva conexión, cuando la temperatura del bobinado, en el lugar del montaje del sensor, es 5 K menor que su correspondiente temperatura de actuación asignada.

Control de defecto a tierra

Los relés de sobrecarga electrónicos también ofrecen las siguientes posibilidades de control de defecto a tierra:

- Una detección interna permite reconocer corrientes de defecto ≥ 30% del valor de la intensidad de la corriente ajustada I_e en servicio nominal.
- Una detección externa permite reconocer corrientes de defecto con valores ≤ 0,3A, ≤ 0,5A y ≤ 1A por medio de transformadores de intensidad sumadores, los que se pueden conectar directamente al relé de sobrecarga electrónico.

Aviso de sobrecarga

Cuando la intensidad sobrepasa el rango límite, esta sobrecarga se señaliza directamente sobre el aparato mediante destellos del LED rojo "Overload". Una variante del aparato permite la señalización externa del aviso de sobrecarga. Para ello dispone de un juego de contactos NA + NC que puede conectarse a una lámpara de señalización.

Comportamiento de los contactos auxiliares en caso de falla de tensión

Los relés de sobrecarga electrónicos se diferencian entre sí, de acuerdo con su ejecución, en lo que respecta al comportamiento de los contactos auxiliares en caso de falla en la tensión de mando.

Se deben diferenciar los siguientes relés:

- Relés de sobrecarga monoestables, los que, en caso de faltar la tensión de mando, adoptan la posición

de "disparado" y, cuando el circuito vuelve a tener tensión, retornan a la posición que tenían antes de la falta. Una caída breve de tensión, cuya duración es inferior a 200 ms, no provoca ningún cambio de la posición de los contactos auxiliares. Estos aparatos se emplean en instalaciones que no tienen una vigilancia especial de la tensión de mando.

▷ Relés contra sobrecarga biestables, los cuales no modifican su posición de "disparado" o de "no disparado" en caso de faltar la tensión de mando. Sólo en caso de una sobrecarga, y con la tensión de mando presente, conmutan los contactos auxiliares. Estos aparatos se emplean en instalaciones, cuya tensión de mando se vigila por separado.

Técnica de primario pasante

En los relés de sobrecarga con alcance de regulación de hasta 100 A, los conductores de las vías principales de corriente no se conectan, sino que simplemente se pasan a través de las ventanas de los correspondientes transformadores de intensidad. De esta manera, no se presentan las pérdidas debidas a las conexiones en los terminales. Las ventanas están diseñadas de tal manera que permiten pasar todos los conductores de cobre aislados de uso habitual (hasta un valor de ajuste de 25 A, 10 mm y hasta 100 A, 15 mm de diámetro).

Detección de corriente insensible a las armónicas

Los relés de sobrecarga electrónicos de la serie 3RB1 también protegen motores en derivaciones con arrancadores electrónicos para arranque suave, dado que su detección de corriente es insensible a las armónicas.

Rango de temperaturas

Los relés de sobrecarga 3RB1 pueden emplearse, sin inconvenientes, con temperaturas ambiente de entre -25 °C y $+70$ °C. Cuando se considera que la temperatura ambiente puede exceder este rango, sólo se podrán utilizar relés de sobrecarga electrónicos si se asegura, mediante calefacción o refrigeración forzada, un servicio dentro de la gama de temperaturas admisibles.

3.4.3.6 Aparatos de protección de motores mediante termistores

En contraposición con los relés de sobrecarga que actúan en función de la intensidad de la corriente y provocan una desconexión cuando una sobreintensidad de valor inadmisible circula durante un tiempo prolongado, los aparatos de protección de motores con termistores captan la temperatura directamente en el devanado del motor mediante sondas (termistores) conectadas a un aparato de disparo. Éste último es quien evalúa el estado de las sondas para determinar si emite un comando de desconexión por sobretemperatura o no.

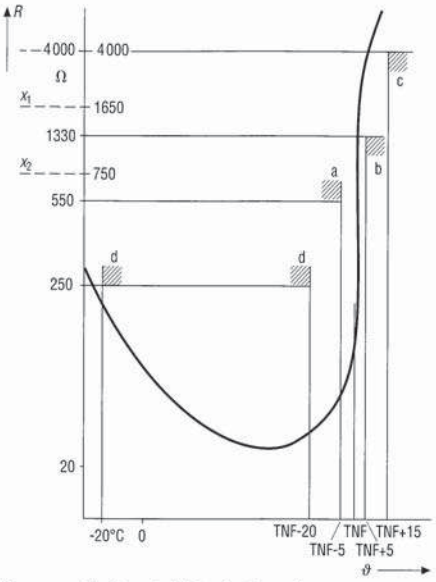
Los sensores habitualmente empleados son termistores PTC; en casos especiales se utilizan termistores NTC.

Aparatos de protección de motores mediante termistores PTC

Los termistores PTC son resistencias con un coeficiente resistencia-temperatura positivo muy elevado. Se los utiliza en especial, para proteger motores de fabricación en serie.

Los termistores PTC tienen como característica distintiva una variación de su resistencia en el orden de varias potencias de diez, cuando la temperatura aumenta en 10 K (Figura 3.4/14). De allí su nombre de termistores PTC (PTC, acrónimo del inglés "**P**ositive **T**emperature **C**oefficient" o sea, coeficiente positivo de temperatura). La protección con termistores PTC se utiliza en aquellos motores, en los que se conoce su imagen térmica antes de construirlos. El fabricante del motor habitualmente instala los tres sensores, uno por cada fase, en la cabeza del bobinado opuesta al ventilador de la máquina. La temperatura de reacción asignada (TRA o TNF en alemán) del sensor se coordina con la clase del aislante, el tipo y la forma constructiva del motor. Al excederse la temperatura admisible del bobinado, el aparato de disparo emite, en función del brusco aumento de resistencia de la sonda, una señal de maniobra que se utiliza para la desconexión del aparato de maniobra del motor, o para la señalización de falla. Cuando se desea una señalización de aviso previa a la desconexión definitiva del motor, se deben montar en el bobinado del motor otros tres sensores adicionales con TRA menor. Para estos sensores es necesario utilizar un segundo aparato de disparo, o bien, uno con dos circuitos de procesamiento de las señales provenientes de los sensores de temperatura.

Los motores con sensores incorporados se deben solicitar de acuerdo con las indicaciones de los correspondientes catálogos de motores de Siemens.

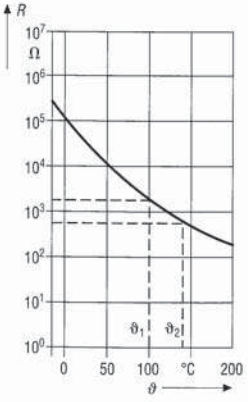


R	Resistencia del circuito de sondas
ϑ	Temperatura
x_1	Rango de desconexión del aparato de disparo
x_2	Rango de reposición del aparato de disparo
TRA	Temperatura de reacción asignada, tolerancia en °C

Figura 3.4/14
Característica resistencia-temperatura de un sensor de temperatura termistor PTC del tipo A, según la norma DIN VDE 0660, Parte 303

Para proteger los motores se ofrecen, como alternativas, los aparatos de disparo para la conexión de los siguientes circuitos:

- un circuito de sonda con reposición automática;
- un circuito de sondas con reposición manual y función de prueba;
- un circuito de sondas con reposición manual, automática y a distancia, función de prueba y reconocimiento de un cortocircuito en el circuito de las sondas;
- dos circuitos de sondas, para aviso y desconexión, con reposición manual, automática, a distancia y función de prueba;
- seis circuitos de sondas con reposición manual y automática, función de prueba y señalización óptica mediante LED para reconocer el circuito con falla. Se utilizan para proteger varios motores.



ϑ_1, ϑ_2	Valores de reacción regulables del aparato de disparo
R	Resistencia del circuito de sondas

Figura 3.4/15
Característica resistencia-temperatura de un sensor de temperatura termistor NTC

Los datos técnicos de los aparatos de disparo se suministran en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

En la Sección 9.4.1 se representan los esquemas de conexión de los aparatos de protección de motores con sondas de temperatura PTC.

Aparatos de protección de motores mediante termistores NTC

Los sensores de temperatura NTC son resistencias eléctricas con un coeficiente resistencia-temperatura negativo, de allí su nombre de termistores NTC (NTC, acrónimo del inglés **N**egative **T**emperature **C**oefficient, o sea, coeficiente negativo de temperatura). Se los utiliza especialmente para proteger motores de fabricación unitaria.

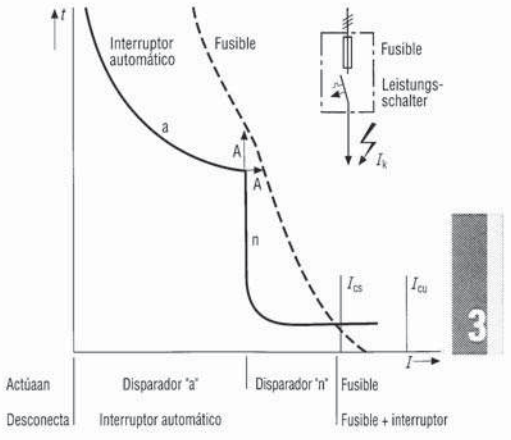
En contraposición con los metales, la resistencia eléctrica de los termistores NTC decrece considerablemente con el aumento de la temperatura (Figura 3.4/15). Los termistores NTC se emplean para proteger motores, cuya imagen térmica se desconoce antes de su fabricación y ensayo, y, por lo tanto, la temperatura de actuación del aparato de disparo se determina cuando el motor está completamente terminado.

Se ofrece un aparato de disparo, en el cual se pueden ajustar dos temperaturas de reacción, una para aviso y otra para desconexión.

Los datos técnicos de los termistores NTC y de los aparatos de disparo, así como las indicaciones para ajustar las temperaturas de reacción, se publican en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens. Los esquemas básicos de conexión de los aparatos de protección de motores con sensores de temperatura NTC, se pueden ver en la Sección 9.4.2 de la presente obra.

3.4.3.7 Relés por sobreintensidad electromagnéticos sin retardo

Los relés por sobreintensidad electromagnéticos sin retardo, tipo 3UG1, están previstos para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de conductores, motores asincrónicos con anillos rozantes y aparatos eléctricos. Estos relés se utilizan, en especial, en combinación con interruptores automáticos con un rango de la corriente asignada de servicio de 0,4 a 1300 A. Cuando el valor ajustado de reacción es mayor que la corriente asignada de servicio para la carga permanente, debe preverse una protección adicional contra sobrecargas (ver también el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens).



a Disparador por sobrecarga, térmico con retardo dependiente de la intensidad de la corriente
n Disparador por cortocircuitos, electromagnético sin retardo
I_{cs} Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
I_k Corriente permanente de cortocircuito en el lugar de la instalación
A Distancia entre las curvas características
I_{cu} Capacidad asignada de ruptura límite en cortocircuito

Figura 3.4/16
Combinaciones de maniobra con fusibles e interruptores automáticos.

3.4.4 Combinaciones de maniobra

Los aparatos de maniobra tratados en esta sección sólo excepcionalmente pueden operar por sí mismos los eventuales cortocircuitos que puedan producirse en el lugar de su instalación. Por ello, se los debe instalar combinados con aparatos de protección contra cortocircuitos.

En estas combinaciones de aparatos también denominadas derivaciones de consumidores o salidas de motor; el aparato de protección contra cortocircuitos protege el de maniobra contra los efectos de los cortocircuitos.

Para ello existen dos posibilidades:

1. El aparato de protección tiene por sí solo una capacidad de ruptura igual o mayor que el cortocircuito calculado en el lugar de su instalación.
2. El conjunto compuesto por el aparato de maniobra y el aparato de protección satisface las exigencias respecto de la capacidad de ruptura.

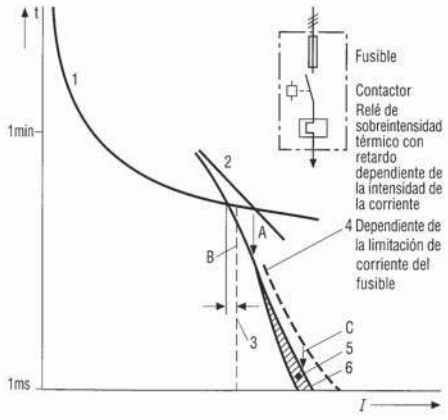
En el diseño de los aparatos de maniobra y los aparatos de protección ya se considera el efecto conjunto en combinaciones de aparatos. Así, las modernas generaciones de aparatos son, por lo general, más económicas y tienen menores dimensiones.

3.4.4.1 Combinaciones de maniobra con fusibles

Fusibles e interruptores automáticos

Cuando la corriente de cortocircuito calculada en el lugar de instalación del interruptor automático supera su capacidad de ruptura, se le anteponen fusibles. Para asegurar que no se dañen los contactos principales del interruptor, es necesario que las características técnicas de ambos aparatos se coordinen minuciosamente. Las corrientes asignadas máximas admisibles de los fusibles indicadas para cada interruptor se señalan en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

El fusible debe tomar a su cargo la interrupción de una corriente de cortocircuito mayor que la correspondiente a la capacidad asignada de ruptura del interruptor automático (Figura 3.4/16).



1 Curva característica del relé de sobreintensidad dependiente de la corriente con retardo (térmico)
2 Curva característica de destrucción del relé térmico de sobreintensidad
3 Capacidad de desconexión del contactor
4 Curva característica del contactor para una soldadura leve de sus contactos
5 Curva característica del tiempo de fusión del fusible con clase de servicio aM
6 Curva característica del tiempo total de desconexión de un fusible aM
A, B, C Distancia de seguridad para una protección correcta contra cortocircuitos

Figura 3.4/17
Curvas características de una combinación de fusibles aM, contactor y relé de sobreintensidad

A cada dispositivo de protección se le asigna un determinado rango a proteger. A las corrientes de sobrecarga las controla el disparador con retardo dependiente de la corriente del interruptor (disparador a). A las corrientes de cortocircuito, hasta un valor aproximado a la capacidad asignada de ruptura en cortocircuito del interruptor automático, las detecta el disparador sin retardo por cortocircuitos (disparador n).

A todas las sobreintensidades, hasta su capacidad asignada de ruptura en cortocircuito, las desconecta el interruptor solo. De esta manera, hasta ese valor pueden aprovecharse todas sus características específicas, tales como la desconexión de todos los polos y su disponibilidad para una nueva conexión inmediata. Unicamente en caso de corrientes de cortocircuito más elevadas, es el fusible solo el que desconecta el cortocircuito. Pero también en este caso, el interruptor, accionado por su disparador "n", garantiza una desconexión de todos los polos. Esto también sucede, cuando por un defecto a tierra unipolar, sólo uno de los tres fusibles funde.

Fusible, contactor y relé de sobrecarga

El contactor se utiliza fundamentalmente para maniobrar motores. La protección contra sobrecarga del motor, de las líneas de alimentación y del contactor es función del relé de sobrecarga, en tanto que la protección contra cortocircuitos de los aparatos, incluso el motor, y los cables de acometida la asumen los fusibles. Para ello, las propiedades y los rangos de reacción de todos los componentes (Figura 3.4/17) deben ser coordinados cuidadosamente entre sí:

- Tanto las curvas características tiempo-corriente del relé de sobrecarga y del fusible deben ser tan lentas como para que el motor pueda arrancar sin que reaccionen estos aparatos.
- El fusible debe proteger el relé de sobrecarga de la destrucción debida a corrientes de unas 15 veces su corriente asignada (válido sólo para productos fabricados por Siemens).
- El fusible debe desconectar las sobreintensidades que el contactor ya no puede dominar (corrientes superiores a unas 12 veces la corriente asignada de servicio I_e/AC-3 del contactor).
- El fusible debe proteger el contactor en caso de cortocircuitos. Para ello se pueden considerar dos puntos de vista: No se permiten soldaduras en los contactos del contactor o se aceptan soldaduras leves de estos contactos que puedan separarse con facilidad.

Con respecto a este último punto de vista, tiene validez la norma DIN VDE 60947-4-1 (VDE 0660, Parte 102), en la que se diferencia el comportamiento de los aparatos tras un cortocircuito de la siguiente forma modificada:

Tipo de coordinación "1":

En caso de cortocircuitos, el contactor y el relé de sobreintensidad (conjunto arrancador) no deben poner en peligro a personas ni a la instalación, y no es necesario que posteriormente permanezcan en servicio. El contactor y/o el relé de sobreintensidad deben repararse, si esto es posible, o reemplazarse.

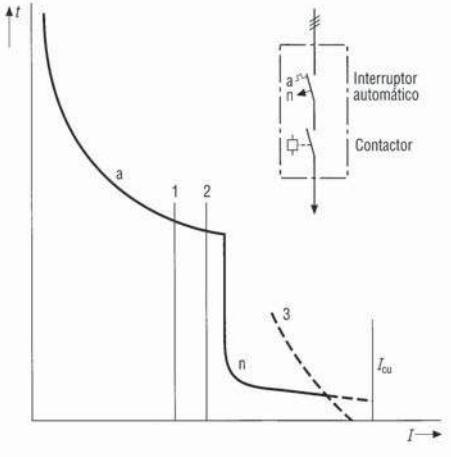
Tipo de coordinación "2":

En caso de cortocircuitos, el contactor y el relé de sobreintensidad (conjunto arrancador) no deben po-

ner en peligro a personas ni a la instalación, y deben quedar aptos para permanecer en servicio. Existe el peligro de soldaduras en los contactos del contactor. En ese caso, el fabricante debe suministrar instrucciones sobre el mantenimiento, por ejemplo, romper la soldadura de los contactos con un destornillador, o bien, en caso de que esto no sea posible, se reemplazará el contactor.

3.4.4.2 Combinaciones de maniobra sin fusibles ("equipamientos libres de fusibles")

Las instalaciones de maniobra de baja tensión que, en especial, alimentan y controlan motores, los así denominados "Centros de control de motores o MCC" (acrónimo del inglés **M**otor **C**ontrol **C**enter), por economía de espacio y otros fundamentos técnicos, con frecuencia, se construyen con derivaciones a motor sin fusibles NH.



1 Capacidad de desconexión del contactor
2 Capacidad de conexión del contactor
3 Curva característica del contactor para una soldadura leve de sus contactos
a Curva característica del disparador de sobrecarga térmico con retardo dependiente de la corriente
n Curva característica del disparador electromagnético instantáneo por cortocircuitos
I_{cu} Capacidad de ruptura límite asignada en cortocircuito

Figura 3.4/18
Combinación de maniobra compuesta por un interruptor automático y un contactor

El uso de estos "equipamientos libres de fusibles" depende de las exigencias de la seguridad que debe satisfacer cada consumidor y tienen que ser verificados en cada caso.

En las secciones 3.4.4.4 y 3.4.4.5 se suministran indicaciones sobre las características de protección de las combinaciones de maniobra y comparación de la protección que ofrecen las combinaciones con y sin fusibles.

La construcción básica de combinaciones de maniobra (salidas a consumidores y motores), con indicaciones adicionales para su conexión al sistema de comunicación AS-i (Interfaz para actuadores y sensores), se describe en la Sección 3.8.

Combinación de maniobras compuesta por interruptor automático (con disparadores a y n) y contactor

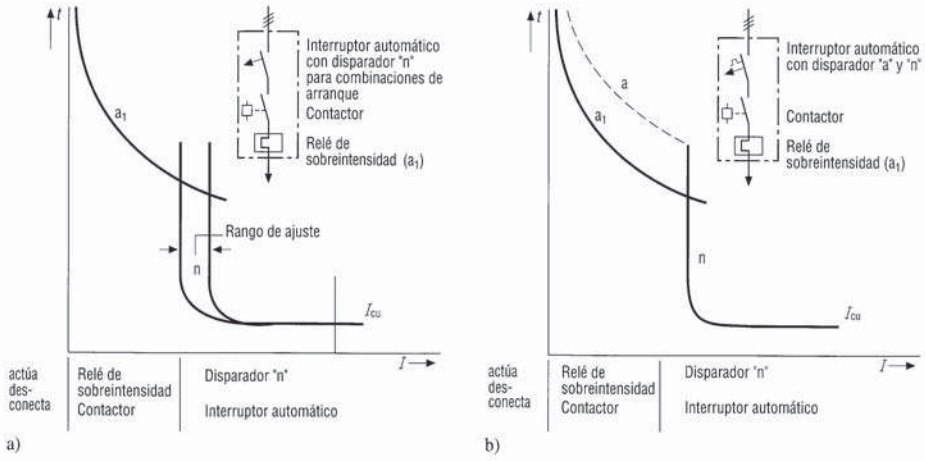
En esta combinación, el interruptor automático asume la protección contra cortocircuitos y sobrecargas (Figura 3.4/18). El disparador "a" de sobrecarga térmico con retardo dependiente de la corriente del interruptor se ajusta de acuerdo con la corriente del consumidor, y el disparador "n" electromagnético sin retardo contra cortocircuitos tiene, por lo general, un valor de ajuste fijo determinado para ese interruptor.

El contactor se encarga de las maniobras y con su "función de limitador" respalda al interruptor automático en la desconexión de cortocircuitos.

Para esta combinación se aplican los criterios de selección según los tipos de coordinación "1" y "2" para las corrientes de prueba r o I_q. Para ello debe tenerse en cuenta que en caso de un cortocircuito un interruptor automático presenta valores $I^2 \cdot t$ mayores que un fusible, por lo que el contactor conectado a continuación será sometido a esfuerzos mayores. Esto significa que los fusibles no pueden reemplazarse simplemente por interruptores automáticos.

Por ello, la selección del interruptor automático y del contactor debe ser realizada por los fabricantes, para que los márgenes de acción y las características de cada aparato sean cuidadosamente coordinados (Sección 3.8).

Las combinaciones "libres de fusibles" se diseñan, por lo general, para corrientes de cortocircuito máximas de 50 kA. Con ello se garantiza que en la mayoría de las instalaciones de maniobra y distribución, conectadas con cables con el cuadro o tablero principal, se puedan utilizar combinaciones sin fusibles.



a Curva característica del disparador por sobrecarga térmico con retardo dependiente de la corriente del interruptor automático
a_1 Curva característica del relé de sobrecarga térmico con retardo dependiente de la corriente
n Curva característica del disparador electromagnético sin retardo por cortocircuitos del interruptor automático

Figura 3.4/19
Combinación de maniobra compuesta por:
a) Interruptor automático con disparador "n", contactor y relé de sobreintensidad
b) Interruptor automático con disparadores "a" y "n", contactor y relé de sobreintensidad

En aquellos lugares donde se estimen que se producirán corrientes de cortocircuitos superiores se deben utilizar combinaciones con fusibles. Los fusibles tienen una capacidad de ruptura límite al cortocircuito de 120 kA.

En caso de dudas, un especialista puede estimar la corriente de cortocircuito, o bien, se la determinará mediante tablas, por ello, en general, se puede prescindir de los cálculos de cortocircuitos.

Combinación de maniobras compuesta por interruptor automático, contactor y relé de sobreintensidad

En algunos casos son necesarias combinaciones de maniobras libres de fusibles que con interruptor automático y contactor deben contar, además, con un relé de sobreintensidad.

Esto se puede deber a los siguientes motivos:

▷ Para el control del proceso se exige señalización de desconexión por cortocircuito y por sobrecarga separadas.
El interruptor automático asume la desconexión por cortocircuito y su señalización.
El relé de sobrecargas asume la desconexión por sobrecargas y su señalización.
El contactor realiza las maniobras.

▷ Por lo general, los interruptores automáticos para pequeñas corrientes asignadas de servicio ($I \leq 100$ A) pertenecen a la clase CLASS 10 y están preparados para tiempos de arranque de motores ≤ 10 s. Por lo tanto, para el arranque pesado de motores – hasta 30 s – se deben instalar relés de sobreintensidad con la clase correspondiente.

Para esto pueden emplearse dos ejecuciones de interruptores automáticos:

▷ Interruptores automáticos para combinaciones de arranque. Estos interruptores no poseen disparador por sobreintensidad "a". En caso de sobrecargas, actúa el relé de sobrecarga (Figura 3.4/19a).

▷ Interruptores automáticos para la protección de motores (guardamotores). El disparador por sobreintensidad "a" del interruptor automático se

ajusta a un valor más elevado. Con ello, en caso de sobrecargas, actúa el relé de sobrecarga (Figura 3.4/19b).

Como relés de sobrecargas se pueden utilizar los siguientes:

▷ Relés de sobreintensidad térmicos (Sección 3.4.3.4).

▷ Relés de sobreintensidad electrónicos (Sección 3.4.3.5).

En estas combinaciones de maniobra, la responsabilidad de la selección de los aparatos también debe recaer en su fabricante. Para el caso de cortocircuito, son válidas las mismas exigencias que para las combinaciones de maniobras compuestas por interruptor automático y contactor.

3.4.4.3 Combinación de maniobras con aparatos de protección de motores mediante termistores

La protección contra sobrecargas de un motor mediante relés o disparadores de sobrecarga deja de ser efectiva en aquellos casos donde la corriente que el motor absorbe de la red no es la responsable de su calentamiento. Este efecto se presenta en las siguientes situaciones:

- Elevada frecuencia de maniobras.
- Servicio intermitente irregular.
- Impedimentos en la refrigeración.
- Temperatura ambiente sobreelevada.

En estos casos, se requiere el uso de combinaciones de maniobra con aparatos de protección mediante termistores. Según el concepto aplicado en la instalación, se utilizarán combinaciones de maniobra, con o sin fusibles, de acuerdo con las secciones 3.4.4.1 y 3.4.4.2.

El alcance de la protección lograda dependerá de que el motor a proteger sea de rotor o estator "crítico" (Sección 3.4.5.1). La temperatura de reacción, la constante de tiempo de acoplamiento y la posición de montaje de las sondas en los arrollamientos del motor desempeñan también un papel preponderante en la protección. En la práctica, estas variables son determinadas por el fabricante del motor.

Los sistemas con termistores pueden procurar suficiente protección contra sobrecargas y sobretemperaturas a los motores con "estator crítico", *sin* que requieran relé de sobrecargas. La protección contra

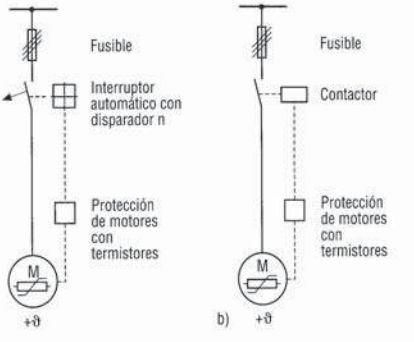


Figura 3.4/20
Combinación de maniobra con aparatos de protección de motores con termistores *sin* relé o disparador por sobrecarga (Esquema unifilar básico)

cortocircuitos y sobrecargas de los conductores de acometida se tiene que asegurar con una combinación fusible-interruptor automático (Figura 3.4/20a), o sólo con fusibles (Figura 3.4/20b).

Los sistemas con termistores, pueden ofrecer, con el *único* agregado de un relé o disparador por sobrecargas, suficiente protección contra sobrecargas y sobretemperaturas a los motores con "rotor crítico", incluso cuando se conecta con rotor bloqueado. El relé o el disparador de sobrecargas también asumen la protección contra sobrecargas de los cables (Figura 3.4/21).

3.4.4.4 Propiedades de protección de las combinaciones de maniobras

Comparación de las características de protección de fusibles e interruptores automáticos

En los diagramas tiempo-corriente de la figura 3.4/22 se representa la curva característica de fusión (a) de un fusible de la clase de servicio gL y la curva de actuación (b) de un interruptor automático.

La corriente asignada del fusible y el valor ajustado del disparador de sobreintensidad con retardo dependiente de la corriente del interruptor automático son iguales.

La corriente límite del fusible es, por ejemplo, de 1,3 a 1,6 veces su valor asignado, en cambio, la corriente límite del disparador por sobrecargas de un interruptor automático se encuentra entre 1,05 y 1,2 veces la corriente ajustada. Con un disparador de sobrecargas regulable, se puede adecuar mejor la corriente ajustada y con ella, la corriente límite, a la capacidad de carga

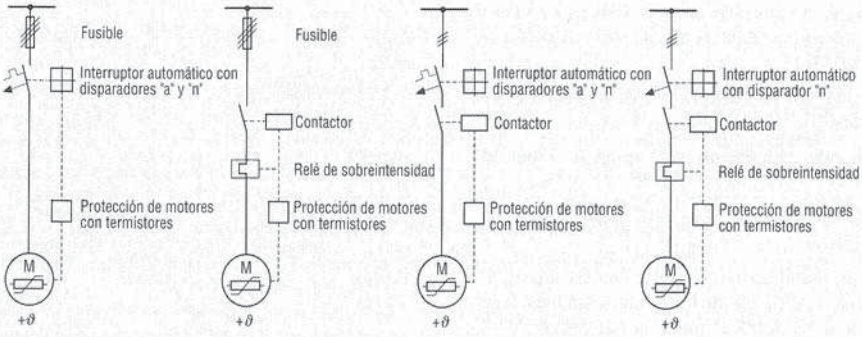


Figura 3.4/21
Combinación de maniobra con aparatos de protección de motores mediante termistores *con* un relé o disparador de sobrecargas adicional (Esquema unifilar básico)

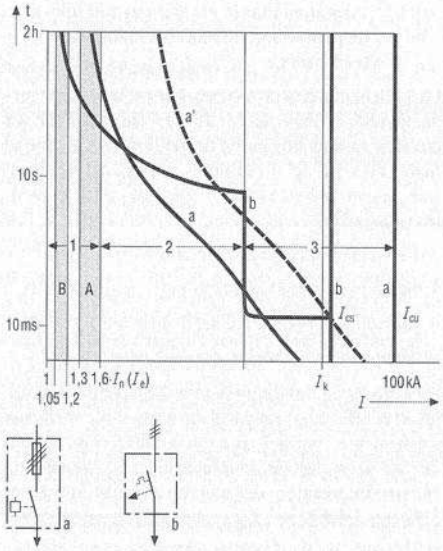
permanente del equipo a proteger, que con un fusible, cuyo escalonamiento de corrientes asignadas logran sólo un ajuste grueso con respecto a la capacidad de carga. La corriente límite del fusible alcanza para proteger contra sobrecargas los cables y conductores; sin embargo, no comprende la corriente de arranque de un motor. Para esto debe considerarse la curva característica (a') del fusible.

En el rango de las sobrecargas, la curva característica de fusión del fusible es más abrupta que las curvas de actuación del disparador de sobrecarga. Esto resulta favorable para la protección de cables y conductores, pero para los motores se requiere una curva característica más lenta.

En el rango de los cortocircuitos, el disparador electromagnético sin retardo del interruptor automático reacciona con mayor rapidez que el fusible a partir de su valor de reacción. Para corrientes mayores, el fusible desconecta más rápidamente. Para corriente muy elevadas, el fusible limita a la corriente máxima asimétrica de cortocircuito o de choque.

De aquí deriva su capacidad de ruptura extremadamente elevada, superior a los 100 kA aun con 690 V de tensión asignada de servicio. Por el contrario, la capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cs} de un interruptor automático depende de diversos factores como, por ejemplo, la tensión asignada de servicio U_e y su forma constructiva.

En la Tabla 3.4/9 se presenta una comparación entre las características de los fusibles y de los interruptores automáticos. Una comparación de los criterios técnicos de selección más importantes de las combinaciones de



1 Rango de corrientes límite
2 Rango de las sobrecargas
3 Rango de las corrientes de cortocircuito
A Rango de prueba para fusibles
B Rango de prueba para las corrientes límite de desconexión del interruptor automático
I_{cs} Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
I_{cu} Capacidad de ruptura límite asignada en cortocircuito

Figura 3.4/22
Curvas características y capacidades de ruptura de fusibles (a) e interruptores automáticos (b) con disparadores "a" y "n"

Tabla 3.4/9 Comparación de los criterios técnicos relevantes entre fusibles e interruptores

Característica	Fusible	Interruptor automático
Capacidad de ruptura en corriente alterna	> 100 kA, 690 V	f (I_n, U, forma constructiva[1])
Limitación de la corriente	f (I_n, I_k)	f (I_n, I_k, U, forma constructiva[1])
Espacio adicional para soplar el arco	No requiere	f (I_n, U, I_k, forma constructiva[1])
Indicación exterior de la capacidad de funcionamiento	Sí	No
Maniobra de servicio segura	Con elementos adicionales[2]	Sí
Comando a distancia	No	Sí
Interrupción simultánea automática de todos los polos	Con elementos adicionales[3]	Sí
Posibilidad de aviso	Con elementos adicionales[4]	Sí
Posibilidad de enclavamiento	No	Sí
Posibilidad de una nueva conexión después de:		
desconexión por sobrecarga	No	Sí
desconexión por cortocircuito	No	f (estado)
Interrupción del servicio	Sí	f (estado)
Gasto por mantenimiento	No	f (Número de maniobras y estado)
Selectividad	Sin adicionales	Con adicionales
Intercambiabilidad	Sí[5]	Sólo con el mismo modelo
Protección contra cortocircuitos		
Conductor	Muy buena	Buena
Motor	Muy buena	Buena
Protección contra sobrecargas		
Conductor	Suficiente	Buena
Motor	no es posible	Buena

[1] La forma constructiva puede darse en función de: el principio de extinción, la resistencia a los cortocircuitos por su resistencia propia, diseño constructivo.
[2] Por ejemplo, con ayuda de seccionadores fusibles bajo carga de cierre rápido, seguros contra contacto involuntario.
[3] Con ayuda de un control de fusibles y el interruptor automático correspondiente.
[4] Con ayuda de un control de fusibles.
[5] Porque está normalizado.

maniobras compuestas por varios aparatos de baja tensión, se da en la Tabla 3.4/10 de la Sección 3.4.4.5.

Comparación de las características de protección exigidas de fusibles conectados en serie delante de los interruptores automáticos

Las Especificaciones Técnicas de Conexión (TAB) de las empresas prestatarias del servicio eléctrico alemán (EVU) exigen que la capacidad de ruptura de los interruptores automáticos sea, como mínimo, de 6 kA. Con esta capacidad de ruptura se dominan en la práctica, en forma eficaz y sin peligro, todos los cortocircuitos producidos en tomacorrientes.

En caso de cortocircuitos con una intensidad mayor, los fusibles preconectados actúan en conjunto con el interruptor automático. La figura 3.4/23 a muestra, por ejemplo, la curva mínima de fusión del fusible máximo admisible de 100 A, de acuerdo con la norma DIN EN 60 269 (VDE 0636) y la curva característica nominal de ($\int i^2\,dt$)[1] máxima admisible del interruptor automático de la clase de limitación de energía 3 [según la norma DIN EN 60 898 (VDE 0641)].

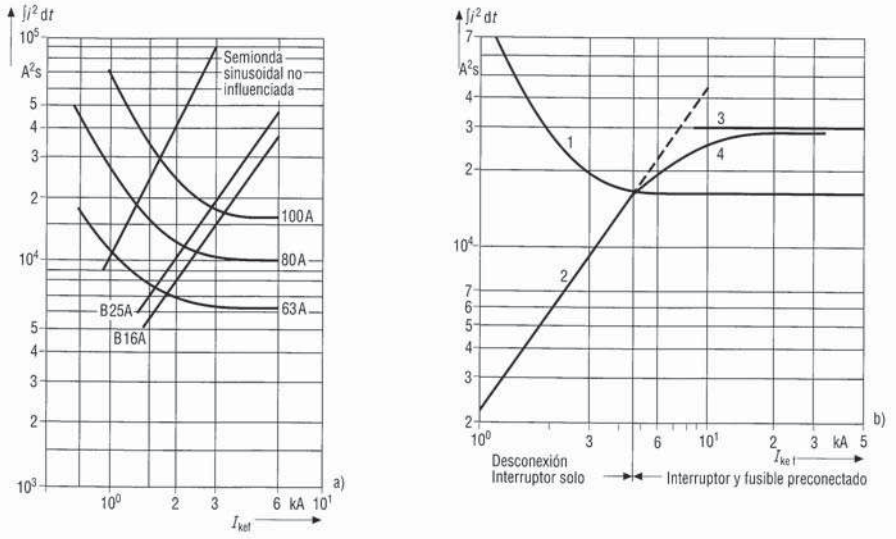
Para las corrientes de cortocircuito que están por debajo del valor correspondiente al punto de intersección de ambas curvas, hay selectividad; es decir, el interruptor corta a la corriente de cortocircuito y el fusible no funde.

Para las corrientes de cortocircuito elevadas (mayores que la del punto de intersección), el fusible preconectado y el interruptor automático desconectan la corriente de cortocircuito en conjunto como si se tratara de un único aparato de protección contra sobreintensidades. La curva característica de la energía de paso $\int i^2\,dt$ de ambos aparatos combinados para la protección contra sobreintensidades (Figura 3.4/23 b) tiende asintóticamente a la curva característica de la energía de paso $\int i^2\,dt$ total del fusible preconectado a medida que aumenta la intensidad de la corriente de cortocircuito.

Ventajas de una mayor capacidad de ruptura

La figura 3.4/23 b muestra que a partir de unos 5 kA, y según la curva característica conjunta del "fusible

[1] $\int i^2\,dt$ representa el valor de la energía que solicita térmicamente al circuito en el caso de producirse un cortocircuito.



——— Curvas características de fusión de los fusibles de 100 A, 80 A y 63 A (según la norma DIN EN 60 269 (VDE 0636), valor mínimo)

– – – Curvas características de la energía de paso $\int i^2\,dt$ del interruptor cortacircuitos automático, clase de limitación de energía 3, [según la norma DIN EN 60 898 (VDE 0641), máximo valor admisible]

1 Curva característica de fusión del fusible de 100A
2 Curva característica de la energía de paso $\int i^2\,dt$ de un interruptor automático
3 Energía de paso $\int i^2\,dt$ total
4 Curvas características de la energía de paso $\int i^2\,dt$ de la combinación de protección contra sobreintensidades "Fusible preconectado e interruptor cortacircuitos automático"

Figura 3.4/23
Curvas características de la energía $\int i^2\,dt$ (a) y curvas características de la energía de paso $\int i^2 \cdot dt$ de la combinación de protección contra sobreintensidades "Fusible preconectado e interruptor automático $\frac{6000}{3}$" (b)

preconectado de 100 A y el interruptor cortacircuitos automático" (o interruptor termomagnético) el valor $\int i^2\,dt$ casi no se incrementa. La solicitación del interruptor cortacircuitos automático hasta corrientes de cortocircuito elevadas apenas aumenta. Cuando su capacidad de ruptura es de 6 kA como mínimo, está protegido por el fusible. El punto de intersección posible se desplaza hacia la derecha, hacia valores más elevados, cuando se utiliza un interruptor con una capacidad de ruptura asignada de 10 kA (ver también las Tablas 10.6/4, 10.6/5 y 10.6/10).

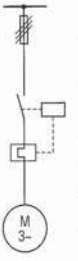
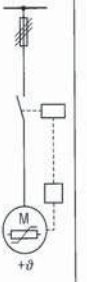
Por lo tanto, una mayor capacidad de ruptura del interruptor permite usar fusibles preconectados con corrientes asignadas más elevadas.

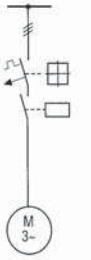
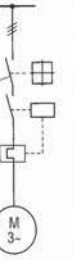
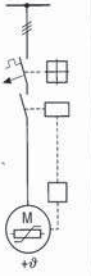
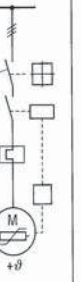
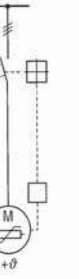
Los usuarios y constructores de instalaciones eléctricas conectadas a la red pública desconocen, por lo general, las magnitudes físicas relevantes. Con frecuencia, se piensa erróneamente que la calidad de la protección en caso de cortocircuito será tanto mayor cuanto más elevada sea la capacidad de ruptura. Como ya se demostró, esto no siempre ocurre. La capacidad de ruptura (comprobada en condiciones comparables), no es un criterio necesario para definir una mayor protección en caso de cortocircuito o una mejor "calidad de protección contra cortocircuitos".

3.4.4.5 Comparación de las características de protección de combinaciones de maniobra

En la Tabla 3.4/10 se presenta un resumen de una comparación de las características de protección ofrecidas por fusibles, interruptores automáticos, re-

Tabla 3.4/10
Comparación de las características de protección de las combinaciones de maniobra (esquemas unifilares básicos)

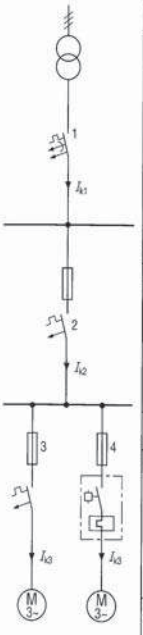
Objeto de la protección	Dispositivo de protección						
	Fusible Interruptor automático Contactor Protección contra sobrecargas Protección de motor mediante termistores						
Protección contra sobrecargas – Conductores – Motor con estator crítico – Motor con rotor crítico		++ ++ [1] ++ [1]	++ ++ ++	+ ++ +	+ ++ +	++ ++ ++	++ ++ ++
Protección contra cortocircuitos – Conductores – Motor		++ ++	++ ++	++ ++	++ ++	++ ++	++ ++

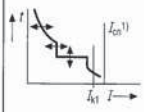
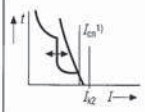
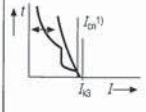
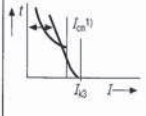
Objeto de la protección	Dispositivo de protección						
	– Interruptor automático Contactor Protección contra sobrecargas Protección de motor mediante termistores						
Protección contra sobrecargas – Conductores – Motor con estator crítico – Motor con rotor crítico		++ ++ [1] ++ [1]	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ ++	++ ++ [1] ++ [1]	+ ++ ++
Protección contra cortocircuitos – Conductores – Motor		+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +

++ Muy buena + Buena – Reducida

[1] Protección con algunas limitaciones en caso de falta de fase

Tabla 3.4/11
Cuadros o tableros de distribución con fusibles *y con* interruptores automáticos



Nº	Tipo de interruptor automático	Tipo	Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cn}	Tipo del disparador por sobreintensidad						Fusible preconectado 3NA/3ND $I_{cn}>$ 100 kA	Curva característica de disparo
				a		z		n			
				Ajustable	Ajuste fijo	Ajustable	Ajuste fijo	Ajustable			
	Interruptor de alimentación										
1	Interruptor automático para la protección selectiva de cortocircuitos (Categoría de empleo A)	3WN 3WS	$\geq I_{k1}$	×	–	×	–	×		–	
	Interruptor de distribución										
2	Fusible e interruptor automático para la protección de instalaciones	3NA 3VF 3VF	$\geq I_{k3}$ $\geq I_{k2}$ $< I_{k2}$	– – –	– × ×	– – –	– × –	– – ×		× – ×	
	Interruptor para consumidores										
3	Fusible e interruptor automático para la protección de motores	3NA 3RV1 3VF	$\geq I_{k3}$ $< I_{k3}$	× ×	– –	– –	× o × o	× ×		– ×	
4	Fusible y arrancador directo	3NA 3RT1 3RU1	$\geq I_{k3}$ $< I_{k3}$	– ×	– –	– –	– –	– –		× ×	

[1] I_{cn} Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito.

lés de sobrecarga y aparatos de protección de motores mediante termistores, así como las de sus combinaciones.

3.4.4.6 Selección de interruptores automáticos para distribuciones con o sin fusibles

Los cuadros o tableros de distribución y control se pueden construir con fusibles, o sin ellos (ejecución libre de fusibles).

Distribuciones con fusibles

La construcción clásica de cuadros o tableros de distribución con fusibles (Tabla 3.4/11) contiene combinaciones de maniobra compuestas por interruptores automáticos y fusibles. Para este fin, cada dispositivo de protección tiene especificada una función.

El interruptor de alimentación asume la protección contra sobrecargas y la protección selectiva contra

cortocircuitos del transformador y de la distribución. Para ello son adecuados los interruptores automáticos 3WN y 3WS de Siemens.

La combinación de maniobra compuesta por fusibles e interruptor automático se utiliza para proteger instalaciones o motores. El interruptor protege los cables y cuadros o tableros de distribución secundarios, así como los motores y su acometida, contra sobrecargas y también contra corrientes de cortocircuito con una intensidad media, del orden de su capacidad de ruptura límite asignada en cortocircuito I_{cu}.

Los fusibles asumen la protección contra cortocircuitos cuando las corrientes son más elevadas.

Sin embargo, las combinaciones de maniobra compuestas por fusibles e interruptor automático se utilizan cada vez menos, ya que en la actualidad se dispone de interruptores con una capacidad de ruptura escalonada de hasta 100 kA, y para las capacidades de ruptura menores del interruptor automático de la derivación al consumidor, éste recibe la protección de respaldo ("back-up") del interruptor automático preconectado

Para combinaciones de maniobra compuestas por fusibles, contactor y relé de sobrecargas, el relé asume la protección contra sobrecargas y los fusibles protegen contra cortocircuitos.

Los alcances de las protecciones de los fusibles y de los aparatos de maniobra se encuentran en la Sección 3.4.3.

Distribuciones sin fusibles (Construcción libre de fusibles)

En las instalaciones de distribución sin fusibles (Tabla 3.4/12) se utilizan interruptores automáticos para la protección contra cortocircuitos y para la conexión de consumidores; interruptores automáticos solos para la protección de motores, o para combinaciones de arranque, además, con un contactor y un relé de sobrecargas.

Por medio de la protección de respaldo o "back-up" se puede utilizar un interruptor automático en un punto de la instalación, donde la corriente de cortocircuito supere el valor de su capacidad de ruptura límite asignada en cortocircuito I_{cu} (ver la Sección 3.4.6.2).

Los rangos de protección de la combinación de maniobra, compuesta por interruptor automático, contactor y relé de sobrecarga, se indican en la sección 3.4.4.2.

Para los datos técnicos de los interruptores automáticos, consultar el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

3.4.5 Protección de los componentes de las instalaciones

3.4.5.1 Protección de motores trifásicos

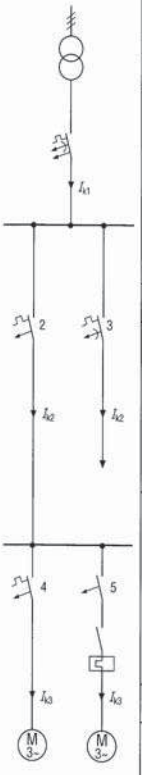
Las propiedades de los materiales utilizados para el aislamiento dependen tanto de los esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos a los que están sometidos, como de las influencias perjudiciales de la atmósfera, por ejemplo, la humedad y los ataques de sustancias químicas, así como de la suciedad de cualquier tipo. Los materiales aislantes alcanzan, en las condiciones de servicio usuales, una vida útil aceptable, siempre que no se supere la temperatura límite correspondiente a la clase de aislamiento utilizada, según la norma DIN VDE 0530.

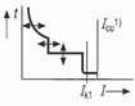
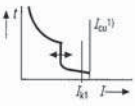
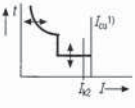
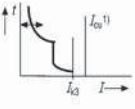
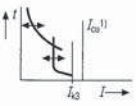
Causas de sobrecargas térmicas

Las siguientes pueden ser causas de sobrecargas térmicas de un motor:

- Aumento de las pérdidas debidas al tipo de servicio, es decir,
  un par resistente demasiado elevado en servicio permanente,
  un tiempo relativo de marcha muy largo en el servicio intermitente,
  tiempos de arranque y/o frenado muy largos debido a un gran momento de inercia y
  una frecuencia de maniobras muy elevada;
- Bloqueo del rotor durante el servicio;
- Errores de cableado o de maniobra;
- Aumento de las pérdidas debido a las características de la red, es decir,
  grandes diferencias de la frecuencia o de la tensión de la red con respecto a los valores nominales, interrupción de una de las fases de la red (la llamada falta de fase);
- Reducción de la refrigeración, es decir,
  aumento de la temperatura del medio refrigerante, lugar de instalación demasiado elevado (densidad

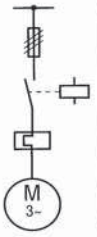
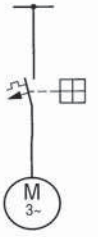
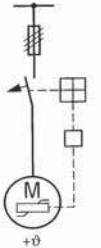
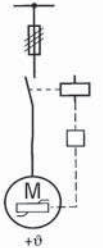
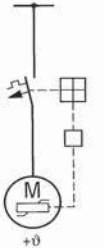
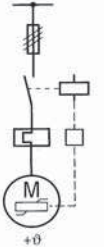
Tabla 3.4/12
Cuadros o tableros de distribución con interruptores automáticos *sin* fusibles



Nº	Tipo de interruptor automático	Tipo	Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cn}	Disparador por sobreintensidad a Ajustable	a Ajuste fijo	z Ajustable	n Ajuste fijo	n Ajustable	Protección de respaldo ("back-up") debida al interruptor preconectado	Curva característica de disparo
	Interruptor de alimentación									
1	Interruptor automático para la protección selectiva de cortocircuitos (Categoría de empleo B)	3WN 3WS	$\geq I_{k1}$ I_{k1}	× ×	– –	× ×	– –	× ×	– –	
	Interruptor de distribución									
2	Interruptor automático para la protección de instalaciones (Categoría de empleo A)	3VF 3VF	$\geq I_{k2}$ $< I_{k2}$	– –	× ×	– –	– –	× ×	– ×	
3	Interruptor automático para la protección selectiva de cortocircuitos (Categoría de empleo B)	3WN 3WS	$\geq I_{k2}$ $\geq I_{k2}$	× ×	– –	× ×	– –	– ×	– –	
	Interruptor para consumidores									
4	Fusible e interruptor automático para la protección de motores (Categoría de empleo A)	3RV1 3VF 3VF	$\geq I_{k3}$ $\geq I_{k3}$ $< I_{k3}$	× × ×	– – –	– – –	× × ×	– – –	– – ×	
5	Interruptor automático y arrancador directo	3RV1 3RT1 3RU1	$\geq I_{k3}$ $< I_{k3}$ $< I_{k3}$	× – –	– – –	– – –	× – –	– – –	– × ×	

[1] I_{cu} Capacidad de ruptura límite asignada en cortocircuito o límite de la protección de respaldo ("back-up") debida al interruptor preconectado

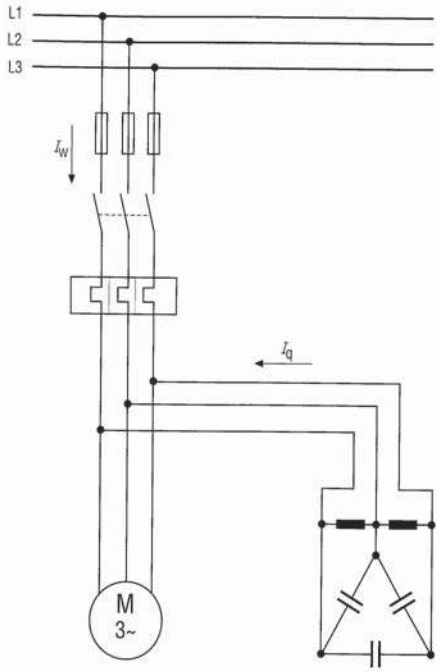
Tabla 3.4/13 Alcance de las protecciones de los motores

Dispositivos de protección de motores / Estados de servicio anormales	 Fusibles, contactor y relé de sobrecarga con sensibilidad a la falta de fase	 Interruptor automático con disparadores de sobreintensidad con retardo dependiente de la corriente y electromagnético sin retardo (an)	 Fusibles, interruptor automático con disparador por sobreintensidad electromagnético sin retardo (n) y protección de motores por termistores	 Fusibles, contactor y protección de motores por termistores	 Interruptor automático con disparadores por sobreintensidad con retardo dependiente de la corriente, electromagnético sin retardo (an) y protección de motores por termistores	 Fusibles, contactor, relé de sobrecarga y protección de motores por termistores
Mayores pérdidas del motor durante el servicio						
Sobrecarga en servicio permanente	●	●	●	●	●	●
Arranque o frenado muy prolongados	◑	◑	●	●	●	●
Servicio intermitente irregular	○	○	●[1]	●[1]	●[1]	●[1]
Frecuencia de maniobras muy elevada	○[2]	○[2]	●	●	●	●
Mayores pérdidas debido a fallas						
Marcha en una fase o asimetría de fases	●	●	●	●	●	●
Variaciones de la tensión o la frecuencia	●	●	●	●	●	●
Rotor bloqueado	●[1]	●[1]	●[1]	●[1]	●[1]	●[1]
Conexión de un motor con el rotor bloqueado — Motores con estator crítico	●	●	●	●	●	●
Conexión de un motor con el rotor bloqueado — Motores con rotor crítico	●[1]	●[1]	◑[1]	◑[1]	●[1]	●[1]
Impedimentos en la refrigeración						
Temperatura ambiente sobreelevada	○	○	●	●	●	●
Obstrucción en la circulación del medio refrigerante	○	○	●	●	●	●

○ Sin protección ◑ Sólo protección condicionada ● Protección total

[1] Para motores de media tensión, sólo en combinación con una supervisión de la temperatura del rotor.

[2] No es aplicable debido a disparos prematuros.



I_W Corriente activa
I_q Corriente reactiva

Figura 3.4/24
Protección contra sobrecargas de un motor asincrónico compensado (Esquema básico)

de aire muy reducida para un lugar de montaje que supera los 1000 m sobre el nivel del mar), y obstrucción en la circulación del medio refrigerante.

Alcance de los dispositivos para protección de motores

La Tabla 3.4.13 muestra un resumen del alcance de los dispositivos tratados para la protección de motores. Se observa que la protección contra sobrecargas que ofrecen los interruptores automáticos y la combinación "contactor, relé de sobrecarga y fusibles" alcanza perfectamente para las condiciones de servicio normales. Si se tienen condiciones de servicio anormales como, por ejemplo, arranque y frenados prolongados, elevada frecuencia de maniobras o marcha en una fase, la protección de motores con termistores ofrece una protección completa para los motores con "estator crítico".

De esta manera, el sistema de termistores protege los bobinados del motor contra sobrecalentamiento, aun cuando el mismo no provenga de una sobreintensidad, como es el caso cuando se obstruye la circulación del medio refrigerante.

Cuando se protegen motores con "rotor crítico", debe preverse, además de la protección mediante termistores, un relé o disparador por sobrecargas (ver también la Sección 3.4.4.3).

Protección de motores trifásicos asincrónicos compensados

Para la compensación de la energía reactiva de un motor se conectan condensadores que se conectan y desconectan en conjunto con el motor (Figura 3.4/24). De la red se demanda sólo la corriente activa I_w. Esta es la corriente que circula por el aparato de maniobras y el relé o disparador por sobrecargas. Por lo tanto, éstos se deben ajustar al valor de la intensidad de la corriente activa.

La corriente de ajuste I_r se puede calcular con una exactitud aceptable mediante la siguiente expresión:

$$I_r = \frac{I_n \cdot \cos\varphi}{0{,}9}.$$

Los valores de la corriente asignada I_n y del factor de potencia (cos φ) se toman de la placa de características del motor.

Ejemplo:

Motor trifásico, 1500 R.P.M., 4 polos, potencia asignada 22 kW para 400 V, 50 Hz, corriente asignada I_n = 43 A, factor de potencia cos φ = 0,83. Se realizó una compensación a un cos φ = 0,9.

La corriente de ajuste será:

$$I_r = \frac{40\,A \cdot 0{,}83}{0{,}9} = 40\,A.$$

Protección de motores trifásicos asincrónicos de polos conmutables

Un motor de polos conmutables con un devanado (conexión Dahlander), dos velocidades y un sentido de giro, entrega una potencia diferente para cada velocidad y, por lo tanto, toma distintas intensidades de la corriente. A la mayor velocidad también le corresponde un consumo de corriente más elevado. De-

bido a esto, se debe prever un relé de sobrecarga para cada velocidad, y cada uno se ajusta de acuerdo con la intensidad asignada I_r correspondiente.

La misma medida se debe tomar para los siguientes motores de polos conmutables:

- ▷ Motor asincrónico trifásico de polos conmutables con dos devanados separados, tres velocidades, y un sentido de giro. En este caso, son necesarios tres relés de sobrecarga cuyas corrientes de ajuste se calibrarán de acuerdo con las diferentes corrientes asignadas del motor.
- ▷ Motor asincrónico trifásico de polos conmutables con dos devanados separados, cuatro velocidades y un sentido de giro (ambos devanados en conexión Dahlander). Para cada velocidad debe preverse un relé de sobrecarga, es decir, se necesitan cuatro relés.

Las conexiones de los motores de polos conmutables se muestran en la Sección 9.2.5.

Protección de motores trifásicos asincrónicos con arranque pesado

Un arranque se considera pesado, cuando un dispositivo de protección, seleccionado correctamente para las condiciones de servicio normales, (por ejemplo, CLASS 10 ó CLASS 20) reaccionaría durante el arranque, es decir, cuando el motor necesita un tiempo de arranque muy largo.

Este es el caso, por ejemplo, en centrífugas y ventiladores de gran diámetro, masas rotatorias importantes y una elevada velocidad, o cintas transportadoras, molinos, etc. que se arrancan con carga. Para proteger los motores en accionamientos de este tipo, se utilizan relés de sobrecarga con retardo térmico o electrónico para arranque pesado (Clase de desconexión > CLASS 20).

Estos relés de sobrecarga fueron diseñados para los elevados esfuerzos que se presentan durante el arranque pesado. Todos los demás aparatos de maniobra y los conductores deben diseñarse para estos esfuerzos. En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se encuentran indicaciones al respecto.

Arranque pesado con relés de sobrecarga electrónicos

En este tipo de relés de sobrecarga, la corriente del motor se evalúa en forma analógica en cada fase a través de transformadores de intensidad integrados en el aparato.

Para ello se utilizan transformadores de intensidad con un factor de sobreintensidad elevado que transforman linealmente la corriente del motor hasta unas 10 veces la corriente asignada del relé (valor de ajuste máximo). La clase de disparo CLASS 30 se puede ajustar en función del tiempo de arranque necesario (ver la figura 3.4/13 en la Sección 3.4.3.5). Los tiempos de disparo son constantes a través de todo el margen de ajuste.

Arranque extrapesado con relés de sobrecarga electrónicos

Se entiende por arranque extrapesado el que tiene un tiempo de arranque más largo que los tiempos de disparo correspondientes a la CLASS 30. En este caso, los relés para arranque pesado disparan antes de que finalice el arranque y, el motor no logra acelerar. A continuación se indican dos soluciones que permiten concretar arranques extrapesados con relés electrónicos de sobrecarga. En ambos casos, los relés se desactivan durante un determinado tiempo. Esto se realiza mediante circuitos de puenteo.

Tiempo de puenteo

El "tiempo de puenteo" t_B necesario para que el motor pueda arrancar sin dificultades resulta del tiempo de arranque del motor t_{an} menos el tiempo de disparo del relé t_K, a partir del estado frío, cargado con la corriente inicial de arranque:

$t_B = t_{an} - t_K$.

El tiempo de disparo t_K se determina suponiendo que la corriente de arranque del motor es igual a la corriente inicial de arranque y que permanece constante para todo el tiempo t_K.

Durante el tiempo de puenteo t_B el relé no evalúa la corriente del motor. En caso de que el motor esté bloqueado, cuando transcurrió el tiempo de puenteo t_B el relé detectará la corriente de bloqueo del motor y el disparo ocurre según la curva característica de disparo. El tiempo de sobrecarga del motor es idéntico al tiempo de arranque t_{an}.

- ▷ Circuito de puenteo, para que el tiempo de arranque se mantenga dentro de los límites de carga admisible de los transformadores de intensidad:

En esta conexión, durante el tiempo de puenteo t_B, a través de los transformadores de intensidad del relé electrónico de sobrecarga, circula la corriente total de arranque del motor, a rotor bloqueado la corriente inicial de arranque. Por lo tanto, esta conexión sólo pue-

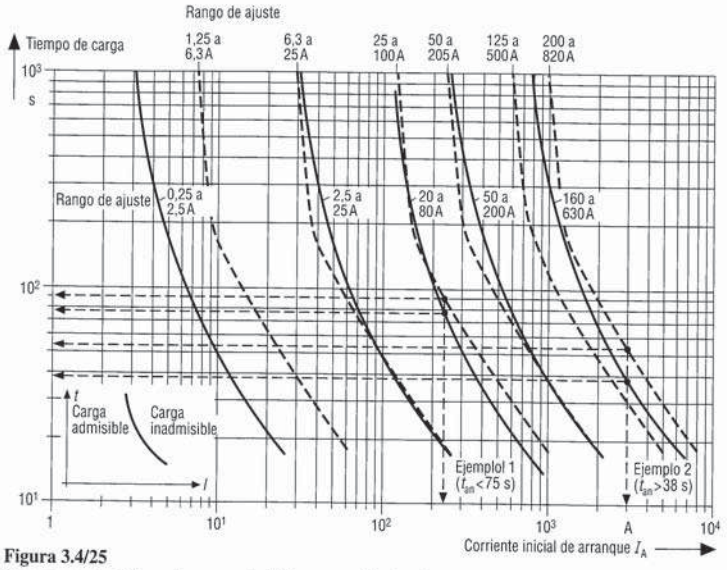


Figura 3.4/25
Curvas características de carga admisible para relés de sobrecarga electrónicos 3UB1, 3RB12 y 3UF50 con sus transformadores de intensidad

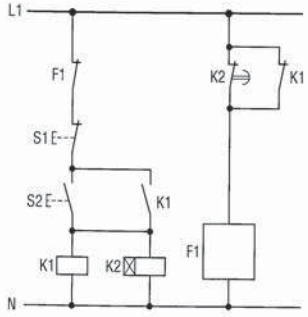
de emplearse cuando es posible descartar una sobrecarga térmica del relé o de sus transformadores de intensidad, es decir, cuando el tiempo y la corriente inicial de arranque se encuentran por debajo de la curva característica de carga admisible (Figura 3.4/25).

Para esta conexión se utilizan relés electrónicos de sobrecarga, cuyos contactos auxiliares no cambian de posición cuando falta la tensión de mando. Después de la reconexión, el relé de salida permanece en su posición (ver la Sección 3.4.3.5).

La corriente del motor también puede circular durante el tiempo en el que la alimentación de la unidad de disparo del relé está desconectada (por ejemplo, falta de la tensión de mando). Para ello se necesita un circuito de puenteo según la figura 3.4/26. Mediante esta conexión la unidad de disparo se conecta a la tensión de mando después de que transcurrió el tiempo de puenteo t_B. A partir de dicho momento, comienzan a funcionar y a sumar las señales de corriente.

Funcionamiento:

Mediante el accionamiento del pulsador S2 se conectan el contactor K1 y el relé de tiempo K2. El cir-



S1 Pulsador de parada
S2 Pulsador de arranque
K1 Contactor del motor con 1NA + 1NC
K2 Relé de tiempo con 1NC
F1 Unidad de disparo del relé de sobrecargas electrónico con la función "sin desconexión" ante la caída de la tensión de mando con 1NC

Figura 3.4/26
Circuito de puenteo donde el tiempo de arranque se mantiene dentro de los valores delimitados por las curvas características de carga admisible según la figura 3.4/25.

cuito de autorretención de K1 se cierra. El contacto del relé de tiempo K2 y el contacto K1 del contactor del motor se abren.

La fuente de alimentación del relé de sobrecarga F1 se desconecta. El contacto auxiliar de F1 no cambia de posición (Sección 3.4.3.5).

Una vez transcurrido el tiempo t_B ajustado en el relé de tiempo K2, se cierra su contacto auxiliar K2. Con ello el relé F1 se alimenta nuevamente con la tensión, y el relé de sobrecarga comienza el control de la corriente.

En caso de disparo, el contacto de F1 abre. El contactor K1 y el relé de tiempo K2 se desconectan. El contacto auxiliar de K2 abre, y el de K1 cierra. Con esto el relé se mantiene con tensión de alimentación. Una vez que transcurrió el tiempo de reposición del servicio, podrá reconectarse el relé, y el motor puede volver a arrancar.

▷ Circuito de puenteo, en el que el tiempo de arranque excede los límites de carga admisible de los transformadores de intensidad:

Con esta conexión (Figura 3.4/27) se asegura que durante el tiempo de puenteo t_B no pueda circular corriente a través del relé de sobrecarga, y con ello no se podrán sobrecargar térmicamente los transformadores de intensidad. El relé de sobrecarga se puentea en el primario durante el "tiempo de puenteo" t_B mediante el contactor K2.

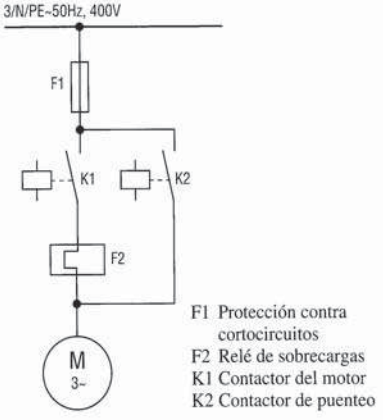


Figura 3.4/27
Circuito de puenteo donde el tiempo de arranque excede las curvas características de carga admisible, según la figura 3.4/25

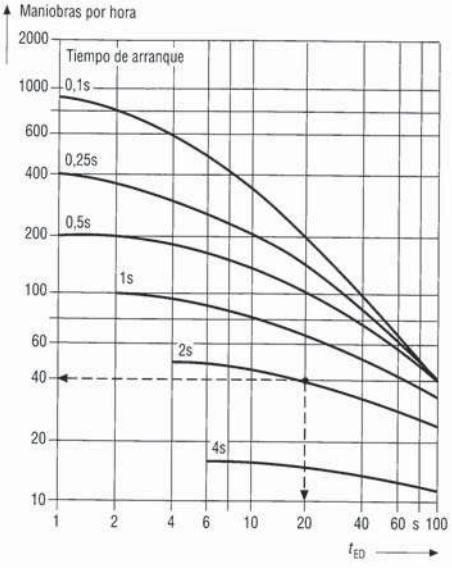
Tabla 3.4/14
Ejemplos para la determinación de la carga admisible de relés de sobrecarga electrónicos, incluidos los transformadores de intensidad para arranque extrapesado

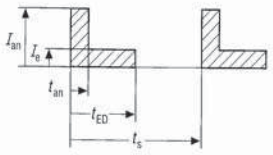
		Ejemplo 1	Ejemplo 2
1. Datos del motor:			
Corriente asignada I_n	A	33	530
Factor I_{an}/I_n		6,8	5,8
Tiempo de arranque t_{an}	s	45	55
2. Selección del rango de ajuste en concordancia con la corriente asignada del motor I_n	A	25–100	200–820
3. Cálculo del valor absoluto de la corriente inicial de arranque I_{an} $I_{an}=I_n \cdot \frac{I_{an}}{I_n}$	A	$33 \times 6{,}8$ 224	$530 \times 5{,}8$ 3074
4. Determinar la corriente de arranque en la abscisa de la figura 3.4/24 y leer el tiempo de carga admisible en la ordenada	s	90	53
5. ¿El tiempo de carga admisible es mayor que el tiempo de arranque?			
En caso afirmativo: El relé de sobrecargas se puede instalar con el circuito de puenteo de la figura 3.4/25.		× (t_{an}<70 s)	
En caso negativo: El relé de sobrecargas se debe puentear según el circuito de la figura 3.4/26.			× (t_{an}>53 s)

La conexión del motor se produce a través del contactor K2. El contactor K1 permanece abierto. De esta forma se asegura que no circule corriente a través del relé electrónico de sobrecarga.

Una vez transcurrido el tiempo t_B ajustado en un relé de tiempo, se conmuta al contactor K1 (servicio normal). Por cierto, el contactor K2 sólo debe abrir después de que el contactor K1 se encuentre efectivamente conectado.

De la Tabla 3.4/14 se pueden obtener ejemplos para determinar la carga admisible en arranques extrapesados. Sobre la base de las curvas de carga admisible, en función del tiempo de arranque y de la co-





I_{an} Corriente inicial de arranque del motor
I_e Corriente asignada de servicio
t_{an} Tiempo de arranque del motor
t_{ED} Duración de la marcha
t_s Duración del ciclo

Figura 3.4/28
Frecuencia de maniobras admisible para los relés de sobrecargas con retardo térmico dependiente de la corriente para $I_{an} = 6 \cdot I_e$

rriente inicial de arranque de los motores, se puede decidir cuál es el circuito de puenteo para arranque extrapesado recomendable. Además del relé de sobrecarga, el motor, los aparatos de maniobra y los conductores de alimentación se deben seleccionar para el arranque extrapesado.

Protección de motores trifásicos asincrónicos con elevada frecuencia de maniobra

Frecuencia de maniobras admisible

Cuando se instalen relés de sobrecarga en combinación con contactores que operan con una frecuencia de maniobras elevada, se debe tener en cuenta que su utilización queda limitada en caso de una gran frecuencia de maniobras. La frecuencia de maniobras admisible depende de los siguientes datos de servicio:

Corriente asignada de servicio del motor I_e,
Corriente inicial de arranque del motor I_{an},
Tiempo de arranque del motor t_{an},
Duración de la marcha del motor t_{ED},
Duración del ciclo t_s.

De la figura 3.4/28 se puede obtener la cantidad de maniobras admisibles por hora en el arranque directo de motores trifásicos asincrónicos con una corriente de arranque $I_{an} = 6 \cdot I_e$, en función del tiempo de conexión t_{ED} y del tiempo de arranque t_{an}.

Ejemplo:

Para $t_{ED} = 20$ s y $t_{an} = 2$ s se pueden efectuar unas 40 maniobras por hora. La duración del ciclo t_s es, en este caso, la siguiente: $t_s = \frac{3600\text{ s}}{40} = 90\text{ s}$.

Cuando no se puede proteger eficazmente un motor trifásico asincrónico mediante un relé de sobrecargas debido a su elevada frecuencia de maniobras, se deberá emplear un aparato de protección de motores mediante termistores (Sección 3.4.3.6).

Protección de motores trifásicos asincrónicos con rotor crítico

En los motores trifásicos asincrónicos con una potencia de hasta unos 15 kW cuando el rotor está bloqueado, el estator alcanza la temperatura límite admisible con mayor rapidez que el rotor (estator crítico). Los termistores detectan eficientemente esta temperatura y con esto se asegura que el rotor no llegue a sobrecalentar en ningún caso.

Los motores de mayor potencia son, por lo general, de "rotor crítico. En este caso, el rotor bloqueado alcanza

su temperatura límite admisible antes que el estator, es decir, antes de que los termistores incorporados al estator alcancen su temperatura nominal de actuación (TNF). Esto ocurre, en especial, cuando el motor arranca con el rotor bloqueado a partir del estado frío. En este caso, la sobretemperatura del rotor puede ser mucho mayor que la del estator y conducir a una notable disminución de la vida útil del motor.

Para poder asegurar también en este caso extremo la protección de los motores con rotor crítico se debe controlar, además de los termistores, la corriente de las tres fases del motor mediante un relé de sobrecargas térmico, el que en este caso limite reaccionará a tiempo.

En el catálogo para motores trifásicos de baja tensión de Siemens se puede obtener la información sobre el grado de protección de los distintos motores y la aplicación de aparatos de protección de motores mediante termistores.

Protección de motores trifásicos asincrónicos para servicio con inversión del sentido de giro

El motor toma la misma corriente para cada sentido de giro. El relé de sobrecarga se conecta entonces en la línea de alimentación y se ajusta de acuerdo con la corriente asignada del motor (Esquemas de conexión básicos, Sección 9.2.4). Esto también tiene validez para la inversión directa del sentido de giro con frenado por contracorriente, por medio de controles de frenado.

Protección de motores trifásicos asincrónicos en un arranque estrella-triángulo

Durante su conexión en estrella, el motor toma de la red una corriente igual a $1/\sqrt{3}$ veces su corriente asignada mientras que en la conexión triángulo y con carga asignada, circula toda la intensidad de la corriente asignada del motor. Por lo tanto, se coloca el relé de sobrecarga en el circuito de los bobinados y se lo ajusta según dicha corriente asignada, es decir, $1/\sqrt{3} \approx 0{,}58$ veces la corriente asignada del motor. De esta forma, se logra una protección correcta del motor, tanto en la etapa de estrella (arranque) como en la etapa de triángulo (servicio permanente) con un único relé (Esquemas de conexión básicos, Sección 9.3).

Protección de motores de alta tensión

Por lo general, los motores de alta tensión se protegen contra sobrecargas mediante relés secundarios de sobrecarga, por ejemplo, 3RU, 3UC, así como relés electrónicos 3RB. Los relés secundarios de sobrecarga se conectan a los transformadores de intensidad principales, los que deben tener una resistencia a cortocircuitos suficientemente elevada o se los conectan al punto estrella del motor. Los transformadores de intensidad principales pueden seleccionarse con una clase del 3%, pero deben tener un factor de sobreintensidad ≥ 10. Su potencia debe considerar el consumo del relé de sobrecarga y las pérdidas en los conductores, para que pueda asegurarse que se cumpla la curva característica de disparo correspondiente.

El relé de sobrecarga y el transformador de intensidad principal se eligen de tal manera que la corriente secundaria del transformador se encuentre dentro del rango de ajuste del relé de sobrecarga cuando circula la corriente asignada del motor.

Ejemplo

Corriente asignada del motor 210 A,
transformadores de intensidad principales 400/5 A,
relación de transformación ü = 80.

Por lo tanto, la corriente en el secundario del transformador cuando circula la corriente asignada del motor es:

$$\frac{210}{80}\ \text{A} = 2{,}63\ \text{A}.$$

Se debe elegir un relé con un rango de ajuste de 2,6 a 4 A (corriente de ajuste 2,63 A).

Los esquemas de conexión se podrán consultar en el Catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Para motores de alta tensión con arranque en condiciones desfavorables (momento de inercia elevado, gran cantidad de arranques sucesivos), se recomienda controlar la temperatura del devanado del rotor con la ayuda de un pirómetro de radiación.

Para la protección contra cortocircuitos, se emplean fusibles HH o interruptores automáticos.

Con fusibles HH, la corriente de ruptura limitada i_D no debe superar los 63 kA. Esto también se aplica a la corriente de ruptura limitada total i_{D2} cuando se conectan dos fusibles HH en paralelo ($i_{D2} = 1{,}6 \cdot i_{D1}$).

La información relacionada con los fusibles HH para circuitos de motores se publica en el catálogo HG 12 de Siemens.

Los interruptores automáticos se pueden prever para la protección de motores grandes, para los cuales no existen fusibles HH apropiados. A causa del tiempo de interrupción relativamente largo del interruptor

automático (máximo admisible: 120 ms), la corriente permanente de cortocircuito I_k no debe superar los 20 kA (valor eficaz).

Protección de motores trifásicos asincrónicos de la clase de protección seguridad aumentada EEx e

Para la protección contra sobrecargas de motores de la clase de protección seguridad aumentada "e", se aplican las siguientes normas y disposiciones:

- ▷ Norma europea EN 50019, "Aparatos eléctricos para zonas con peligro de explosión", seguridad aumentada "e".
- ▷ Norma DIN VDE 0170/0171, Parte 6, "Aparatos eléctricos para zonas con peligro de explosión", seguridad aumentada "e";
- ▷ Norma DIN VDE 0165, "Construcción de instalaciones eléctricas en zonas con peligro de explosión".

Además, de las normas citadas, el PTB (**P**hysikalisch – **T**echnische **B**undesanstalt o Instituto Federal Físico-Técnico, con sede en Braunschweig, República Federal de Alemania) publicó el tomo 3 de las Reglas para el ensayo de máquinas protegidas contra explosiones, de la clase de protección "seguridad aumentada" (Ex)e, 1978.

En particular, debe tenerse en cuenta que los motores tienen que protegerse contra sobretemperaturas inadmisibles debidas a sobrecargas. Entre otros, podemos considerar los siguientes dispositivos de protección:

- ▷ Dispositivos de protección contra sobrecargas con disparo retardado dependiente de la corriente
- ▷ Dispositivos para supervisión directa de la temperatura mediante sensores.

Protección mediante disparadores retardados dependientes de la corriente de interruptores o relés de sobrecarga

La capacidad de ruptura asignada del interruptor automático debe responder, como mínimo, a la corriente inicial de arranque I_{an} de la máquina según las categorías de uso AC-3 y AC-4 de la norma DIN VDE 0660.

El dispositivo de protección debe actuar en todos los polos. La corriente de ajuste I_r del disparador o relé de sobrecarga no debe ser mayor que la corriente asignada de la máquina. En redes sin conexión rígida a tierra, con tensiones nominales superiores a 1 kV alcanza con una protección en sólo dos conductores de línea.

Las curvas características de los disparadores y relés de sobrecarga deben estar disponibles en el lugar de la instalación. Dichas curvas deben indicar los tiempos de disparo para carga tripolar, a partir del estado frío, a una temperatura ambiente de 20 °C, en función de un rango comprendido entre 3 y 8 veces la corriente de ajuste I_r. Los tiempos de disparo y los valores obtenidos de las curvas no deben discrepar en mas del ±20%.

Los relés y disparadores para la protección de motores con rotor jaula deben seleccionarse de manera que controlen, tanto la corriente asignada I_n como el tiempo de disparo correspondiente, a partir del estado frío para la relación I_{an}/I_n de la máquina a proteger. El tiempo de disparo t_A no debe ser mayor que el tiempo de calentamiento admisible t_E indicado en la placa de características del motor. La Tabla 3.4/15 muestra algunos ejemplos al respecto.

El tiempo de calentamiento t_E indica cuánto tarda un motor con el rotor bloqueado y a partir de la temperatura de servicio en alcanzar su temperatura límite admisible.

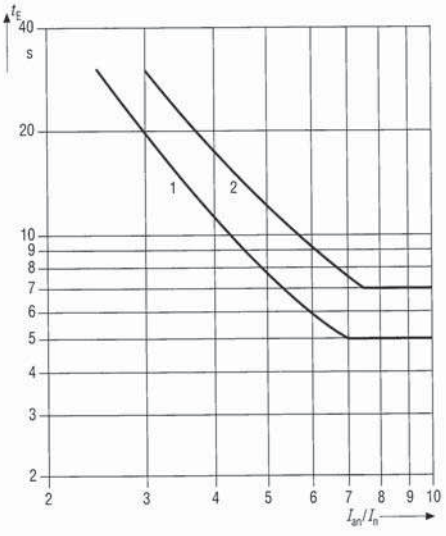
En la figura 3.4/29 se muestran los valores mínimos para el tiempo de calentamiento t_E de los motores, en función de la relación de corriente de arranque I_{an}/I_n, según la norma DIN VDE 0170/0171 y las Recomendaciones de la V.I.K (del alemán "**V**ereinigung **I**ndustrielle **K**raftwirtschaft": Asociación Industrial Energética de Alemania).

Los dispositivos para la protección de motores también deben ofrecer una seguridad adecuada en caso de faltar una de las fases. Por ejemplo, los relés de sobre-

Tabla 3.4/15
Selección de relés de sobrecarga para motores de la clase de protección seguridad aumentada "e" (Ejemplos)

Motor, 1500 R.P.M., cuatro polos, 50 Hz según catalogo M11 de Siemens				Relé de sobrecarga térmico, según catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens		
P_n con T3	I_n con 380 V	I_{an}	t_E con T3	t_A con I_{an}	Rango de ajuste	I_r
kW	A		s	s	A	A
15	31	$6{,}6 \cdot I_n$	17	<8,2	20 hasta 32	31
84	160	$7{,}3 \cdot I_n$	11	<7,6	135 hasta 160	160
115	215	$7{,}3 \cdot I_n$	14	<8,9	160 hasta 250	215

T3 Clase de temperatura
I_{an} Corriente inicial de arranque
I_r Corriente ajustada
t_A Tiempo de desconexión
t_E Tiempo de calentamiento



1 Según la norma DIN VDE 0170/0171
2 Según recomendación de la V.I.K.
(Asociación Industrial Energética de Alemania)

Figura 3.4/29
Tiempo de calentamiento t_E (valor mínimo) en función de la relación de corrientes I_{an}/I_n

carga térmicos con retardo dependiente de la sobreintensidad y los disparadores contra sobrecarga "a" serán adecuados, si cuentan con sensibilidad a la falta de fases, según la norma DIN VDE 0660, Parte 102.

Los motores que funcionan con supervisión de corriente únicamente, sólo deben emplearse en servicio permanente con arranques livianos y poco frecuentes, en los que el motor no se caliente en forma significativa. Los motores con arranques pesados o con elevada frecuencia de maniobras sólo se pueden emplear en conjunto con dispositivos de protección adaptados especialmente, que aseguren que no se sobrepase la sobretemperatura límite admisible.

Durante el arranque tampoco se deben sobrepasar las temperaturas límite.

Nota

Se considera que un arranque es pesado, cuando un dispositivo de protección seleccionado para las condiciones normales de servicio, desconecta durante el arranque. Ese es el caso, por lo general, cuando el tiempo de arranque supera 1,7 veces el tiempo de calentamiento t_E.

Los motores con rotor de anillos rozantes, cuyo devanado responde a la clase de protección seguridad aumentada "e", deben tener una protección adicional mediante disparadores o relés de sobreintensidad sin retardo que se ajustarán a una intensidad de la corriente levemente superior a los picos de arranque previstos, pero no mayor que cuatro veces la corriente asignada del motor.

Protección mediante termistores

Cuando la protección contra sobrecarga se deba efectuar exclusivamente con dispositivos para la vigilancia directa de la temperatura mediante sensores, se tienen que utilizar motores con una construcción probada y certificada especialmente.

Los aparatos de disparo para protección mediante termistores, según la norma DIN VDE 0660, Parte 303, en combinación con sondas de termistores, según la norma DIN 44 081 ó la DIN 44 082, están previstos para vigilancia directa de la temperatura de motores antiexplosivos con clase de protección seguridad aumentada EEx e y deben llevar el sello o símbolo de conformidad.

Siemens ofrece aparatos, junto con su documentación, para proteger motores de la clase de protección seguridad aumentada "e", que cumplen con las normas correspondientes (ver también el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens):

- ▷ Interruptores automáticos tripolares, para la protección de motores
- ▷ Relés de sobrecarga tripolares, con sensibilidad a la falta de fases
- ▷ Relés de sobrecarga electrónicos
- ▷ Relés para arranque pesado y relés secundarios
- ▷ Relés electromagnéticos sin retardo
- ▷ Aparatos para protección de motores mediante termistores,
- ▷ Curvas características de disparo,
- ▷ Informes de ensayos del PTB (**P**hysikalisch – **T**echnische **B**undesanstalt o Instituto Federal Físico-Técnico, Braunschweig, Alemania).

Otras posibilidades de supervisión

Otras posibilidades para el control de motores son:

- ▷ Control de rotor detenido:
  Para el control de rotor detenido y las velocidades cercanas a cero, se dispone del aparato de evaluación 6KB4 301 para los accionamientos equipados con tacómetro.
- ▷ Control de la velocidad de rotación:
  Para supervisar la velocidad, desde cerca de cero hasta 6 000 R.P.M., se dispone de un emisor de impulsos y del aparato de evaluación 6KB4 202.
- ▷ Control del proceso de frenado:
  Los controladores de frenado tipo 6KB4 110, en combinación con contactores, son adecuados para frenar con rapidez accionamientos eléctricos mediante contracorriente.
- ▷ Control de cintas transportadoras:
  Los controladores de cintas transportadoras tipo 6KB4 111 detienen la marcha de la instalación cuando la banda resbala fuertemente, se atasca o la velocidad del motor de accionamiento difiere en forma inadmisible del valor prefijado.
- ▷ Control de la presión:
  Con los presostatos electrónicos 6KC3 se capta la presión en las tuberías de sistemas de mando neumáticos como, por ejemplo, las que se utilizan habitualmente en equipos automáticos de producción y en máquinas de embalaje.
  El programa de aparatos ofrecidos comprende presostatos para un rango de depresión (presión negativa) y cuatro diferentes rangos de sobrepresiones. Cada rango se caracteriza por una presión de umbral máximo y la presión barométrica ambiente. Estos presostatos son adecuados para todos los medios gaseosos, secos, químicamente no agresivos. Debe destacarse la pequeña histéresis de conmutación y elevada frecuencia de maniobras de estos aparatos que, además, dentro de límites predeterminados, son insensibles a sobrecargas y "golpes de ariete".

Para otras posibilidades de control o supervisión, ver el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens. Los esquemas de conexión básicos se representan en la Sección 9.5.

3.4.5.2 Protección de conductores y cables fuera de las combinaciones de aparatos de maniobra

Para la protección contra sobrecalentamiento de conductores y cables se aplica la norma DIN VDE 0100, Parte 430 "Construcción de instalaciones para corrientes industriales con tensiones nominales de hasta 1000 V".

Según esta norma, los conductores y cables deben protegerse contra sobrecalentamiento mediante dispositivos de protección contra sobrecargas, que se pueden deber tanto al servicio como a corrientes de cortocircuito de diferentes intensidades.

La Tabla 3.4/16 suministra un panorama de los dispositivos de protección que se pueden utilizar para estos fines.

Capacidad de carga

La capacidad de carga de conductores aislados y de cables no enterrados se debe tomar de las normas DIN VDE; ver también la Sección 10.3.

Protección contra sobrecargas

En la Sección 10.3 se indica la coordinación de protección entre los fusibles o interruptores con la sección nominal de los conductores aislados y cables no enterrados, para temperaturas ambiente de hasta 30 °C.

Protección contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuitos se debe planificar de acuerdo con las indicaciones de la Sección 1.4.2.1. También la norma DIN VDE 0100, Parte 430, contiene indicaciones para determinar la protección contra cortocircuitos.

Protección mediante un dispositivo común

Cuando la capacidad de ruptura del dispositivo de protección contra sobrecargas equivale a la corriente de cortocircuito plena calculada en el lugar de su instalación, éste asume también la protección contra cortocircuitos de los conductores conectados a continuación. Esto no siempre es válido para todos los alcances de determinados interruptores automáticos, en especial, para aquellos que *no* limitan la corriente de cortocircuito. En ese caso, es indispensable realizar un cálculo de verificación.

Protección de las fases (L1, L2, L3, L+, L−) y del conductor neutro (N) o central

En todas las fases (L1, L2, L3, L+, L−), deben preverse dispositivos de protección que tienen que provocar la desconexión del conductor, en el que se presenta la

Tabla 3.4/16
Dispositivos de protección contra sobreintensidades para conductores y cables, normas y alcances de la protección

Dispositivos de protección contra sobreintensidades	Norma	Protección con:	
		Sobre-cargas	Corto-circuito
Fusibles para la protección de cables, clase de servicio gL/gG	DIN VDE 0636, IEC 269	×	×
Fusibles para la protección de aparatos, clase de servicio aM	DIN VDE 0636	–	×
Interruptor cortacircuitos automático (termomagnético)	DIN EN 60898, DIN VDE 0641, IEC 898	×	×
Interruptor automático con disparador por sobrecargas y por sobreintensidad instantáneo (a, n)	DIN VDE 0660 Parte 101, IEC 947-2	×	×
Interruptor automático para combinaciones de arranque con disparador instantáneo por cortocircuito (n)	DIN VDE 0660 Parte 101, IEC 947-2	–	×
Combinación de maniobra compuesta por: fusible preconectado de la clase de servicio gL o aM y contactor con relé de sobrecargas	DIN VDE 0636, IEC 269 DIN VDE 0660 Parte 104	×	×
Interruptor automático para combinaciones de arranque y contactor con relé de sobrecargas	DIN VDE 0660 Parte 101, IEC 947-2 DIN VDE 0660 Parte 102, IEC 947-4	×	×

sobreintensidad. Sin embargo, no siempre es indispensable la desconexión de los otros conductores activos. Pero, cuando la desconexión de una sola fase implica un peligro como, por ejemplo, en el caso de motores trifásicos asincrónicos, *se deben* tomar las previsiones adecuadas (ver también la Sección 3.6).

En redes puestas a tierra se puede desistir del empleo de dispositivos de protección en el neutro cuando su sección corresponde a la sección de las fases. En caso de que ésta sea menor, un dispositivo de detección deberá desconectar las fases, aunque no necesariamente el neutro. Se puede desistir del dispositivo de detección en el neutro cuando este conductor queda protegido mediante el dispositivo de protección de las fases, es decir, cuando en servicio normal la corriente en el neutro es menor que la capacidad de carga de ese conductor.

3.4.5.3 Protección de transformadores

Transformadores de potencia en redes radiales

A los transformadores de potencia se los puede sobrecargar; pero la magnitud y la duración de la sobrecarga admisible depende de su carga previa y de la temperatura del medio refrigerante.

Por lo general, para la protección del lado de baja tensión de los transformadores se emplean interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos); los transformadores pequeños, se protegen ocasionalmente con fusibles.

Para proteger los transformadores debe preverse un interruptor automático, cuya capacidad de ruptura sea igual o mayor que la corriente de cortocircuito en su secundario. El disparador contra sobrecargas se ajusta a la corriente asignada del transformador.

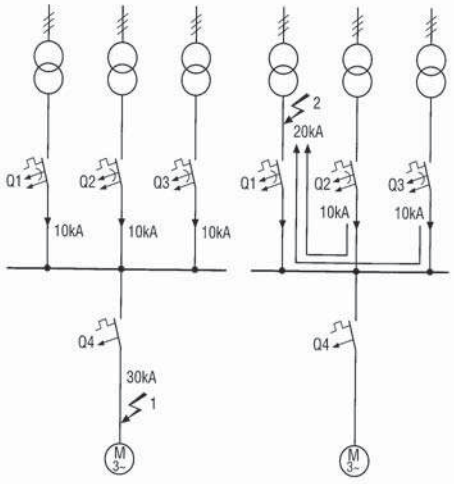
Los disparadores electromagnéticos instantáneos o disparadores electrónicos asumen la protección contra cortocircuitos. En caso de implementarse una selectividad con respecto a interruptores o fusibles conectados posteriormente, se emplean disparadores con retardo breve y, según el caso, en combinación con disparadores contra sobreintensidades sin retardo.

Protección de dos transformadores de igual potencia que alimentan un circuito conectados en paralelo

Para la protección de dos transformadores de igual potencia que alimentan un circuito (o barras colectoras) conectados en paralelo, se seleccionan interruptores automáticos (Q1, Q2), cuya capacidad de ruptura corresponda a la corriente de cortocircuito secundaria de un transformador.

Protección de tres transformadores de igual potencia que alimentan un circuito conectados en paralelo

En caso de un cortocircuito en el punto 1 (Figura 3.4/30), circula a través de cada interruptor la co-



a) Cortocircuito en el punto 1

b) Cortocircuito en el punto 2

Figura 3.4/30
Corrientes de cortocircuito en tres transformadores de igual potencia que alimentan un circuito o barras conectados en paralelo

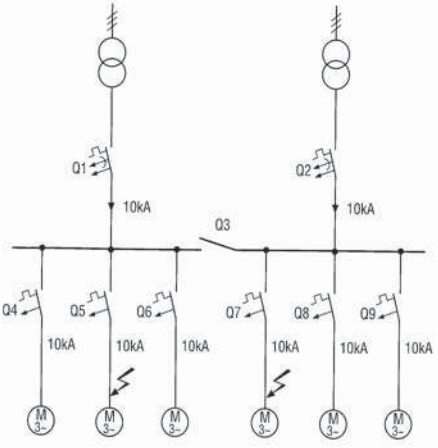


Figura 3.4/31
Coordinación de cada interruptor con grupos de consumidores. El interruptor de acoplamiento ofrece seguridad en el servicio.

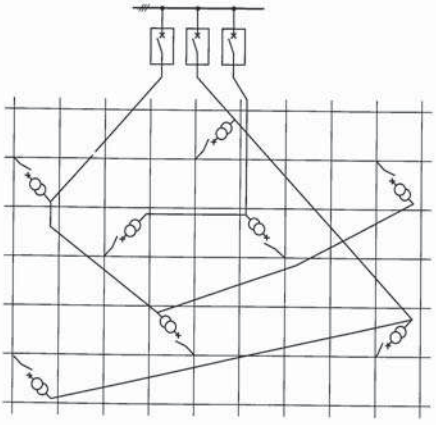


Figura 3.4/32
Ejemplo de una red enmallada con alimentación múltiple

rriente de cortocircuito del transformador correspondiente. En cambio, si el cortocircuito ocurre en el punto 2, a través del interruptor Q 1 circulan las corrientes de cortocircuito de los otros dos transformadores. Por lo tanto, en este caso, el interruptor deberá tener una capacidad de ruptura doble. En todos los casos el interruptor automático Q4 deberá manejar la suma de las corrientes de cortocircuito de los transformadores.

Las corrientes de cortocircuito en instalaciones de este tipo, pueden dominarse con facilidad, si los consumidores se asignan directamente a cada transformador y los sectores individuales de barras se interconectan entre sí mediante interruptores de acoplamiento para aumentar la seguridad de servicio.

Interruptores de potencia en redes enmalladas

En una red enmallada (Figura 3.4/32), con varios transformadores y líneas alimentadoras de alta tensión (alimentación por múltiples puntos), se debe impedir la realimentación desde la red de baja tensión al punto de falla cuando se produce una avería en una subestación o en una línea de alta tensión. En estos casos, se emplea un relé y un interruptor para "redes enmalladas". Este es un interruptor automático tripolar, a veces sin disparadores por sobreintensidad pero con un disparador para redes enmalladas (bobina de apertura por tensión con acumulador de energía). Ante una avería como la antes mencionada,

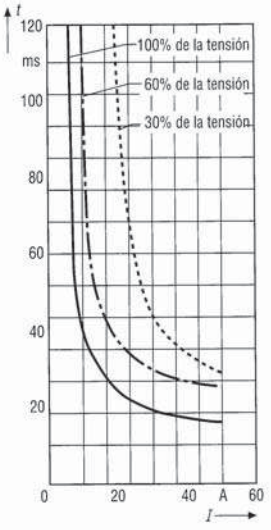


Figura 3.4/33
Curva característica de un relé para redes enmalladas con un valor de ajuste normal (6 A)

el disparador para redes enmalladas da la orden de apertura al interruptor a través de un contacto NA del relé para redes enmalladas.

Relés para redes enmalladas

Estos relés se emplean en combinación con interruptores para redes enmalladas para desconectar rápida y selectivamente a un tramo de cable dañado en redes de baja tensión con alimentación múltiple. El relé detecta la inversión del sentido en el que fluye la energía cuando se produce un cortocircuito en un cable de alimentación de alta tensión de la red enmallada, y a través de la red y de los transformadores circulan elevadas corrientes hacia ese punto.

Para evitar un comportamiento erróneo, el relé permite que – con tensión asignada – circulen corrientes de compensación de hasta un valor igual al asignado. En la figura 3.4/33 se observa la curva característica de disparo para el ajuste normal de 6 A.

Interruptor para redes enmalladas

Al seleccionar el interruptor para redes enmalladas, debe tenerse en cuenta, en relación con su capacidad de

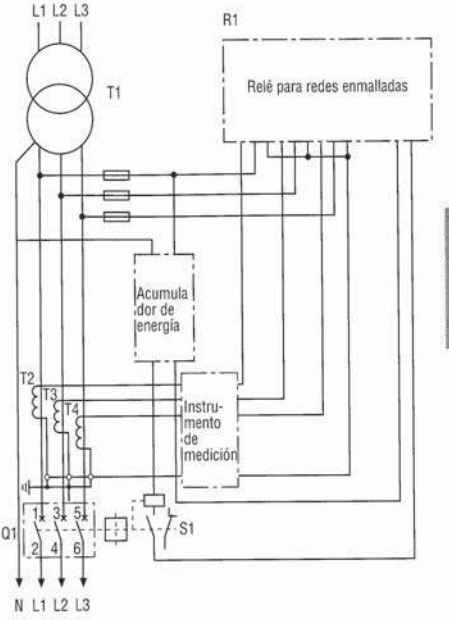


Figura 3.4/34
Ejemplo de un interruptor para redes enmalladas en combinación con un relé para redes enmalladas R1 para el disparo mediante una bobina de apertura por tensión con acumulador de energía

ruptura, que la mayor corriente de cortocircuito que podrá circular se tendrá en caso de un cortocircuito entre el interruptor y los bornes del transformador. En ese caso, circulan hacia el punto de cortocircuito, y a través del interruptor, todas las corrientes de cortocircuito de los alimentadores de la red. Esta suma puede ser mayor que la corriente de cortocircuito correspondiente al transformador coordinado con el interruptor.

Los relés para redes de baja tensión con alimentación múltiple, se utilizan para desconectar rápida y selectivamente un tramo de cable dañado. El relé detecta la inversión del sentido en el que fluye la energía cuando, debido a un cortocircuito en un cable de alimentación en alta tensión de la red enmallada, circulan elevadas corrientes a través de la red y de los transformadores hacia el punto dañado.

Para corrientes de compensación de hasta un valor igual a la corriente asignada (regulable), no se produce el disparo.

En la figura 3.4/34 se representa el esquema de conexión básico del interruptor para redes enmalladas con el relé correspondiente.

3.4.5.4 Protección de condensadores

La norma DIN EN 60831-1 (VDE 560, Parte 46) señala que los condensadores deben ser aptos para prestar servicio permanente con una corriente, cuyo valor eficaz no sobrepase 1,3 veces la corriente que circularía con la tensión sinusoidal nominal y la frecuencia nominal.

Estas características hacen que, en la mayoría de las aplicaciones de condensadores, se desista de una protección contra sobrecargas.

En redes con grandes generadores de armónicas, (por ejemplo, accionamientos alimentados por rectificadores), se pueden sobrecargar los condensadores. El condensador y la conexión en serie de las reactancias del transformador y de la red antepuesta forman un circuito resonante paralelo. Se producen resonancias cuando la frecuencia propia de este circuito resonante coincide, o se aproxima, a la frecuencia de alguna de las armónicas producidas por el rectificador. Para evitar esta resonancia deben "bloquearse" los condensadores. Esto significa que en lugar de conectar los condensadores solos se utilizan circuitos de resonancia serie LC, cuya frecuencia de resonancia se encuentra por debajo de la armónica de menor orden contenida en el circuito de la carga (250 Hz).

De esta manera, la unidad del condensador se comportará como una reactancia inductiva para todas las armónicas presentes en la corriente de carga y así ya no podrá formar un circuito resonante con la reactancia de la red.

Otra posibilidad consiste en liberar de armónicas la red principal mediante circuitos de filtro, los cuales también son circuitos resonantes serie, pero en contraposición con los condensadores con bloqueo, se sintonizan exactamente al valor de las armónicas que deben eliminar. La impedancia que se obtiene de esta forma será casi igual a cero.

Así, los condensadores se reemplazan por unidades de condensadores con bloqueo o con circuitos de filtro (ver también la Sección 8.4.8.6).

En caso de que para la protección contra sobrecargas se utilicen relés de sobrecarga, se los puede ajustar a una intensidad de la corriente de 1,3 a 1,43 veces la asignada del condensador. Este valor se deriva de las tolerancias admisibles de la capacidad del condensador admisibles, las cuales permiten que la corriente pueda alcanzar un valor de $1{,}1 \cdot 1{,}3 = 1{,}43$ veces su corriente asignada.

Cuando se utilizan para la protección relés o disparadores conectados a través de transformadores de intensidad, aumenta la corriente del secundario porque las armónicas modifican la relación de transformación. De esta forma, podrán producirse disparos prematuros.

Para proteger contra cortocircuitos las unidades de condensadores se emplean, por lo general, fusibles NH de la clase de servicio gL/gG.

La corriente asignada de los fusibles se selecciona en unas 1,6 a 1,7 veces la corriente asignada del condensador para evitar que los fusibles reaccionen en caso de sobrecarga o cuando se conectan los condensadores.

3.4.6 Selectividad

Mientras que, en el pasado, la atención principal se centraba en la capacidad de corte y en la limitación de la corriente de cada uno de los aparatos, en los últimos años, el interés se desplazó a las características de la instalación en su conjunto. Las cualidades de un aparato individual no determinan la fiabilidad y seguridad de servicio de una instalación de baja tensión, sino la coordinación armonizada de todos sus componentes.

Un requisito indispensable para obtener una coordinación óptima de los aparatos de maniobra y de protección es el funcionamiento selectivo de la protección de aparatos y conductores. Cada derivación, cada aparato, debe tener la mejor protección posible contra sobrecargas y cortocircuitos sin que las maniobras efectuadas para proteger una parte afecten el suministro de energía eléctrica del resto de la instalación.

Un diseño apropiado de la red y del sistema de protecciones permite limitar a un mínimo los efectos de los cortocircuitos y mantener reducidas las perturbaciones en un cuadro o tablero y en las derivaciones.

Los dispositivos de protección contra sobreintensidades, ante una falla, deben trabajar *selectivamente*, es decir, tienen que seleccionar la parte de la instalación afectada.

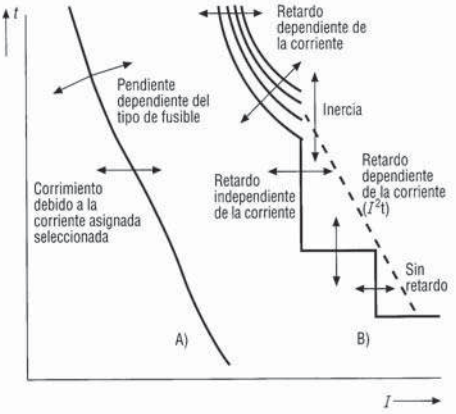


Figura 3.4/35
Curvas características de fusión de fusibles NH (A) y de disparo de interruptores automáticos con disparadores por sobreintensidad (B) en una red de baja tensión.

Selectividad significa que en el menor tiempo posible sólo actuarán los dispositivos de protección más cercanos al lugar de la falla y sin que se afecten más consumidores que los estrictamente necesarios.

La coordinación de los criterios de reacción y disparo es la condición necesaria para que las distintas protecciones conectadas en serie en una red funcionen selectivamente y con ello ofrezcan la elevada confiabilidad y seguridad de servicio requerida por los consumidores.

Para proteger contra cortocircuitos se emplean distintos aparatos de acuerdo con el nivel de la tensión, tipo de red o características de los consumidores. En redes de media y baja tensión se utilizan disparadores y relés, con retardo dependiente o independiente de la corriente y fusibles para proteger contra sobreintensidades. En la figura 3.4/35 se muestran las variaciones básicas de las curvas características de estos aparatos de protección. Las distintas posibilidades de desplazamiento de las curvas características se indican mediante flechas.

La actuación selectiva entre aparatos de protección[1] se deberá comprobar mediante el análisis de su comportamiento sobre la base de las relaciones corriente – tiempo. Los tiempos de disparo y las corrientes de reacción/desconexión de los aparatos conectados en serie deben tener entre sí, según el nivel de tensión y del tipo de aparato, el intervalo de seguridad correspondiente. En casos especiales, por ejemplo, en la protección del lado de baja y de alta tensión de un mismo transformador, se admiten superposiciones.

Si no es posible observar correctamente estos requisitos, se debe poder reconocer este comportamiento no selectivo y determinar los alcances de una eventual falla en la red.

La coordinación de las protecciones tiene una importancia especial en redes industriales y de edificios. A pesar de que por lo general estas redes tienen una configuración sencilla (redes radiales), su extensión en varios niveles de tensión y/o de distribución exige una gran número de aparatos de protección. La disposición de la red determina cuáles son los aparatos de protección y relés que en servicio estarán conectados en serie, por los que circulará la corriente de cortocircuito (vía de escalonamiento) en caso de avería y que deberán comportarse selectivamente entre sí. Los dispositivos de protección preconectados se deben coordinar con los requerimientos de las distintas derivaciones conectadas a continuación en la red.

3.4.6.1 Selectividad en redes radiales

En la dirección en la que fluye la energía pueden estar conectados en serie, por ejemplo, los siguientes fusibles o interruptores:

- ▷ Fusible con fusible subordinado (o conectado a continuación)
- ▷ Interruptor automático con interruptor automático subordinado
- ▷ Interruptor automático con fusible subordinado
- ▷ Fusible con interruptor automático subordinado
- ▷ Varias alimentaciones conectadas en paralelo con o sin acoplamiento y con un interruptor automático o fusible subordinado
- ▷ Fusibles HH (alta tensión) con fusibles NH (baja tensión) subordinados
- ▷ Fusibles HH (alta tensión) con interruptor automático subordinado

Selectividad entre fusibles conectados en serie

Las líneas de alimentación (acometidas) y las derivaciones salientes de las barras colectoras conducen diferentes corrientes de servicio y, por lo tanto, tienen

[1] El libro Seip, G.G.; Técnica de las Instalaciones Eléctricas 3ª Edición, Siemens AG, Berlín y Munich, suministra más informaciones relacionadas con la selectividad.

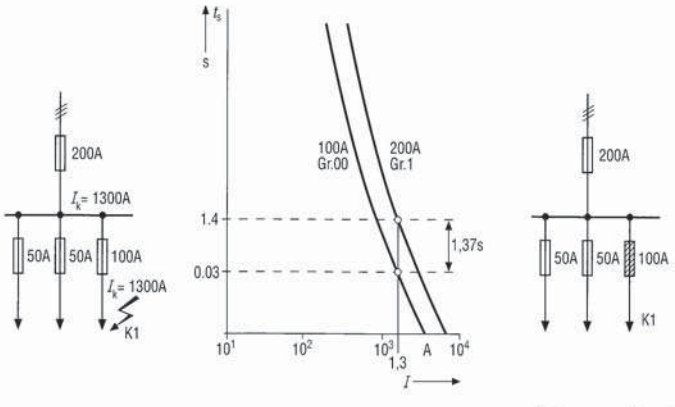


Figura 3.4/36
Selectividad de fusibles conectados en serie (Ejemplos)

t_s Tiempo de fusión

a) Esquema unifilar básico b) Tiempos de fusión t_s con $I_k = 1300$ A c) Desconexión selectiva de la sección K1 afectada por el cortocircuito

distintas secciones. En consecuencia, también se los protege con fusibles de diferentes corrientes nominales asignadas. Sin embargo, en caso de avería circulará por estos fusibles la misma corriente de cortocircuito.

En términos generales, tienen validez los siguientes principios:

Los fusibles conectados en serie se comportan selectivamente, cuando sus curvas características de fusión, o más precisamente sus bandas de dispersión, no se tocan y mantienen suficiente distancia una de la otra (Figura 3.4/36).

Para las corrientes de cortocircuito muy elevadas, esta regla no es suficiente por sí sola. En ese caso, sólo se puede garantizar la selectividad si el valor térmico de la corriente ($I^2 \cdot t$) durante el tiempo de fusión y de extinción del arco del fusible conectado a continuación es menor que el valor térmico de la corriente ($I^2 \cdot t_s$) durante el tiempo de fusión del fusible preconectado mayor. Por lo general, este es el caso cuando sus corrientes asignadas difieren como mínimo, en un factor de 1,6. Así, por ejemplo, un fusible de 160 A es absolutamente selectivo respecto de uno de 100 A.

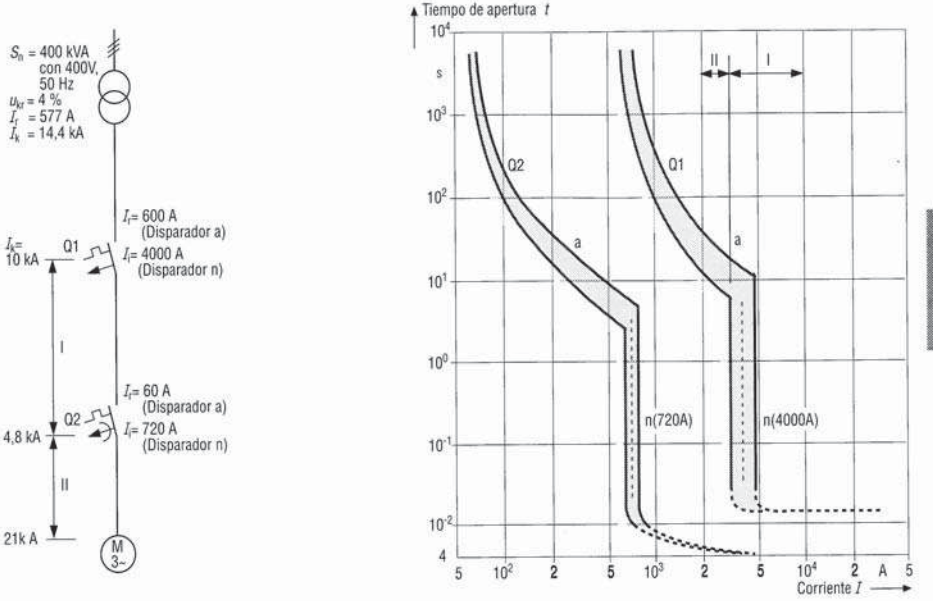
La selectividad de fusibles NH en redes radiales con tensión nominal de 400 V, 500 V ó 690 V y su selectividad en redes enmalladas se deben tomar de los datos técnicos ofrecidos por los fabricantes, por ejemplo, el catálogo "Curvas características de fusibles de baja tensión" número de pedido E20002-K8221-A101-A1-90 de Siemens, así como de la Sección 10.6.5.

Selectividad de interruptores automáticos conectados en serie

Dos interruptores automáticos conectados en serie podrán tener un comportamiento selectivo ante cualquier corriente de cortocircuito que pueda producirse en el lugar de montaje. Este caso se define como de selectividad plena en las normas DIN VDE 0660, Parte 101/EN 60947-2.

Cuando el interruptor automático sólo mantiene su selectividad hasta determinada intensidad de la corriente de cortocircuito, se considera que se está en presencia de una selectividad parcial, y la intensidad de esta corriente será la corriente límite de selectividad I_s.

La categoría de servicio es la característica que describe la aptitud para la operación selectiva del interruptor automático. Se la debe indicar en función de sí en caso de cortocircuito el interruptor automático dispara con un retardo determinado para obtener selectividad ante otros interruptores conectados en serie en el lado de carga o, si en cambio, no es así.



a) Esquema unifilar

b) Características de disparo

Q1 Interruptor automático
Q2 Interruptor automático para la protección de motores (con limitación de la corriente)

a Disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad de la corriente
n Disparador electromagnético instantáneo por cortocircuito

Figura 3.4/37
Selectividad de corrientes entre dos interruptores automáticos conectados en serie

Se diferencian dos categorías de servicio:

- Categoría de servicio A
  En esta categoría se agrupan aquellos interruptores automáticos que no fueron diseñados especialmente para presentar selectividad en condiciones de cortocircuito ante otros dispositivos de protección conectados en serie en el lado de carga.
- Categoría de servicio B
  En esta categoría se agrupan aquellos interruptores automáticos que fueron diseñados para presentar selectividad bajo condiciones de cortocircuito ante otros dispositivos de protección conectados en serie en el lado de carga.

Los interruptores automáticos de la categoría de servicio B podrán tener un retardo breve en el disparo por cortocircuito. La intensidad de la corriente máxima que este interruptor puede conducir durante un tiempo breve se denomina corriente asignada de breve duración I_{cw}. Esta corriente se debe indicar para una carga aplicada durante 50 ms como mínimo.

La corriente asignada de breve duración I_{cw} de los interruptores automáticos con corrientes asignadas I_n de hasta 2500 A, será como mínimo de $12 \times I_n$ y no podrá ser inferior a 5 kA.

La corriente asignada de breve duración I_{cw} de los interruptores automáticos con corrientes asignadas I_n superiores a 2500 A, será como mínimo de 30 kA.

Hasta los valores consignados en los párrafos anteriores se debe poder ajustar el comportamiento selectivo. Sin embargo, no se determina que el interruptor automático preconectado desconecte en

forma selectiva hasta su capacidad de ruptura límite asignada en cortocircuito I_{cu}. Con corrientes de cortocircuitos menores podrá desconectar sin retardo.

Selectividad por escalonamiento de las corrientes de reacción de los disparadores por sobreintensidad sin retardo (selectividad de corrientes)

Con los interruptores automáticos de la categoría de servicio A sólo puede obtenerse, por lo general, una selectividad parcial por escalonamiento de las corrientes de reacción de los disparadores sin retardo por sobreintensidad.

Para mantener la tolerancia del ±20% prevista por la norma para las corrientes de reacción de los disparadores por cortocircuito deben diferenciarse los valores del escalonamiento como mínimo en un factor de 1,5.

Esta es la única forma que permite asegurar que un cortocircuito que se produce detrás del segundo interruptor automático produzca el disparo de éste antes que reaccione el interruptor preconectado y se garantiza que este interruptor nunca desconecte solo al producirse un cortocircuito como el señalado. En este caso, la corriente límite comprobable para un comportamiento selectivo será igual que la intensidad ajustada del disparador instantáneo del interruptor preconectado. Se deberá tener en cuenta que debe descontarse la tolerancia admisible del 20%.

El uso de las tablas de selectividad permite indicar corrientes límite mayores que en el caso de una simple comparación de las curvas características de disparo (ver también la Sección 3.4.6.2).

Se considera que la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de interruptores automáticos conectados en serie es "selectiva" cuando, en el sentido del flujo de la energía, sólo desconecta el interruptor preconectado más cercano al punto de falla (Selectividad de corrientes).

Una selectividad plena mediante escalonamiento de las corrientes de reacción de los disparadores sin retardo por sobreintensidad sólo puede demostrarse sin realizar mediciones, cuando el interruptor automático subordinado permite limitar la corriente y su corriente de ruptura limitada es menor que la intensidad de reacción del disparador por cortocircuitos del interruptor automático preconectado (Figura 3.4/37).

Cabe esperar este comportamiento cuando las corrientes asignadas de los interruptores automáticos difieren fuertemente.

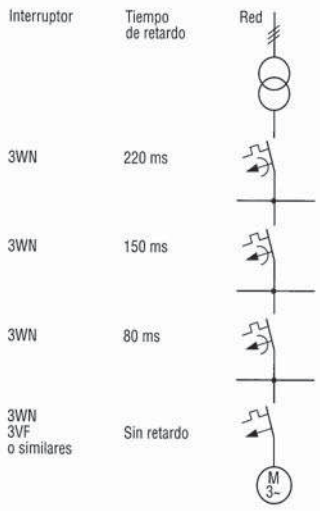


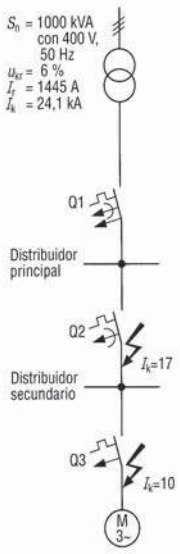
Figura 3.4/38
Ajuste de los tiempos de retardo de los disparadores electromagnéticos con retardo breve (z) para obtener protección selectiva en cortocircuito.

Selectividad mediante disparadores por sobreintensidad con retardo breve (Selectividad de tiempos)

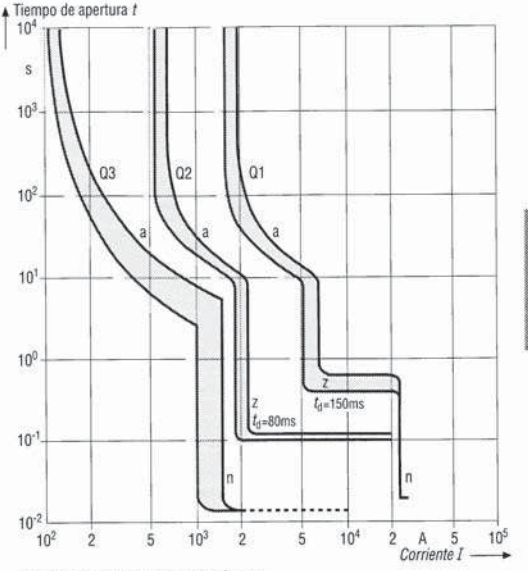
Los usuarios de instalaciones eléctricas demandan cada vez en mayor medida plena selectividad en el servicio de sus instalaciones y, en forma correlativa, crece la importancia de la aplicación de interruptores automáticos conectados en serie con comportamiento selectivo entre sí.

En estas instalaciones se utilizan, por lo general, interruptores automáticos de la categoría de servicio A en los últimos lugares del escalonamiento y como preconectados se seleccionan interruptores automáticos de la categoría de servicio B con disparadores por cortocircuito con retardo breve.

El interruptor automático preconectado requiere de disparadores por sobreintensidad con retardo breve (z) para que en caso de falla sólo reaccione el interruptor automático posconectado y sólo separe de la red la parte de la instalación afectada por dicha falla. Para lograr este comportamiento se escalonan tanto los retardos de disparo como las intensidades de la corriente que provocan la reacción de los disparadores.



a) Esquema unifilar



b) Diagrama del escalonamiento

Q1 Interruptor automático
Q2 Interruptor automático para la protección de la instalación
Q3 Interruptor automático para la protección de motores

a Disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad de la corriente
n Disparador electromagnético instantáneo por cortocircuito
z Disparador por cortocircuito con retardo breve

Figura 3.4/39 Selectividad de corrientes entre tres interruptores automáticos conectados en serie

En la figura 3.4/38 se representa el escalonamiento de los tiempos para obtener una protección selectiva ante cortocircuitos.

En el ejemplo de la figura 3.4/39, se muestra además del esquema unifilar el diagrama de escalonamiento de tres interruptores automáticos conectados en serie.

Si se tienen en cuenta todas las tolerancias, el tiempo de escalonamiento necesario depende de la ejecución del disparador y del tipo constructivo del interruptor automático.

Cuando se emplean disparadores electrónicos con retardo breve, se tienen en cuenta todas las tolerancias cuando entre los interruptores se prevé un escalonamiento de 70 a 100 ms.

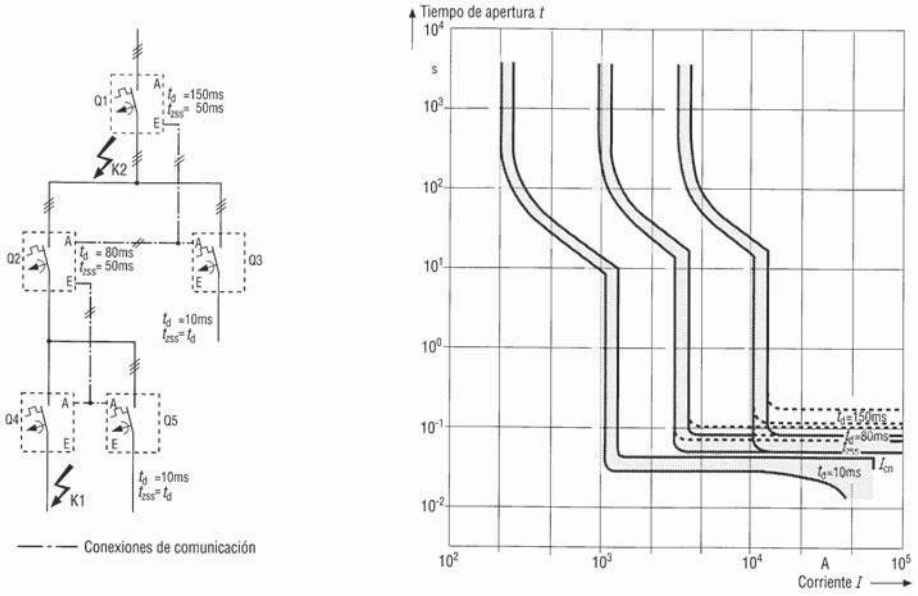
La corriente de reacción del disparador con retardo breve del interruptor preconectado debe ajustarse, como mínimo, a 1,5 veces la corriente ajustada en el disparador del interruptor posconectado.

El retardo ajustable de hasta 500 ms permite el escalonamiento de un máximo de 7 interruptores conectados en serie.

A fin de reducir los esfuerzos que sufrirían las instalaciones en caso de cortocircuito pleno en los bornes de estos interruptores preconectados, los interruptores automáticos preconectados podrán tener disparadores por sobreintensidad sin retardo y, además, disparadores con retardo breve. La corriente de reacción de estos disparadores adicionales debe seleccionarse con un valor elevado tal que sólo reaccionen en caso de cortocircuito pleno y no afecten la selectividad lograda por el escalonamiento de los tiempos de disparo.

Control breve de selectividad ZSS

Para evitar tiempos de disparo muy largos con varios interruptores conectados en serie, Siemens desarrolló



Funcionamiento:
Q4, Q2 y Q1 detectan un cortocircuito en el punto K1. Con ZSS activa, Q4 bloquea transitoriamente a Q2 y Q2 a Q1. Como Q4 no recibe ninguna señal de bloqueo, dispara con un retardo de sólo 10 ms. Q1 es el único que detecta un cortocircuito en el punto K2 y como no recibe ninguna señal de bloqueo, dispara con un retardo de sólo 50 ms. Sin "ZSS" el disparo se produciría recién después de 150 ms.

t_d Máxima actuación de la señal de bloqueo o tiempo de retardo con "ZSS" inactivo
t_{zss} Tiempo de retardo de todos los interruptores automáticos que detectan el cortocircuito y no reciben señal de bloqueo
I_{cn} Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
A Salida, envía la señal de bloqueo
E Entrada, recibe la señal de bloqueo

Figura 3.4/40
Esquema del principio de funcionamiento del "Control breve de selectividad" (ZSS) de interruptores automáticos conectados en serie o en paralelo

para los interruptores 3WN y 3WS el mando controlado por microprocesador para protección contra cortocircuito con "control breve de selectividad" (ZSS).

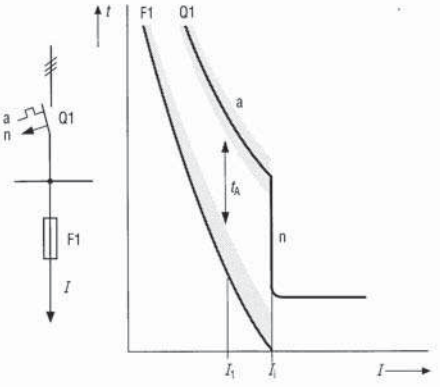
Este mando (ZSS) permite reducir el retardo de disparo del interruptor más cercano al cortocircuito a un máximo de 50 ms.

En la figura 3.4/40 se explica el principio de funcionamiento del mando ZSS.

Selectividad entre un interruptor automático y un fusible subordinado

En el rango de sobrecargas, hasta la corriente de reacción I_i del disparador sin retardo contra sobreintensidad del interruptor automático, se tiene selectividad cuando el borde superior de la banda de dispersión de la curva característica de fusión del fusible no toca la curva característica del disparador por sobreintensidad sin retardo del interruptor. Esto debe cumplirse incluso cuando el interruptor tiene carga previa (Figura 3.4/41).

Cuando la corriente de cortocircuito alcanza o sobrepasa la corriente de reacción del disparador por sobreintensidad sin retardo (n) del interruptor automático, únicamente se obtiene selectividad, si el fusible limita la corriente de cortocircuito de manera tal que ésta no alcance la corriente de reacción del disparador. Esto sólo puede esperarse de fusibles,



F1 Fusible
Q1 Interruptor automático
a Disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad de la corriente
n Disparador electromagnético instantáneo por sobreintensidad
t_A Distancia de seguridad
I_i Corriente de reacción del disparador n

Figura 3.4/41
Selectividad en el rango de las sobrecargas entre el interruptor automático y el fusible subordinado. Las bandas de dispersión de las curvas características tiempo – corriente no se tocan.

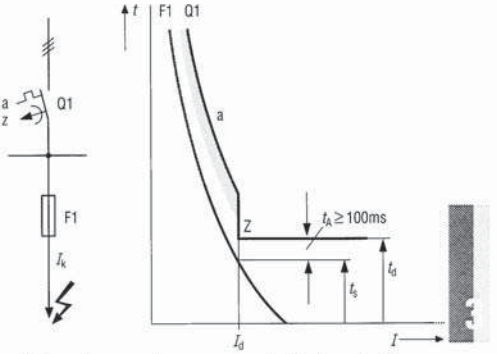
cuya corriente asignada sea considerablemente menor que la corriente asignada del interruptor (Figura 3.4/42).

La experiencia indica que, en caso de cortocircuito, se tiene selectividad con seguridad cuando el tiempo de retardo t_A del disparador con retardo breve se encuentra, como mínimo, 100 ms sobre la curva característica de fusión del fusible.

Selectividad entre un fusible y un interruptor automático subordinado

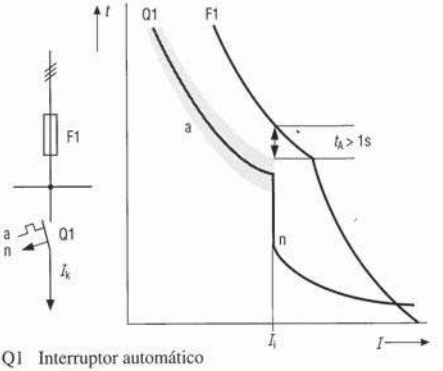
En este caso, se tiene también selectividad en el rango de sobrecargas, cuando la curva característica del disparador por sobrecargas con retardo dependiente de la sobreintensidad no toca la curva característica de fusión del fusible (Figura 3.4/43).

En caso de cortocircuito, debe tenerse en cuenta que la corriente continúa calentando el fusible durante el tiempo de arco del interruptor.



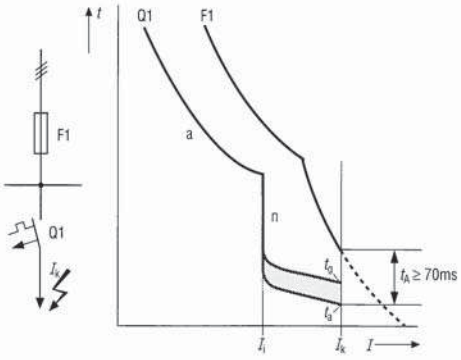
a Disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad
z Disparador por cortocircuito con retardo breve
t_A Distancia de seguridad
I_d Corriente de reacción del disparador z
t_s Tiempo de fusión del fusible
t_d Retardo del disparador z

Figura 3.4/42
Selectividad en el rango de las sobrecargas entre interruptor automático y fusible subordinado.



Q1 Interruptor automático
F1 Fusible
a Disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad de la corriente
n Disparador electromagnético instantáneo por sobreintensidad
t_A Distancia de seguridad
I_i Corriente de reacción del disparador n

Figura 3.4/43
Selectividad en el rango de las sobrecargas entre fusible e interruptor automático subordinado. Las bandas de dispersión de las curvas características tiempo – corriente no se tocan.



t_a Tiempo de apertura del interruptor automático
t_g Tiempo de apertura total del interruptor automático

Para mayores detalles, ver la figura 3.4/43

Figura 3.4/44
Selectividad en el rango de las sobrecargas entre fusible e interruptor automático subordinado

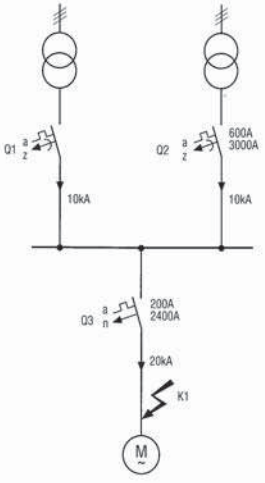
En la práctica, alcanza con que el trazado de la curva característica de fusión tiempo – corriente del fusible se encuentre, como mínimo, 70 ms sobre la curva característica del disparador por sobreintensidad sin retardo del interruptor automático (Figura 3.4/44).

Selectividad en caso de dos o más alimentaciones paralelas

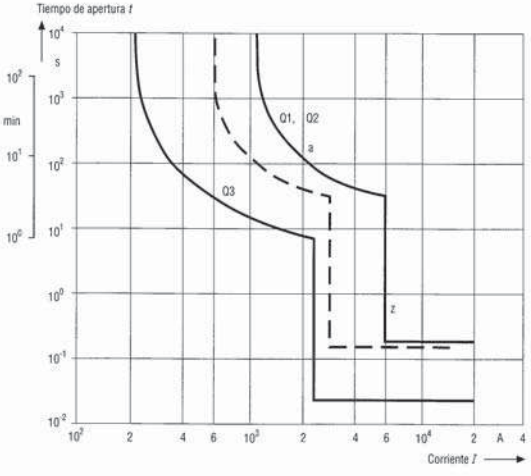
En caso de existir dos o más alimentaciones paralelas, la corriente de cortocircuito no aumenta en dirección de las alimentaciones, sino se divide entre las líneas de alimentación. Esto hace que las condiciones para lograr selectividad sean más favorables.

Dos alimentaciones iguales

Si un cortocircuito tiene lugar detrás del interruptor Q3 (Figura 3.4/45 a) en el punto K1, a través del interruptor automático Q3 circula una corriente total de cortocircuito de 20 kA, mientras que por los interruptores de alimentación Q1 y Q2 circula sólo la mitad, es decir, 10 kA.



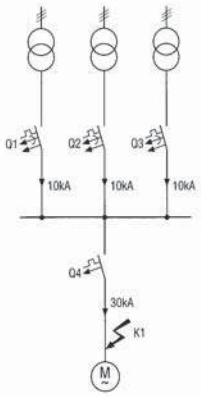
a) Esquema unifilar



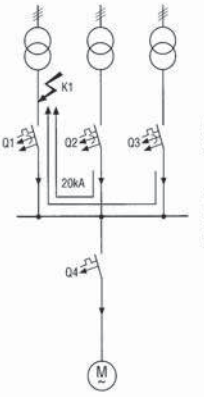
b) Diagrama del escalonamiento

Q1, Q2 Interruptor automático de los alimentadores
Q3 Interruptor automático para la protección del motor
a Disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad de la corriente
z Disparador por sobreintensidad con retardo breve

Figura 3.4/45
Instalación de distribución con dos transformadores de alimentación de igual potencia en paralelo



a) Cortocircuito en la línea de alimentación del motor:
El interruptor automático Q4 se dispara sin retardo
Los interruptores Q1, Q2, y Q3 de los alimentadores permanecen cerrados.



Q1, Q2, Q3
interruptores de los alimentadores

Q4
Interruptor automático para la protección del motor

b) Cortocircuito en un punto entre un transformador y el interruptor automático correspondiente:
El interruptor automático Q1 se dispara sin retardo
Los interruptores Q2, y Q4 de los alimentadores permanecen cerrados.

Figura 3.4/46
Instalación de distribución con tres transformadores de alimentación de igual potencia en paralelo

En el diagrama de escalonamiento (Figura 3.4/45 b), la curva característica de disparo de los interruptores Q1 y Q2 debe trazarse referida a la corriente que circula por el interruptor Q3.

Como la corriente total de cortocircuito se divide en dos partes iguales en cada alimentador, la curva característica de disparo de los interruptores Q1 y Q2 debe desplazarse con un factor de 2, hacia la derecha en el eje de la corriente.

Tres alimentaciones iguales

Cuando la alimentación se realiza a través de más de dos transformadores en paralelo (Figura 3.4/46), sus interruptores automáticos Q1, Q2 y Q3 deben equiparse con disparadores por sobreintensidad con retardo breve y, además, con disparadores sin retardo, cuya corriente de reacción tendrá un valor mayor que la corriente de cortocircuito I_k del transformador respectivo.

De esta manera, el interruptor disparará cuando entre él y el transformador correspondiente ocurra un cortocircuito (por ejemplo, Q1 en la figura 3.4/46 b), mientras que los otros dos transformadores permanecen conectados (por ejemplo, los interruptores Q2 y Q4 en la figura mencionada siguen cerrados), prestando servicio ininterrumpido. Por el interruptor Q1 circulará en este caso una intensidad de la corriente suma de las de cortocircuito correspondientes a los otros dos transformadores.

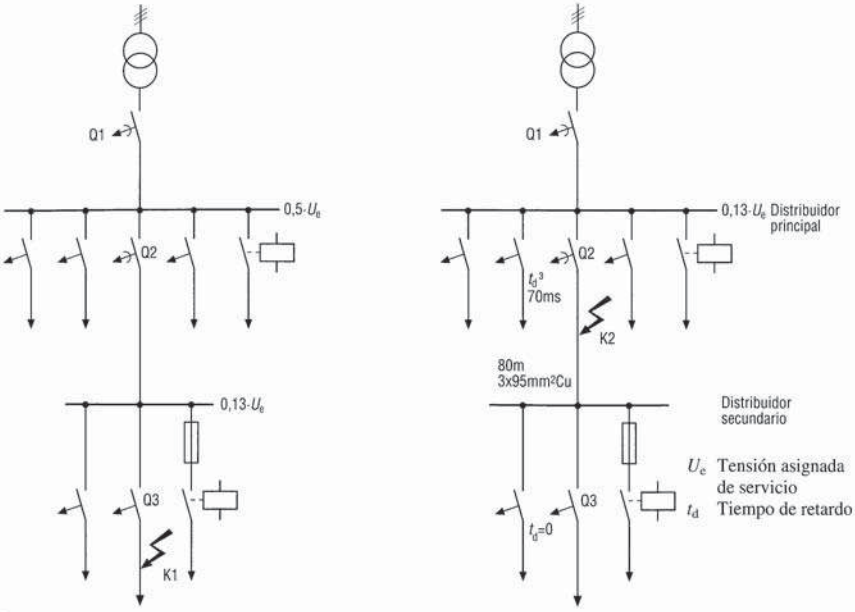
Alimentaciones conectadas en paralelo a través de un interruptor de acoplamiento

El tipo de interruptor automático que se utiliza como interruptor de acoplamiento, es decir, si éste limita la corriente, o es un extintor al paso por cero, determina esencialmente la selección de los aparatos de maniobra para las derivaciones y las condiciones para la selectividad.

Los interruptores limitadores de corriente con corte rápido descargan a los circuitos eléctricos protegidos de los efectos de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (o corriente de choque) suma sin limitación I_p y, por lo tanto, permiten utilizar aparatos de maniobra de construcción más liviana y por ende económicos.

Selectividad y caída de tensión

Cuando ocurre un cortocircuito, la tensión en el punto donde éste se produce decae completamente. La tensión remanente depende de la resistencia eléctrica del punto de la falla. En caso de cortocircuito "pleno", la



a) Cortocircuito en el distribuidor secundario

b) Cortocircuito en el distribuidor principal

Figura 3.4/47
Tensiones en una instalación de distribución de baja tensión con distribuidor principal y distribuidores secundarios

resistencia en el punto de la avería y la tensión son prácticamente nulas. En general, en los cortocircuitos se producen arcos con tensiones del orden de 30 a 70 V.

La tensión de la red en un punto situado entre el lugar del cortocircuito y la fuente de energía decae a un valor proporcional a la resistencia de los conductores entre el punto de falla y el punto considerado, es decir, a la longitud de los conductores entre ambos puntos. Esta tensión extremamente baja permanece durante el tiempo en que circula la corriente de cortocircuito. La figura 3.4/47 muestra las tensiones en diferentes puntos de un cuadro o tablero de distribución en caso de cortocircuito pleno.

Cuando un cortocircuito ocurre en el punto K1 (Figura 3.4/47 a), la tensión asignada de la red U_e se reduce en las barras colectoras del cuadro o tablero de distribución secundario a $0{,}13 \cdot U_e$, y en las barras colectoras del cuadro o tablero de distribución principal a $0{,}5 \cdot U_e$. El interruptor automático Q3, ubicado inmediatamente delante del punto de perturbación, desconecta. El tiempo total de desconexión del mismo puede alcanzar valores, según el tamaño y tipo del interruptor, de hasta 30 ms en el caso de los extintores al paso por cero de la corriente, y 10 ms cuando se emplean interruptores limitadores de la intensidad de la corriente.

En caso de ocurrir un cortocircuito en el punto K2 (Figura 3.4/47 b), el interruptor automático Q2 provisto de disparadores con retardo independiente de la corriente (z), efectúa la desconexión. El retardo mínimo es de 70 ms. Durante este tiempo, la tensión en la barras colectoras de la distribución principal cae a $0{,}13 \cdot U_e$. Cuando la tensión de la red baja a un valor comprendido entre 0,7 y 0,35 veces la tensión nominal y ese valor permanece por más de 20 ms, desconectan todos los interruptores automáticos provistos de disparadores de mínima tensión. También desconectan los contactores cuando la tensión del circuito de mando cae a un valor inferior al 75% de la tensión asignada de alimentación y permanece a ese valor un tiempo comprendido entre 5 y 30 ms.

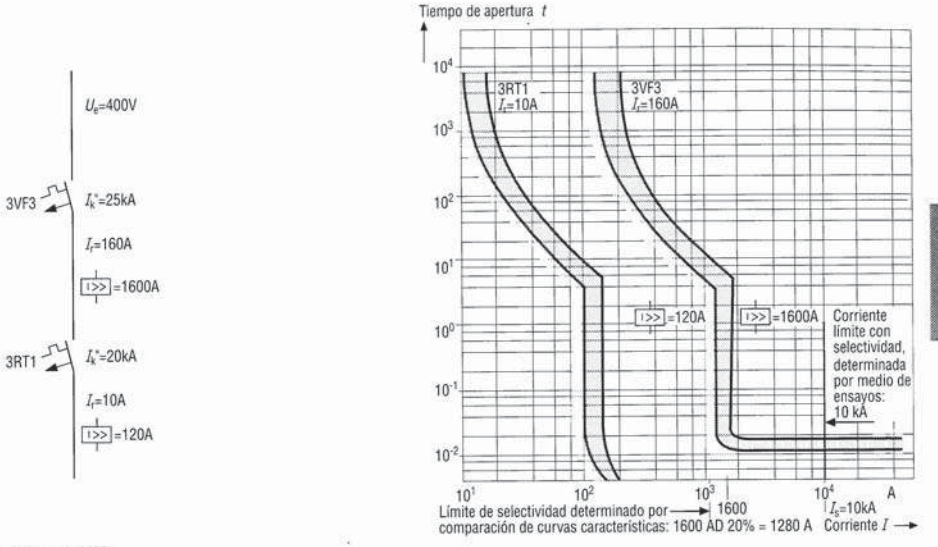


Figura 3.4/48
Corriente límite en selectividad

Una protección selectiva contra sobreintensidad exige que tanto los disparadores de mínima tensión de los interruptores automáticos como las bobinas de los contactores tengan dispositivos de retardo de desconexión. Cuando se emplean interruptores automáticos con limitación de corriente y un tiempo total de desconexión inferior a 0,1 s, se puede desistir de utilizar los dispositivos de retardo mencionados.

3.4.6.2 Uso de tablas de selectividad

Cuando las corrientes de cortocircuito en los lugares de la instalación de los interruptores automáticos conectados en serie son casi iguales, con el escalonamiento de las corrientes de reacción de los disparadores sin retardo por sobreintensidades se logra selectividad hasta una determinada intensidad de la corriente denominada "límite de selectividad" (Figura 3.4/48).

Cuando la corriente de cortocircuito calculada, por ejemplo, según la norma DIN VDE 0102, en el lugar de montaje del interruptor subordinado es menor que el límite de selectividad indicado en la tabla para la combinación seleccionada, se podrá garantizar la selectividad entre los interruptores para todos los cortocircuitos que se puedan presentar en dicho lugar de montaje.

Cuando este valor de la corriente de cortocircuito calculado es mayor que el límite de selectividad, la desconexión selectiva del interruptor subordinado sólo se garantiza hasta la corriente indicada en la tabla. En tal caso, el proyectista debe decidir si dicho límite de selectividad se puede aceptar, por ejemplo, por ser muy remota la posibilidad de que la corriente de cortocircuito alcance dicho valor, o se deberá elegir una combinación con mayor límite de selectividad.

Protección "back-up"

La norma DIN EN 60 497-2 A1 admite la protección de un aparato de maniobra mediante uno de los aparatos de protección preconectados con capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cn} apropiada (protección "back-up") cuando, tanto la derivación como el aparato de protección subordinado quedan protegidos adecuadamente. Esto significa que, debido a la protección "back-up", puede emplearse un interruptor automático subordinado con una capacidad de ruptura asignada en cortocircuito I_{cn} menor que la corriente de cortocircuito en el lugar de la red

donde se lo instala. Este grado de libertad permite diseñar instalaciones más económicas y optimizar la protección de los componentes.

En la práctica esto señala que en un punto de la red con cortocircuito previsto de, por ejemplo, 50 kA, se puede emplear un aparato de protección más económico, con capacidad de apertura en cortocircuito de sólo 20 kA, cuando un aparato preconectado ofrece protección "back-up" y la combinación tiene una capacidad de apertura en cortocircuito de 50 kA.

La evaluación de la protección "back-up" para un interruptor automático se realiza, en parte, sobre la base del ensayo para determinar la capacidad de ruptura I_{cn}, según la norma DIN VDE 0660, Parte 101 o IEC 947-2.

Los valores límite para la selectividad y la protección "back-up" pueden tomarse de las tablas de las siguientes publicaciones de Siemens: "Selektivität und Back-up-Schutz in sicherungslosen Niederspannungsabzweigen" (Selectividad y protección "back-up" en derivaciones de baja tensión sin fusibles), número de pedido E 20001 – P 285 – A 372 – V1), o "Überlast und Kurzschlußschutz in Niederspannungsanlagen" (Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en instalaciones de baja tensión), número de pedido E 20001 – P 285 – A 326).

3.4.6.3 Selectividad en redes enmalladas

La selectividad en redes enmalladas tiene dos objetivos:

1. Sólo se debe separar de la red el conductor afectado por el cortocircuito.
2. En caso de cortocircuito en los bornes de un transformador de alimentación, sólo se debe separar de la red la sección afectada.

Fusibles en los puntos nodales

En una red enmallada de baja tensión se utilizan, por lo general, conductores con la misma sección y, por lo tanto, fusibles NH de la clase de servicio gL del mismo tamaño y corriente asignada. Los fusibles se instalan en los puntos nodales de la red (Figura 3.4/49).

Cuando se produce un cortocircuito en el punto K1 del conductor de la red enmallada, circulan las corrientes de cortocircuito I_{k1}, I_{k2} e I_{k3} desde los puntos de alimentación a y b hacia el punto del cortocircuito. La intensidad de estas corrientes de cortocircuito

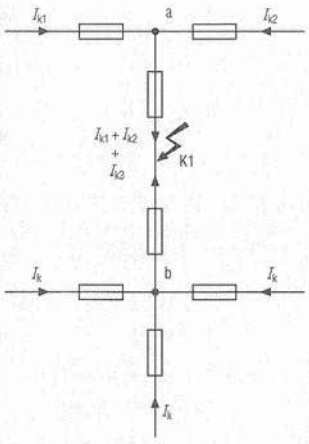


Figura 3.4/49
Cortocircuito en un cable alimentado a través de dos puntos nodales a y b

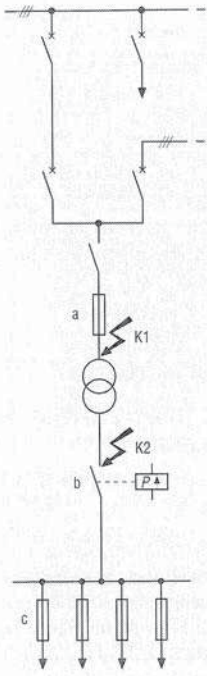
dependen de las alimentaciones y pueden ser muy diferentes. Para una mejor comprensión, en la figura 3.4/49 se representaron estas corrientes en un punto nodal, en el cual se empalman tres conductores.

Se tiene selectividad cuando el fusible que conduce la suma de las corrientes de cortocircuito I_{k1} e I_{k2} se funde sin que reaccionen los fusibles a través de los cuales circulan las corrientes parciales I_{k1} e I_{k2}. En los fusibles NH de Siemens para corrientes de cortocircuito elevadas, la relación de las corrientes de cortocircuito $I_{k1}/(I_{k1}+I_{k2})$ es del orden de 0,8.

Interruptores automáticos para redes enmalladas y fusibles en puntos nodales

En los puntos de alimentación de una red enmallada alimentada por varios conductores de alta tensión, entre el transformador y el punto nodal deben preverse, por principio, un interruptor automático para redes enmalladas (Figura 3.4/50).

Cuando se produce un cortocircuito en el lado de alta tensión del transformador (punto K1) o entre el transformador y el interruptor automático para redes enmalladas (punto K2), reaccionan los fusibles HH de alta tensión. En el lado de baja tensión fluye una potencia en sentido inverso a través del interruptor y hacia el punto de cortocircuito. La bobina de apertura por tensión recibe del relé para redes enmalladas



a Fusibles HH
b Interruptor automático con relé para redes enmalladas
c Fusibles de los puntos nodales

Figura 3.4/50
Esquema unifilar básico de una alimentación en una red enmallada de baja tensión

la orden de desconectar el interruptor. De esta forma, la sección afectada se separa selectivamente de la red (ver también la Sección 3.4.5.3).

3.5 Aparatos de baja tensión en tecnología de conexión en vacío

3.5.1 Contactores en vacío 3TF6 para conectar y proteger motores trifásicos asincrónicos con rotor de anillos rozantes y jaula hasta 1000 V

Los contactores en vacío 3TF6 se pueden emplear de manera universal para maniobrar motores trifásicos con potencias asignadas hasta 450 kW (AC-3/400 V) y se caracterizan por ofrecer diferentes ventajas.

Maniobras sin arco eléctrico

La conexión y desconexión se produce en un tubo al vacío, hermético, del cual no puede salir ningún arco eléctrico (Figura 3.5/1).

Al abrir los contactos, la corriente de desconexión inicia un arco de descarga en vapor metálico. A través de este plasma de vapor metálico circula corriente hasta el siguiente cruce por cero. El arco se extingue poco antes del paso por cero de la corriente y el vapor metálico conductor se condensa en el lapso de algunos microsegundos sobre las superficies metálicas. Con esto el tramo de conexión vuelve a solidificar muy rápidamente y al maniobrar no se produce ningún arco secundario posterior.

Las ventajas son:

- Larga vida útil debido a una reducida erosión eléctrica de los contactos.
- Al desconectar, incluso corrientes elevadas del arranque de motores, como no se produce ningún escape de vapores calientes, se proporciona alta seguridad al personal operativo.
- No es necesario prever distancias mínimas de separación con respecto a componentes vecinos puestos a tierra. Por eso los contactores en vacío son especialmente apropiados para montaje en centros de control de motores (ver también las secciones 8.1 y 8.2).

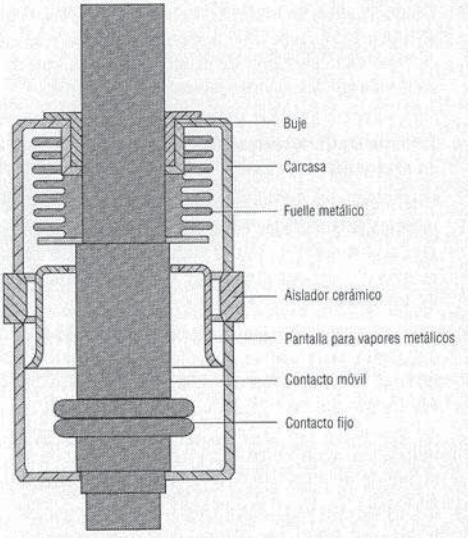


Figura 3.5/1
Corte de un tubo de conexión en vacío

- No se contamina el ambiente con vapores de conexión. Tampoco se necesita realizar la limpieza de la instalación para remover los depósitos dañinos provenientes de estos vapores.

Los tubos de conexión en vacío ofrecen una elevada confiabilidad y seguridad en el servicio

Siemens es uno de los mayores fabricantes de tubos de conexión en vacío del mundo. La elevada confiabilidad de estos elementos es el resultado de más de veinte años de experiencia en el desarrollo y la fabricación de tubos de conexión en vacío. En fábrica se somete a cada tubo a rigurosas pruebas con métodos de medición modernos y de alta precisión. Estas pruebas aseguran una alta calidad de los tubos de vacío, que garantizan un servicio seguro durante prolongados periodos. Con una vida útil de hasta dos millones de maniobras a corriente asignada de servicio I_e/AC3 de los tubos de conexión se alcanza una considerable mejora respecto de la técnica de conexión abierta convencional. Los tubos al vacío están libres de mantenimiento a lo largo de toda su vida útil.

La medida para la confiabilidad de los tubos de conexión en vacío es el tiempo medio de servicio hasta fallar (MTTF: **M**ean **T**ime **T**o **F**ail).

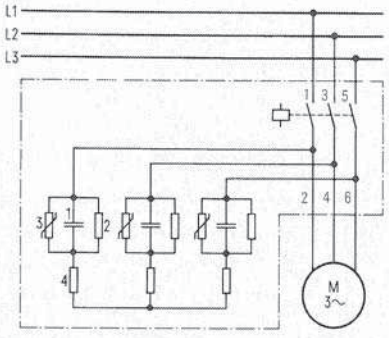
En los tubos de conexión en vacío de Siemens, este tiempo de servicio es de alrededor de 2400 años. Esto significa que un tubo de conexión en vacío ofrecerá un servicio sin fallas y libre de mantenimiento durante toda la vida útil del cuadro o tablero eléctrico.

Limitación de sobretensión integrada en el circuito principal

Una protección RC-varistor de las vías de corriente principales integradas en los contactores 3TF6 en la producción seriada, amortigua a valores no críticos la velocidad de crecimiento de las sobretensiones de desconexión.

De esta manera se previene de múltiples autoencendidos. El usuario de la instalación tiene así la seguridad que el aislamiento del motor no se verá exigido por transitorios de la tensión con elevadas pendientes de subida. Por lo tanto, este contactor se puede utilizar sin inconvenientes para cualquier tipo de maniobra de motores trifásicos en corriente alterna, incluso para servicio AC-4 pesado.

La figura 3.5/2 muestra el circuito interno de protección. El varistor protege al condensador de picos de sobretensión, que no provienen del proceso de conexión



1 Condensador 0,22 F, 1000 V
2 Resistencia 1,5 Ω
3 Varistor 514 kΩ, 680 V
4 Resistencia 100 Ω, 0,5 W

Bild 3.5/2
Protección interna de los contactores de vacío 3TF6 de Siemens

del contactor mismo. La conexión de la protección RC-varistor se debe realizar siempre en las vías de corriente principales del lado de la carga; de fábrica la misma se conecta a los terminales T1, T2, T3.

En el servicio de aplicaciones con convertidores de frecuencias, los picos de sobretensión periódicos que pueden producirse podrán destruir la protección RC-varistor con, en parte, daños emergentes importantes en el contactor. Para estas aplicaciones se podrá suministrar una ejecución especial de estos contactores sin protección RC-varistor integrada.

En pruebas con tensiones elevadas de la instalación, también se puede dañar la protección RC-varistor. En este caso, mientras se realiza el ensayo se debe desconectar la protección.

3.5.2 Interruptor automático en vacío 3WS1

Los interruptores automáticos en vacío (Figura 3.5/3) son adecuados para ser utilizados en aplicaciones como las siguientes:

- ▷ interruptor de alimentación y de salida en instalaciones de distribución trifásicas,
- ▷ interruptor para maniobrar y proteger motores, generadores, transformadores y condensadores,

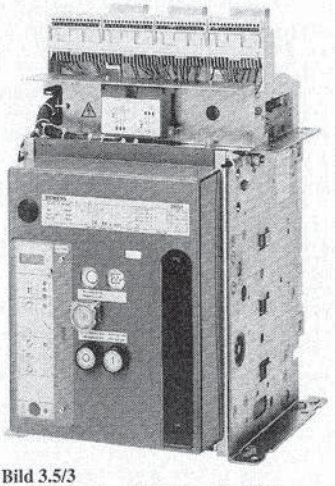


Bild 3.5/3
Interruptor automático en vacío 3WS1

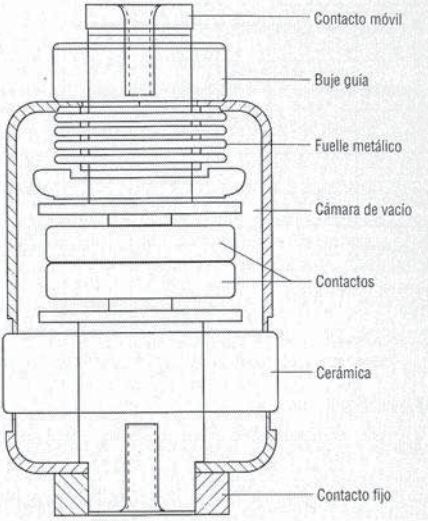


Bild 3.5/4
Corte de un tubo de conexión en vacío de un interruptor automático en vacío 3WS1.

- ▷ interruptor principal para máquinas de elaboración y procesamiento y como dispositivo de parada de emergencia según la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1),
- ▷ interruptor para redes enmalladas,
- ▷ interruptor para instalaciones en las cuales es necesaria una protección contra conexión a tierra.

Para interruptores automáticos en vacío se pueden aplicar las mismas normas y directivas que en interruptores automáticos que utilizan el aire como medio extintor. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la protección RC estándar contra sobretensiones se conecte del lado del interruptor en el que se conecten los consumidores.

La figura 3.5/4 muestra el corte de un tubo de conexión en vacío. Al abrirse los contactos, la corriente que aún circula genera en el tubo al vacío una descarga en vapor metálico. La corriente circula por el plasma de vapor de metal originado hasta poco antes del siguiente cruce por cero de la corriente.

En las cercanías del cruce por cero, en pocos microsegundos, se condensa el vapor de metal conductor sobre las superficies metálicas de los contactos. El tramo de conexión solidifica muy rápidamente, y el arco de descarga en vapor metálico se apaga poco antes del cruce natural por cero de la corriente.

En los interruptores automáticos en vacío 3WS1 de Siemens una protección RC integrada, limita a valores no críticos las sobretensiones que produce el proceso descripto.

La aplicación de la técnica en vacío en interruptores automáticos de baja tensión ofrece las siguientes ventajas sustanciales:

- No se requieren espacios para soplado del arco, ya que no hay arcos abiertos y no se pueden producir arcos secundarios.
- Se evitan ruidos explosivos al operar el interruptor. Al maniobrar grandes corrientes sólo serán audibles ruidos de conexión mecánicos.
- Vida útil eléctrica muy elevada. La vida útil eléctrica de los interruptores automáticos en vacío 3WS alcanza hasta 30 000 maniobras con la corriente asignada I_n o hasta 30 desconexiones con la capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cs} (las normas vigentes exigen sólo una desconexión con esa capacidad asignada de ruptura I_{cs} y dos conexiones en cortocircuito con pausas de tres minutos cada una). La figura 3.5/5 indica el número de maniobras para otras corrientes.

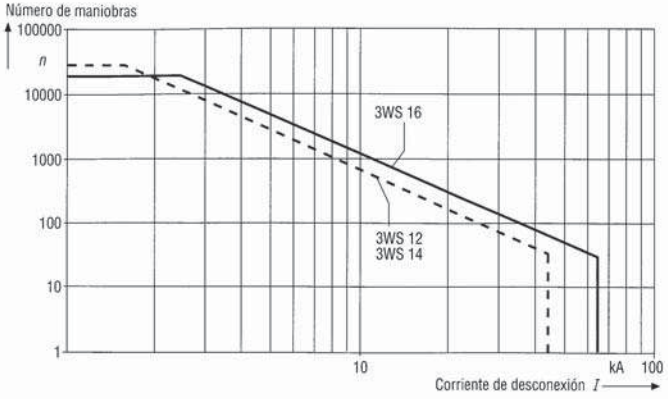


Figura 3.5/5
Vida útil eléctrica (cantidad de maniobras) de tubos de conexión en vacío para interruptores 3WS12, 3WS14 y 3WS16 en relación con la corriente de desconexión a 690 V

- Tubos de conexión en vacío libres de mantenimiento. El interruptor 3WS1 requiere de muy poco mantenimiento y con esto ofrece la mayor disponibilidad.

3.6 Dispositivos de protección contra corrientes de defecto

La protección de personas y de sus bienes materiales así como de animales útiles adquiere una elevada prioridad debido a la creciente aplicación de la energía eléctrica en hogares, comercios e industrias. Los dispositivos de protección contra corrientes de defecto o de falla a tierra (interruptores diferenciales) alcanzaron una gran importancia entre las medidas de protección debido a la gran efectividad y amplio margen que esta protección ofrece.

Por lo general, la seguridad ante accidentes en aplicaciones eléctricas queda garantizada por medio de una impecable construcción de los aparatos y cuadros o tableros, es decir, por un aislamiento básico. Sin embargo, los daños que puedan producirse en este aislamiento básico podrán provocar fallas que requieren medidas de protección adicionales contra las fuertes corrientes corporales (protección de personas) que podrían circular cuando una persona entra en contacto con partes bajo tensión. Estas medidas de protección están estipuladas en las disposiciones para construcción de instalaciones que establece la serie de normas DIN VDE 0100 (Tabla 3.6/1), por las cuales se colocan en primer plano la protección contra contacto indirecto y, en parte, también la protección adicional contra contacto directo.

Una falla del aislamiento puede tener los siguientes efectos:

- contacto corporal
- cortocircuito
- falla o defecto a tierra

Cada uno de los tres defectos se puede producir en forma perfecta o imperfecta, es decir, en el punto de la falla se genera un contacto con un arco de resistencia eléctrica. El contacto corporal se considera un "peligro de accidente"; un cortocircuito o una falla a tierra representan "peligros de incendio".

Para preservar a las personas, los bienes materiales y los animales de este tipo de daños, deben aplicarse las medidas de protección adecuadas. Los interruptores por defecto a tierra o diferenciales (FI) fueron diseñados especialmente para estas funciones.

3.6.1 Aplicación de interruptores diferenciales en los distintos sistemas de red

En la norma DIN VDE 0100, Parte 300 se definen los sistemas de redes (TN, TT, IT), y en la Parte 410 se indican los dispositivos de protección admisibles para estos sistemas.

Tabla 3.6/1
Aplicación de los interruptores diferenciales según la norma DIN VDE 0664 en relación con las exigencias de las disposiciones para la construcción que determina la serie de normas DIN VDE 0100

DIN VDE 0100	Título (resumido)	Exigencia (resumen)
Parte 410/11.83	Protección contra corrientes corporales peligrosas	Dispositivos de protección contra corrientes de defecto
Parte 559/03.83	Luminarias e instalaciones de iluminación	Para paneles de demostración de luminarias: interruptor diferencial con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 701/05.84	Cuartos con bañera o ducha	Los tomacorrientes instalados en ambientes de nivel 3 se deben proteger con interruptores diferenciales $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 702/06.92	Piscinas cubiertas y al aire libre	Dentro de las zonas de protección, interruptores diferenciales con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 704/11.87	Obras	Para tomacorrientes de hasta 16 A: interruptor diferencial con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA, otros $I_{\Delta n} \leq 500$ mA
Parte 705/10.92	Explotaciones agrícolas y jardines	Protección contra incendios: interruptor diferencial con $I_{\Delta n} \leq 500$ mA, para circuitos de tomacorrientes con interruptores diferenciales con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 706/06.92	Zonas conductoras con limitaciones para el movimiento	Interruptor diferencial con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 708/10.93	Instalaciones eléctricas en lugares de campamento y casas rodantes	Los tomacorrientes se deben proteger con interruptores diferenciales con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 720/03.83	Locales de servicio con peligro de incendio	Protección contra incendios producidos por defectos a tierra mediante interruptores diferenciales $I_{\Delta n} \leq 500$ mA
Parte 721/04.84	Casas rodantes, embarcaciones, yates, así como sus alimentaciones en campamentos y muelles	Los tomacorrientes disponibles en campamentos y muelles se deben proteger con interruptores diferenciales con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 722/05.84	Construcciones rodantes, vehículos y casas rodantes para espectáculos	Interruptor diferencial con $I_{\Delta n} \leq 500$ mA
Parte 723/11.90	Salones de clases con bancos para realizar experiencias	Interruptor diferencial con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 728/03.90	Instalaciones de suministro de energía eléctrica de emergencia y otros sistemas generadores para servicio transitorio	Como medida de protección, se exige alternativamente un dispositivo de protección por corriente de defecto
Parte 737/11.90	Instalaciones en ambientes o locales húmedos y al aire libre	Para tomacorrientes de hasta 32 A para la conexión de aparatos que deben prestar servicio al aire libre: interruptores diferenciales con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA
Parte 738/04.88	Fuentes o surtidores de agua	Interruptores diferenciales con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA para determinados sectores
Parte 739/06.89 (directiva)	Protección adicional para el contacto directo	Se recomienda el uso de interruptores diferenciales con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA para tomacorrientes de hasta 32 A en domicilios e instalaciones existentes

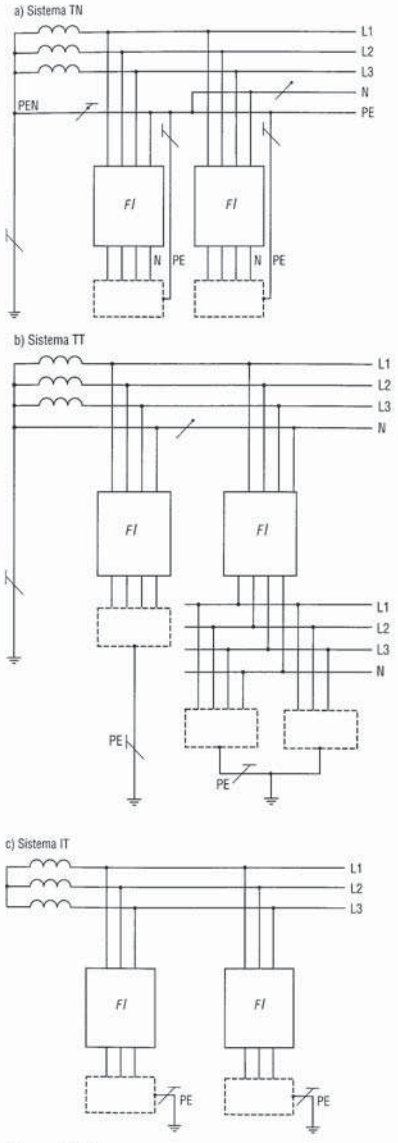


Figura 3.6/1
Conexión de interruptores diferenciales en:
a) Sistema TN
b) Sistema TT
c) Sistema IT

Los interruptores diferenciales (FI) se pueden utilizar en todos los sistemas de una red de corriente alterna monofásica o trifásica.

La figura 3.6/1 muestra la conexión de los interruptores diferenciales en los distintos sistemas de redes.

3.6.2 Contacto indirecto y directo

En la protección contra corrientes corporales peligrosas, se diferencia entre contacto indirecto y directo. En el contacto indirecto (Figura 3.6/2a), la corriente de falla debida a un aparato con aislante defectuoso circula por el conductor de protección (conductor PE) a tierra. Una persona, que toca el aparato dañado al mismo tiempo que se produce la falla, se conecta en paralelo al circuito de falla. Debido a la relación resistencia *conductor de protección/persona*, circula por el conductor de protección la mayor parte de la corriente.

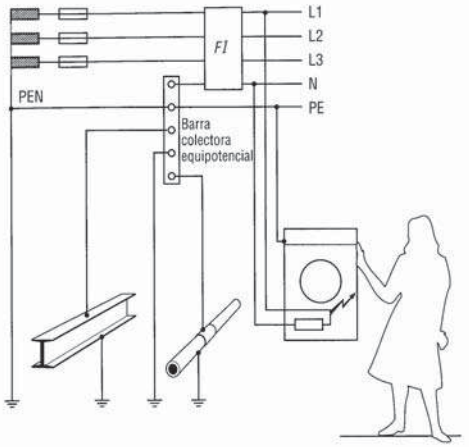
El planteo es diferente en el contacto involuntario directo con partes que en condiciones normales de servicio conducen energía eléctrica u otras partes conductoras sin puesta a tierra que en caso de falla quedan bajo tensión (Figura 3.6/2b). La persona hace aquí las veces de conductor de protección. La corriente que circula por su cuerpo puede llegar a provocar un accidente mortal.

Por ello, la medida de protección a utilizar se debe elegir en lo posible de tal manera que proteja tanto contra contacto indirecto como contra contacto directo.

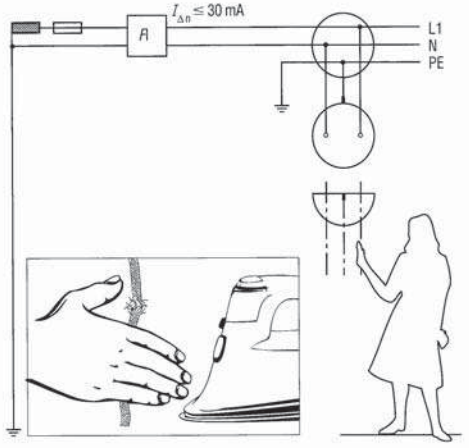
El mayor margen de protección de todas las medidas comparables lo ofrecen los interruptores diferenciales con corriente de defecto asignada máxima de 30 mA. Estos dispositivos ofrecen protección tanto contra contacto indirecto así como en el margen más amplio, también contra contacto directo. Las protecciones FI se disparan apenas circula por el cuerpo humano una corriente peligrosa.

La intensidad de la corriente que circula por el cuerpo de la persona depende de su resistencia interna y de la resistencia de contacto en ese punto. Para la consideración de accidentes, se debe tener en cuenta el peor de los casos, esto significa, una resistencia de contacto casi igual a cero.

Para determinar la relación entre la intensidad de la corriente y la reacción fisiológica, se evaluó un gran número de accidentes eléctricos y se realizaron mediciones sobre animales.



a)



b)

Figura 3.6/2
Ejemplo para a) contacto indirecto
b) contacto directo

El resultado de estos estudios se recopiló en la norma IEC 479 donde se definieron rangos de la corriente (Figura 3.6/3). Los valores tiempo – corriente se dividieron con curvas en 4 sectores. Los valores tiempo – corriente del cuarto sector son peligrosos porque pueden producir fibrilaciones ventriculares. La fibrilación ventricular perturba el ritmo de bombeo del corazón, lo cual perjudica la irrigación sanguínea, en especial, del cerebro. Este efecto, a su vez, puede llevar a la muerte.

Los interruptores diferenciales están ajustados para que disparen con intensidades asignadas de la corriente de 10 mA y 30 mA de forma tal que las bandas de dispersión excluyan los rangos de peligro.

El elevado margen de protección del interruptor diferencial se puede demostrar fácilmente con un ejemplo práctico de contacto directo.

En la figura 3.6/4 se muestra un posible accidente peligroso que suele presentarse en la práctica.

Un operario está trabajando en una estructura metálica apoyada sobre maderas (es decir, aislada con respecto al piso), el cable alimentador del consumidor eléctrico (máquina perforadora portátil) se daña y esta estructura queda conectada a una tensión de 230 V con respecto al piso no aislado (tierra). Cuándo una persona (operario) toca la estructura metálica conductora de corriente (¡contacto directo!), circula una corriente por su cuerpo cuya intensidad se puede calcular de manera sencilla:

Si se supone que la resistencia corporal y de contacto en ese lugar es de $R \approx 2000\ \Omega$ se tendrá:

$$I_F = \frac{230\ \text{V}}{2000\ \Omega} = 115\ \text{mA}.$$

Si se ingresa con este valor de 115 mA en la curva de tolerancia de corrientes (Figura 3.6/3) y además se supone que la corriente circula por más de 1 segundo, entonces el valor corriente – tiempo se encuentra dentro del peligroso sector de nivel 4 y existe la probabilidad de que se produzca la muerte del accidentado.

En caso de que este circuito esté protegido por un interruptor cortacircuito automático (termomagnético) de 16 A, con la corriente de 115 mA que circula durante más de 1 segundo, por ejemplo, al no estar dentro del campo de reacción del disparador, el interruptor permanece cerrado.

Sólo la aplicación de un interruptor diferencial con una corriente de defecto asignada de $I_{\Delta n} \leq 30$ mA permite detectar esta corriente corporal peligrosa de

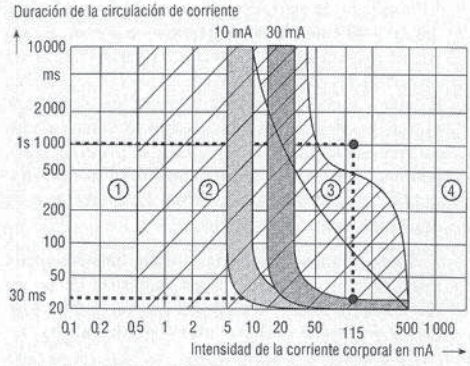


Figura 3.6/3
Rangos de la intensidad de corriente para corriente alterna 50/60 Hz según IEC 479 y bandas de disparo de interruptores diferenciales (FI) con corrientes de defecto asignadas $I_{\Delta n}$ de 10 y 30 mA
Rango 1 Normalmente sin consecuencias perceptibles
Rango 2 Normalmente sin consecuencias dañinas
Rango 3 Contracción de músculos, posibles irregularidades en los latidos del corazón
Rango 4 Peligro de fibrilación ventricular

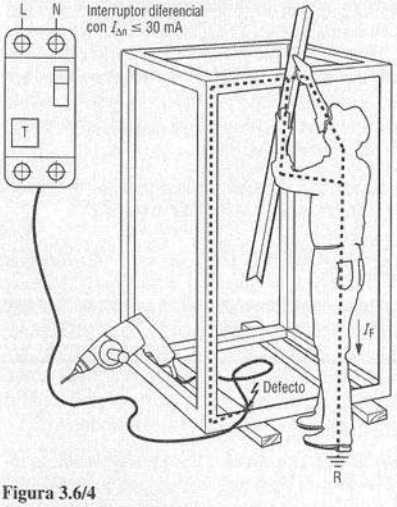


Figura 3.6/4
Contacto directo: ejemplo de la práctica
- sin interruptor diferencial (FI), peligro de muerte
- con interruptor diferencial (FI), no existe peligro de muerte

I_F $= U_0/R = 230\ V/2000\ \Omega = 115$ mA
U_0 Tensión contra tierra
R Resistencia corporal y de paso en el punto de contacto de la persona

115 mA y la desconexión se produce, como máximo, en 30 ms. De esta forma el valor corriente – tiempo se sitúa en el sector de nivel 2 (Figura 3.6/3), en la cual, usualmente, no se producen efectos clínicamente peligrosos.

3.6.3 Medidas preventivas para la protección contra incendios

Los cortocircuitos o las conexiones a tierra pueden provocar incendios, en primer lugar, cuando en el lugar del arco eléctrico se presentan altas resistencias del circuito de falla (cortocircuito o conexión a tierra "imperfecto"). Los dispositivos de desconexión de fallas por sobreintensidad preconectados (aguas arriba), como fusibles o interruptores termomagnéticos, no reaccionan debido a que las intensidades de las corrientes de falla son, en parte, muy inferiores a las corrientes asignadas de las protecciones.

Para corrientes apenas mayores que la corriente asignada de las protecciones por sobreintensidad, la desconexión se produce después de un tiempo largo. De esta manera, la protección contra incendios por conexiones a tierra, se encuentra limitada.

Fallas que pueden producir defectos a tierra y arcos eléctricos son:

- Daños en el aislante de los conductores o de los medios de servicio

- Puntos carbonizados en el entorno de los bornes de aparatos o motores
- Cortocircuitos entre espiras por sobrecargas de motores o envejecimiento de bobinas
- Humedad o agua condensada en medios de servicio o partes de la instalación
- Polvo u otras sustancias conductoras que se depositan sobre medios de servicio eléctricos

Este tipo de fallas pueden provocar cortocircuitos imperfectos o conexiones a tierra que, a su vez, producen incendios.

Potencias entre 60 y 100 W de calor producidas por estos motivos y liberadas en una superficie de unos pocos milímetros cuadrados ya alcanzan para generar incendios. También el tiempo en el que se produce esta liberación de calor es muy importante.

De todo lo anterior se deduce la gran importancia que tienen las protecciones contra corrientes de defecto a tierra en todo esquema de protección contra incendios.

De los dispositivos de protección que desconectan en casos de falla, sólo los interruptores diferenciales (FI) ofrecen una protección completa, ya que en su principio de funcionamiento se utiliza la supervisión de falla a tierra. Esta posibilidad de protección contra incendios mediante interruptores diferenciales está cimentado en las disposiciones relacionadas con la construcción de las normas DIN VDE.

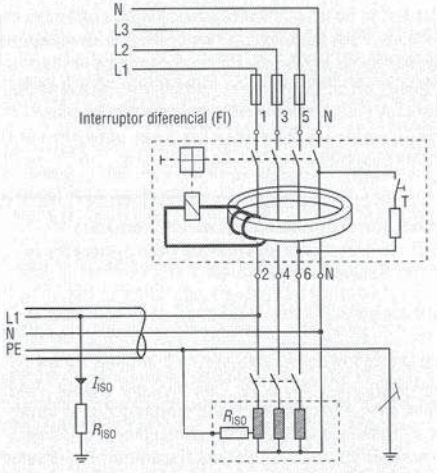


Figura 3.6/5
Protección contra incendios con interruptor diferencial

Tabla 3.6/2
Comparación de las corrientes permanentes máximas posibles y las potencias térmicas en el punto de la falla, mediante distintos interruptores termomagnéticos y diferenciales

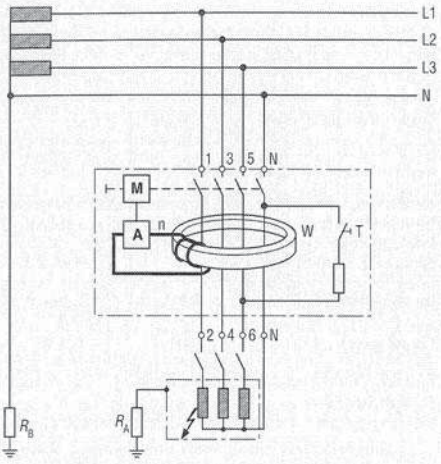
Dispositivos de protección	Corriente permanente máx. I_{ISO}	P_{ISO} con $U_n = 230$ V
Fusible de 10 A	15 A	3,45 kW
Int. termomag., curva caract. B/C 16 A	18 A	4,16 kW
Int. dif. con $I_{\Delta n} = 0{,}5$ A	0,5 A	115 W
Int. dif. con $I_{\Delta n} = 0{,}3$ A	0,3 A	69 W
Int. dif. con $I_{\Delta n} = 30$ mA	0,03 A	6,9 W
Potencia mínima necesaria para un incendio: $P \approx 60$–100 W		

Así, por ejemplo, la norma DIN VDE 0100, Parte 720 para lugares de trabajo con peligro de incendio, exige tomar medidas para la prevención de incendios que se puedan producir por fallas de los aislamientos. Como medidas de protección sólo admiten interruptores diferenciales (FI) con corriente de defecto asignada máxima de 0,5 A. Para obtener un grado de protección aún mayor, en la práctica se instalan interruptores diferenciales con una corriente de defecto asignada $\leq 0{,}3$ A. Las compañías aseguradoras también sugieren adoptar este criterio.

La figura 3.6/5 muestra a modo de ejemplo, una instalación eléctrica con una falla de aislamiento capaz de provocar un incendio. Una comparación de las corrientes permanentes máximas I_{ISO} y el valor de la potencia térmica P_{ISO} en el punto de la falla dado por la Tabla 3.6/2, entre las distintas medidas a tomar (interruptor termomagnético o diferencial), muestra que sólo el interruptor diferencial con $I_{\Delta n} \leq 0{,}3$ A ofrece una protección segura contra incendios.

3.6.4 Construcción y modo de funcionamiento

En la figura 3.6/6 se representa un esquema constructivo de un interruptor diferencial (FI). A través del núcleo de alta permeabilidad del transformador sumador de corrientes W, pasan todos los conductores por los cuales circula corriente.



A Disparador
T Dispositivo de prueba
M Mecánica del interruptor de protección
n Bobinado secundario
W Transformador sumador de corrientes
R_B Resistencia a tierra de la instalación
R_A Resistencia a tierra del consumidor

Figura 3.6/6
Esquema básico de un interruptor diferencial (FI) con disparo independiente de la tensión de red, por ejemplo, en un sistema TT

En un servicio libre de defectos, la suma vectorial de las corrientes entrantes y salientes es igual a cero. Si se produce una corriente de falla en la instalación eléctrica debido a un aislante defectuoso, se perturbará el equilibrio de corrientes en el transformador sumador. El núcleo del transformador se magnetiza proporcionalmente con la intensidad de la corriente de defecto y se induce una tensión en la bobina de su secundario que, a su vez, genera una corriente en la bobina del disparador A. Al alcanzarse la corriente de disparo I_a se dispara el interruptor diferencial (FI) y se desconecta la parte peligrosa de la instalación. Este principio de disparo funciona independientemente de la tensión de red o de cualquier energía auxiliar. Para verificar el correcto funcionamiento, el interruptor diferencial tiene un pulsador de prueba T, el que debe ser pulsado semestralmente para asegurar el funcionamiento del dispositivo.

El valor de una medida de protección con desconexión en una red TN o TT se determina básicamente por

- la confiabilidad o la tasa de falla del propio interruptor diferencial y
- la confiabilidad o la tasa de falla del interruptor diferencial en conjunto con la red de alimentación, por lo tanto, de la medida de protección,

desde el punto de vista actual, éste sólo se puede asegurar con un disparador independiente de la tensión de red.

Las instalaciones diferenciales (DI) con disparo *dependiente de la tensión de red* no pueden ofrecer una protección comparable.

3.6.5 Interruptor diferencial (FI) para corrientes de defecto alterna y continua pulsante según la norma DIN VDE 0664

Los dispositivos diferenciales utilizados hace algunos años, sólo disparaban, según las exigencias de la práctica, con corrientes de defecto sinusoidales.

Con el incremento de los componentes electrónicos en los aparatos consumidores, para ampliar la gama de funciones y/o para reducir el consumo de energía, se hizo necesaria la creación de una nueva generación de interruptores diferenciales, que se disparan tanto con corrientes alternas como con corrientes continuas pulsantes.

La forma de las corrientes de carga, las corrientes de defecto y los circuitos que las producen, se muestran en la figura 3.6/7. Los rangos admisibles de las corrientes de disparo de los interruptores diferenciales sensibles a corrientes alternas y continuas pulsantes de acuerdo con la norma DIN VDE 0664 se muestran en la Tabla 3.6/3.

3.6.6 Interruptores diferenciales sensibles a corrientes universales para aplicaciones industriales

En los consumidores eléctricos de la industria cada vez se utilizan mas circuitos que, en caso de falla, producen corrientes de defecto continuas o con ondulación residual muy reducida. La figura 3.6/8 muestra como ejemplo, el comportamiento de circuitos rectificadores trifásicos. Interruptores diferenciales sensibles a corrientes de falla alternas o pulsantes no pueden detectar y desconectar estas corrientes de defecto continuas. Por eso, los consumidores eléctri-

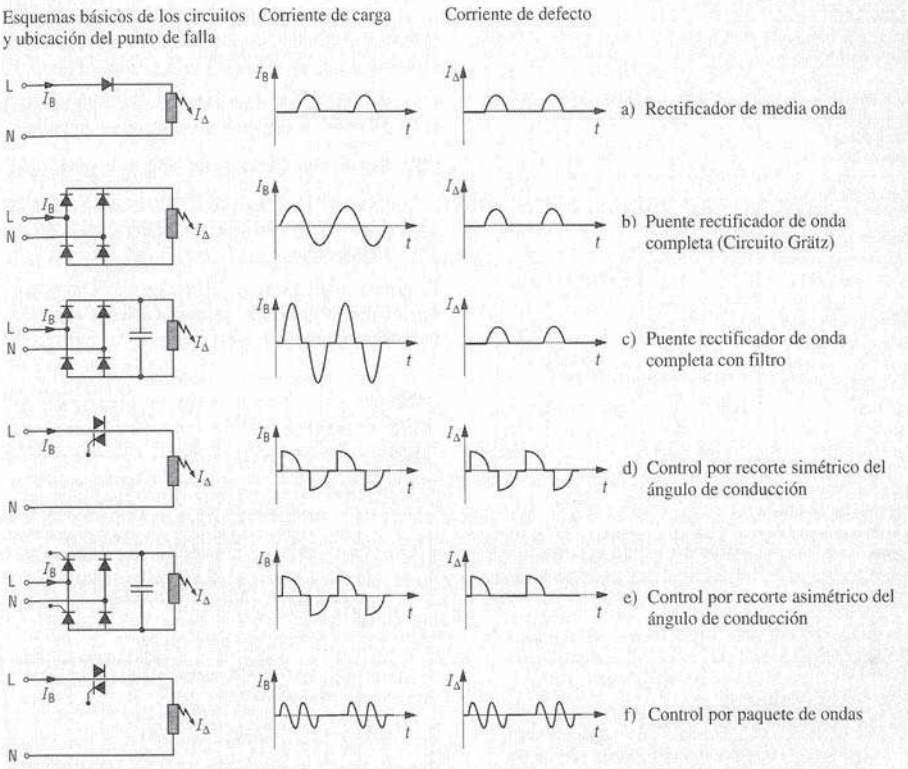


Figura 3.6/7
Formas de la corriente de carga I_B, de la corriente de defecto I_Δ y los tipos de circuitos que, en caso de fallas, producen corrientes de defecto alternas o continuas pulsantes.

cos que en caso de falla producen este tipo de corrientes, sólo se pueden proteger con interruptores diferenciales sensibles a corrientes universales.

3.6.6.1 Construcción y modo de funcionamiento

La base de un interruptor diferencial sensible a corrientes universales está formada por un interruptor de protección con disparador independiente de la tensión de red, con el complemento de una unidad adicional para detectar corrientes de falla continuas sin ondulación.

En la figura 3.6/9 se representa un esquema constructivo de un interruptor diferencial sensible a corrientes universales.

El transformador sumador W1 supervisa las corrientes de falla alternas y continuas pulsantes de la instalación eléctrica. El transformador sumador W2 detecta las corrientes de falla continuas sin ondulación según el principio de las inductancias controladas y, en caso de falla, da un comando de desconexión al disparador A por medio de la unidad electrónica E, compuesta por una fuente de alimentación y un módulo de evaluación.

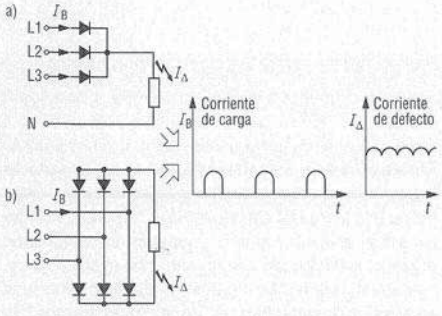
3.6.6.2 Rangos de la corriente de disparo

Los rangos de corriente de disparo de interruptores diferenciales sensibles a corrientes universales se fijaron en concordancia con los de la norma DIN VDE

Tabla 3.6/3
Rangos de corrientes de disparo para interruptores diferenciales sensibles a corrientes alternas y pulsantes

Tipo de corriente	Símbolo	Corriente de disparo
Corrientes de defecto alternas	~	0,5 hasta $1 \cdot I_{\Delta n}$
Corrientes de defecto continuas pulsantes (semiondas positivas y negativas), corrientes de media onda		0,35 hasta $1{,}4 \cdot I_{\Delta n}$
Corrientes de media onda con recorte: corte del ángulo de conducción 90° el 135° el		$0{,}25$ hasta $1{,}4 \cdot I_{\Delta n}$ $0{,}11$ hasta $1{,}4 \cdot I_{\Delta n}$
Corriente de media onda con corriente continua sin ondulación de 6 mA superpuesta		máx. $1{,}4 \cdot I_{\Delta n} + 6$ mA

Diagramas esquemáticos de los circuitos y ubicación del punto de falla



a) Circuito puente trifásico rectificador de media onda
b) Circuito puente trifásico rectificador de onda completa

Figura 3.6/8
Forma de la corriente de carga I_B y de la corriente de defecto I_Δ de circuitos, que en caso de fallas pueden producir corrientes de defecto continuas con ondulación residual reducida

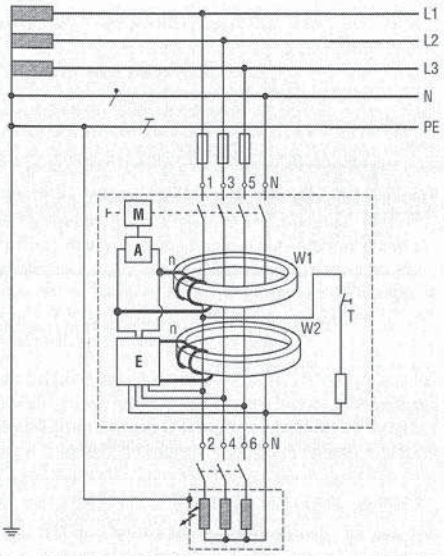
0664 para corrientes de defecto alternas y continuas pulsantes y se amplían para corrientes de falla continuas con los de la norma IEC 479 (Tabla 3.6/4).

La sensibilidad de los interruptores diferenciales (FI) descriptos se caracterizan con ambos símbolos:

⎓ disparo con corriente de defecto continua pulsante,

⎓ disparo con corriente de defecto continua sin ondulación.

El primer símbolo es el mismo que se utiliza para los interruptores diferenciales sensibles a corrientes pulsantes. El segundo se adoptó de la norma DIN



A Disparador
M Mecánica del interruptor de protección
E Electrónica de disparo para corriente continua sin ondulación
T Dispositivo de prueba
n Bobinado secundario
W_1 Transformador sumador para captar las corrientes de defecto sinusoidales ⎓
W_2 Transformador sumador para captar las corrientes de defecto continuas sin ondulación ⎓

Figura 3.6/9
Diagrama esquemático de un interruptor diferencial (FI) sensible a corrientes universales, en un sistema, por ejemplo, el TN-S

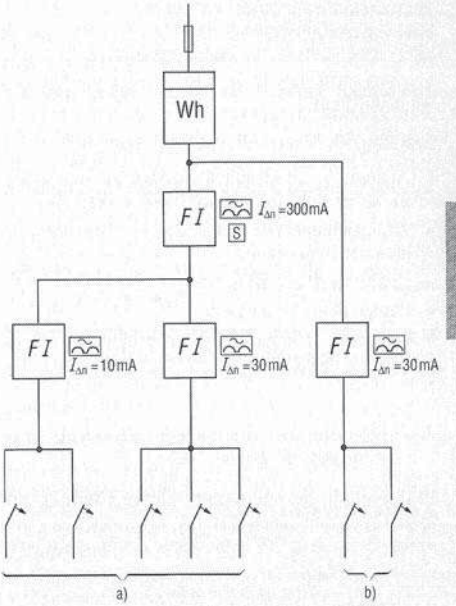
Tabla 3.6/4
Rangos de corrientes de disparo para interruptores diferenciales (FI) sensibles a corrientes universales

Tipo de corriente	Símbolo	Rangos de corrientes de disparo
Corrientes de defecto alternas	~	$0{,}50 \ldots 1 \cdot I_{\Delta n}$
Corrientes de defecto continuas pulsantes (semiondas positivas y negativas), corrientes de semionda		$0{,}35 \ldots 1{,}4 \cdot I_{\Delta n}$
Corrientes de media onda con recorte: corte del ángulo de conducción 90° el 135° el		$0{,}25 \ldots 1{,}4 \cdot I_{\Delta n}$ $0{,}11 \ldots 1{,}4 \cdot I_{\Delta n}$
Corriente de media onda con la superposición de una corriente continua de defecto sin ondulación de 6 mA		máx. $1{,}4 \cdot I_{\Delta n} + 6$ mA
Corriente continua de defecto sin ondulación	=	$0{,}50 \ldots 2 \cdot I_{\Delta n}$

40900, Parte 2. Los interruptores diferenciales sensibles a corrientes universales cumplen con las disposiciones internacionales IEC 755 Amendment 2 "General requirements for residual current operated protective device – type B".

3.6.6.3 Proyecto y construcción de una instalación eléctrica

En el proyecto y la construcción de instalaciones eléctricas debe preverse que todos los consumidores que en caso de falla generan corrientes de falla continuas, tengan su propio circuito son interruptores diferenciales (FI) sensibles a corrientes universales (Figura 3.6/10). No será admisible derivar estos circuitos de interruptores diferenciales sensibles a corrientes pulsantes según la norma DIN VDE 0664, porque corrientes de falla continuas sin ondulación mayores que 6 mA merman el margen de disparo de los interruptores diferenciales (FI) sensibles a corrientes pulsantes.



a) Circuitos con consumidores eléctricos, en los cuales en caso de falla se producen corrientes de defecto alternas y/o continuas pulsantes.

b) Circuitos con consumidores eléctricos, en los cuales en caso de falla se producen corrientes de defecto alternas y/o continuas pulsantes y/o continua sin ondulación.

Figura 3.6/10
Interruptores diferenciales (FI) sensibles a corrientes universales

Los interruptores diferenciales sensibles a corrientes universales podrán usarse en redes de corriente alterna monofásica o trifásica, al igual que los sensibles a corrientes de defecto pulsantes según la norma DIN VDE 0664.

3.6.6.4 Sellos de conformidad y áreas de aplicación

Los interruptores diferenciales (FI) sensibles a corrientes universales tienen el sello de conformidad concedido por el "VDE-Prüf- und Zertifizierungsinstitut" (Instituto de Control y Certificación VDE, Alemania) en forma de un Número de Registro del VDE.

Estos aparatos tienen aplicación en circuitos eléctricos con consumidores conectados que, en caso de falla, además de una corriente alterna y/o pulsante, generan corrientes de defecto de corriente continua sin ondulación.

Este tipo de consumidores son, por ejemplo:

- Aparatos de electromedicina (tales como: aparatos de rayos X, tomógrafos computados, etc.).
- Accionamientos con velocidad variable (convertidores de frecuencia).
- Controles de ascensores.
- Calefactores tubulares.
- Fuentes de alimentación ininterrumpibles (Instalaciones de UPS).

3.6.7 Interruptores diferenciales (FI) selectivos y con retardo breve

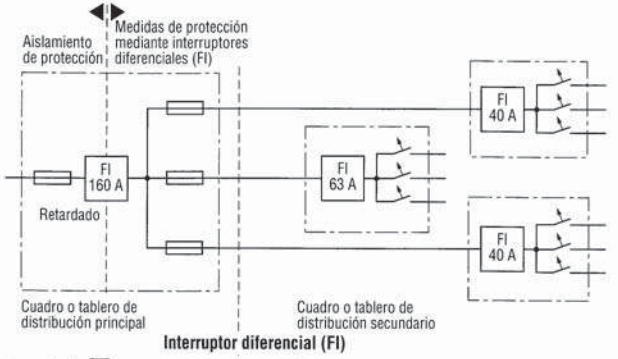
El disparo de los interruptores diferenciales es, por lo general, instantáneo. Esto significa que una conexión en serie de estos interruptores diferenciales (FI) no podrá tener una desconexión selectiva. Para lograr selectividad, los aparatos conectados en serie deben estar escalonados tanto en tiempo como en su corriente asignada.

Interruptores diferenciales selectivos

Los interruptores diferenciales selectivos se identifican con el sello: [S]

Los circuitos en serie de interruptores diferenciales (FI) selectivos con aparatos sin retardo tienen su aplicación tanto en instalaciones industriales, explotaciones agrícolas y de parques como en instalaciones domiciliarias para integrar en el sistema de protecciones la sección de la instalación comprendida entre el cuadro o tablero de distribución principal y los distribuidores secundarios.

La figura 3.6/11 representa como ejemplo una "Aplicación Industrial" en la que se muestra la desconexión selectiva con los posibles escalonamientos de los interruptores diferenciales.



Interruptor diferencial (FI)

Con retardo [S]	Sin retardo
$I_{\Delta n}$ = 0,3 A; I_n = 63 A	$I_{\Delta n}$ = 10 mA; I_n = 16 A $I_{\Delta n}$ = 30 mA; I_n = 25, 40 y 63 A
$I_{\Delta n}$ = 0,5 A; I_n = 125 y 160 A	$I_{\Delta n}$ = 10 mA; I_n = 16 A $I_{\Delta n}$ = 30 mA; I_n = 25, 40, 63 y 125 A $I_{\Delta n}$ = 0,3 A; I_n = 25, 40, 63, 125 y 160 A
$I_{\Delta n}$ = 1 A; I_n = 125, 160 y 224 A	$I_{\Delta n}$ = 10 mA; I_n = 16 A $I_{\Delta n}$ = 30 mA; I_n = 25, 40, 63 y 125 A $I_{\Delta n}$ = 0,3 A y 0,5 A; I_n = 25, 40, 63, 125 y 160 A

Figura 3.6/11
Posible escalonamiento de interruptores diferenciales (FI) para una desconexión selectiva. Ejemplo de una aplicación industrial

Interruptores diferenciales con retardo breve

En consumidores eléctricos que al conectarse producen elevadas corrientes de descarga de corta duración (por ejemplo, por medio de condensadores antiparásitos conectados entre los conductores de línea y el de protección PE por los que circulan corrientes de defecto a tierra transitorias), pueden provocar desconexiones no deseadas del interruptor diferencial cuando la corriente de descarga supera la corriente asignada de defecto $I_{\Delta n}$ del interruptor diferencial.

En estas aplicaciones, donde las fuentes de problemas sólo logran suprimirse parcialmente, se pueden utilizar interruptores diferenciales con retardo breve.

Estos aparatos tienen un tiempo mínimo de respuesta de 10 ms, es decir, no deben actuar ante un impulso de la corriente de defecto con una duración menor a 10 ms. Para ello se tienen que satisfacer las exigencias para la desconexión señaladas en la norma DIN VDE 0664, Parte 1. Los aparatos llevan el sello de conformidad VDE y tienen una resistencia a las corrientes de choque de 3 kA que supera los requerimientos de la norma DIN VDE 0664.

Los interruptores diferenciales con retardo breve se identifican con el sello: K

3.6.8 Capacidad de ruptura asignada y resistencia a los cortocircuitos de los interruptores diferenciales (FI) Siemens

Las corrientes de defecto pueden alcanzar valores del mismo orden de magnitud que las corrientes de cortocircuito, cuando se produce, por ejemplo, una falla de aislamiento en aparatos con una buena puesta a tierra, tal el caso de calentadores de agua eléctricos con tanque acumulador.

También es posible que una perforación del aislante provocada por un arco pueda producir al mismo tiempo un cortocircuito.

Por lo tanto, los interruptores diferenciales (FI) deben poseer una adecuada capacidad de ruptura y resistencia a las corrientes de cortocircuito.

En los sistemas TN, al utilizar el conductor neutro N como conductor de protección, las corrientes de defecto también pueden alcanzar valores del mismo orden de magnitud que las corrientes de cortocircuito.

En este caso, los interruptores diferenciales en combinación con los fusibles antepuestos deben tener la correspondiente capacidad de ruptura asignada y un nivel adecuado de resistencia al cortocircuito asignada. La capacidad de ruptura asignada de la combinación debe estar marcada en los aparatos.

Los interruptores diferenciales (FI) de Siemens tienen, en conjunto con el fusible antepuesto correspondiente, una resistencia al cortocircuito asignada de 10000 A. Este es, según las normas DIN VDE, el máximo nivel exigido para la resistencia al cortocircuito asignada.

3.6.9 Programa de interruptores diferenciales (FI) de Siemens

Siemens fabrica interruptores diferenciales (FI) en diferentes ejecuciones. Para aplicaciones en instalaciones domiciliarias e industriales se ofrecen las siguientes variantes:

Bipolares,
- Corriente asignada $I_n = 16...80\text{A}$,
- Corriente de defecto asignada $I_{\Delta n} = 10/30/100/300$ mA,

Tetrapolares,
- Corriente asignada $I_n = 25...224$ A,
- Corriente de defecto asignada $I_{\Delta n} = 30/100/300/500/1000$ mA.

Además, el programa incluye combinaciones entre interruptores diferenciales y cortacircuitos automáticos (termomagnéticos), los así denominados interruptores FI/LS:

Bipolares y tetrapolares,
- Corriente asignada $I_n = 6...100$ A,
- Corriente de defecto asignada $I_{\Delta n} = 10/30/300$ mA,
- Interruptor automático con curva característica B y C.

En los catálogos "Aparatos de protección y maniobra del *Sistema N*" y "Productos, Sistemas y Servicios" publicados por Siemens, se suministra una información detallada de estos aparatos.

3.6.10 Indicaciones prácticas para la búsqueda de fallas al utilizar interruptores diferenciales (FI)

Cuando en el proyecto de una instalación eléctrica se opta por una división conveniente de los circuitos y se prevé distintos interruptores diferenciales (FI) para los mismos, una vez que se realiza una puesta en marcha adecuada, no se presentarán problemas

durante el servicio normal posterior. Si, no obstante, algún interruptor diferencial actúa, el punto de falla puede localizarse, en principio, con el diagrama de la figura 3.6/12.

En especial, debe comprobarse (inspecciones visuales y mediciones) que detrás del interruptor diferencial (FI) no haya ninguna conexión eléctrica entre:

- el conductor de neutro N y el de protección PE y/o
- el conductor de neutro N de dos o más interruptores diferenciales.

Es posible que se produzcan desconexiones no deseadas de los interruptores diferenciales (FI) ocasionadas por tormentas eléctricas o sobretensiones producidas por maniobras en circuitos de potencia. Estas desconexiones ocurren, en especial,

- en instalaciones de consumidores eléctricos donde no existen, o son inapropiadas las protecciones contra sobretensiones y/o
- en los aparatos instalados que no tienen "compatibilidad electromagnética" (EMC).

Se investigaron exhaustivamente numerosas desconexiones no deseadas producidas por interruptores diferenciales, y se demostró que la mayoría se podrían haber evitado si se hubieran utilizado interruptores diferenciales sensibles a las corrientes pulsantes, resistentes en gran medida a las corrientes de choque.

Cuando en las redes eléctricas se conectan protecciones contra sobretensiones adicionales, se las debe colocar delante de los interruptores diferenciales de tal manera de evitar desconexiones no deseadas debidas a fallas en estos descargadores.

Los errores de diseño también pueden producir desconexiones indebidas de los interruptores diferenciales (FI), esto significa que; debido a la envergadura de la instalación y a un gran número de consumidores eléctricos se produce una considerable acumulación de las corrientes de fuga o de pérdidas en servicio que pueden alcanzar e inclusive superar la corriente de disparo del interruptor diferencial (FI) preconectado. Con un instrumento de medición de corrientes de fuga que, para realizar esta determinación, se conecta en serie con el interruptor diferencial, se pueden medir fácilmente las corrientes de fuga en la instalación eléctrica en cuestión. Sobre la base de una curva de calibración, adjunta al medidor de corrientes de fuga y en función de la tensión U medida, se puede determinar la intensidad en mA de la corriente de fuga I.

Este tipo de instrumento para la búsqueda de fallas y control del estado del aislamiento de una instalación eléctrica se ha impuesto en la practica, en especial, en las instalaciones de señalización del tránsito.

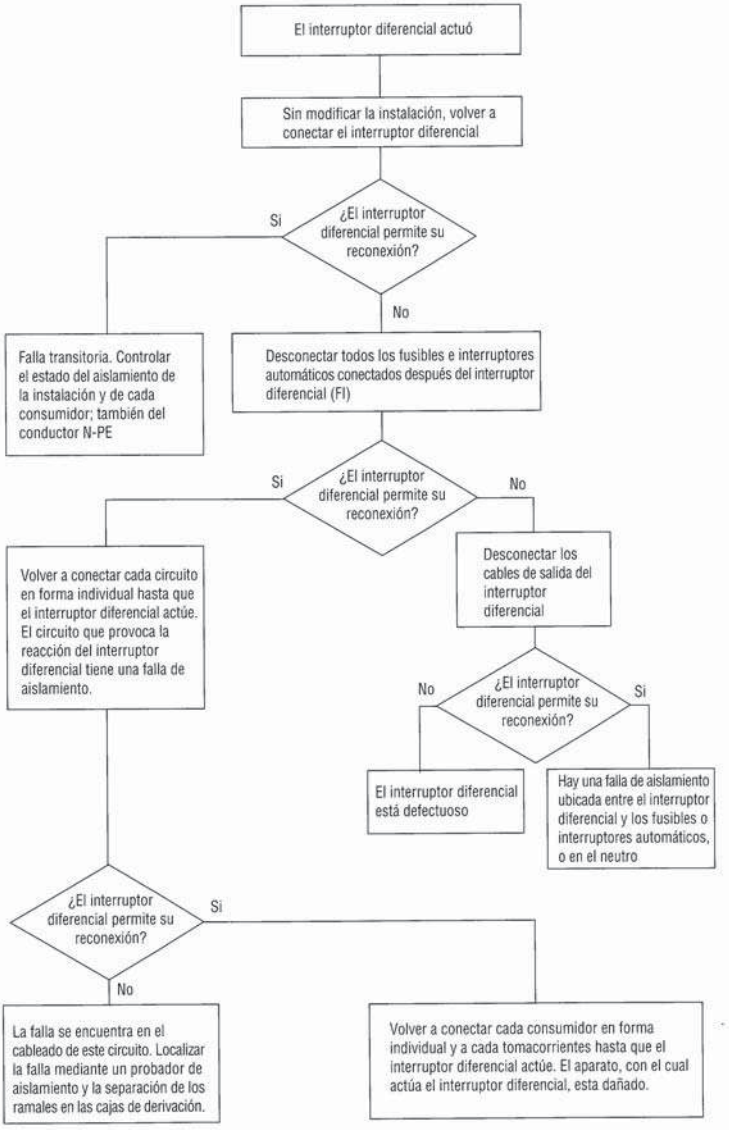


Figura 3.6/12
Controles a realizar cuando en una instalación actuó el interruptor diferencial

3.7 Condiciones de servicio para el empleo de aparatos de maniobra de baja tensión en circuitos principales

3.7.1 Conexión en paralelo y en serie de las vías de corriente

Conexión en paralelo

Cuando se conectan en paralelo las vías de corriente de aparatos de maniobra con dos o más polos, la corriente total se distribuye entre las vías de corriente de acuerdo con la resistencia óhmica de cada una de ellas y las influencias inductivas mutuas. La resistencia óhmica está dada, principalmente, por la resistencia de contacto o paso en los contactos principales, cuyo valor puede variar por oxidación o desgaste por erosión eléctrica. En consecuencia, no es posible lograr una distribución uniforme ni estable de la corriente, y las vías de corriente individuales pueden sobrecargarse y esto, a su vez, provoca la reacción anticipada de los relés o disparadores contra sobrecarga (error de disparo).

Salvo que en los catálogos se indique lo contrario, tienen validez las reglas siguientes para la capacidad de carga permanente de los aparatos de baja tensión, cuando sus vías de corriente se conectan en paralelo:

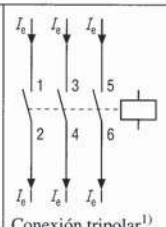
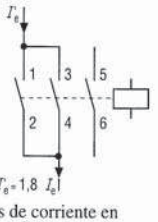
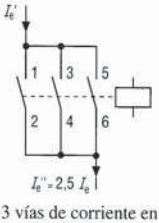
▷ Cuando se conectan en paralelo 3 vías de corriente de un aparato, la capacidad de carga permanente aumenta a 2,5 veces la capacidad de una única; si el número de vías de corriente en paralelo es dos, podrán conducir 1,8 veces la corriente permanente de cada una. Sin embargo, debe considerarse que las capacidades de cierre y corte permanecen invariables en caso de cargas capacitivas, porque los contactos no abren ni cierran simultáneamente y, por lo tanto, los contactos de cada vía de corriente deben conectar o desconectar la corriente total de cierre o apertura. Si se maniobran motores o resistencias, la capacidad de conexión con dos vías de corriente en paralelo, aumenta con un factor del orden de 1,5. ¡La conexión en paralelo *no* aumenta la capacidad de corte o ruptura!

▷ Los conductores que conectan en paralelo las vías de corriente deben disponerse de forma tal que tengan la misma longitud.

▷ En caso de cortocircuito, la corriente se distribuye en relación con las resistencias de cada una de las vías de corriente.
Atención: es posible que en ese caso la corriente no alcance la intensidad necesaria para que reaccionen los disparadores electromagnéticos sin retardo de cortocircuito.

La capacidad de conexión y corte de los contactores con dos o tres vías de corriente conectadas en paralelo y referida a la corriente de carga, se reproduce en la Tabla 3.7/1.

Tabla 3.7/1
Capacidad de conexión y de corte de contactores como múltiplo de la corriente asignada de servicio I_e en conexión tripolar y cuando se conectan en paralelo 2 ó 3 vías de corriente según la norma DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, Parte 102), tensiones asignadas según la norma DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, Parte 102).

	 Conexión tripolar[1]	 2 vías de corriente en paralelo[1]	 3 vías de corriente en paralelo[1]
Capacidad de conexión	$12 \cdot I_e$ (Categoría de servicio AC-4)	$\frac{12 \cdot I_e'}{1{,}8} = 6{,}67 \cdot I_e'$	$\frac{12 \cdot I_e''}{2{,}5} = 4{,}8 \cdot I_e''$
Capacidad de ruptura	$10 \cdot I_c$ (Categoría de servicio AC-4)	$\frac{10 \cdot I_e'}{1{,}8} = 5{,}55 \cdot I_e'$	$\frac{10 \cdot I_e''}{2{,}5} = 4 \cdot I_e''$

[1] Tensión en cada contacto abierto $U = \frac{U_e}{\sqrt{3}}$

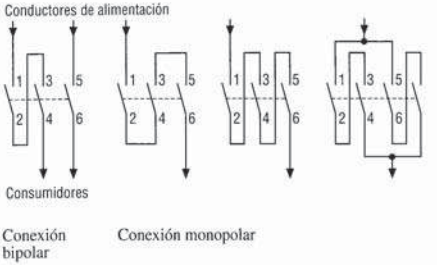


Figura 3.7/1
Conexión en serie de las vías de corriente

Conexión en serie

Los aparatos de maniobra pueden emplearse para tensiones de servicio mayores si se conectan en serie sus vías de corriente. Esta característica se aprovecha cuando se emplean contactores o interruptores automáticos trifásicos para conectar corrientes monofásicas y, en especial, para corriente continua (Figura 3.7/1).

En tales casos debe tenerse en cuenta cuál es el lado de alimentación del aparato.

El límite de esta aplicación está dado por la tensión asignada de aislamiento del aparato.

Conexión en serie de las vías de corriente de interruptores automáticos y relés contra sobrecarga

El número de vías de corriente conectadas en serie no modifica la corriente asignada de los interruptores automáticos, porque en todos los casos se aprovecha plenamente su capacidad de carga térmica. Sin embargo, si se conectan en serie dos o más vías de corriente de un interruptor automático, el aparato podrá utilizarse para tensiones de servicio mayores que cuando se emplea una única.

La conexión en serie de las vías de corriente de interruptores automáticos tripolares cuando se los emplea en redes de corriente continua para incrementar la tensión de servicio representa una ventaja considerable.

En la Sección 3.7.4 se trata la utilización de los aparatos de maniobra de baja tensión para corriente alterna en redes de corriente continua.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se suministra la información correspondiente al empleo de interruptores automáticos tripolares y tetrapolares en redes de corriente continua. Dichas informaciones comprenden también la conexión en serie de varias vías de corriente.

Se aconseja conectar en serie las vías de corriente de los interruptores automáticos para toda conexión monopolar o bipolar, ya sea para corriente alterna monofásica o corriente continua, para que de esta forma se carguen uniformemente los disparadores de todas estas vías de corriente (Sección 3.4.3.4).

Las curvas características de disparo de los relés contra sobrecarga térmicamente retardados tienen validez cuando por las tres tiras bimetálicas circulan las mismas intensidades de la corriente. Esta conexión en serie permite asegurar la carga uniforme de las tres tiras bimetálicas en los casos tratados en los párrafos anteriores. Esta conexión en serie de las vías de corriente es obligatoria en el caso de emplear aparatos con sensibilidad a falla de fase.

Conexión en serie de las vías de corriente de contactores

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se indican las tensiones y corrientes de servicio admisibles para los contactores cuando se los utiliza en redes de corriente continua y se conectan en serie sus vías de corriente.

Los contactores tripolares, con sus tres vías de corriente conectadas en serie, pueden emplearse en redes de corriente continua con su corriente asignada de servicio I_{eAC1} total para tensiones de hasta 110 V C.C.; para redes 220 V C.C. esto vale cuando se emplean contactores a partir del tamaño constructivo 6 (3TF50). Es decir, hasta las tensiones de servicio mencionadas puede prescindirse de contactores especiales para corriente continua.

3.7.2 Utilización de aparatos de maniobra tetrapolares

En diversas normas DIN VDE se exige el uso de aparatos de maniobra tetrapolares:

▷ DIN VDE 0100, Parte 728/03.90, "Instalaciones de suministro de energía eléctrica de emergencia" Cuando los grupos generadores de emergencia, móviles o estacionarias, alimentan partes de una instalación en caso de una avería en la red de distribución, deben desconectarse *las fases y el neutro no puesto a tierra* de la red de alimentación

normal y las secciones de la red de distribución que quedan fuera de servicio.
Atención: Los conductores PEN no se pueden desconectar.
El interruptor principal de la red puede efectuar la desconexión tetrapolar; en este caso, ante una falla de la red el generador de emergencia abastece a todos los consumidores. Cuando un interruptor de acople realiza la desconexión, este generador sólo puede abastecer los consumidores más importantes.

▷ DIN VDE 0100, Parte 530/06.93; idéntica a la Publicación IEC 64
Para los dispositivos de protección contra corrientes de defecto, en la actualidad se exige la desconexión del neutro (N). Según el proyecto de norma, en el sistema TN-S se puede prescindir de esta desconexión.

▷ DIN VDE 0100, Parte 430, 11.91
En el sistema IT, cuando reacciona un dispositivo de protección contra sobreintensidad, en caso de existir el neutro (N) se lo tiene que desconectar en conjunto con las fases.

▷ DIN VDE 0100, Parte 410, 11.83, Sección 7, así como las modificaciones A1 hasta A3 (Proyectas) Cuando se emplean dispositivos de protección contra tensiones de defecto, en conjunto con las fases debe desconectarse el neutro (N).

Según las normas francesas:

▷ NFC 12-100 "Protección de empleados en empresas que utilizan corriente eléctrica", 1. Decreto 1/Art. 2 y 8, IV. "Fiche of Notes Techniques § 1. Aclaraciones según PROMOTELEC, "Exploitations Agricoles, Locaux Artisanaux, installation électrique":
"En el punto de alimentación de todo circuito trifásico con conductor neutro, debe instalarse un dispositivo seccionador que conecte y desconecte, al mismo tiempo, el conductor N y las tres fases. La función de protección y de corte se puede implementar con aparatos de maniobra tetrapolares, combinaciones de fusibles y seccionadores, interruptores automáticos, así como mediante combinaciones de contactores y seccionadores bajo carga con fusibles".

▷ NCF 15-100 para construcción y mantenimiento de instalaciones de maniobra de baja tensión, número 473.3.3 – Conexión del conductor N:
"Cuando se exige la desconexión del conductor N, la conexión y desconexión deben efectuarse de manera que el conductor sea conectado simultáneamente o antes que las fases y desconectado después que las mismas".

▷ NCF 15-100, Capítulo 53, Anexo II y aclaraciones según PROMOTELEC: "Ejemplos de ejecución para seccionar el conductor N".

3.7.3 Influencia de la frecuencia de red y de las armónicas en la función de los aparatos de maniobra

Cuando se deban utilizar aparatos de maniobra diseñados para trabajar con 50/60 Hz en redes con frecuencias asignadas diferentes, tiene que prestarse especial atención a las siguientes características de los aparatos:

▷ Capacidad de carga térmica de las vías de corriente.

▷ Capacidad de ruptura.

▷ Vida útil del sistema de contactos.

▷ Comportamiento de los disparadores.

▷ Comportamiento de los accionamientos magnéticos o motorizados.

3.7.3.1 Capacidad de carga térmica de las vías de corriente y los conductores en función de la frecuencia de red

En contraposición con la corriente continua, la corriente alterna no circula uniformemente por toda la sección de un conductor. La densidad de corriente disminuye desde la superficie hacia el interior del conductor en función de la frecuencia. Cuando las frecuencias son muy elevadas, el centro del conductor prácticamente no conduce corriente, la que sólo circula a través de una capa exterior muy delgada. Este fenómeno se denomina efecto pelicular o efecto "skin". La consecuencia es que sólo una parte de la sección de los conductores se aprovecha para la conducción de la corriente alterna y que la resistencia crece linealmente conforme aumenta la frecuencia. Por ejemplo, en un alambre de cobre de 10 mm de diámetro, la sección efectiva es la siguiente:

con 1 kHz aprox. el 60%

con 10 kHz aprox. el 20%.

La corriente alterna de alta frecuencia ocasiona otro fenómeno: en las partes ferromagnéticas cercanas a los conductores se produce una inducción magnética. Debido a esta inducción se genera una potencia

activa en dichos materiales conductores, es decir, se producen pérdidas por "histéresis" que se manifiestan en forma de calor disipado y aumentan rápidamente con el incremento de la frecuencia.

Las tensiones inducidas en las partes metálicas que se encuentran en las cercanías de los conductores son directamente proporcionales a las frecuencias de las corrientes que circulan por los conductores. Estas corrientes provocan a su vez otras pérdidas, las cuales se denominan pérdidas por corrientes parásitas o de Foucault.

Por lo tanto, un aumento de la frecuencia siempre supone un incremento de la resistencia del conductor, a causa del efecto "skin" y de las pérdidas por corrientes de Foucault y por histéresis que se producen en las piezas metálicas cercanas a los conductores, por ejemplo, en los mecanismos de los interruptores, en los ejes, en las piezas de fijación de los aparatos, etc.

Considerando la influencia de la frecuencia de servicio en los conductores propiamente dichos y en las piezas magnéticas cercanas a los mismos, se tienen las siguientes consecuencias para la capacidad de carga de las vías de corriente de los aparatos de maniobra.

Capacidad de carga de los contactores para corriente alterna

Para calcular la corriente de servicio admisible de los contactores Siemens en redes con frecuencias comprendidas entre 50 y 1000 Hz, rige la siguiente relación:

$$I_e(\text{AC-1}, f_1) = I_e(\text{AC-1},\ 50\ ) \cdot \sqrt[10]{\frac{50}{f_1}}.$$

En la Tabla 3.7/2, para algunas frecuencias inferiores a 1 kHz, se indica la corriente asignada de servicio admisible.

Para frecuencias f_2 superiores a 1 kHz y hasta 10 kHz, vale, en una primera aproximación, la siguiente ecuación:

$$I_e(\text{AC-1}, f_2) = I_e(\text{AC-1},\ 50\ ) \cdot 0{,}7 \cdot \sqrt[4]{\frac{1(\text{kHz})}{f_2}}.$$

Tabla 3.7/2
Corrientes asignadas de servicio admisibles para contactores de 50 Hz utilizados en frecuencias de hasta 400 Hz.

Frecuencia f_1	Corriente asignada de servicio admisible
100 Hz	$0{,}933 \cdot I_e$
200 Hz	$0{,}871 \cdot I_e$
300 Hz	$0{,}836 \cdot I_e$
400 Hz	$0{,}812 \cdot I_e$

Para las aplicaciones especiales siempre debe consultarse al fabricante del contactor, porque no es posible dar indicaciones de carácter general.

Capacidad de carga de los interruptores automáticos

Los interruptores automáticos diseñados para prestar servicio en redes de 50/60 Hz pueden utilizarse para frecuencias menores, como mínimo, con la misma corriente asignada permanente.

Por el contrario, para frecuencias mayores y a partir de unos 100 Hz, en determinadas condiciones, se debe reducir la corriente asignada permanente del interruptor para que el calentamiento se mantenga dentro de límites admisibles.

Cuando los interruptores se utilizan en redes de 400 Hz, en función del volumen de hierro empleado en su construcción podrá reducirse su capacidad admisible a un 50–80% de los valores para 50 Hz.

Capacidad de carga de las barras colectoras

Las corrientes de servicio admisibles para frecuencias mayores que 50 Hz pueden calcularse, en forma aproximada, con la siguiente fórmula:

$$I_e(f_x) = I_e(50\ ) \cdot \sqrt{\frac{50}{f_x}}.$$

Esto significa, por ejemplo, que el aprovechamiento de la sección del conductor:

con 1 kHz sólo alcanza al 22%, y

con 10 kHz sólo alcanza al 7%.

3.7.3.2 Capacidad de maniobra para frecuencias diferentes de 50/60 Hz

En contraposición con la corriente continua, la extinción del arco en redes de corriente alterna se facilita debido a que, a cada paso por cero de la corriente, el arco se extingue y sólo puede subsistir si en la siguiente semionda se vuelve a encender. El arco se extingue cuando se logra evitar un nuevo encendido después del paso por cero. De aquí se deriva el principio básico de la extinción del arco de corriente alterna, que consiste en liberar de transportadores de cargas eléctricas, provenientes del arco previo el espacio comprendido entre los contactos principales abiertos, y hacer que este espacio sea resistente a la tensión creciente de forma tal que no se pueda volver a encender el arco.

Cuando la frecuencia es elevada, los pasos de la corriente por cero se suceden con mayor rapidez. Por lo tanto, la duración del arco en cada semionda, al igual que el grado de ionización, es menor que con 50 Hz.

De lo expuesto se deduce que los aparatos para 50 Hz, por lo general, pueden emplearse en redes con frecuencias de hasta unos 500 Hz cuando se tiene en cuenta la influencia de la frecuencia sobre las características eléctricas de los mismos.

Capacidad de conexión de los contactores para conectar motores en redes con frecuencias superiores a 50 Hz

Las corrientes de arranque de los motores para frecuencias elevadas son, en parte, considerablemente mayores que las de los motores para 50 Hz. En casos desfavorables pueden producirse corrientes de arranque de unas 15 veces la corriente asignada en redes de 200 Hz y hasta 20 veces esta corriente para 400 Hz. A esto debe agregarse que, en algunos casos, el factor de potencia de estos motores sólo llega a alcanzar un valor de 0,25.

En total, los contactores que operan con frecuencias elevadas tienen un comportamiento térmico diferente, aunque en los contactores de Siemens sólo debe reducirse la corriente asignada de servicio I_e de acuerdo con los valores señalados en la Tabla 3.7/2.

Capacidad de corte de los contactores que operan con una frecuencia de $16^2/_3$ Hz

Con $16^2/_3$ Hz los contactores podrán trabajar con plena corriente asignada de servicio I_e admisible para redes de 50 Hz y 400/380 V si se conectan en serie dos vías de corriente. Para tensiones asignadas de servicio de hasta 500 V y $16^2/_3$ Hz podrá aprovecharse toda su corriente asignada de servicio al conectar en serie las tres vías de corriente.

Capacidad de ruptura de los contactores cuando operan con frecuencias inferiores a $16^2/_3$ Hz

Para esta gama de frecuencias debe tomarse como base la capacidad de ruptura para corriente continua indicada en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Capacidad de ruptura de los interruptores automáticos

Las corrientes de cortocircuito de los generadores de frecuencias medias son relativamente bajas. Por lo tanto, en la práctica no ocasiona problemas una posible reducción de la capacidad de ruptura para frecuencias superiores a 400 Hz en relación con los valores para 50/60 Hz.

En las redes monofásicas, puede alcanzarse la capacidad asignada de ruptura indicada en los catálogos, cuando para tensiones de servicio superiores a 220 V y hasta 400 V se conectan en serie dos vías de corriente. Para tensiones de la red entre 400 V y 500 V, la misma capacidad asignada de ruptura se logra conectando en serie las tres vías de corriente. En este caso, sólo podrá realizarse una desconexión unipolar.

Con independencia de lo antedicho, en las redes monofásicas debe verificarse que la corriente circule siempre por los tres disparadores con retardo térmico; es decir, tiene que adoptarse una de las dos posibilidades de conexión en serie de las vías de corriente dadas en la Sección 3.7.1.

3.7.3.3 Vida eléctrica de los contactos

La elevada vida eléctrica de los contactos es una característica específica de los aparatos de maniobra destinados a maniobrar con frecuencia, por ejemplo, contactores.

Cuando la frecuencia de la red difiere de 50/60 Hz, cabe esperar un desgaste por erosión eléctrica de los contactos diferente y, por lo tanto, su vida eléctrica varía con respecto a la vida eléctrica determinada para esa frecuencia. Los valores que se pueden alcanzar en realidad deben determinarse en cada caso.

3.7.3.4 Valores de reacción de los disparadores y relés

Disparadores por sobreintensidad

Disparadores y relés mecánicos

Protección contra sobrecarga mediante disparadores y relés con retardo térmico dependiente de la intensidad de la corriente (disparadores "a")

Disparadores contra sobrecarga

Estos disparadores y relés trabajan con tiras bimetálicas a las que calienta la corriente de servicio o la corriente del secundario de los transformadores de intensidad.

Por lo tanto, los relés sin transformadores de corriente pueden emplearse también para corriente continua sin que su curva característica de disparo varíe.

El comportamiento de las tiras bimetálicas hasta frecuencias de unos 500 Hz depende, en primer lugar, del calor generado por la corriente eléctrica. Hasta éstas frecuencias, el calentamiento adicional debido a la inducción es tan pequeño que sus efectos en la práctica son despreciables; por lo tanto, el incremento en la reacción del disparo a dichas frecuencias frente a 50 Hz, es insignificante. A frecuencias superiores a 500 Hz, el aporte de la inducción aumenta cada vez más e incrementa proporcionalmente la rapidez de reacción de la curva característica de disparo.

A frecuencias entre 50 y 400 Hz, los relés bimetálicos conectados a transformadores de intensidad con un factor de sobrecarga elevado tienen una curva característica de disparo con una reacción algo más rápida que con 50 Hz.

Por el contrario, cuando los relés bimetálicos se conectan a transformadores de intensidad saturados para obtener una curva característica de disparo lenta, apropiada para arranque pesado, con frecuencias elevadas tendrán una característica de disparo con una reacción mucho más rápida.

Disparadores por cortocircuito

Protección contra cortocircuitos mediante disparadores electromagnéticos instantáneos por sobreintensidad (disparadores n)

Para la reacción de los disparadores electromagnéticos por sobreintensidad, además de la intensidad de la corriente, es determinante el tiempo durante el cual circula la misma.

A una frecuencia de 50 Hz las armaduras de los disparadores electromagnéticos reaccionan, aproximadamente, cuando el valor alcanza la cresta de la corriente de una semionda. Durante esta semionda, la fuerza de atracción es suficiente para llevar la armadura a su posición final. Cuando las frecuencias son mayores, la duración de una semionda no alcanza y las armaduras reaccionan con el valor eficaz de la corriente. La intensidad de la corriente de reacción aumenta en una relación de 1 a $\sqrt{2}$ cuando la frecuencia varía de $16\,^2/_3$ a 500 Hz. Aquí influye en gran medida la forma constructiva del disparador, por lo tanto, no se pueden dar indicaciones de validez general.

Ejemplo

Interruptor automático, corriente asignada de servicio 10 A; disparador electromagnético instantáneo por sobreintensidad, ajuste fijo en 120 A ($12 \cdot I_e$). Cuando el interruptor se utiliza en redes de 200 Hz, la intensidad de la corriente de reacción del disparador electromagnético, por ejemplo, puede aumentar en un 30%, para alcanzar 155 A.

En caso de cortocircuito, para proteger el disparador correspondiente, debe tenerse en cuenta el aumento del valor de reacción de los disparadores electromagnéticos.

Disparadores electrónicos

En los disparadores electrónicos, la intensidad de la corriente se determina mediante transformadores y se procesa en un sistema electrónico. A continuación se describe el sistema correspondiente a un interruptor automáticos 3WN de Siemens, equipado con disparadores controlados por un microprocesador.

Disparadores contra sobrecarga

Según la ejecución, puede ajustarse tanto la intensidad de la corriente (Valor de ajuste I_r), como la velocidad de reacción del disparador. Esto permite adaptarlo, por ejemplo, a las condiciones de arranque de un motor.

A diferencia de los disparadores con retardo térmico, el disparador electrónico no altera su curva característica de disparo por calentamiento previo cuando trabaja con una carga dentro de los límites admisibles.

Las características del "enfriamiento" después de un disparo por sobrecarga puede adaptarse a las condiciones de servicio mediante funciones de memoria adicionales ("enfriamiento" inmediato o lento).

El diseño de los transformadores de corriente y del sistema electrónico es tal que las armónicas prácticamente no influyen en los disparadores contra sobrecarga.

Disparadores por cortocircuito

El tiempo de reacción de los disparadores electrónicos por cortocircuito depende de que si antes de ocurrir el cortocircuito ya circulaba corriente a través del interruptor y, por lo tanto, el disparador ya estaba activo, o si la circulación de la corriente comenzó con el cortocircuito. En este último caso, primero debe activarse el disparador y los tiempos de disparo se alargan en varios milisegundos con respecto al estado en el que el sistema ya estaba activo.

Para evitar que el disparador por cortocircuito actúe a causa de los picos de corriente cuando se arrancan

motores, se podrá agregar un retardo adicional de algunos milisegundos al tiempo de reacción. De esta forma, puede ajustarse el disparador a un valor tan reducido que actuará aún en caso de un cortocircuito con una intensidad reducida.

Los disparadores electrónicos actúan con gran rapidez. Por ello, pueden reaccionar ante picos de corriente de corta duración, como los que se producen al conectar tiristores.

En la gama de frecuencias comprendida entre 40 y 400 Hz, la frecuencia tiene poca influencia sobre la reacción del disparador por cortocircuito.

Para una mejor coordinación con fusibles conectados en serie delante y detrás del disparador con retardo breve puede conmutarse su comportamiento de retardo independiente de la intensidad de la corriente a retardo en función de I^2. De esta forma también se protegen económicamente cables y conductores.

Disparadores por corrientes de defecto a tierra

La protección contra corrientes de defecto a tierra impide que, por ejemplo, a causa de daño en el aislamiento de un cable, la corriente circule por tiempos largos y, por ello, provoque incendios.

El valor de reacción del disparador por corriente de defecto es menor que el valor de ajuste del disparador contra sobrecarga, de forma tal que corrientes de defecto relativamente bajas pueden causar un disparo.

La protección por corrientes de defecto a tierra también acepta un retardo independiente de la corriente o un retardo dependiente de I^2.

Disparadores de mínima tensión y disparadores por tensión

Los disparadores de mínima tensión y los disparadores por tensión funcionan de forma semejante a los accionamientos magnéticos y, por tanto, tienen la misma dependencia de la frecuencia.

Según la norma VDE 0660, Parte 100, los disparadores deben tener los siguientes campos de trabajo:

Disparador por mínima tensión	0,7 a 0,35 · U_S	Disparo del interruptor (abre),
	0,85 a 1,1 · U_S	El interruptor puede conectarse (cierra).
Disparador por tensión	0,7 a 1,1 · U_S	Disparo del interruptor (abre).

Para poder mantener estos campos de trabajo debe contarse con una bobina, cuyo número de espiras es el adecuado para la tensión y la frecuencia asignadas para el accionamiento.

3.7.3.5 Influencia de las armónicas en el comportamiento de los relés y disparadores por sobrecarga

En la corriente se presentan armónicas cuando la tensión de la red contiene armónicas o cuando están conectados consumidores que trabajan en el campo de saturación, como, por ejemplo, los balastos de las lámparas fluorescentes. Los consumidores con regulación por control del ángulo de conducción también producen armónicas en la red. Cuando la red contiene armónicas, los condensadores demandan una corriente mayor que la que corresponde a las redes con tensiones sinusoidales puras.

Los relés contra sobrecarga con retardo térmico mediante tiras bimetálicas reaccionan con el valor eficaz de la corriente. Lo mismo puede decirse para los relés contra sobrecarga alimentados por transformadores con un factor de sobreintensidad elevado.

Cuando la alimentación de la calefacción se efectúa mediante transformadores de intensidad saturados, que tienen un factor de sobreintensidad n bajo, los disparadores y relés contra sobrecarga, presentan una característica de disparo con mayor rapidez cuando la red contiene un porcentaje elevado de armónicas.

Los relés y disparadores electrónicos contra sobrecarga fueron diseñados para tensiones sinusoidales con frecuencias de 50 a 60 Hz.

Por eso para proteger motores en redes con elevado contenido de armónicas, por lo general, deben emplearse relés contra sobrecarga con retardo térmico (sin transformadores de corriente saturados) o dispositivos de protección mediante termistores.

3.7.3.6 Accionamientos eléctricos para aparatos de maniobra

Según la norma DIN VDE 0660, los circuitos de mando de accionamientos eléctricos, incluidos todos sus elementos funcionales, deben construirse de manera que cumplan su cometido con seguridad cuando la tensión se mantiene dentro de los límites especificados.

Los accionamientos eléctricos en cuestión son los accionamientos magnéticos y los accionamientos por motor.

Accionamientos magnéticos para corriente alterna

La fuerza de tracción de un electroimán de corriente alterna es directamente proporcional al cuadrado de la inducción. La inducción, por su parte, es inversamente proporcional a la frecuencia de la tensión aplicada. Por lo tanto, la fuerza de tracción de una bobina magnética diseñada para una frecuencia asignada definida, disminuye conforme la frecuencia crece y aumenta cuando la frecuencia baja. Para poder mantener la misma fuerza de tracción de una bobina de 50 Hz cuando se la emplea con una frecuencia distinta, tiene que compensarse la variación de la frecuencia con una tensión de control aplicada mayor o menor.

Ejemplo 1 para contactores:

En la cinta de identificación de la bobina se lee lo siguiente: 230 V, 50 Hz. El contactor se utilizará ahora en una red de 60 Hz. Esto podrá hacerse si a la bobina se le aplica la siguiente tensión:

$$U_S = \frac{60}{50}\,230\,\text{V} = 276\,\text{V}.$$

La potencia de retención de la bobina, cuando el contactor está conectado, aumenta en una relación del orden de 60/50. ¡Este cálculo sólo podrá realizarse para frecuencias comprendidas entre 50 y 60 Hz!

Los accionamientos magnéticos de los contactores fueron diseñados para tensiones de mando con frecuencias de 50 y 60 Hz. Fuera de esta gama de frecuencias es conveniente rectificar dicha tensión y usarse contactores para corriente continua. Para mantener todo el campo de trabajo de los accionamientos, es decir, de 0,8 a 1,1 U_S, deben elegirse bobinas para una tensión continua asignada de mando igual a 0,9 veces la tensión alterna de ese circuito.

Ejemplo 2

Tensión de mando 220 V, frecuencia 120 Hz: Deben emplearse contactores con accionamiento para corriente continua.

Cálculo de la tensión asignada de la bobina cuando se emplea un puente rectificador de onda completa $0{,}9 \cdot 220\,\text{V} = 198\,\text{V}$.

¡No se admite el empleo de condensadores de filtro porque aumentarían la tensión aplicada al contactor!

Para obtener tiempos de desconexión cortos, debe desconectarse el contactor interrumpiendo el circuito de corriente continua (Figura 3.7/2a). Si la desconexión se efectúa en el circuito de corriente alterna (Figura 3.7/2b), se alargan los tiempos de desconexión

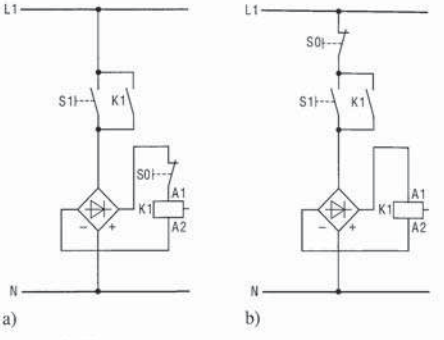


Figura 3.7/2
Operación en un circuito de corriente continua (desconecta con retardo sólo cuando se interrumpe la tensión) (a) y operación en un circuito de corriente alterna (siempre desconecta con retardo) (b).

en un factor del orden de 9, como es normal en circuitos de diodos. Esto sólo es admisible en accionamientos que permiten la conexión de diodos fijadores, ya que, de lo contrario, existe el peligro de una "desconexión en dos etapas".

Accionamientos magnéticos para corriente continua

Para los accionamientos magnéticos de corriente continua se utilizan sistemas magnéticos especiales para esta corriente o para corriente alterna en conexión economizadora.

Los accionamientos en conexión economizadora demandan una potencia de conexión elevada (del orden de 10 a 40 veces la potencia de retención); tienen un devanado de conexión y otro de retención o una resistencia en serie, para reducir la corriente de retención. Los tiempos de conexión se reducen al orden de la mitad de los tiempos de conexión con corriente alterna; los de desconexión equivalen a los que se obtienen con corriente alterna. Debido a la elevada velocidad de conexión se reduce la vida útil mecánica de los sistemas con bobina en conexión economizadora en relación con la de los sistemas magnéticos especiales para corriente continua.

En el caso de un sistema magnético para corriente continua se tiene la misma potencia de conexión y en servicio permanente. En consecuencia, los transformadores de mando y los módulos de salida de los sistemas electrónicos de control podrán diseñarse de

acuerdo con la potencia en servicio permanente. Los tiempos de maniobra son mayores que los correspondientes a un accionamiento para corriente alterna. De esta forma podrán lograrse maniobras más suaves y una mayor vida útil mecánica frente a una conexión economizadora de corriente continua.

Accionamientos magnéticos de contactores

Seguridad de operación

Los contactores deben operar en los siguientes campos de trabajo definidos por la norma DIN VDE 0660, Parte 102:

- ▷ Cerrar (conectar) con tensiones entre 0,85 y 1,1 · U_S[1)]
- ▷ Abrir (desconectar) con tensiones entre 0,10 y 0,75 · U_S

Los contactores 3RT1, 3TF y 3TK de Siemens ofrecen una seguridad de operación considerablemente mayor. Para los mismos se tienen los siguientes campos de trabajo:

Tamaño constructivo de los contactores	Accionamiento magnético	Corriente alterna (C.A.)	Corriente continua (C.C.)
00–14	Cerrar (Conectar)	0,8 hasta 1,1 · U_S	0,8 hasta 1,1 · U_S
00	Abrir (desconectar)	0,2 hasta 0,5 · U_S	0,13 hasta 0,3 · U_S
0–14	Abrir (desconectar)	0,4 hasta 0,65 · U_S	0,15 hasta 0,35 · U_S

Conmutación

De acuerdo con la norma NF C63–110 [2)] deben certificarse los límites funcionales. Entre otras exigencias se requieren las siguientes:

- ▷ Se debe verificar que al aplicarse a la bobina del contactor una tensión cuyo valor se incrementa en forma continua con 0,2 · U_S/s, la conexión se produce sin inconvenientes y, además, no exista un retardo apreciable al cerrar los contactos principales.
- ▷ Además, debe verificarse que con el contactor cerrado, al aplicarse a la bobina una tensión cuyo valor se reduce en forma continua con 0,2 · U_S/s, la desconexión se produce sin inconvenientes y los contactos no permanecen cerrados con poca presión.

Los ensayos se realizarán sin tensión.

Los contactores 3RT1, 3TF y 3TK de Siemens satisfacen estos requerimientos y su funcionamiento se caracteriza por una conmutación neta.

Accionamientos por motor

Para la mayor parte de los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens se dispone de accionamientos motorizados adecuados para empleo en redes de 50 y de 60 Hz. El campo de trabajo de los accionamientos alcanza de 0,85 a 1,1 · U_S; se admite que la frecuencia varíe en un ±>5% con respecto a la nominal de red.

Para frecuencias superiores a 60 Hz es conveniente rectificar la corriente y utilizar motores universales en el accionamiento.

Los accionamientos motorizados con rectificadores montados en fábrica pueden emplearse para redes de corriente continua y alterna a partir de 40 Hz.

3.7.4 Aparatos de maniobra para corriente alterna utilizados en redes de corriente continua

Cuando los aparatos de maniobra de baja tensión diseñados para corriente alterna de 50/60 Hz se utilizan en redes de corriente continua, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- ▷ Capacidad de carga de las vías de corriente
- ▷ Vida eléctrica de los contactos
- ▷ Capacidad de ruptura
- ▷ Valores de reacción de los disparadores
- ▷ Comportamiento de los accionamientos magnéticos o motorizados.

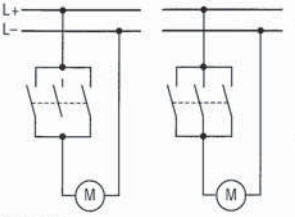
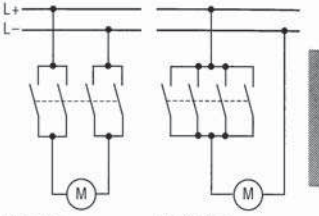
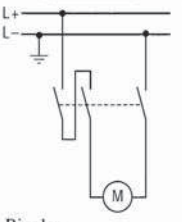
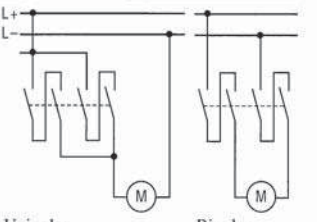
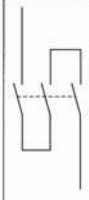
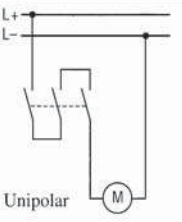
3.7.4.1 Capacidad de carga de las vías de corriente

En corriente continua no se manifiesta el efecto "skin" que se presenta en corriente alterna. De esta forma, la corriente circula uniformemente a través de toda la sección de un conductor recto.

Además, tampoco se presentan otros fenómenos propios de la corriente alterna, como las pérdidas por histéresis o por corrientes Foucault en las piezas de

[1)] U_S es la tensión de alimentación asignada de mando.
[2)] NF C63–110: Normes françaises, appareillage industriel à basse tension.

Tabla 3.7/3
Ejemplos de aplicación de interruptores automáticos para corriente alterna

Tensión continua asignada +10%	Número de contactos en serie	Posibles conexiones con	
		Interruptores automáticos tripolares	Interruptores automáticos tetrapolares
hasta 300 V		 Unipolar con dos (izquierda) o tres (derecha) vías de corriente en paralelo	 Bipolar Unipolar con dos (izquierda) o cuatro (derecha) vías de corriente en paralelo
más de 300 V hasta 600 V[1]		 Bipolar sólo cuando un polo está conectado a tierra	 Unipolar Bipolar con dos vías de corriente en paralelo
más de 600 V hasta 1000 V[1]		 Unipolar	

[1] Básicamente con cámaras apagachispas superpuestas

materiales magnéticos cercanas a las vías de corriente, por ejemplo, en los mecanismos de conexión, ejes o en los soportes de los aparatos. De esto se deduce que los aparatos de maniobra para corriente alterna pueden conducir, como mínimo, el mismo valor de corriente asignada de servicio en continua que en corriente alterna (Tabla 3.7/2).

3.7.4.2 Vida eléctrica de los contactos

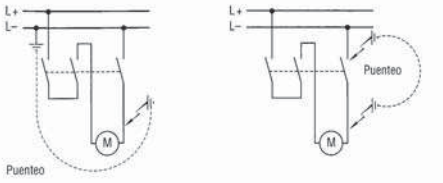
La vida eléctrica de los contactos es, casi exclusivamente, una función de la corriente de desconexión, así como de la tensión y frecuencia de la red. En corriente continua, el desgaste por erosión eléctrica de los contactos difiere del de corriente alterna con 50/60 Hz y, por lo tanto, también su vida eléctrica será distinta. Los valores que se pueden alcanzar deben determinarse en cada caso para cada tipo de aparato.

3.7.4.3 Capacidad de ruptura en corriente continua

En los circuitos de corriente alterna, la extinción del arco se facilita debido a que al paso por cero de la corriente el arco se extingue y sólo puede subsistir si en la siguiente semionda se vuelve a encender. En corriente continua no se cuenta con esta ayuda; por lo tanto se debe desarrollar una tensión de arco elevada para que la corriente pueda ser interrumpida. Entonces, la capacidad de ruptura en corriente continua depende del método de extinción del interruptor, así como de la tensión e inductividad de la red.

Los aparatos de maniobra para corriente alterna pueden ser mono o bipolares (por ejemplo, interruptores (cortacircuitos) automáticos), tripolares (por ejemplo, contactores) o tetrapolares (por ejemplo, interruptores automáticos). Para elevar la tensión de arco pueden conectarse en serie varias vías de corriente (Sección 3.7.1). En la Tabla 3.7/3 se representan algunos ejemplos de cómo conectar las vías de corriente para emplear aparatos de corriente alterna en redes de corriente continua. Además, tiene que considerarse si la red está puesta a tierra y si es posible que un cortocircuito simple o doble a tierra pueda puentear un punto de interrupción y, con ello, inutilizar su tensión de arco; la figura 3.7/3 muestra algunos ejemplos de conexión.

Cuando se emplean interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) para corriente universal en redes de corriente continua, se tiene que prestar atención a la polaridad correcta cuando se conectan a la red. La polaridad debe indicarse clara e inequívocamente en los bornes de conexión de los



a) Cortocircuito a tierra de un contacto bipolar y sistema con puesta a tierra

b) Cortocircuito doble a tierra de un contacto bipolar y sistema *sin* puesta a tierra

Figura 3.7/3
Puenteo de un contacto por un cortocircuito a tierra simple (a) o doble (b)

interruptores. El valor de reacción con corriente continua del disparador electromagnético aumenta en un factor de $1{,}2 \cdot (\sqrt{2})$ con respecto al valor de reacción con corriente alterna.

Disparadores

Relés y disparadores contra sobrecarga térmicamente retardados

El comportamiento de las tiras bimetálicas calentadas directamente por la corriente de servicio depende, en primer lugar, del calor producido por la corriente (Efecto Joule). También se los puede utilizar en redes de corriente continua; su curva característica de disparo no varía. En los relés y disparadores contra sobrecarga con sensibilidad por falta de fase, las tres vías de corriente siempre tienen que conectarse en serie para evitar que los disparos se produzcan antes de tiempo.

Por el contrario, los relés o disparadores contra sobrecarga con tiras bimetálicas calentadas a través de transformadores de intensidad no se pueden utilizar para corriente continua.

Disparadores y relés electromagnéticos por sobreintensidad

Los disparadores y relés electromagnéticos se pueden utilizar para corriente continua, pero requieren una calibración especial.

Disparadores de mínima tensión y disparadores por tensión

El funcionamiento de estos disparadores es similar al de los accionamientos magnéticos. Las ejecucio-

nes para corriente alterna no se pueden utilizar sin modificaciones en corriente continua, porque los campos de trabajo exigidos por las normas no se pueden mantener.

3.7.5 Contactores para corriente alterna sinusoidal usados en redes de corriente alterna con onda rectangular

En los contactores para corriente alterna que se emplean en redes alimentadas por baterías con equipos alternadores o interruptores periódicos conectados posteriormente, se debe considerar la capacidad de ruptura y la energía magnética en los mismos.

Capacidad de ruptura

El comportamiento de extinción que presenta un contactor queda determinado por la magnitud y la pendiente de la corriente durante el tiempo que dura el arco y la tensión de restablecimiento después de la extinción del mismo.

Con tensión alterna rectangular y carga óhmica pura, la corriente que circula por el circuito es rectangular. Con una carga inductiva, la corriente toma la forma representada en la figura 3.7/4.

Cuando el incremento de la tensión en el paso por cero es menor que 2 kV/ms (este es el caso en los onduladores de Siemens), la capacidad de ruptura de los contactores es igual a su capacidad completa para corriente alterna sinusoidal según las categorías de empleo AC-1 hasta AC-4, cuando la frecuencia y el valor eficaz de la tensión y de la corriente son iguales a los de la corriente alterna sinusoidal.

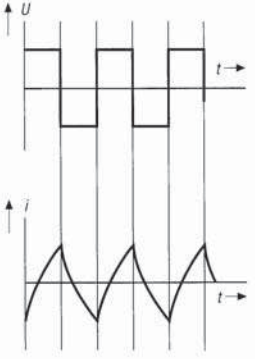


Figura 3.7/4
Tensión alterna de onda cuadrada y forma de la corriente para carga inductiva.

Accionamiento magnético

La energía magnética determina la fuerza con la que actúa un accionamiento magnético. Esta energía es directamente proporcional al cuadrado del valor eficaz de la corriente.

Por lo tanto, la bobina de un contactor se puede alimentar con una tensión alterna con forma de onda rectangular cuando se dan las siguientes condiciones:

$I_{r\,ef} = I_{ef}$

$I_{r\,ef}$ Valor eficaz de la corriente con forma de onda rectangular

I_{ef} Valor eficaz asignado de la corriente cuando se aplica la tensión sinusoidal asignada de mando

Esta condición se cumple si:
$U''_{cr} = 1{,}1 \cdot U_s$,
$f''_c = f_{cr}$,
$\cos \varphi_{con} \leq 0{,}75$.

U_{cr} Tensión asignada de alimentación (sinusoidal)

U_s Tensión rectangular de alimentación (valor eficaz y máximo)

f''_c Frecuencia asignada con U_s

f_{cr} Frecuencia asignada con U_{cr}

$\cos \varphi_{con}$ Factor de potencia de la bobina durante la conexión y con U_s.

3.7.6 Aparatos de maniobra para conexión de condensadores trifásicos

3.7.6.1 Conexión con interruptores automáticos

Cuando se conectan condensadores, debe tenerse en cuenta que la demanda de corriente depende del contenido de armónicas de la red, porque su resistencia efectiva para las armónicas (debido a la alta frecuencia) es mucho menor que para la red de 50/60 Hz. El valor eficaz de la corriente, que incluye las armónicas, no debe ser mayor que la corriente asignada de servicio del interruptor. De aquí se desprende que la

corriente asignada de los condensadores, por lo general, no debe exceder el 75% de la corriente asignada de servicio del interruptor.

3.7.6.2 Conexión con contactores

Los condensadores deben descargarse con resistencias incorporadas o a través de bobinas de descarga antes DE conectarlos a la red por medio de contactores (contactor de preconexión y contactor de servicio, según la Tabla 3.7/4).

Cuando los condensadores no están descargados completamente, según la fase y la duración de la conexión pueden producirse picos de corriente de más de dos veces los que se producen cuando los condensadores están descargados. Estos picos pueden provocar la soldadura de los contactos principales de los contactores cuando se realiza la conexión.

3.7.6.3 Conexión de condensadores individuales

En el catálogo Aparatos y Sistemas de Siemens se indica la carga admisible de los contactores 3RT1 o 3TF cuando se conectan condensadores trifásicos de baja inductancia (condensadores MKV). Los valores publicados toman como base una vida útil eléctrica de los contactos de 100000 maniobras.

3.7.6.4 Conexión de baterías de condensadores

Cuando se conectan condensadores en paralelo con otros en servicio, estos últimos actúan como una fuente adicional de energía y representan, debido a los fenómenos de compensación que ocurren, una carga suplementaria para el contactor que realiza la maniobra.

Medidas para aumentar la capacidad de conexión

La capacidad de los contactores para conectar condensadores puede aumentarse mediante el empleo de inductancias o de resistencias de carga que amortiguan los efectos descriptos.

Inductancias

Para amortiguar los fenómenos de compensación que se producen al conectar condensadores en paralelo con otros en servicio, deben intercalarse, como mínimo, inductancias de 6 µH.

Resistencias para carga previa de los condensadores

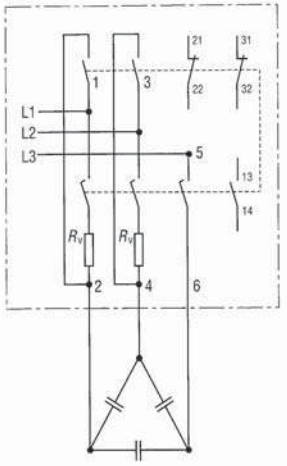
Para conectar condensadores con potencias elevadas deben emplearse combinaciones de unidades 3TF y 3TK, formadas por contactores de servicio y contactores de preconexión con resistencias de carga previa según catálogos y de acuerdo con las especificaciones de la Tabla 3.7/4. Las ventajas de estas combina-

Tabla 3.7/4
Contactores para conectar condensadores trifásicos con compensación individual y por grupos

Potencia de los condensadores	Contactor de servicio Tensión de servicio				Contactor de preconexión	Resistencia de carga previa Tensión de servicio								Fusible preconectado[1] máximo	
						230 V		400 V		500 V		690 V			
kvar	230 V	400 V	500 V	690 V		Ω	≤W	Ω	≤W	Ω	≤W	Ω	≤W	para contactor tipo[2]	I_n A
12,5	3TK44	3TK42	3TK42	3TK42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3TK42	35
25	3TF48	3TK44	3TK44	3TK44	3TF40	3 × 1	25	–	–	–	–	–	–	3TK44	100
30	3TF48	3TF46	3TF44	3TF44	3TF40	3 × 1	40	3 × 1,8	20	3 × 2	15	3 × 3	15	3TF44	63
40	3TF50	3TF46	3TF46	3TF46	3TF42	3 × 1	60	3 × 1,5	30	3 × 2	30	3 × 3	25	3TF46 3TF48	100 160
50	3TF52	3TF48	3TF46	3TF46	3TF43	3 × 0,68	70	3 × 1	45	3 × 1,5	30	3 × 2	30	3TF50	250
60	3TF52	3TF50	3TF48	3TF46	3TF43	3 × 0,68	90	3 × 1	60	3 × 1,5	55	3 × 2	35	3TF52	250
75	3TF54	3TF50	3TF50	3TF48	3TF44	3 × 0,5	110	3 × 0,68	70	3 × 1	60	3 × 1,5	50	3TF54	315
100	3TF56	3TF52	3TF50	3TF50	3TF44	3 × 0,3	130	3 × 0,5	90	3 × 0,68	75	3 × 1,5	60	3TF56	500

[1] Se admite una soldadura ligera de los contactos que pueda separarse fácilmente sin otros daños.

[2] En el catálogo Aparatos y Sistemas de Siemens se publican los valores de la capacidad de conexión de condensadores de los contactores 3TF, 3TK y 3TB.



R_V Resistencias de carga previa, cada una de 1,6 Ω – 10 %

Figura 3.7/5
Esquema de conexión de los contactores 3TK42 para conectar condensadores (la carga previa se produce por medio de los contactos adelantados de estos contactores con ocho polos; el contactor y las resistencias de carga previa conforman una unidad constructiva)

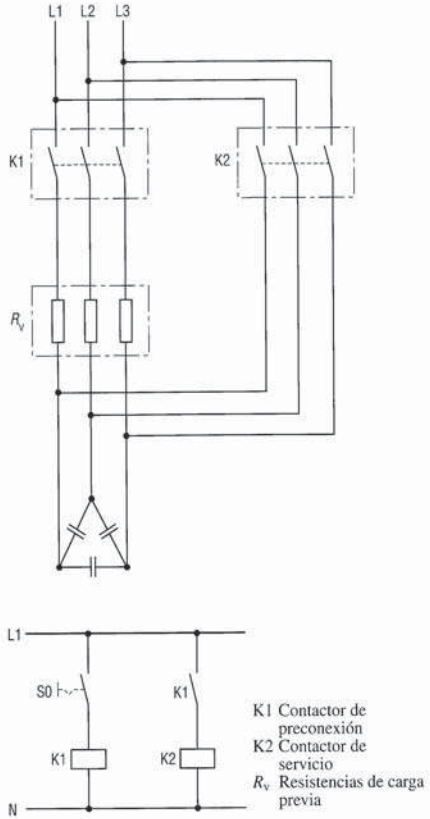


Figura 3.7/6
Combinación formada por contactor de servicio y resistencias de carga previa

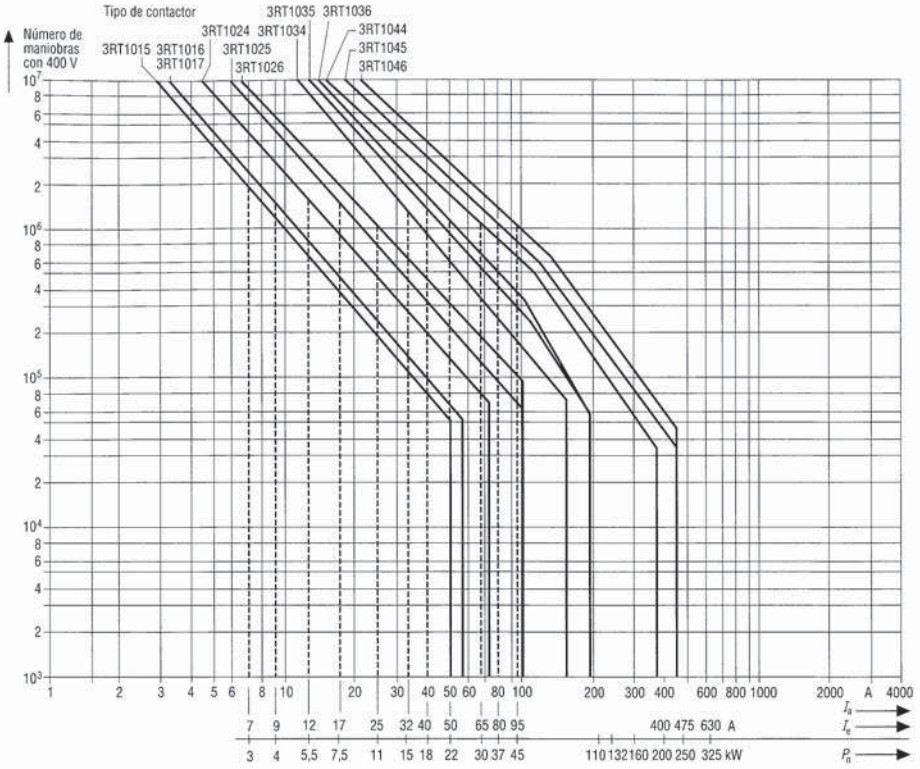
ciones son, en especial, la reducción de la carga de la red y un mejor aprovechamiento de la capacidad térmica del contactor.

3.7.6.5 Conexión de condensadores de potencia reducida

Para conectar condenadores de pequeña potencia, hasta unos 25 kvar, se dispone de los contactores especiales 3TK42 y 3TK44. En estos contactores, los contactos auxiliares de actuación adelantada conectan las resistencias de carga previa de los condensadores, para luego cerrar los contactos principales.

Los contactores especiales para conectar condensadores 3TK4 y los contactores normales en combinación con resistencias para carga previa de los condensadores, se pueden emplear para compensación individual o en grupos (ver también la Sección 8.4.8). En este caso, se puede prescindir de las inductancias mínimas que en condiciones normales son necesarias para las baterías de condensadores.

Los esquemas de conexiones de los contactores 3TK42 de Siemens, así como el esquema de una combinación formada por un contactor de servicio, un contactor para preconexión de resistencias y estas últimas, se representan en las figuras 3.7/5 y 3.7/6. En la Sección 8.4.8 se suministra información complementara relacionada con la compensación de energía reactiva.



I_a Corriente de desconexión
I_e Corriente de servicio nominal
P_n Potencia nominal de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula y 400 V, 50 Hz

a) Para contactores 3RT1

Figura 3.7/7
Vida útil de los contactos (en número de maniobras) en relación con la corriente de desconexión con una tensión nominal de servicio de 400 V, 50 Hz

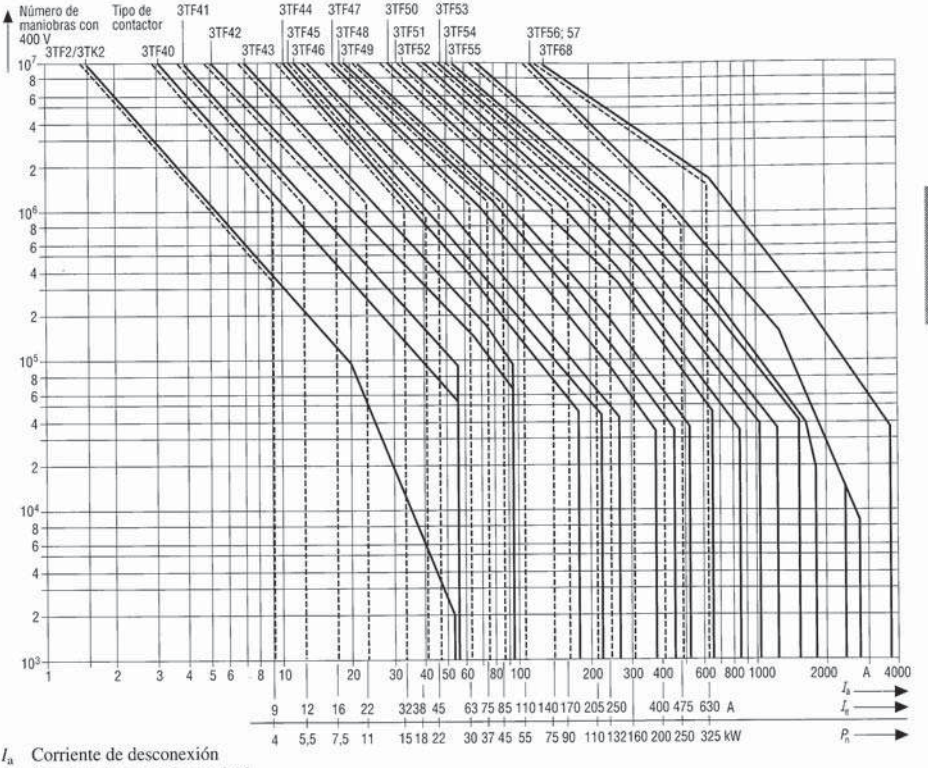
3.7.7 Selección de contactores 3RT1 y 3TF según la vida útil de los contactos y categorías de servicio

Selección según la vida útil de los contactos

El catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens suministra gráficos con curvas características para los contactores de corriente alterna 3RT1, 3TF y 3TC. Sobre la base de los mismos se puede determinar la vida útil de los contactos en función de la corriente de desconexión cuando deban operar en circuitos trifásicos con cargas óhmicas e inductivas (ver la Figura 3.7/7). Las líneas punteadas en la figura 3.7/7 indican además la máxima potencia del motor para cada tipo de contactor.

Ejemplos:

▷ Un motor jaula de ardilla de 22 kW, cos $\varphi = 0{,}83$, 400 V, $I_n = 41{,}5$ A, corriente de arranque $I_{an} = 6{,}4 \cdot I_n = 265$ A se debe maniobrar con un contactor 10^6 veces sin cambio de los contactos.



I_a Corriente de desconexión
I_e Corriente de servicio nominal
P_n Potencia nominal de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula y 400 V, 50 Hz

b) Para contactores 3TF

Del diagrama de la figura 3.7/7 resulta que con $I_a = I_n = I_e = 41{,}5$ A (I_a = corriente de desconexión) se selecciona el contactor 3RT1036 o 3TF46 (Vida útil de los contactos $>10^6$ maniobras).

▷ Un motor jaula de ardilla de 200 kW, cos $\varphi = 0{,}89$, 400 V, $I_n = 350$ A, $I_{an} = 6{,}8 \cdot I_n = 2380$ A se debe maniobrar con un contactor 4×10^5 veces sin cambio de contactos.
Del diagrama de la figura 3.7/7 se obtiene para $P_n = 200$ kW el contactor 3TF54 que con $I_a = I_n = I_c = 350$ A permite realizar unas $7 \cdot 10^5$ maniobras.

Selección según categoría de servicio

Categoría de Servicio AC-1

Para conectar un calefactor eléctrico de 40 kW, cos $\varphi = 1$, $U_e = 400$ V, $I_n = 58$ A se desea determinar el contactor requerido.

Del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens – Datos técnicos "Capacidad de carga con corriente alterna, categoría de servicio AC-1, conexión de cargas óhmicas, potencia nominal de consumidores trifásicos, cos $\varphi \geq 0{,}95$ con 400 V" – se obtiene el contactor 3RT1035 o 3TF46. La vida útil de los contactos según la figura 3.7.7 es para $I_a = 58$ A de unas 7×10^5 maniobras.

(Categorías de servicio, ver también la Sección 3.3.4)

Categoría de Servicio AC-2

La categoría de servicio AC-2 es muy importante para el servicio de motores con anillos rozantes que accionan equipos elevadores. Las tablas que se encuentran en la norma DIN VDE 0660, Parte 102 para determinar la vida útil eléctrica indican para esta categoría de servicio una corriente de desconexión de 2,5 veces la corriente nominal. Esto no se ajusta a la práctica ya que esta condición sólo se aplica para un régimen intermitente extremo. En todas las demás condiciones de servicio (desconexión con velocidad estable, carga parcial), la carga real es mucho menor que la supuesta para la categoría de servicio AC-2. El resultado práctico es que la vida útil de los contactos es mayor que la que resulta de la determinación de la vida útil eléctrica según dicha norma. Para mayores detalles ver el catálogo H3.

Categoría de Servicio AC-3

Para operar un motor asincrónico trifásico (rotor jaula) de 37 kW, cos $\varphi = 0{,}85$, 400 V, $I_n = 68$ A, $I_{an} = 6{,}4 \cdot I_n = 435$ A se busca el contactor adecuado.

Del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, Parte 3, "Datos para la Selección y el Pedido" se obtiene el contactor 3RT1045 o 3TF48. La vida útil de los contactos es, según la figura 3.7/7, del orden de $1{,}3 \times 10^6$ maniobras para una $I_n = I_a = 68$ A.

Categoría de Servicio AC-4

Para maniobrar el mismo motor asincrónico trifásico en servicio intermitente, tipo de servicio S4 se busca el contactor (ver también las secciones 2.2 y 3.3).

Del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, Parte 3, "Datos técnicos" se obtiene el contactor 3TF52 que puede maniobrar 40 kW, 400 V y que con un I_{an} de 435 A tiene una vida útil de los contactos de unas 2×10^5 maniobras.

Cuando alcanza con una vida útil menor, puede aumentarse la corriente nominal de servicio I_e en AC-4. Si la frecuencia de maniobras es reducida, podrán utilizarse las tablas de AC-3 para seleccionar los contactores aunque éstos trabajen en servicio intermitente (AC-4).

Servicio mixto

Cuando en un servicio predomina la desconexión de una corriente de servicio nominal I_e según AC-3 y algunas veces también según AC-4, es decir, con un múltiplo de I_e , entonces se tiene el servicio mixto; es decir, se tiene una combinación de servicio normal y servicio intermitente. La vida útil de los contactos se puede calcular aproximadamente con la fórmula siguiente (ver también el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, Parte 3):

$$X = \frac{A}{1 + \frac{C}{100}\left(\frac{A}{B} - 1\right)}$$

X Vida útil de los contactos con servicio mixto, en número de maniobras

A Vida útil de los contactos con servicio normal, en número de maniobras ($I_a = I_n$)

B Vida útil de los contactos con servicio intermitente, en número de maniobras (I_a = múltiplo de I_n)

C Porcentaje del servicio intermitente en relación con el número total de maniobras.

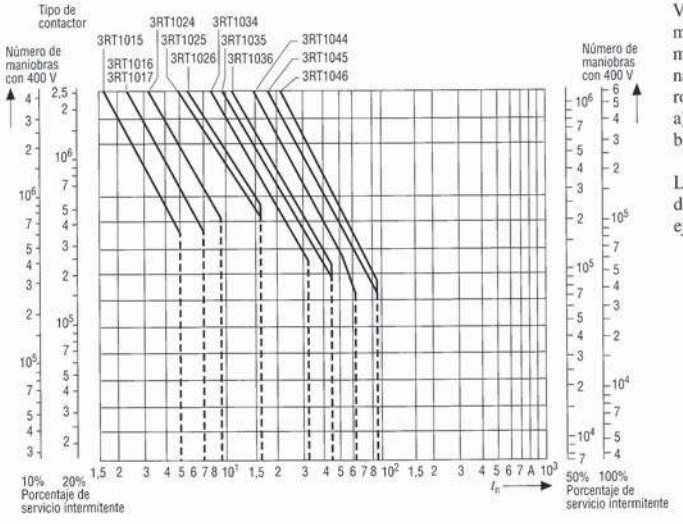
La vida útil de los contactos de contactores 3RT1 y 3TF con 10, 20, 50 y 100 % de servicio intermitente y arranque de motores trifásicos asincrónicos con corrientes de arranque de 6 veces su corriente asignada, así como motores con rotor de anillos rozantes y corrientes de arranque de 2,5 veces su corriente asignada, se puede obtener de las figuras 3.7.8 y 3.7.9.

Además, se dispone del programa de PC, "ELLE" para calcular de la vida útil eléctrica de los contactores (Número de pedido E86010 – D 1802 – A117 – A2).

Ejemplo: vida útil de los contactos del contactor 3TF48

▷ Un motor asincrónico trifásico 37 kW, cos $\varphi = 0{,}85$, 400 V, $I_n = 72$ A, $I_{an} = 6{,}4 \times I_n = 460$ A debe ser maniobrado con un contactor 3RT1045 o 3TF48 en servicio mixto con un porcentaje del 30% de servicio intermitente. Determinar la vida útil de los contactos X al emplear el contactor 3RT 1045.

De la figura 3.7/7 se deduce que para: $A = 1{,}3 \cdot 10^6$ maniobras (para $I_a = I_n = I_e = 72$ A), $B = 4 \cdot 10^4$ maniobras (para $I_{an} = 6{,}4 \cdot I_n = 460$ A) y $C = 30\%$.



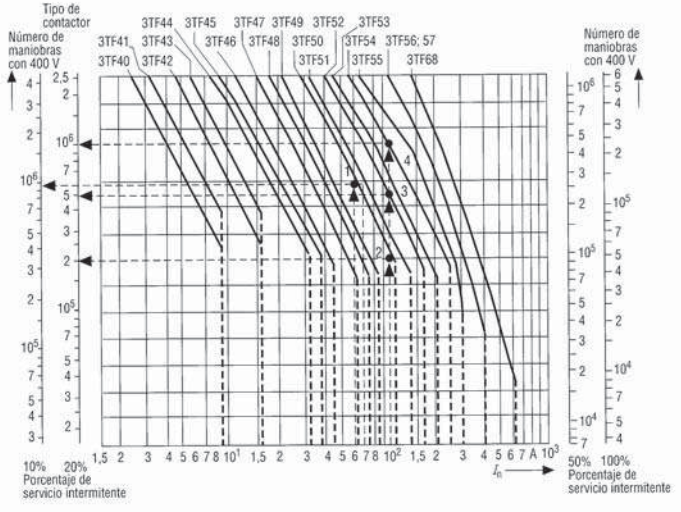
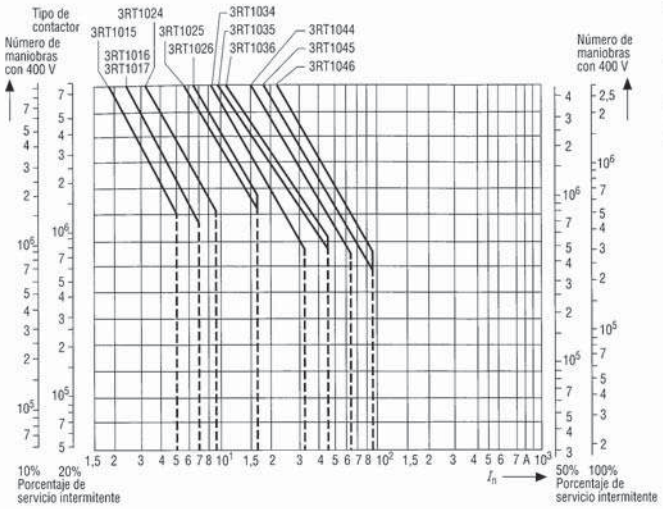


Figura 3.7/8
Vida útil de los contactos (en número de maniobras) en servicio mixto y *6 veces* la corriente asignada I_n (motores trifásicos con rotor jaula)
a) para contactores 3RT1
b) para contactores 3TF

Los puntos de intersección 1 a 4 del gráfico corresponden a los ejemplos descriptos en el texto.



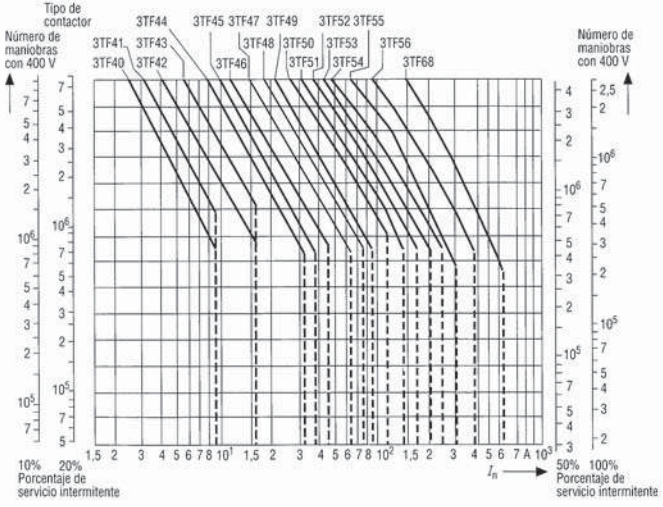


Figura 3.7/9
Vida útil de los contactos (en número de maniobras) en servicio mixto y *2,5 veces* la corriente nominal I_n (motores con anillos rozantes).
a) para contactores 3RT1
b) para contactores 3TF

La vida útil de los contactos del contactor se calcula en el servicio mixto con la fórmula:

$$X = \frac{1{,}3 \cdot 10^6}{1 + \frac{30}{100}\left(\frac{1{,}3 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^4} - 1\right)}$$

$$= 12{,}4 \cdot 10^4 \text{ maniobras.}$$

Ejemplos para la selección de contactores según el número de maniobras

▷ Dado un motor con rotor jaula de 30 kW, cos φ = 0,83, 400 V, I_n = 60 A, $I_{arr} = 6{,}4 \cdot I_n$ = 384 A, 10% de servicio intermitente.

Se requiere una vida útil de los contactos = 10^6 maniobras.

Determinar el contactor.

De la figura 3.7.8, en el punto de intersección 1 se obtiene el contactor 3TF50.

▷ Dado un motor con rotor jaula 55 kW cos φ = 0,87, 400 V, I_n = 104 A, $I_{arr} = 6 \cdot I_n$ = 624 A, servicio intermitente = 20%.

Se requiere una vida útil del contactor 10^6 maniobras (en este caso la vida útil del contactor completo sin cambio de contactos debe ser de 1 millón de maniobras).

Determinar el contactor.

De acuerdo con la figura 3.7/8 se ofrecen las siguientes posibilidades:

Punto de intersección 2
Contactor 3TF50, corriente nominal de servicio: 110 A

Vida útil de los contactos: 0,21 × 10^6 maniobras.

Punto de intersección 3
Contactor 3TF52, 170 A, 0,5 × 10^6 maniobras.

Punto de intersección 4
Contactor 3TF54, 250 A, 1,1 × 10^6 maniobras.

Para obtener la solución más conveniente en la elección del contactor debe tenerse en cuenta que el contactor 3TF54 con una I_e de 250 A, sin dudas, excede ampliamente los 104 A requeridos y, además, es más caro y tiene mayor tamaño que el 3TF50, pero el 3TF54 no necesita cambio de contactos.

El usuario debe elegir la alternativa más conveniente para su caso particular.

De este ejemplo se extraen las siguientes conclusiones:

Cuando *no* se desea reemplazar los contactos durante el servicio, se debe seleccionar un contactor de mayor tamaño constructivo, aunque en ese caso se dupliquen aproximadamente los costos del contactor y del armario correspondiente.

Selección de los contactores con PC

Para seleccionar los contactores según:

▷ Potencia

▷ Categoría de servicio

▷ Vida útil

existe el programa "ELLE" de Siemens (N° de pedido E 86010-D 1802-A 117-A2).

Hardware necesario:
PC Siemens PCD-3T u otro PC compatible con AT.

Software necesario:
MS DOS, Versión 3.0 o posteriores.

3.7.8 Selección de contactores 3TF y 3TB para servicio de corta duración e intermitente

Cuando deban emplearse contactores para servicio de corta duración S2 o intermitente S3, S4 y S5, tienen que aplicarse otros criterios que los utilizados para el servicio normal S1 (ver las secciones 2.22 y 2.23).

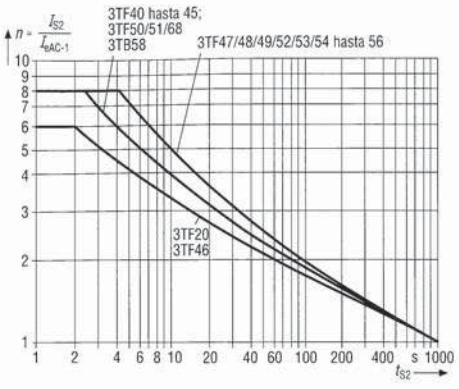
Selección de contactores para servicio de corta duración S2

Al seleccionar contactores para este servicio tiene que tenerse en cuenta las corrientes de carga admisibles:

$I_{S2} = n \cdot I_{eAC\text{-}1}$.

Para contactores Siemens se puede obtener el factor n para 55 °C de temperatura ambiente y en función del tiempo en el que actúa la carga t_{S2} de la figura 3.7/10.

El tiempo de pausa t_o durante el servicio de corta duración debe ser como mínimo el necesario para el enfriamiento del contactor según la Tabla 3.7/5. La carga máxima admisible en este servicio se desprende de la capacidad de desconexión de los contactores (ver la Tabla 3.7/5).



n = Múltiplo de la corriente nominal de servicio AC-1
t_{S2} = Tiempo en el que está aplicada la carga en s durante el servicio de corta duración S2

Figura 3.7/10
Servicio de corta duración S2. Capacidad de carga admisible de los contactores como múltiplo de la corriente nominal de servicio $I_{e\ AC-1}$. (Las curvas se representaron para una temperatura ambiente de 55 °C).

Tabla 3.7/5
Capacidad de ruptura (valores eficaces) de contactores en servicio de corta duración S2.

Contactor	I_{eAC-1}	Capacidad de conexión (eficaz)	Tiempo de enfriamiento mínimo t_0	Capacidad de ruptura (ef.) con U_e = 400/380 V
Tipo	A	A	min	A
3TF2	16	100	5	72
3TF40	20	160	5	120
3TF41	20	200	5	120
3TF42	30	300	5	200
3TF43	30	300	5	200
3TF44/45	55	500	5	300
3TF46	80	640	5	500
3TF47	80	950	5	700
3TF48/49	100	1150	5	825
3TF50/51	160	1800	10	1200
3TF52/53	200/210	2500	10	1850
3TF54/55	300	4000	15	2750
3TF56	400	5000	15	4400
3TF68	630	7200	15	7200
3TB58	630	6500	15	6000

Ejemplo

Servicio de corta duración (S2) según la figura 3.7/11

Corriente de arranque del motor	$I_{arr.} = 2000$ A
Tiempo de arranque	$t_{arr.} = 1$ s
Corriente nominal del motor	$I_n = 600$ A
Tiempo de carga	$t_{S2} = 15$ s
Tiempo de pausa	$t_0 = 14$ min

La corriente de carga no es constante

La carga escalonada según la figura 3.7/12 se divide de la siguiente manera:

$I_1 = 2\,000$ A durante 1 s e

$I_2 = 600$ A durante 14 s .

La corriente de carga $I_q = I_{S2}$ se calcula con la siguiente expresión:

$$I_q = \sqrt{\left(\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2}{t_1 + t_2}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{2000^2 \cdot 1 + 600^2 \cdot 14}{15}\right)} = 776{,}3 \text{ A}.$$

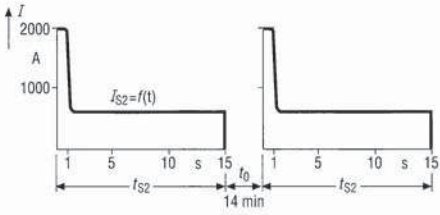


Figura 3.7/11
Diagrama corriente – tiempo de un motor asincrónico trifásico (Servicio de corta duración S2)

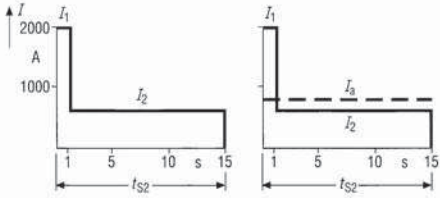


Figura 3.7/12
Determinación de la corriente de carga I_q (carga escalonada) para servicio de corta duración (S2) de un motor asincrónico trifásico según la figura 3.7/11

Para seleccionar el contactor apropiado, debe tenerse en cuenta, en primer lugar, la capacidad de conexión o ruptura.

▷ Para la corriente de conexión $I_1 = 2000$ A, el contactor 3TF52.

▷ Para la corriente de desconexión $I_2 = 600$ A, el contactor 3TF47.

De acuerdo con la corriente de conexión debe elegirse, por de pronto, el contactor 3TF52.

▷ Para el contactor 3TF52:
Con $I_q = I_{S2} = 776{,}3$ A e $I_{e\ AC\text{-}1} = 200$ A, el factor n de arranque es de:

$$n = \frac{I_{S2}}{I_{eAC\text{-}1}} = \frac{776{,}3}{200} = 3{,}88.$$

Según la Figura 3.7/10 para $n = 3{,}88$ se obtiene un tiempo de carga admisible t_{S2} de 18 s. Por lo tanto, el contactor 3TF52 resulta apropiado porque t_{S2} es mayor que el tiempo de carga requerido de 15 s.

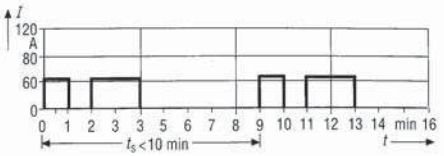
Selección de contactores para servicio intermitente S3, S4, S5

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se indican para los contactores del estator y rotor de los *motores de anillos rozantes* un ciclo de 10 minutos en el servicio intermitente (Ejemplo 1). En dicho catálogo también se indican las corrientes admisibles en ese servicio para tiempos relativos de conexión (ED) de 20, 40, 60 y 80%. Cuando en la práctica se presenta un servicio con tiempos relativos de conexión de valores diferentes, se recomienda seleccionar el contactor con el valor de ED inmediatamente superior.

En servicio intermitente de *motores trifásicos asincrónicos*, por lo general debe seleccionarse el contactor para servicio continuo, porque para esta clase de servicio es más importante la capacidad de ruptura que su comportamiento térmico.

Cuando el motor tiene una corriente de arranque menor (por ejemplo, 5 veces la corriente nominal) que la prevista para la categoría de servicio AC-3, puede seleccionarse el contactor como en el caso del motor de anillos rozantes (como contactor estatórico) para servicio intermitente (ver el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta la mayor corriente de arranque y también la capacidad de ruptura del contactor (ver los ejemplos 2 y 3).



t_s = duración del ciclo

Figura 3.7/13
Diagrama corriente-tiempo de la corriente del estator de un motor asincrónico trifásico con rotor de anillos rozantes (Representación simplificada sin el pico de la corriente de arranque)

Ejemplo 1

Servicio intermitente de un motor asincrónico trifásico con anillos rozantes según la figura 3.7/13 con una corriente del estator de $I_{es} = 45$ A.

Tiempo del ciclo $t_s < 10$ minutos.

Pausa mínima: 1 minuto

(Es decir, no es un servicio de corta duración; comparar los tiempos mínimos de enfriamiento de la Tabla 3.7/5)

Según la ecuación:

$$ED = \frac{\Sigma\, t_B}{\Sigma\, t_B + \Sigma\, t_{st}} \cdot 100\%$$

se calcula ED en %:

$$ED = \frac{t_1 + t_2}{t_1 + t_2 + t_{st1} + t_{st2}} \cdot 100\%$$

$$= \frac{1+2}{1+2+1+5} \cdot 100 = 33\%$$

De acuerdo con el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, para una corriente del estator $I_{es} = 45$ A y ED = 33%, se puede emplear un contactor 3TB44, 3TF44 o 3TF34 (hasta 55 A con el 40% de ED).

Ejemplo 2

Condiciones de servicio según la figura 3.7/14:

Motor con rotor jaula con I_n = 33 A (AC-3), 400 V, corriente de arranque del orden $I_{arr.} = 5{,}5 \cdot I_n$, tiempo de arranque aproximado 0,5 s, servicio intermitente con ED = 60%, duración del ciclo $t_s = 5$ minutos.

Para motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula, el contactor del estator se puede elegir de acuerdo

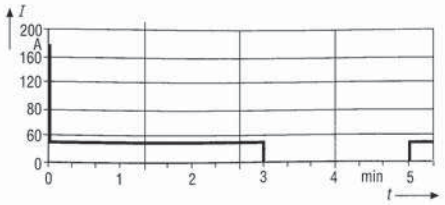
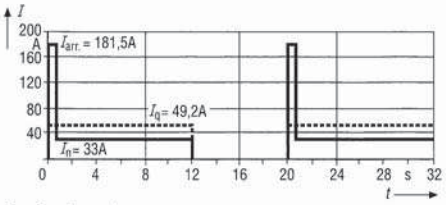


Figura 3.7/14
Diagrama simplificado corriente-tiempo de un motor asincrónico trifásico con rotor jaula en servicio intermitente



I_{arr} Corriente de arranque
I_q Media cuadrática de la corriente de carga
I_n Corriente nominal del motor

Figura 3.7/15
Diagrama simplificado corriente-tiempo de un motor asincrónico trifásico con rotor jaula en servicio intermitente.

con el catálogo "Aparatos y Sistemas", Parte 3 de Siemens, cuando no se supera la corriente de arranque admisible del contactor.

$I_{arr.} = 5{,}5 \cdot I_n = 5{,}5 \cdot 33\ \text{A} = 181{,}5\ \text{A}$

Las variaciones de la corriente durante este servicio se representan en la figura 3.7/14.

El tiempo durante el cual se aplica la carga es el siguiente:

$$\text{ED} = \frac{t_B}{t_s};\quad t_B = \frac{\text{ED} \cdot t_s}{100} = \frac{60 \cdot 5}{100} = 3\ \text{min}.$$

La corriente de arranque del motor circula durante un tiempo relativamente corto (0,5 s), comparada con el tiempo durante el cual se aplica la carga (3 minutos) y prácticamente no afecta el calentamiento del contactor durante el tiempo de carga.

Del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se puede elegir un contactor para un ED = 60%, teniendo en cuenta una capacidad de conexión mínima de $I_{arr.} = 181{,}5$ A. Resultan apropiados los contactores 3TF42, 3TB42 o 3TF32.

Ejemplo 3

Condiciones de servicio similares a las del *Ejemplo 2* pero con un tiempo de ciclo $t_s = 20$ s.

Motor con rotor jaula con $I_n = 33$ A (AC-3),

Corriente de arranque $I_{arr.} = 5{,}5 \cdot I_n$, tiempo de arranque 0,5 s.

Servicio intermitente con ED = 60%, duración del ciclo 20 s.

La variación de la corriente durante el servicio intermitente se representa en la figura 3.7/15.

El tiempo durante el cual se aplica la carga es el siguiente:

$$\text{ED} = \frac{t_B}{t_s};\quad t_B = \frac{\text{ED} \cdot t_s}{100} = \frac{60 \cdot 20}{100} = 12\,\text{s}.$$

La corriente de arranque que circula durante 0,5 s ejercerá influencia sobre el calentamiento del contactor cuando el tiempo durante el cual se aplica la carga es de 12 s.

La corriente no es constante durante el tiempo en que se aplica la carga; el valor promedio cuadrático de la corriente de carga I_q se calcula con la siguiente expresión:

$$I_q = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + \ldots + I_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}}$$

$$= \sqrt{\frac{181{,}5^2 \cdot 0{,}5 + 33^2 \cdot 11{,}5}{12}} = 49{,}2\ \text{A}.$$

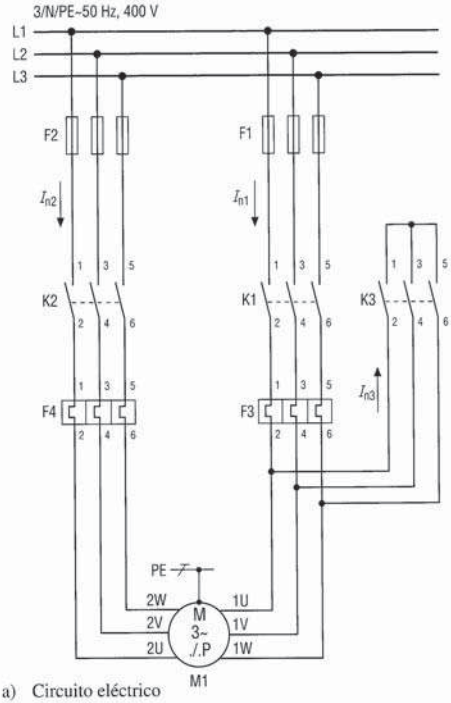
De acuerdo con el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, para una corriente del estator de 49,2 A (en este caso también válido para motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula) y ED = 60%, se debe emplear el contactor 3TF46 (hasta 87 A).

Para este servicio intermitente la corriente de arranque $I_{arr.} = 5{,}5 \cdot 33\ \text{A} = 181{,}5$ A. El contactor 3TF46 tiene una capacidad de conexión de 640 A y una capacidad de ruptura de 500 A con $U_S = 400/380$ V y, por lo tanto, es apto para este servicio.

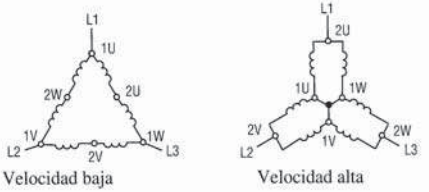
3.7.9 Selección de contactores para motores trifásicos asincrónicos de polos conmutables

En el catálogo M11 de Siemens se publican los tipos y las ejecuciones de los motores trifásicos asincróni-

cos con polos conmutables, y en la Sección 9.2.5 se detallan los esquemas básicos de estos motores. En la figura 3.7/16 se representan los esquemas de los motores trifásicos asincrónicos de polos conmutables con un bobinado, seis bornes, conexión Dahlander (4/2 y 8/4 polos) o conexión PAM (6/4 y 8/6 polos).



a) Circuito eléctrico



Velocidad baja Velocidad alta

b) Bobinado del motor

Figura 3.7/16
Esquema de conexiones de motores trifásicos asincrónicos de polos conmutables con un bobinado, en conexión Dahlander y seis bornes

Los contactores se eligen de acuerdo con la corriente nominal I_n:

Contactor K1 para I_{n1} con velocidad baja

Contactor K2 para I_{n2} con velocidad alta

Contactor K3 (contactor estrella) para $I_{n3} = \frac{I_{n2}}{2}$.

Básicamente, el contactor estrella se selecciona para la mitad de la corriente en la línea del conexionado doble estrella.

En la figura 3.7/17 se representa el conexionado de motores trifásicos asincrónicos con polos conmutables y dos bobinados separados, seis bornes (6/4 y 8/6 polos). La selección de los contactores se realiza de acuerdo con la corriente nominal de los motores I_n:

Contactor K1 para I_{n1} con velocidad baja

Contactor K2 para I_{n2} con velocidad alta

En la figura 3.7/18 se representa el esquema de conexiones de los contactores para motores trifásicos asincrónicos con polos conmutables de dos bobinados, nueve bornes, tres velocidades (6/4/2, 8/4/2 y 8/6/2 polos).

Los contactores se eligen de acuerdo con la corriente nominal I_n:

Contactor K1 para I_{n1} con velocidad baja

Contactor K2 para I_{n2} con velocidad media

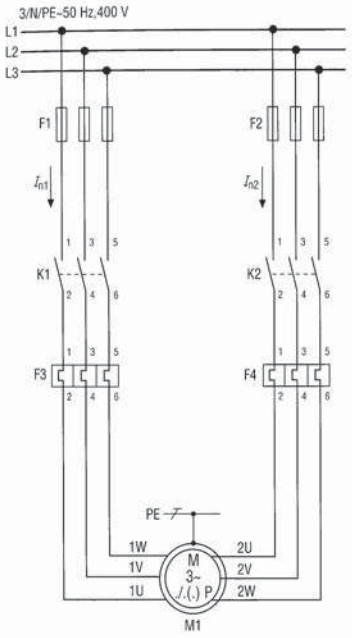
Contactor K3 para I_{n3} con velocidad alta

Contactor K4 (contactor estrella) para $I_{n4} = \frac{I_{n3}}{2}$.

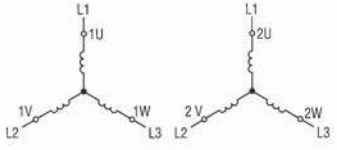
3.7.10 Selección de contactores 3RT, 3TG, 3TF y 3TK e interruptores cortacircuitos automáticos para conectar lámparas

En la selección de contactores e interruptores automáticos para conectar lámparas deben tenerse en cuenta las respectivas corrientes de conexión. La Tabla 3.2/1 en la Sección 3.2.2.4 indica las corrientes de conexión, el cos φ y el tiempo que dura el arranque de los diferentes tipos de lámparas así como los criterios para seleccionar los contactores de acuerdo con la categoría de servicio.

La Tabla 3.7/6 contiene indicaciones para la selección de los contactores para conectar lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta presión, de vapores metálicos halogenados, Tabla 3.7/7 y la Tabla 3.7/8 presenta indicaciones para lámparas incandescentes.

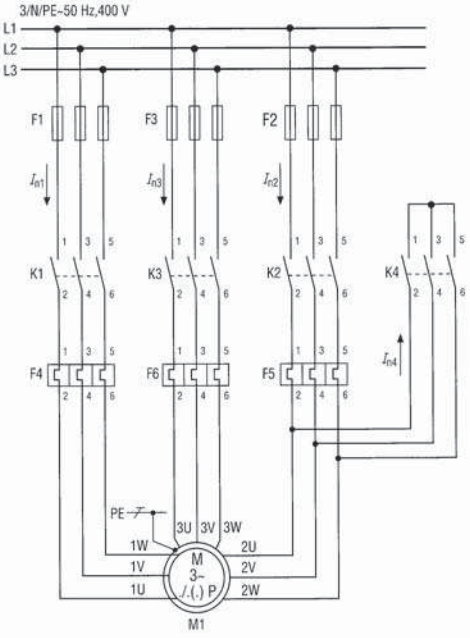


a) Circuito eléctrico

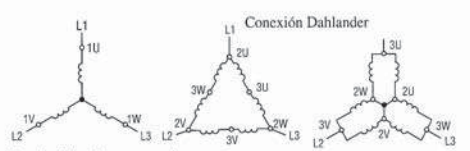


b) Bobinado del motor

Figura 3.7/17
Esquema de conexiones de motores trifásicos asincrónicos de polos conmutables con dos bobinados separados, un sentido de giro y seis bornes



a) Circuito eléctrico



Dos bobinados separados

b) Bobinado del motor

Figura 3.7/18
Esquema de conexiones de motores trifásicos asincrónicos de polos conmutables con dos bobinados separados, tres velocidades y nueve bornes

Tabla 3.7/6 a
Selección de contactores 3RT1 para conectar lámparas fluorescentes

	Tipo de lámpara	Capacidad del condensador µF	Corriente nominal por balasto electrónico A	Número máximo de balastos convencionales o electrónicos por vía de corriente del contactor con 230 V, 50 Hz							
				3RT1024 3RT1025	3RT 1026	3RT 1034	3RT 1035	3RT 1036	3RT 1044	3RT 1045	3RT 1046
Lámparas y lámparas compactas fluorescentes (DULUX) con balasto convencional	Sin compensar										
	S11W	–	0,16	220	220	282	345	312	562	625	625
	L18W	–	0,37	95	95	122	149	135	243	270	270
	L24W	–	0,34	103	103	134	163	148	266	294	294
	L36W	–	0,43	81	81	105	128	116	209	232	232
	L58W	–	0,67	52	52	57	82	75	134	149	149
	Compensación en paralelo										
	S11W	4,5	0,07	37	61	78	98	123	160	197	234
	L18W	4,5	0,11	37	61	78	98	123	160	197	234
	L24W	4,5	0,13	37	61	78	98	123	160	197	234
	L36W	4,5	0,21	37	61	78	98	123	160	197	234
	L58W	7	0,32	23	39	50	63	79	103	127	150
	Conexión DUO										
	S11W	–	0,07	502	502	643	787	714	1287	1428	1428
	L18W	–	0,11	318	318	409	500	454	818	909	909
	L24W	–	0,14	251	251	322	395	359	642	714	714
	L36W	–	0,21	166	166	214	262	238	428	476	476
	L58W	–	0,32	109	109	141	172	156	281	312	312
Lámparas fluorescentes con balasto electrónico	Servicio en C.A.										
	Balasto electrónico, una lámpara										
	L18W	6,8	0,1	105	175	224	280	350	455	560	665
	L36W	6,8	0,18	58	97	124	155	194	253	311	369
	L58W	10	0,27	38	64	83	104	129	168	207	246
	Balasto electrónico, dos lámparas										
	L18W	10	0,18	58	97	124	155	194	253	311	369
	L36W	10	0,35	30	50	64	80	100	130	160	190
	L58W	22	0,52	20	33	43	54	67	88	108	128

Para seleccionar interruptores cortacircuitos automáticos 5SX (termomagnéticos) para el número de lámparas debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Característica de los tipo B
  $0{,}5 \cdot I_n$ (corriente nominal del interruptor automático)
- Característica de los tipo C
  $1 \cdot I_n$ (corriente nominal del interruptor automático)

La Tabla 3.7/9 ofrece indicaciones para la selección de interruptores automáticos de características B o C para conectar lámparas no compensadas; para conectar lámparas compensadas, ver la Tabla 3.7/10.

Para lámparas fluorescentes deben considerarse los valores de las cargas de lámparas con una impedancia de la línea de 800 mΩ.

(Esto corresponde a una línea de 15 m de longitud y 1,5 mm^2 de sección, desde el armario o tablero de distribución hasta la primer luminaria y otros 20 m hasta el centro de carga.)

Tabla 3.7/6 b
Selección de contactores 3TF, 3TG y 3TK para conectar lámparas fluorescentes

	Tipo de lámpara	Capacidad del condensador µF	Corriente nominal por balasto electrónico A	Número máximo de balastos convencionales o electrónicos por vía de corriente del contactor con 230 V, 50 Hz							
				3TG10[1]	3TF20, 3TK20	3TF40/ 3TF41	3TF42/ 3TF43	3TF44/ 3TF45	3TF46	3TF47	3TF48/ 3TF49
Lámparas y lámparas compactas fluorescentes (DULUX) con balasto convencional	Sin compensar										
	S11W	–	0,16	100	100	125	187	281	500	500	625
	L18W	–	0,37	43	43	54	81	121	216	216	270
	L24W	–	0,34	47	47	58	88	132	235	235	294
	L36W	–	0,43	37	37	46	69	104	186	186	232
	L58W	–	0,67	24	23	29	44	67	119	119	149
	Compensación en paralelo										
	S11W	4,5	0,07	15	22	29	54	78	111	155	185
	L18W	4,5	0,11	15	22	29	54	78	111	155	185
	L24W	4,5	0,13	15	22	29	54	78	111	155	185
	L36W	4,5	0,21	15	22	29	54	78	111	155	185
	L58W	7	0,32	10	14	19	34	50	71	99	119
	Conexión DUO										
	S11W	–	0,07	256	204	284	428	642	1142	1142	1428
	L18W	–	0,11	162	130	180	272	408	726	726	908
	L24W	–	0,14	128	102	142	214	320	570	570	714
	L36W	–	0,21	84	68	94	142	214	380	380	476
	L58W	–	0,32	56	44	62	92	140	250	250	312
Lámparas fluorescentes con balasto electrónico	Servicio en C.A.										
	Balasto electrónico, una lámpara										
	L18W	6,8	0,1	39	63	84	154	224	315	441	525
	L36W	6,8	0,18	39	35	46	85	124	175	245	291
	L58W	10	0,27	26	23	31	57	83	116	163	194
	Balasto electrónico, dos lámparas										
	L18W	10	0,18	26	52	46	85	124	175	245	291
	L36W	10	0,35	26	52	24	44	64	90	126	150
	L58W	22	0,52	12	24	16	29	43	60	84	101
	Servicio en C.C. tres vías de corriente en serie										
	Balasto electrónico, una lámpara										
	L18W	6,8	0,1	22	25	84	154	224	315	441	525
	L36W	6,8	0,18	12	13	46	85	124	175	245	291
	L58W	10	0,27	8	9	31	57	83	116	163	194
	Balasto electrónico, dos lámparas										
	L18W	10	0,18	12	13	46	85	124	175	245	291
	L36W	10	0,35	6	7	24	44	64	90	126	150
	L58W	22	0,52	4	4	16	29	43	60	84	101

[1] Valores válidos para una impedancia de la red $Z = 500\ m\Omega$.

Tabla 3.7/7
Selección de contactores 3TF, 3TG y 3TK para conectar lámparas de alta presión y de halogenuros metálicos

	Potencia W	Capacidad del condensador µF	Corriente nominal por lámpara A	Número máximo de lámparas por vía de corriente del contactor en 230 V, 50 Hz							
				3TG[1]	3TF20, 3TK20	3TF40/ 41	3TF42/ 43	3TF44/ 3TF45	3TF46	3TF47	3TF48/ 3TF49
Lámparas de vapores metálicos y de mercurio a alta presión (HQL)	Sin compensar										
	50		0,61	13	13	16	24	36	65	65	81
	80		0,8	9	10	12	18	28	50	50	62
	125		1,15	6	6	8	13	19	34	34	43
	250		2,15	3	3	4	6	10	18	18	23
	400		3,25	2	2	3	4	6	12	12	15
	700		5,4	1	1	1	2	4	7	7	9
	1000		7,5	1	1	1	2	3	5	5	6
	Compensación en paralelo										
	50	7	0,27	14	14	19	34	50	71	99	119
	80	8	0,41	12	12	16	30	44	62	87	104
	125	10	0,62	10	10	13	24	35	50	64	80
	250	18	1,21	5	5	7	12	18	27	33	41
	400	25	1,93	4	4	5	7	11	20	20	25
	700	40	3,34	2	2	2	4	6	11	11	14
	1000	60	4,75	1	1	2	3	4	8	8	10
Lámparas de halogenuros metálicos (HQI)	Sin compensar										
	70		1	6	8	10	15	22	40	40	50
	150		1,8	5	4	5	8	12	22	22	27
	250		3,0	3	2	3	5	7	13	13	16
	400		3,5	2	2	2	4	6	11	11	14
	1000		9,5	0	0	1	2	2	4	4	5
	Compensación en paralelo										
	70	12	0,38	8	8	11	20	29	41	58	69
	150	20	0,78	5	5	6	12	17	25	34	41
	250	32	1,25	3	3	4	7	11	15	21	26
	400	35	1,75	2	2	3	6	10	14	19	23
	1000	85	4,77	1	1	1	2	4	5	8	9
Lámparas a vapor de sodio a alta presión (NAV)	Sin compensar										
	50		0,77	13	12	12	19	29	51	51	64
	70		1	10	9	10	15	22	40	40	50
	100		1,2	8	8	8	12	18	33	33	41
	150		1,8	5	5	5	8	12	22	22	27
	250		3,0	3	3	3	5	7	13	13	16
	400		4,4	2	2	2	3	5	9	9	11
	1000		10,3	1	1	1	1	2	3	3	4
	Compensación en paralelo										
	50	8	0,28	8	12	16	30	44	62	87	104
	70	12	0,38	5	8	11	20	29	41	58	69
	100	12	0,53	5	8	11	20	29	41	58	69
	150	20	0,77	3	5	6	12	17	25	34	41
	250	36	1,25	1	2	3	6	9	13	19	23
	400	45	2,05	1	2	2	5	7	11	15	18
	1000	100	4,96	–	1	1	2	3	5	6	8

[1] Valores válidos para una impedancia de la red $Z = 500\ m\Omega$.

Tabla 3.7/8
Selección de contactores 3RT1, 3TF, 3TG y 3TK para conectar lámparas incandescentes

	Potencia nominal máxima por vía de corriente del contactor en 230 V, 50 Hz								
	3RT1015	3RT1016/17	3RT1024/25	3RT1026	3RT1034	3RT1035	3RT1036	3RT1044	3RT1045/46
Lámparas incandescentes kW	1,2	1,6	3,0	4,0	5,8	7,3	9,1	9,0	14,6/17,3

	Potencia nominal máxima por vía de corriente del contactor en 230 V, 50 Hz							
	3TG10[1]	3TF20, 3TK20	3TF40/41	3TF42/43	3TF44/45	3TF46	3TF47	3TF48/49
Lámparas incandescentes kW	1,6	1,7	2,3	4,2	6,1	8,6	12,0	14,3

[1] Valores válidos para una impedancia de la red $Z = 500\ m\Omega$

Tabla 3.7/9
Carga máxima admisible de lámparas (Número de lámparas) por interruptor automático para conectar lámparas *sin compensar*[1]

Datos de las lámparas		Corriente nominal por lámpara	B/C10[2]	B/C16[2]	B/C20[2]	B/C25[2]
W	V	A				
Lámparas fluorescentes (una lámpara con balasto electrónico)						
L18/20	230	0,37	27	43	53	66
L36/40		0,43	23	37	46	58
L58/65		0,67	15	24	30	37
Lámparas de vapores metálicos y de mercurio a alta presión (HQL)						
50	230	0,6	10/8	15/13	18/16	23/20
80		0,8	6/6	9/10	11/12	14/15
125		1,15	4/4	6/7	7/9	9/10
250		2,15	2/2	3/3	3/4	4/5
400		3,25	1/1	2/2	2/3	2/3
700		5,4	–/1	1/1	1/1	1/2
1000		7,5	–/–	–/1	1/1	1/1
Lámparas de halogenuros metálicos (HQI)[3]						
150	230	1,8	4/2	6/4	7/5	9/6
250		3	2/1	3/2	4/3	5/4
400		3,5	2/1	3/2	4/2	5/3
1000		9,5	–/–	1/–	1/1	1/1
2000-D	400	10,3	–/–	–	–	–
2000-N	400	8,8	–/–	–	–	–
3500	400	18	–/–	–	–	–
Lámparas a vapor de sodio a alta presión (NAV)[3]						
50	230	0,77	9/6	14/10	18/13	22/16
70		1,0	7/5	11/8	14/10	17/12
100		1,2	6/4	9/6	11/8	14/10
150		1,8	4/2	6/4	7/5	9/7
250		3,0	2/1	3/2	4/3	5/4
400		4,4	1/1	2/1	3/2	4/2
1000		10,3	1/–	1/–	1/1	2/1

[1] Por posibles cambios, consultar valores actuales con el fabricante
[2] Para lámparas fluorescentes los valores sólo se aplican para interruptores con característica B, para interruptores bi- y tripolares se reduce el número de lámparas admisibles en un 20%
[3] En las nuevas lámparas HQI y NAV pueden producirse picos de la corriente de arranque de hasta un máximo de $20 \cdot I_n$

Capacidades de compensación para las lámparas fluorescentes con balastos electrónicos según la Tabla 3.7/9:

Balasto electrónico, tipo 5LZ ...-1	1 lámpara	2 lámparas
16 W, 32 W, 34 W	6,8 µF	10 µF
50 W	10 µF	22 µF

Tabla 3.7/10
Carga máxima admisible de lámparas (Número de lámparas) por interruptor automático para conectar lámparas *compensadas*[1)]

Datos de las lámparas		Capacidad del condensador	B/C10[2)]		B/C16[2)]		B/C20[2)]		B/C25[2)]	
W	V	µF								
Lámparas fluorescentes (compensación en paralelo)			KVG[3)]	EVG[4)]	KVG[3)]	EVG[4)]	KVG[3)]	EVG[4)]	KVG[3)]	EVG[4)]
L18/20	230	4,5	32	18	51	26	64	33	82	42
L36/40		4,5	32	18	51	26	64	33	82	42
L58/65		7	20	8	33	12	41	15	53	19
Lámparas de vapores metálicos y de mercurio a alta presión (HQL)										
50	230	7	10/19		15/31		18/39		23/49	
80		8	6/12		9/19		11/24		14/30	
125		10	4/7		6/12		7/15		9/19	
250		18	2/4		3/6		3/7		4/9	
400		25	1/2		2/4		2/5		2/6	
700		40	–/1		1/2		1/2		1/3	
1000		60	–/1		–/1		1/2		1/2	
Lámparas de halogenuros metálicos (HQI)[5)]										
150	230	20	7/5		11/8		14/10		17/12	
250		32	5/3		7/5		9/6		11/8	
400		35	3/2		5/4		7/5		8/6	
1000		85	1/–		1/1		3/1		3/2	
2000	D400	60	1/–		2/1		2/1		3/2	
2000	N400	37	–		1/–		1/1		2/1	
3500	400	100	–		–		–		–	
Lámparas a vapor de sodio a alta presión (NAV)[5)]										
50	230	10	16/11		24/17		31/22		38/27	
70		12	12/8		18/13		23/16		29/20	
100		12	10/7		16/11		20/14		25/17	
150		20	7/5		11/8		14/10		17/12	
250		36	5/3		7/5		9/6		11/8	
400		45	3/2		4/3		5/4		7/5	
1000		100	1/–		1/1		2/1		3/2	

[1)] Por posibles cambios, solicitar valores actuales al fabricante

[2)] Para lámparas fluorescentes los valores sólo se aplican para interruptores con característica B, para interruptores bi- y tripolares se reduce el número de lámparas admisibles en un 20%

[3)] Balasto convencional (reactancia) y conexión de una lámpara, las lámparas se conectan por grupos

[4)] Balasto electrónico y conexión de dos lámparas (two-lamp), número de lámparas conectadas simultáneamente

[5)] En las nuevas lámparas HQI y NAV pueden producirse picos de la corriente de arranque de hasta un máximo de $20 \cdot I_n$, de forma tal que en algunos casos deben reducirse los valores

3.7.11 Conexión de transformadores trifásicos hasta 1 000 V con contactores 3RT1 y 3TF

Los muy elevados picos de corriente de conexión que se producen al conectar transformadores de baja tensión presentan requerimientos especiales de la capacidad de conexión de los contactores. Como ya se mencionó en la Sección 3.2.2.6, diferentes factores determinan estas corrientes de pico iniciales.

Para la mayoría de las aplicaciones prácticas, la corriente de pico inicial es del orden de 20 a 30 veces la corriente nominal de servicio y se debe tener en cuenta en la elección de los contactores (ver la Tabla 3.7/11).

Cuando los factores de la corriente de pico inicial difieren de estos valores, debe calcularse nuevamente la potencia aparente nominal del transformador trifásico de baja tensión.

En esta expresión:

$$S_x = S_{nT} \cdot \frac{20}{x}\,\text{kVA}.$$

S_{nT} Potencia aparente nominal del transformador en kVA con un pico inicial de conexión de $20 \cdot I_n$

S_x Potencia aparente nominal admisible en kVA

x Factor de pico de conexión real referido a la corriente asignada

De acuerdo con la norma IEC 947–4 se puede calcular la conexión de transformadores trifásicos a partir de los datos de la capacidad de ruptura en AC-3. Para un factor de pico inicial de conexión de hasta 30 se tiene: $I_{eT} = 0{,}45 \cdot I_{eAC\text{-}3}$.

Tabla 3.7/11
Potencia aparente nominal S_{nT} de transformadores trifásicos de baja tensión para un pico inicial de corriente de $20 \cdot I_n$ operables con contactores 3RT1 y 3TF

Tamaño constructivo Tipo	S00 3RT101.	S0 3RT1024/25	S0 3T1026	S2 3RT1034/35	S2 3RT1036	S3 3RT1044/45	S3 3RT1046
230 V kVA	2,0	4,5	8,0	12,3/14,5	17,2	25,3/31,9	33,6
400 V kVA	3,5	7,9	13,9	21,5/25,3	29,9	43,9/55,4	58,0
500 V kVA	4,6	9,9	15,5	26,8/31,6	37,4	54,9/69,3	73,1
690 V kVA	6,0	13,6	15,5	23,9/28,7	28,7	56,2/69,3	69,0

Tamaño constructivo Tipo	00 3TF2	0 3TF40/41	1 3TF42/43	2 3TF44/45	3 3TF46	3 3TF47
230 V kVA	2,0	4,6	4,7	9,4	13	19
400 V kVA	3,5	7,9	8,0	16,2	23	33
500 V kVA	4,6	10,4	10,6	21,3	30	43
690 V kVA	6,0	13,7	14	28	40	57

Tamaño constructivo Tipo	4 3TF48/49	6 3TF50/51	8 3TF52/53	10 3TF54/55	12 3TF56	14 3TF68
230 V kVA	23	36	51	82	102	156
400 V kVA	41	63	88	142	177	270
500 V kVA	54	83	116	187	233	355
690 V kVA	71	109	153	246	307	469
1000 V kVA	108	166	231	374	465	710

3.7.12 Arranque de motores trifásicos asincrónicos

Los arrancadores son aparatos de maniobra con los cuales se lleva a los motores desde cero hasta su velocidad de régimen mientras se mantienen dentro de límites prefijados los valores de la corriente de arranque y del par del motor.

Aquí se diferencian los siguientes arrancadores:

- ▷ Arrancadores para motores trifásicos asincrónicos con rotor de anillos rozantes
- ▷ Arrancadores para motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula de ardilla

3.7.12.1 Arranque de motores trifásicos asincrónicos con rotor de anillos rozantes

El objetivo del arrancador es mantener la corriente del rotor y el par en un valor medio requerido durante el arranque.

Este valor medio se establece cuando al rotor se aplica una tensión gradualmente decreciente.

Esto se obtiene al intercalar resistencias en el circuito del rotor (Figura 3.7/19) o aplicar una tensión variable a los bornes del estator del rotor. La primera posibilidad se denomina "arranque por resistencias", la segunda, "arranque por tensión".

Los arrancadores para motores trifásicos asincrónicos se suministran en las siguientes ejecuciones:

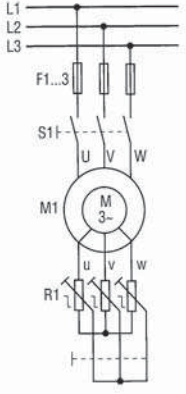


Figura 3.7/19
Motor asincrónico trifásico con rotor de anillos rozantes y resistencias variables de arranque

- ▷ Arrancadores en baño de aceite con el sistema de mando y las resistencias en una unidad
- ▷ Interruptor de arranque con sistema de resistencias separadas

La selección de una u otra variante depende de las condiciones de montaje, la clase de protección requerida, los valores de servicio y las consideraciones económicas.

3.7.12.2 Arranque de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula de ardilla

En lo posible, los motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula de ardilla se arrancan en forma directa.

Cuando por exigencias de la red o del servicio se debe reducir la corriente de arranque, para motores pequeños se utiliza, por lo general, un arranque estrella/triángulo (人Δ).

Arranque de motores trifásicos asincrónicos con resistencias estatóricas

Para reducir las corrientes de arranque también se pueden intercalar resistencias óhmicas en el circuito estatórico. La reducción de la corriente de arranque tiene como consecuencia una fuerte reducción del par motor disponible, porque la corriente sólo disminuye en forma proporcional, pero el par decrece en función cuadrática con la reducción de la tensión aplicada en bornes del motor.

Arrancador estatórico unipolar

Cuando sólo se intercala una resistencia en una de las fases, disminuye el par de arranque pero la corriente disminuye en esa fase solamente. Este arranque se denomina KUSA (acrónimo de la denominación alemana *Ku*rzschlußläufer-*Sa*nftanlauf = arranque suave para rotor en cortocircuito). Este método sólo se emplea cuando se debe evitar un arranque brusco sin necesidad de reducir la corriente (Figura 3.7/20). El arranque de motores trifásicos asincrónicos con rotor de jaula con el arrancador electrónico SIKOSTART 3RW21 según el principio KUSA se describe en la Sección 3.7.14.2.

Arrancadores estatóricos tripolares

Debe tenerse en cuenta que el par de arranque disminuye en relación casi cuadrática con la reducción de la corriente de arranque. Por lo tanto, este tipo de arrancador sólo podrá emplearse cuando el funcionamiento se inicia con carga reducida.

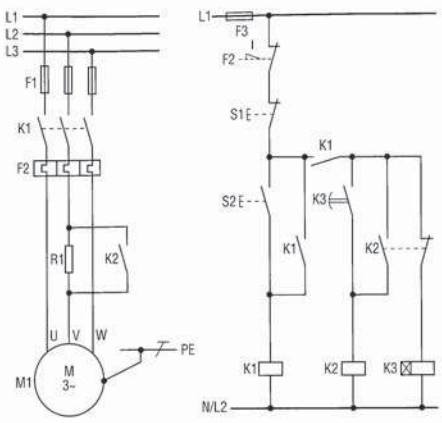
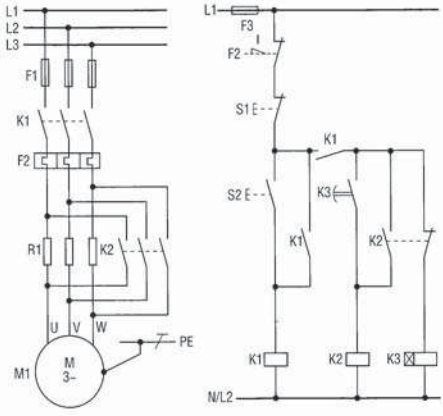


Figura 3.7/20
Arrancador automático con resistencia en una fase del estator (conexión KUSA)



a) Circuito principal b) Circuito auxiliar

Figura 3.7/21
Arrancador automático con resistencias en las tres fases del estator

El arranque de motores trifásicos asincrónicos con jaula de ardilla con el arrancador electrónico SIKOSTART 3RW22 se describe en la Sección 3.7.14.1.

La figura 3.7/21 muestra los circuitos principal y auxiliar de un arrancador con resistencias en las tres fases del estator.

3.7.13 Arranque directo de motores trifásicos asincrónicos con arrancadores 3TW

Aplicación

Estos arrancadores se emplean cuando se desean maniobrar accionamientos de bombas, válvulas, mezcladoras, cintas transportadoras, ventiladores, etc. en forma descentralizada. El contactor en este arrancador permite además el mando a distancia, por ejemplo, por medio de interruptores de flotadores, de fin de carrera o pulsadores. Se evita un nuevo arranque después de una interrupción de la tensión porque el contactor permanece abierto al retornar la tensión hasta que se accionan los pulsadores.

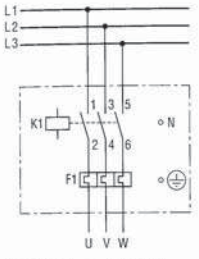
Ejecuciones

Los arrancadores directos 3TW se suministran en cajas de plástico con protección IP 65; los pulsadores para "arranque", "parada" y "reponer" ("Reset") están montados en la tapa.

Los contactores deben tener además un relé de sobrecarga que se elige de acuerdo con la corriente de régimen del motor. Se dispone de las siguientes ejecuciones:

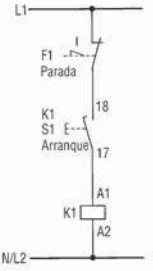
- ▷ Arrancador directo (Figura 3.7/22)
- ▷ Arrancador con inversión de marcha (Figura 3.7/23)
- ▷ Arrancador estrella-triángulo (Figura 3.7/24)

Las indicaciones para la protección contra cortocircuitos se publican en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens (Complemento).



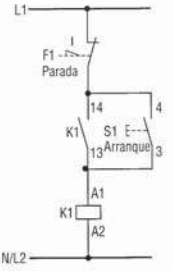
3TW10 hasta 3TW43

a) Circuito principal



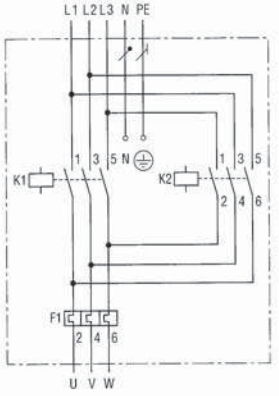
3TW10 y 3TW12

b) Circuito auxiliar

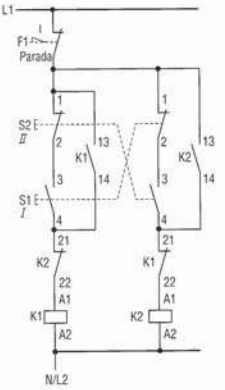


3TW13 hasta 3TW31

Figura 3.7/22
Arrancador directo

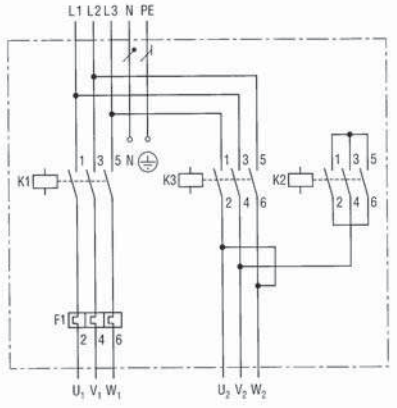


a) Circuito principal

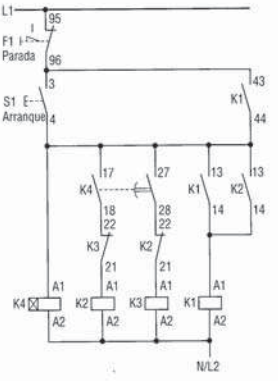


b) Circuito auxiliar

Figura 3.7/23
Arrancador con inversión de marcha



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Figura 3.7/24
Arrancador estrella-triángulo

3.7.14 Arrancador electrónico de motores SIKOSTART 3RW

Para el accionamiento de máquinas y aparatos se utilizan numerosos motores trifásicos asincrónicos de diferentes potencias en las más variadas ramas de la industria y la producción. Sin embargo, las posibilidades de estos motores recién se pueden aprovechar en toda su amplitud cuando se utilizan controles con la capacidad correspondiente.

Para esto, Siemens ofrece una gama muy amplia de controles electrónicos SIKOSTART 3RW para motores.

Los aparatos de la serie SIKOSTART 3RW22 se ofrecen en diferentes ejecuciones para las siguientes potencias asignadas de motores trifásicos:

- 1,1 a 400 kW con 230 V C.A.
- 2,2 a 710 kW con 400 V C.A.
- 3,0 a 850 kW con 500 V C.A.
- 132 a 1200 kW con 690 V C.A.

Todos estos equipos se conforman con rectificadores electrónicos con control de potencia integral y electrónica de mando digital. Un microprocesador incorporado suministra numerosas funciones de protec-

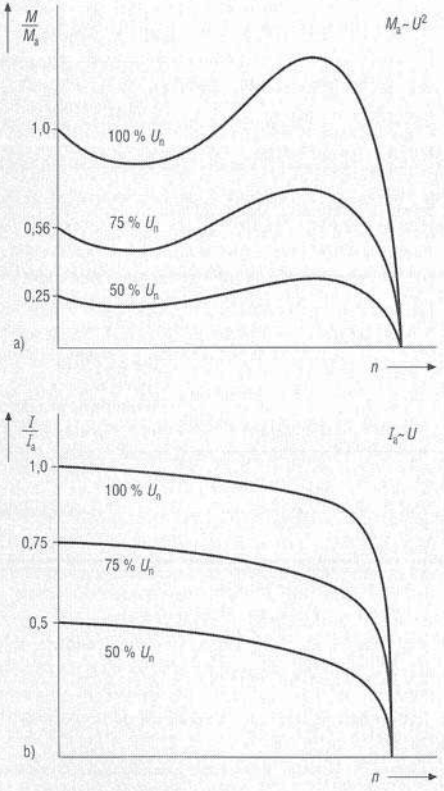


Figura 3.7/25
Variación del par M_a (a) y de la intensidad de la corriente I_a (b) en el arranque de un motor, en función de la reducción de la tensión U en sus bornes

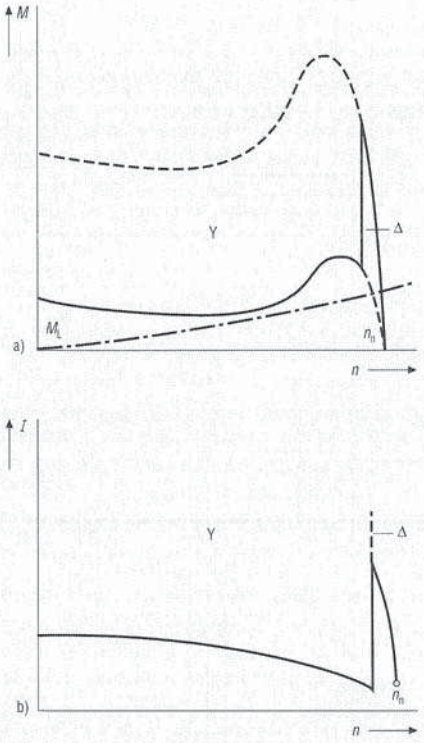


Figura 3.7/26
Variación típica de las curvas del par (a) y de la intensidad de la corriente (b) en función de la velocidad de rotación del motor en un arranque estrella-triángulo

ción, control y supervisión para arranques y paradas suaves, así como en la optimización de la operación con carga parcial.

Los equipos de la serie SIKOSTART 3RW21 trabajan con un control analógico del ángulo de conducción y son apropiados, tanto para el arranque y parada suaves como para frenar accionamientos de corriente alterna.

Los equipos de esta naturaleza, tales como los SIKOSTART 3RW, no fuerzan los accionamientos y, por lo tanto, alargan su vida útil.

En la figura 3.7/25 se muestra que el par de arranque M_a de los motores trifásicos asincrónicos depende directamente del cuadrado de la tensión U aplicada en sus bornes ($M_a \sim U^2$) y que la corriente de arranque I_a varía en forma directamente proporcional a esta tensión U aplicada ($I_a \sim U$).

Esto significa que estos valores pueden modificarse cuando se reduce la tensión en los bornes del motor.

En las secciones 3.7.12 y 3.7.13 se describen varios ejemplos de arrancadores que reducen la tensión en los bornes del motor. En el Capítulo 9 se representan los esquemas de conexión estándar correspondientes.

En la figura 3.7/26 se representan las curvas del par y de la intensidad de la corriente en función de la velocidad de rotación, típicas del arranque estrella-triángulo de un motor trifásico asincrónico.

Cada vez tienen más importancia en la técnica los arranques que reducen la tensión en los bornes del motor por medio de controles con semiconductores (tiristores). Aquí, no sólo deben destacarse las aptitudes especiales de los arrancadores electrónicos de motores, como la optimización del arranque, la parada suave controlada, el ahorro de energía y el frenado con corriente continua, sino también la protección que ofrecen contra el desgaste mecánico de las cajas de engranajes, las transmisiones por correas, las bombas, las válvulas al igual que los accionamientos, y por sobre todas las cosas, que evitan las fuertes caídas de tensión de la red que provocan la conexión de grandes consumidores.

De esta manera, pueden prolongarse los intervalos entre las paradas requeridas para trabajos de mantenimiento del accionamiento completo y, al mismo tiempo, aumentar su vida útil.

Las normas DIN EN 0660, Parte 102 e IEC 947-4-2, se aplican a los aparatos de control y los arrancadores electrónicos con semiconductores de potencia que intervienen durante el arranque para controlar la tensión y la corriente en los bornes de un motor trifásico asincrónico.

3.7.14.1 Arrancador electrónico de motores 3RW22

El control electrónico de motores SIKOSTART 3RW22 regula la tensión de red por medio de seis tiristores en un circuito de control trifásico y de esta manera forma un regulador trifásico totalmente controlado con dos tiristores en oposición por fase (Figura 3.7/27).

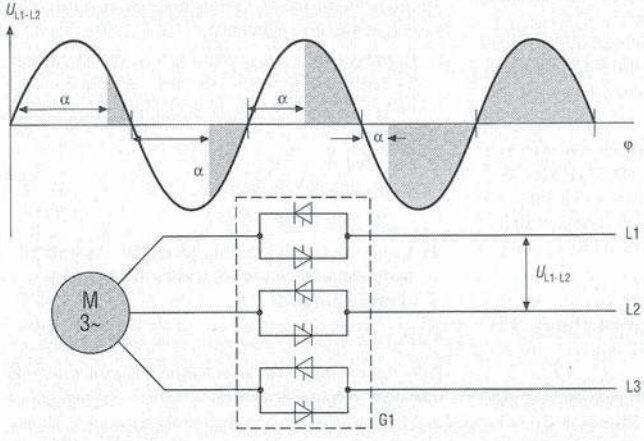


Figura 3.7/27
Representación del principio de funcionamiento de un circuito regulador trifásico con dos tiristores en oposición por fase

El control digital se realiza por medio de un microprocesador, el cual tiene su programa grabado en una memoria EPROM. Durante el arranque, el microprocesador incrementa en forma continua la tensión en los bornes del motor hasta aplicar la tensión de red. La frecuencia no se modifica.

La siguiente descripción del SIKOSTART 3RW22 se refiere a esquemas de conexión básicos y se mantiene en un plano general. Para quienes requieran informaciones más detalladas, podrán consultar el manual especializado SIKOSTART 3RW22 (Número de Pedido E20001-P285-A484-V2) que se podrá adquirir en conjunto con el programa de selección para PC (Número de Pedido E20001-P285-A485-V2). Este programa permite seleccionar el control electrónico SIKOSTART 3RW22 adecuado para cada problema de arranque.

Ejemplos de aplicaciones típicas

Algunos ejemplos de aplicaciones típicas para estos arrancadores son los siguientes:

- Accionamientos de máquinas que requieren de un incremento continuo del par (arranque y parada suaves).
- Accionamientos de bombas para tuberías en las que deben evitarse los golpes de ariete.
- Accionamientos con prolongados tiempos de funcionamiento en vacío o fases del servicio con carga reducida (ahorro de energía),
- Máquinas con cajas de engranajes, transmisiones con cadenas, correas u otros medios que modifican la velocidad suministrada por el motor.
- Accionamientos con grandes momentos de inercia (arranque pesado).
- Aplicaciones, en las cuales sólo se admiten pequeñas caídas de la tensión de red durante el arranque de motores con elevadas intensidades de arranque.

En la práctica, los accionamientos deben impulsar máquinas con las características más variadas. Sin embargo, estos requerimientos pueden agruparse en cuatro categorías de acuerdo con la variación típica del par resistente o de carga en función de la velocidad de rotación (Figura 3.7/28).

a) Par resistente constante (Figura 3.7/28 a)

- M = constante

La carga más sencilla de un accionamiento de este tipo se representa en la figura 3.7/28 a.

Este tipo de máquina puede ser un ascensor, en el cual se eleva un peso por medio de un torno de cable. Si se desprecia el peso del cable y se considera que el radio del torno se mantiene constante, se obtiene la variación del par en función de la velocidad representada en la figura.

Otros ejemplos de este tipo de carga son los siguientes:

- grúas,
- compresores que trabajan contra una presión constante,
- accionamientos de molinos sin ventilación,
- trituradoras de piedras,
- máquinas herramienta.

b) El par de carga varía en forma directamente proporcional con la velocidad de rotación (Figura 3.7/28 b)

- $M \sim n$

Algunos ejemplos de accionamientos con este tipo de cargas son los siguientes:

- calandrias, por ejemplo, para papel,
- transportador de tornillo sin fin (arranca con las cámaras vacías).

c) El par de carga aumenta en función cuadrática con la velocidad de rotación (Figura 3.7/28 c)

- $M \sim n^2$

Algunos ejemplos de accionamientos con este tipo de cargas son los siguientes:

- Bombas centrífugas, ventiladores, que alimentan un sistema abierto (el par en el arranque con la válvula cerrada es de sólo el 50% del par asignado),
- centrífugas,
- accionamientos de hélices.

d) El par de carga varía en forma inversamente proporcional con la velocidad de rotación (Figura 3.7/28 d)

- $M \sim 1/n$

Algunos ejemplos de accionamientos con este tipo de cargas son los siguientes:

- Molinos de bolas.

Clases de servicio del SIKOSTART 3RW22

Arranque suave con una rampa de tensión

El arranque suave es la función estándar de estos equipos. El microprocesador aumenta la tensión en los bornes del motor en forma lineal desde una tensión inicial ($U_s \equiv$ tensión de arranque) durante un tiempo ajustable ($t_R \equiv$ tiempo de rampa) hasta alcanzar la tensión de red (Figura 3.7/29 a).

En el SIKOSTART 3RW22 se puede ajustar la tensión inicial U_s en un rango que abarca desde el 20% hasta el 100% y el tiempo de rampa desde 0,3 a 180 s. Si el motor alcanza su velocidad de rotación asignada antes de finalizar el tiempo de rampa, se interrumpe automáticamente esta rampa y se aplica la tensión de red completa a los bornes del motor.

Impulso inicial de arranque

El aparato SIKOSTART 3RW22, además de la función estándar mencionada, puede realizar numerosas funciones adicionales como, por ejemplo, el impulso inicial de arranque (Figura 3.7/29 b) para vencer los elevados pares resistentes de los elementos accionados en estado de reposo. Para esto se aplica a los bornes del motor una tensión ($U_L \equiv$ tensión inicial de ruptura) algo menor que la de red durante un tiempo ajustable ($t_L \equiv$ tiempo de ruptura). Después del tiempo de ruptura, cuando el motor venció el par antagónico inicial, puede continuarse el arranque con otra función.

Arranque suave con limitación de corriente

Otra función permite limitar a un valor máximo la intensidad de la corriente durante el arranque

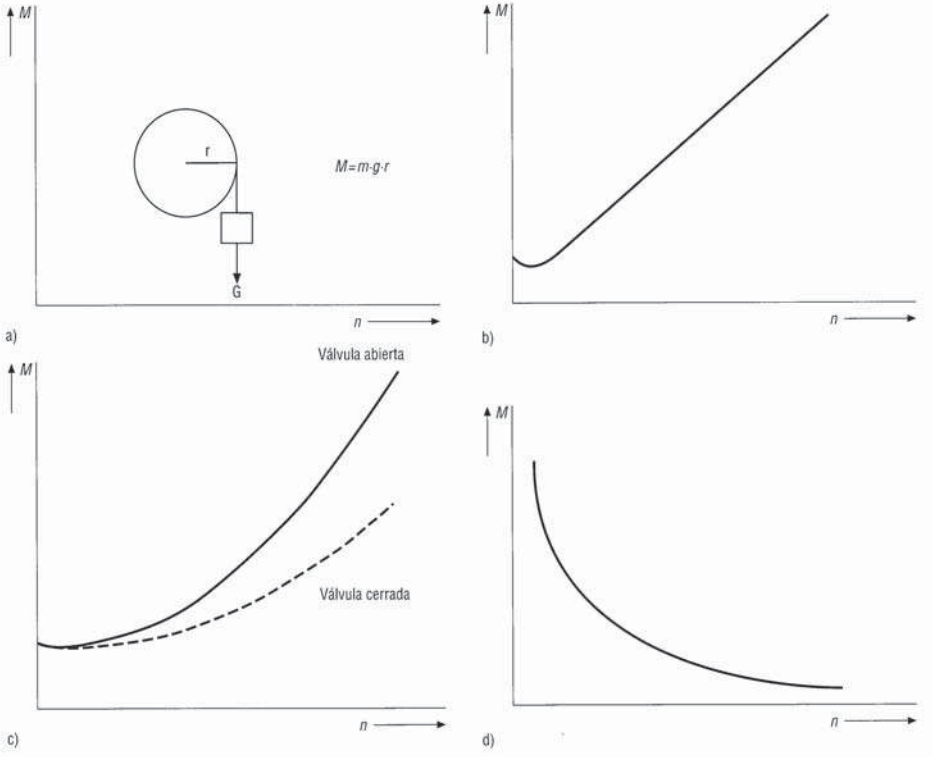


Figura 3.7/28
Variaciones típicas del par resistente o de carga en función de la velocidad de rotación para diferentes máquinas accionadas

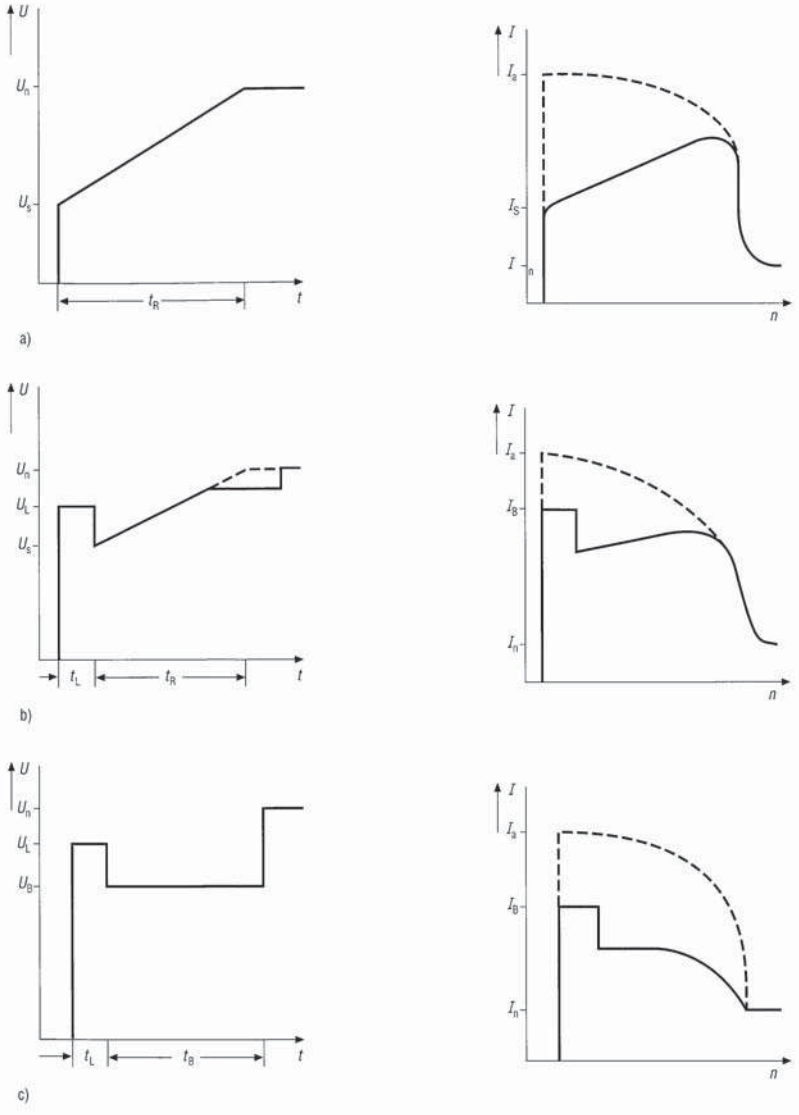


Figura 3.7/29
Variación de la tensión en función del tiempo y de la intensidad de la corriente en función de la velocidad de rotación para diferentes clases de servicio de los arrancadores electrónicos de motores SIKOSTART 3RW22

(limitación de corriente). Como alternativa se puede obtener esta limitación de la corriente con un valor fijo de la tensión ($U_B \equiv$ tensión de limitación, $t_B \equiv$ tiempo de limitación) (Figura 3.7/29 c).

Las funciones mencionadas en a) hasta c), se pueden combinar entre sí con pocas limitaciones. Todas estas funciones finalizan, como máximo, cuando el motor alcanza la velocidad de rotación asignada.

Arranque de emergencia

En caso de fallas (en los tiristores), se dispone además de un arranque de emergencia.

Parada suave

El motor, por lo general, se desconecta en forma directa cuando se abre su contactor o interruptor. Según la carga que el motor acciona y el momento de inercia de todo el sistema de masas en movimiento, el motor gira lentamente hasta detenerse o interrumpe su movimiento abruptamente. Ambos casos pueden presentar problemas en numerosas aplicaciones prácticas y, por lo tanto, no conforman una solución óptima.

Por ejemplo, para cintas transportadoras, que deben detenerse muy rápidamente, la parada suave es la mejor solución.

Para esto, una vez que se recibe el comando "parar" ("stop"), se reduce gradualmente la tensión en los bornes del motor (Figura 3.7/30) desde una tensión inicial ($U_{inic.\ parada} \equiv 90\%$ de la tensión de red) hasta otra de desconexión ($U_{fin.\ parada} \equiv 85\%$ de la tensión inicial de la rampa de arranque suave). El accionamiento se detiene en forma suave.

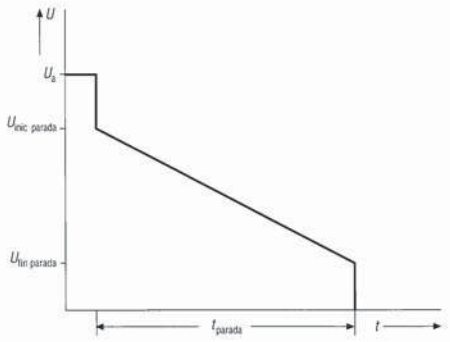


Figura 3.7/30
Variación de la tensión en función del tiempo en una parada suave

Parada suave de bombas

En los accionamientos de bombas se aplica una función de parada suave especial. Las bombas tienen una inercia muy pequeña y, por lo tanto, cuando se las desconecta directamente, se produce un corte abrupto en la corriente líquida que circula por las tuberías (golpe de ariete). Como consecuencia de esto, además de los fuertes ruidos que se producen, pueden dañarse estas tuberías y las válvulas. Para evitar este efecto, debe lograrse una parada del motor lo más uniforme posible. Por este motivo, la tensión en los bornes del motor se controla de tal manera que el caudal impulsado por la bomba disminuya en forma progresiva. Con este fin, SIKOSTART tiene en su software un mecanismo de control inteligente, por medio del cual se controla la parada del motor, de forma tal que se reduce la tensión en los bornes del motor en función del tiempo de parada ajustado.

Durante la parada de una bomba, la corriente del motor puede aumentar hasta 3 veces su intensidad asignada. Cuando se realiza el proyecto y se seleccionan los componentes de la derivación del motor, debe tenerse en cuenta esta característica. Los aparatos de la línea SIKOSTART poseen una protección interna contra sobrecargas y, por lo tanto, para implementar esta función debe utilizarse una ejecución especial en lugar de la estándar.

Frenos de corriente continua

Cuando las masas de la máquina accionada tienen una gran inercia, la parada puede ser demasiado prolongada. La función "frenado por C.C.", permite acortar en gran medida el tiempo de parada. Para esto se aplica corriente continua en el bobinado del motor. De esta forma se induce un campo magnético estacionario en el estator, cuya reacción con el rotor en movimiento genera un fuerte par de frenado.

En el equipo SIKOSTART 3RW22 se genera la corriente continua por medio de los tiristores en las fases L1-T1 y L3-T3. Un contactor entre las fases T2-T3 amplifica la eficiencia del frenado en forma considerable. Este contactor se opera por medio del contacto de un relé integrado.

Optimización con carga parcial

Cuando el servicio se realiza con carga reducida en el accionamiento, funcionamiento en vacío o con carga

parcial, el microprocesador reduce la tensión en los bornes del motor hasta un valor tal que la corriente disminuye hasta el mínimo necesario para mantener el servicio. De esta forma se asegura que la velocidad de rotación no decae y también que ante una carga repentina no se bloquea el accionamiento. Con este método no sólo se reducen las pérdidas en el cobre del bobinado, sino también las pérdidas en el hierro. El potencial de ahorro de energía depende de la potencia asignada del motor, del número de polos, del tipo de construcción y del tiempo que dura la carga parcial.

Servicio con contactor de puenteo

En el servicio con baja frecuencia de maniobras o un consumo elevado durante un tiempo largo, resulta conveniente reducir las pérdidas propias del SIKOSTART por medio de un contactor conectado en paralelo. El microprocesador opera este contactor por medio de un relé integrado. Cuando el accionamiento alcanza la velocidad asignada, cierra el contactor que puentea el arrancador sin que circule corriente. Esta técnica permite además arrancar varios motores en una cierta secuencia con un único arrancador.

Funciones de control y protección

Todos los equipos electrónicos para el control de motores SIKOSTART 3RW22 poseen incorporadas numerosas funciones de protección y mando, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Protección electrónica contra sobrecarga (salvo en la ejecución estándar).
  La temperatura se supervisa sobre la base de un modelo matemático del comportamiento térmico del módulo de potencia del equipo. Cuando se exceden los límites preestablecidos, se produce una desconexión. Así, se alcanza una protección óptima, que permite disponer de toda la capacidad de sobrecarga. Con esta protección óptima de la electrónica de potencia contra sobrecargas, el equipo SIKOSTART 3RW22 resulta adecuado, en especial, para aplicaciones, en las que los accionamientos tienen una frecuencia de arranques elevada, régimen intermitente o arranques pesados.
- Supervisión del tiempo de arranque con limitación de corriente (sólo en la ejecución estándar).
  En las ejecuciones sin protección electrónica de sobrecarga, el proceso de arranque se interrumpe cuando el motor no alcanza su velocidad asignada.
- Supervisión de la temperatura del disipador.
  Un termistor supervisa de manera continua la temperatura del disipador. Cuando dicha temperatura sobrepasa un umbral prefijado, se bloquea cualquier nuevo arranque. Una vez que el sistema enfrió por debajo de este umbral de temperatura, puede realizarse un nuevo arranque.
- Supervisión automática en conducción total.
  Una vez que el motor aceleró hasta su velocidad asignada, los tiristores de potencia conducen durante prácticamente toda la semionda, es decir, el ángulo de recorte de la conducción es mínimo. El sistema puede entregar, en este modo de trabajo, hasta 1,15 veces la corriente asignada en forma permanente. El equipo SIKOSTART 3RW22 controla de manera continua el correcto funcionamiento de los semiconductores de potencia por medio de un ligero aumento en el recorte del ángulo de conducción. Así, el equipo puede detectar fallas tales como falta de fase, interrupción de corriente en una fase y defectos en el funcionamiento de los tiristores.

Selección

Por lo general, los arrancadores automáticos de motores SIKOSTART 3RW22 se pueden seleccionar directamente a partir de las tablas publicadas en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens. La selección se realiza según la corriente asignada (o la potencia asignada), la tensión asignada y la temperatura ambiente admisible en el lugar de montaje. La corriente asignada del motor debe ser, como mínimo, del 20% de la corriente asignada del equipo SIKOSTART 3RW22 seleccionado. Estos aparatos tienen una fuente de alimentación de 24 V C.C. incorporada. La tensión de control puede ser de 100 a 120 V, de 200 a 240 V ó de 380 a 415 V de corriente alterna.

La serie de equipos con ejecución estándar se complementa con una variante que ofrece protección electrónica de los aparatos y otra que, además de esta protección, también provee una interfaz serie RS 232 para comunicaciones con PC.

Los datos de selección en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se basan en las siguientes consideraciones:

- La clase de par del motor es mayor que 10 (por ejemplo, KL16). La clase de par KL10 asegura que el motor puede arrancar en forma directa contra el par asignado (100% de M_N), incluso con el 95% de la tensión. La clase de par KL16 admite un arranque contra el 160% del par asignado.
- El par inicial de ruptura de la carga es menor o igual que el par asignado del motor ($M_{LB} \leq M_N$),

- El momento de inercia total del accionamiento J_{tot} (motor y carga) es menor o igual a 10 veces el momento de inercia del motor ($J_{tot} \leq 10\, J_M$),
- La máxima frecuencia de arranques por hora no debe sobrepasar los valores dados. Esta frecuencia depende de la intensidad de la corriente y del tiempo de arranque. Una frecuencia de arranques mayor sólo es admisible cuando los arranques son más livianos (menores momentos de inercia) como, por ejemplo, en el caso de bombas.

Toda divergencia con respecto a las consideraciones anteriores implica que las características del arranque no están perfectamente aclaradas, y resulta imprescindible seleccionar el aparato por medio de cálculos. Este modo de selección se describe en el manual SIKOSTART, o bien se puede realizar con el programa de selección para PC, SIKOSTART 3RW22.

La aplicación del programa de selección para PC presupone los siguientes requisitos:

Hardware:

- PC: compatible con el estándar IBM. Tarjeta de vídeo (por ejemplo, VGA), disco rígido y accionamiento para disquetes de 3,5",
- memoria de trabajo disponible, mínimo 488 Kbyte,
- Impresora gráfica (IBM-Graphic, HP Laserjet Series II o EPSON FX80)

Software:

- MS-DOS versión 3.0 ó superiores.

El programa guía al usuario a través de distintos submenúes y máscaras de entradas, a fin de alcanzar la selección correcta. Para optimizar los valores de ajuste se muestran gráficos con resultados simulados. Los siguientes datos deben ingresarse:

- Datos generales del proyecto, concepto de búsqueda, tensión y frecuencia de la red, temperatura ambiente,
- Datos del motor: potencia, velocidad, intensidad de la corriente y par asignados, momento de inercia, variación del par e intensidad de la corriente en función de la velocidad.
  El programa ofrece todos los datos de los motores estándar de Siemens: 1LA5, 1LA6, 1LA6 y 1M. Para seleccionar los datos sólo se requiere ingresar el número de pedido del motor (MLFB). Estos datos conforman una base fácilmente modificable cuando estos cálculos deben realizarse para otros tipos de motores.
- Datos de la carga: tipo de carga, carga necesaria, velocidad de rotación, momento de inercia y variación del par en función de la velocidad.
  Aquí el programa utiliza los cuatro tipos básicos de carga (Figura 3.7/28). Estos tipos son ejemplos para cargas con variación del par constante, lineal, inversamente proporcional y cuadrática en función de la velocidad. Estas características también pueden modificarse fácilmente.
- Ingreso de los parámetros de arranque, por ejemplo, impulso inicial, tensión inicial, tiempo de rampa y limitación de corriente.

Como resultado del cálculo el programa suministra los siguientes datos:

- el número de pedido del arrancador electrónico de motores SIKOSTART,
- el tiempo de arranque directo y de arranque con SIKOSTART,
- la intensidad máxima y eficaz de la corriente de arranque con SIKOSTART.
- Además se representan los siguientes gráficos:
- La variación del par en función de la velocidad del motor con arranque directo y con SIKOSTART, superpuesto con la variación del par en función de la velocidad de la carga. Este gráfico se puede usar para verificar que el par reducido con SIKOSTART siempre supera en un 15% el par resistente de la carga. Así, se asegura una aceleración suave y adecuada.
- La variación de la intensidad de la corriente en función de la velocidad del motor en arranque directo y con SIKOSTART.
- Las variaciones de la tensión en los bornes del motor, de la corriente y de la velocidad de rotación en función del tiempo.

Una impresora conectada permite documentar sobre papel todos los datos que se ingresaron, los resultados del cálculo y los gráficos.

Integración del arrancador electrónico de motores SIKOSTART en la derivación del motor

La instalación del aparato SIKOSTART en una derivación para motor existente es muy sencilla. Para esto se realiza el montaje, y se conecta el arran-

cador a los conductores de alimentación y luego se conecta el motor a los bornes del SIKOSTART (Figura 3.7/31).

En caso de existir condensadores de compensación, se los debe conectar delante del aparato SIKOSTART. ¡Este aparato no admite una carga capacitiva en su salida!

Una seguridad ideal de la derivación para motores completa se obtiene con los siguientes aparatos:

- Fusibles NH para proteger los cables (clase de servicio gL/gG).
- Fusibles para semiconductores para proteger de cortocircuitos los semiconductores de potencia del SIKOSTART (clase se servicio aR) y relés de sobrecarga para la protección del motor.

El relé de sobrecarga puede asumir, en parte, la protección del arrancador. Un interruptor automático podrá reemplazar, según el caso, el relé de sobrecarga y los fusibles NH. Los fusibles para propósitos generales (cumplen con las disposiciones de protección de cables de la norma DIN VDE 0100, Parte 430) de la clase de servicio aR podrán reemplazar la combinación de fusibles NH y para semiconductores.

Las especificaciones de los fusibles para semiconductores se pueden consultar en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

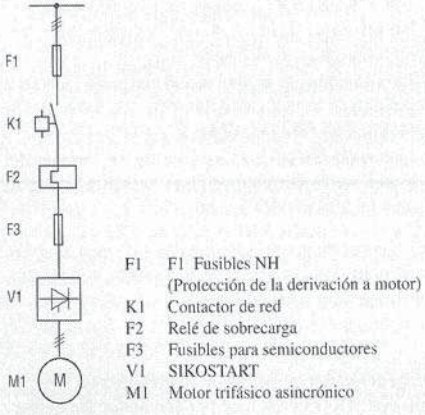


Figura 3.7/31
Esquema unifilar básico de una derivación a motor con SIKOSTART

La figura 3.7/32 muestra que cada medio de protección cubre un determinado rango en la curva característica tiempo de reacción – intensidad de la corriente. El riesgo de que se produzca un cortocircuito detrás del SIKOSTART es muy bajo y, por lo tanto, si se evalúa la probabilidad de una falla de este tipo sobre la base de la longitud de los cables, el tipo de tendido, las influencias del entorno y, naturalmente, los costos de un posible reemplazo de los semiconductores, etc., se podrá decidir si se prescinde o no de los fusibles para semiconductores.

Los siguientes ejemplos de circuitos se encuentran en el manual SIKOSTART 3RW22:

- Comando como contactor.
- Esquemas de conexión con contactor de puenteo y/o contactor de frenado para mejorar la eficiencia del frenado.
- Esquema de conexión para inversión de marcha.
- Servicio de motores con polos conmutables.
- Esquemas de conexión para el arranque secuencial de varios motores con un único arrancador suave.

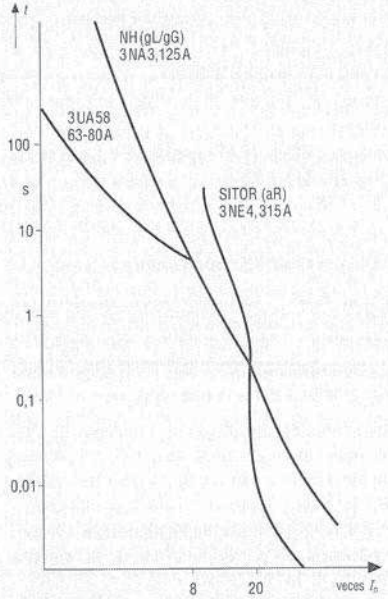


Figura 3.7/32
Curvas características de fusión de los fusibles NH para propósitos generales (gL/gG) y SITOR (aR) para semiconductores

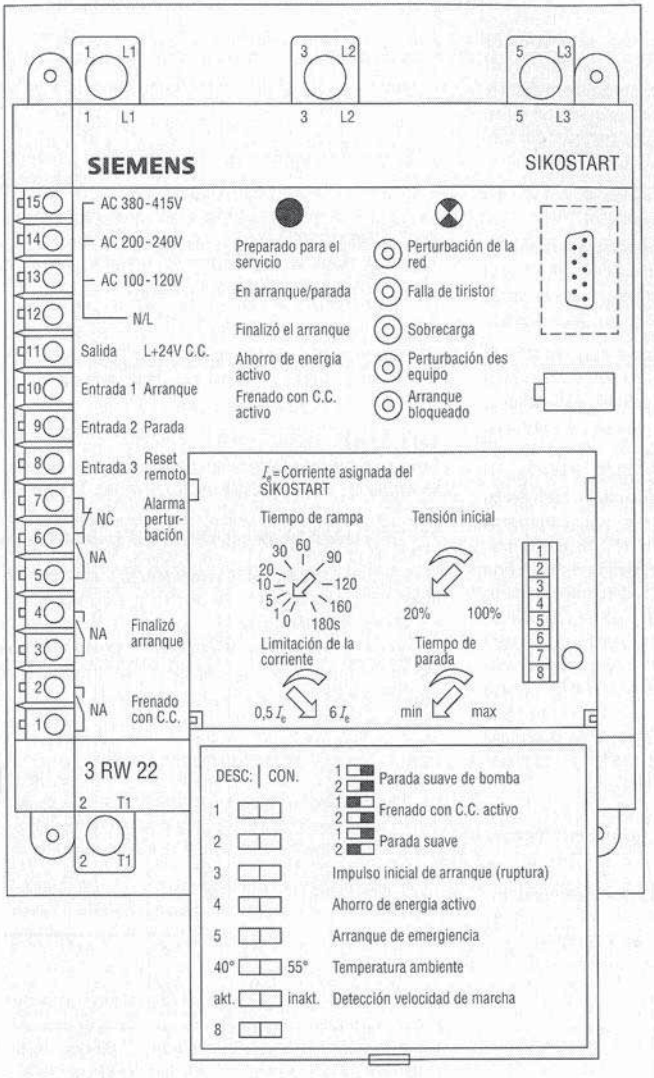


Figura 3.7/33
Panel frontal y elementos de control del arrancador electrónico de motores SIKOSTART 3RW22

Ajustes

En la ejecución estándar, todos los parámetros de arranque y parada se pueden ajustar por medio de cuatro potenciómetros y ocho microinterruptores DIL. Estos elementos de control se encuentran debajo de una tapa protectora en la parte superior del módulo de control (Figura 3.7/33).

Comunicación con PC

La variante con interfaz serie ofrece aún más posibilidades de ajuste por medio de la comunicación con PC y el programa COM SIKOSTART (Instrucciones de pedido, ver el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens).

Este programa no sólo permite ajustar parámetros adicionales (como, por ejemplo, la tensión de desconexión en la parada de una bomba), sino también obtener mayor resolución en el ajuste de los valores numéricos. Los parámetros de los ajustes se graban en una memoria EEPROM del SIKOSTART. Estos datos también se podrán almacenar en un archivo para documentación. De esta manera, una vez que se optimizó un ajuste, también se lo puede copiar a otros arrancadores en forma sencilla. La capacidad de la memoria EEPROM permite grabar hasta tres conjuntos de parámetros distintos. Estos conjuntos podrán seleccionarse luego en forma individual por medio de tres entradas del aparato. Según la carga conectada y las exigencias del arranque, se puede arrancar con los ajustes correspondientes. La aplicación más frecuente es el arranque de varios motores de diferentes potencias con un único aparato SIKOSTART 3RW22 o el servicio de motores con conexión Dahlander.

Ejemplo de cálculo del tiempo de arranque con rampa de tensión

Para un ventilador con curva característica cuadrática (Figura 3.7/34), se debe calcular el tiempo de arranque con un aparato SIKOSTART 3RW22.

Datos del accionamiento:

Motor: 1LA6 310-4.. (Siemens),
$n_N = 1485$ R.P.M.,
$I_n = 205$ A,
$M_n = 707$ Nm,
$J_M = 2{,}2$ kgm^2,
$U_e = 400/380$ V,
$P_n = 110$ kW,

Carga: $J_L = 37$ kgm^2,
$M_L = 476$ Nm,
$n_L = 1485$ R.P.M.

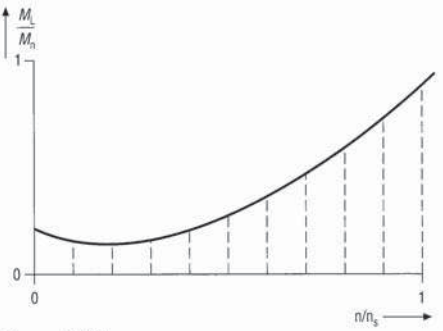


Figura 3.7/34
Curva característica típica con variación cuadrática del par resistente (par de carga), por ejemplo, de ventiladores y bombas

Tabla 3.7/12
Valores correspondientes al arranque de un motor en % de los valores asignados

Velocidad de rotación n/n_N	Múltiplo de la corriente asignada del motor I_{an}/I_n	Múltiplo del par asignado del motor M_{an}/M_n	Par de carga M_l/M_n
%	%	%	%
0	670	250	3
10	650	227	2
20	635	222	5
30	610	215	9
40	592	210	16
50	575	205	25
60	555	190	36
70	535	183	49
80	490	198	64
90	430	232	81
100	100	100	100

Cálculo

Los valores de los pares y las intensidades de la corriente se toman en puntos característicos de las curvas respectivas (ver la Tabla 3.7/12). Para que pueda realizarse el arranque, en cada punto el par motor tiene que superar el par resistente.

Curva característica del par resistente (par de carga): (valores en % del los valores asignados)

Velocidad de rotación	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Par de carga	3	2	5	9	16	25	36	49	64	81	100

Fundamentos matemáticos

A continuación se describen los fundamentos matemáticos, con los cuales se puede calcular el arranque de un accionamiento (motor y máquina accionada).

Arranque con SIKOSTART por medio de una rampa de tensión

I_{an} $\sim U_S \cdot I$,
I_{an} intensidad de la corriente de arranque con tensión reducida en bornes del motor,
U_S tensión de arranque en % de la tensión asignada de servicio,
M_1 $= (U_S)^2 \cdot M$
M_1 par motor reducido por la aplicación de SIKOSTART,
M par motor en arranque directo.

En la Tabla 3.7/13 se representan los valores de la velocidad, el par-SIKO, la tensión en los bornes y la intensidad de la corriente-SIKO en %, así como el tiempo acumulado del arranque de un motor con rampa de tensión y limitación de corriente.

Al reducirse la tensión en los bornes del motor, disminuye el par motor, es decir, el par acelerador disponible. El par se reduce en relación cuadrática y la corriente en forma lineal con dicha tensión. De esta manera, el accionamiento se acelera en forma más suave, y se reduce el esfuerzo mecánico (Figura 3.7/35).

Tabla 3.7/13
Valores correspondientes al arranque con SIKOSTART 3RW22 de un motor con una rampa de tensión lineal y limitación de corriente, en % de los valores asignados.

Velocidad de rotación %	Par SIKO[1] %	Tensión en bornes %	Corriente SIKO[1] %	Tiempo t acumulado s
0	23	30	201	0
10	36	41	260	4,3
20	47	46	292	6,7
30	55	50	308	8,8
40	63	55	326	10,5
50	69	58	333	12,2
60	73	62	344	13,9
70	80	66	355	15,6
80	100	71	347	17,5
90	128	74	318	19,0
100	77	77	27	20,2

[1] El par-SIKO y la corriente-SIKO son los valores característicos reducidos por la aplicación del aparato SIKOSTART.

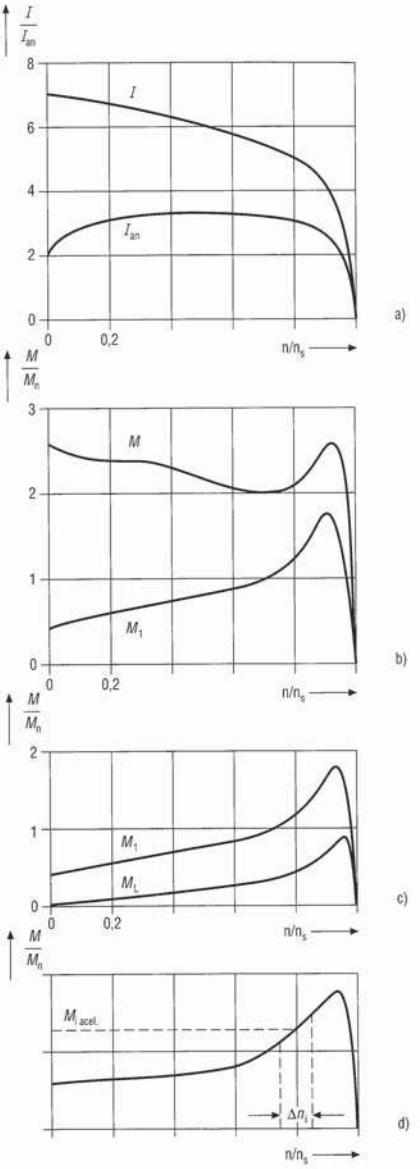


Figura 3.7/35
Intensidad de la corriente (a), variación de los pares (b y c) y par acelerador medio (d) en el arranque de un motor con rampa de tensión y limitación de corriente

$M_{acel.} = M_1 - M_L$,
$M_{acel.}$ Par acelerador,

$$t_{arr} = \frac{J_{tot}}{9,55} \cdot \sum \frac{\Delta n_i}{M_{iacel.}},$$

t_{arr} tiempo de arranque,
J_{tot} momento de inercia total del motor y la carga,
Δn_i diferencia entre las velocidades,
$M_{iacel.}$ par acelerador medio,

$$U_S = \left[\frac{t_{arr}}{t_R} \cdot 0,7 + 0,3\right] \cdot 100\%,$$

U_S en % de la tensión asignada de servicio,
t_R tiempo de rampa.

Con estas fórmulas y los valores de la Tabla 3.7/13, se pueden calcular los valores del tiempo, de la intensidad de la corriente y de los pares durante un arranque (Figura 3.7/35).

De este cálculo se desprenden también los siguientes valores de ajuste del arrancador SIKOSTART:
Tiempo de rampa, t_R 30 s.
Tensión inicial, U_S 30% de la tensión asignada de servicio.

De los valores indicados en la Tabla 3.7/13 también se deduce que la velocidad del accionamiento se encuentra entre el 90% y el 100% de la velocidad sincrónica del motor y, por lo tanto, dentro del rango de la velocidad asignada del motor.

Selección del arrancador SIKOSTART 3RW22

El aparato SIKOSTART 3RW22 se seleccionará según la intensidad de la corriente (3 veces la corriente asignada del motor durante unos 20 s).

En este procedimiento también se debe tener en cuenta la frecuencia de arranque y la temperatura ambiente. Si existen divergencias con los valores requeridos, se tiene que variar la elección correspondiente.

3.7.14.2 Arrancador electrónico de motores 3RW21

Características técnicas

Los aparatos SIKOSTART 3RW21 trabajan según el principio del control por recorte del ángulo de conducción, y se suministran en cuatro ejecuciones diferentes para las aplicaciones más variadas. La tensión asignada de servicio es de 400V a 50 y 60 Hz y la potencia asignada alcanza los 5,5 kW. Todos los aparatos tienen una ejecución compacta y una caja de material plástico, clase de protección IP 20.

Arranque suave según el principio KUSA (control por recorte del ángulo de conducción en una fase)

La sigla KUSA, acrónimo del alemán *Kur*zschluß-läufer-*Sa*nftanlauf, significa arranque suave de un motor con rotor jaula. En este caso, se reduce la tensión de una fase durante el arranque. Por medio del arrancador SIKOSTART 3RW21 se intercalan semiconductores (triacs o tiristores conectados en oposición) en una de las fases que suministran energía al motor. El control de estos semiconductores hace que sólo circulen semiondas recortadas de la tensión (principio del corte del ángulo de conducción), y de esta manera, se reduce la tensión eficaz en los bornes del motor (Figura 3.7/36).

Una vez que finalizó el arranque del motor, se puentean los semiconductores con un relé integrado para reducir las pérdidas de paso.

Con la disposición KUSA se reduce el par de arranque, pero las intensidades no se modifican.

En el capítulo 3.7.12.2 se describió el mismo principio del arranque de motores trifásicos asincrónicos, aunque se utilizaban resistencias.

Arranque suave con control por recorte del ángulo de conducción en dos fases

A diferencia de la conexión KUSA, esta variante del arranque de motores modifica la tensión en dos fases y no sólo suministra un arranque suave (reducción del par), sino también permite disminuir la intensidad de la corriente de arranque.

El arranque se puede comparar con el descripto para el SIKOSTART 3RW22 con "rampa de tensión" (Sección 3.7.14.1). Dos elementos de ajuste permiten modificar el tiempo de arranque y la tensión inicial. El aparato ofrece, además, una función de parada suave integrada.

Al igual que en la versión con control en una fase, una vez que finalizó el arranque se puentean los semiconductores con un relé interno.

Frenado con C.C.

Para poder detener el movimiento de accionamientos con grandes momentos de inercia, se aplica corriente

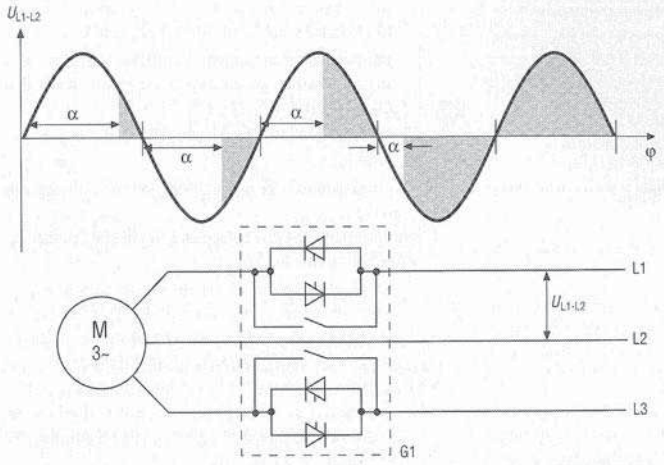


Figura 3.7/36
Diagrama esquemático del recorte del ángulo de conducción en un arrancador SIKOSTART 3RW21 con dos fases totalmente controladas

continua en dos fases del motor por medio de una ejecución especial del SIKOSTART 3RW21. La intensidad de la corriente continua (I_R) y el tiempo (t_B) durante el que se la aplica se ajusta por medio de dos potenciómetros integrados en el aparato.

La corriente necesaria para el frenado se puede estimar, sin considerar eventuales pares de frenado en la carga, con la siguiente fórmula:

$$I_B = 0{,}31 \cdot k \cdot I_A \cdot \sqrt{\frac{J_{tot} \cdot n_N}{t_B \cdot M_A}}$$

I_B	Corriente continua de frenado	[A]
I_A	Corriente de arranque de un motor en estrella $(= I_{A\,triángulo}\sqrt{3})$	[A]
k	Factor del circuito (1 para circuito estrella, 1,73 para circuito triángulo)	
J_{tot}	Momento de inercia total, motor y carga	[kgm²]
n_N	Velocidad asignada	[R.P.M.]
t_B	Tiempo de frenado requerido	[s]
M_A	par de arranque	[Nm].

La corriente de frenado no debería superar el 70% de la corriente de arranque directo.

Informaciones más detalladas del frenado con corriente continua se publican en el catálogo M10 "Manual de Proyecto para Motores Trifásicos de Baja Tensión" de Siemens ("Drehstrom – Niederspannungsmotoren Planungsunterlagen", Número de Pedido E20002-K1710-A101-A1).

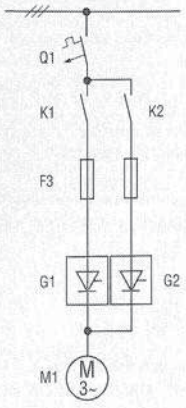
Selección

Los aparatos SIKOSTART 3RW21 se pueden seleccionar por sus datos técnicos en, por ejemplo, el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens. El criterio más importante que debe tenerse en cuenta es la corriente asignada del accionamiento trifásico a controlar.

Integración del arrancador electrónico SIKOSTART 3RW21 en una derivación de motor

El aparato SIKOSTART 3RW21 se puede integrar sin problemas en una derivación a motor existente o en el proyecto de una nueva (Figura 3.7/37). Los aparatos para el arranque suave y frenado con C.C. se podrán combinar según los requerimientos.

El aparato SIKOSTART 3RW21 se conecta en la derivación entre el motor y el aparato de maniobra. Para esto es muy importante verificar que entre el arrancador SIKOSTART 3RW21 y el motor o la derivación a motor, no se encuentre ninguna carga capacitiva, por ejemplo, condensadores de compensa-



Q1 Interruptor automático
K1 Contactor de red
K2 Contactor de frenado
F3 Fusibles para semiconductores
G1 Arrancador SIKOSTART 3RW21
G2 Aparato de frenado SIKOSTART 3RW21
M1 Motor trifásico asincrónico

Figura 3.7/37
Esquema unifilar de una derivación de motor con SIKOSTART 3RW21

ción del motor. Los restantes aparatos de la derivación, fusibles, contactor de red y relés de sobrecarga o interruptor automático no varían (Figura 3.7/37).

En la publicación "Instrucciones de Servicio del SIKOSTART 3RW21" (Número de Pedido 3ZX1012–0RW21–1AN1) se suministran informaciones más detalladas para el montaje y la instalación eléctrica de estos aparatos.

3.7.15 Contactores electrónicos 3RF1

Los contactores electrónicos 3RF1 maniobran corrientes de servicio sin contactos móviles por medio de semiconductores. Según el tamaño constructivo del contactor se utilizan triacs o tiristores.

Ventajas para el usuario

Los contactores semiconductores ofrecen al usuario las siguientes ventajas:

- operación silenciosa:
  - sin zumbido, sin choques de las piezas polares,
  - uso en ambientes sensibles al ruido como, por ejemplo, oficinas, salas de conferencias, hoteles, hospitales o viviendas.
- operación en el cruce por cero de la corriente o instantánea.
- operación sin desgaste:
  - conexión sin contactos,
  - no se producen arcos, ni desgaste por erosión eléctrica, es decir, maniobras limpias,
  - cuando las maniobras se realizan con los valores asignados, el contactor tiene una vida útil casi ilimitada,
  - sin mantenimiento (se elimina el cambio de contactos),
  - sin parada de la instalación por mantenimiento o falla.
- elevada frecuencia de operación (hasta 10 maniobras por segundo):
  - ideal para aplicaciones donde se requiere elevada frecuencia de maniobras (por ejemplo, transporte de materiales, conexión de calefactores, mando de lámparas intermitentes).
- seguridad contra vibraciones y sacudidas:
  - no hay exigencias especiales para el lugar de montaje (se pueden utilizar, por ejemplo, en automóviles, grúas, etc.),
  - se puede adoptar cualquier posición de montaje.

¿Contactor semiconductor o relé electrónico de potencia?

Al igual que los contactores semiconductores, los relés electrónicos de potencia conectan los consumidores por medio de contactos electrónicos. La diferencia entre ambos resalta, en especial, durante el proyecto de la derivación a consumidores:

Contactores semiconductores

- Completos, con disipadores integrados, no requieren montajes posteriores de partes.
- Se conectan como aparatos de maniobra de baja tensión.
- Clase de protección IP 20.
- Cumple con las disposiciones de las normas VDE 0660, Parte 109 e IEC 158–2.

Relé electrónico de potencia

- El usuario es responsable de la selección del disipador y, dado el caso, de su montaje.
- Por lo general, sin protección contra contacto accidental.
- Clase de protección IP 00.
- No cumple con la norma VDE 0660, Parte 109, ni con la IEC 158–2.

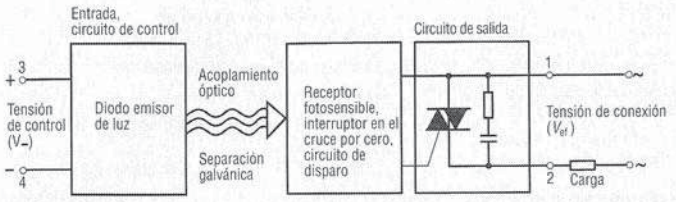


Figura 3.7/38
Diagrama en bloques de un contactor semiconductor 3RF1

Funcionamiento

En la figura 3.7/38 se representa el diagrama funcional de un contactor semiconductor 3RF1. El uso de optoacopladores para controlar los semiconductores de potencia, asegura la separación galvánica entre el circuito de control y el de potencia.

Operación

Se pueden diferenciar los siguientes contactores semiconductores:

- contactor semiconductor con conexión en el cruce por cero
- contactor semiconductor con conexión instantánea

Según el tipo de carga a conectar, se selecciona uno u otro modo de operación.

Contactor semiconductor con conexión en el cruce por cero

En estos contactores la carga no se conecta inmediatamente a la tensión de red cuando se aplica la tensión de control. Esto sucede recién cuando la tensión de red es menor que un valor límite cercano al cruce por cero (Figura 3.7/39). Este modo de operar resulta muy apropiado para cargas óhmicas (por ejemplo, calefactores o lámparas incandescentes). Como en estos casos el desfasaje entre la tensión y la corriente es cero o muy pequeño, la conexión se realiza en el cruce de cero de la tensión y la corriente. Esto significa una carga reducida tanto para los semiconductores de potencia como para la red de alimentación, porque la corriente después del cruce por cero aumenta en forma sinusoidal.

Contactor semiconductor de conexión instantánea

Al aplicar la tensión de control, los semiconductores conducen inmediatamente (Figura 3.7/40).

Se prefiere este modo de operación para conectar cargas inductivas (por ejemplo, motores, transformadores, contactores), porque estas cargas producen un desfasaje entre la tensión y la corriente.

En cambio, si la conexión se realiza con un contactor semiconductor que conmuta en el cruce por cero, la misma se realizaría en el instante en el que la corriente en la carga se encuentra cercana a su valor máximo. Si bien el uso de un contactor de conexión instantánea no permite excluir esta posibilidad, la probabilidad de que ocurra realmente es muy reducida.

Tipos de control

De acuerdo con el análisis anterior se deben diferenciar, básicamente los siguientes controles:

- Control por paquete de oscilaciones
- Control por recorte del ángulo de conducción

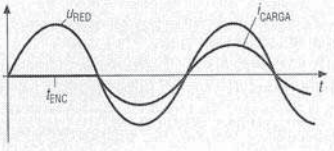


Figura 3.7/39
Curvas de la tensión de red y la corriente en la carga en un contactor semiconductor con conexión en el cruce por cero

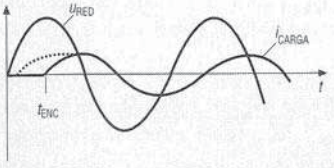


Figura 3.7/40
Curvas de la tensión de red y la corriente en la carga en un contactor semiconductor con conexión instantánea

Con los contactores semiconductores 3RF1 se puede realizar el control por paquete de oscilaciones, mientras que como aplicación típica del control por recorte del ángulo de conducción cabe señalar el arrancador SIKOSTART 3RW2 (Sección 3.7.14).

Control por paquete de oscilaciones

Para este tipo de control se utiliza un contactor semiconductor con conexión en el cruce por cero. Como se representa en la figura 3.7/41, la carga se conecta un cierto número de semiondas y luego se desconecta, el procedimiento se repite después de un intervalo.

En contraposición con el control por recorte del ángulo de conducción, en el control por paquete de oscilaciones se trabaja con semiondas sinusoidales completas y, por lo tanto, el contenido de armónicas generado es considerablemente menor, al igual que la carga sobre la red.

En condiciones ideales, el control por paquete de oscilaciones se utiliza en aquellas aplicaciones, en las que se debe regular el consumo de potencia de una carga de reacción lenta, sin que deba circular la corriente en forma continua (por ejemplo, un sistema de calefacción con una respuesta lenta).

Criterios de selección

Los contactores semiconductores 3RF1 se pueden utilizar para casi todas las aplicaciones:

- Contactores semiconductores de un polo con conexión en el cruce por cero:
  - tensión asignada de servicio:
    240 V C.A., 50/60 Hz
    y parcialmente 480 V C.A., 50/60 Hz
  - corriente asignada de servicio:
    de 10 a 100 A (AC-1)
  - tensión asignada de control:
    de 5 a 24 V C.C.
    de 200 a 240 V C.A.
- Contactores semiconductores de tres polos con conexión en el cruce por cero y conexión instantánea, en ejecución trifásica:

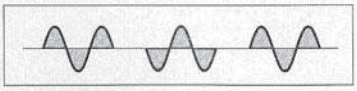


Figura 3.7/41
Curvas de tensión en un control por paquete de oscilaciones

  - tensión asignada de servicio:
    480 V C.A., 50/60 Hz
  - corriente asignada de servicio:
    de 25 a 80 A (AC-1)
  - tensión asignada de control:
    de 5 a 24 V C.C.
    de 100 a 120 V C.A. y de 200 a 240 V C.A., 50/60 Hz
  - sin o con dos contactos auxiliares

Cuando se debe comandar un motor con inversión de marcha con dos contactores semiconductores, al cambiar el sentido de giro se evita un cortocircuito con el accesorio para inversión de marcha 3RF1901–0: este accesorio impide la conexión simultánea de ambos contactores y un circuito de enclavamiento asegura una pausa de 100 ms en la conmutación.

Selección del contactor semiconductor

Según la clase de carga a conectar, la categoría de servicio y la frecuencia de maniobras, se deben diferenciar las siguientes categorías:

- Categoría de empleo AC-1 (cargas óhmicas, por ejemplo, calefactores):
  La selección se realiza directamente según el valor de corriente asignada de servicio I_e / AC-1 que se indica en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.
- Categoría de empleo AC-3 y AC-4 (por ejemplo, motores):
  La selección se realiza según los diagramas publicados en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, en los cuales, a diferencia de lo que sucede en la categoría AC-1, se tienen en cuenta las condiciones de servicio más duras.

Ejemplo de proyecto

En el ejemplo siguiente se detallan los pasos a seguir en la elección de un contactor semiconductor 3RF1.

Se trata de proyectar una derivación de un accionamiento con motor trifásico asincrónico, que debe arrancar 800 veces por hora, es decir, en promedio un arranque cada 4,5 s. Después de cada uno de estos arranques el motor tiene que quedar conectado a la red unos 1,125 s. El tiempo relativo de conexión ED se calcula con la expresión siguiente:

$$ED = \frac{1,125\,\text{s}}{4,5\,\text{s}} \cdot 100\% = 25\%$$

El motor tiene un tiempo de aceleración $t_{Arr.} = 0{,}2$ s. Por lo tanto, cuando el motor se desconecta se encuentra en servicio nominal, es decir, trabaja en un servicio AC-3.

Las demás características del accionamiento son las siguientes:

$I_n = 30$ A,

Corriente de arranque $I_A = 8 \cdot I_n = 240$ A.

La clase de servicio (en este caso AC-3), el número de maniobras por hora y la duración relativa de la conexión, determinan el diagrama que se utiliza para la selección del contactor semiconductor (ver el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens). En este caso se debe utilizar el diagrama de la figura 3.7/42.

Se debe asegurar que no se sobrecarga el contactor con la corriente de arranque del motor. Para la aplicación del ejemplo, según el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, la sobrecarga admisible de los contactores 3RF1 es de $6 \cdot I_e$.

De esta forma se determina I_e:

$I_e \geq I_A / 6 = 40$ A.

La corriente asignada de servicio I_e (punto de coordenadas sobre el eje vertical del sistema de la figura 3.7/42) y el tiempo de arranque del motor t_{Arr} (sobre el eje horizontal) alcanzan para seleccionar el contactor semiconductor adecuado.

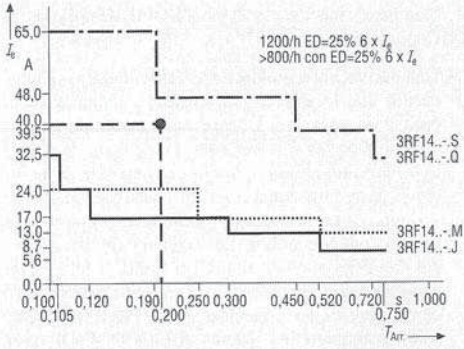


Figura 3.7/42
Diagrama de selección para contactores semiconductores en servicio AC-3 del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, utilizado en el ejemplo

El punto que se determinó en la intersección de las coordenadas, debe estar debajo de la curva de característica del contactor a elegir.

En el ejemplo considerado, los contactores 3RF14..-.S ($I_e = 120$ A) y 3RF14..-.Q ($I_e = 80$ A) satisfacen este requisito. Para definir el contactor que se utilizará, se consideran además los siguientes aspectos:

- Mando por corriente alterna
- Conexión instantánea
- Control en las tres fases

El conjunto de características define claramente el contactor con el número de pedido 3RF1433-1QA16.

3.7.16 Protección de cortocircuitos y tipos de coordinación en la aplicación de contactores

Cada fabricante de contactores tiene que informar en sus hojas de datos técnicos la protección contra cortocircuito que ofrecen sus aparatos.

Las normas IEC-947-4-1 y DIN VDE 0660, Parte 102, regulan los criterios de prueba válidos en diferentes países. Estas normas no diferencian entre protección contra cortocircuitos por medio de fusibles o de interruptores automáticos, sino, en forma genérica, señalan un "dispositivo de protección contra cortocircuitos".

Se diferencia entre las dos corrientes de prueba:

▷ Corriente de cortocircuito "real de la práctica" r

▷ Corriente asignada de cortocircuito I_q

La corriente de prueba r, es decir, la corriente de cortocircuito "real de la práctica", se escalona en función de la corriente asignada de servicio del contactor, referida a la clase de servicio AC-3 del contactor.

En la Tabla 3.7/14, la corriente de prueba r se coordina con la corriente asignada de servicio I_e de los contactores. Los valores de la corriente de prueba r se ajustan a las corrientes de cortocircuito que se producen en la práctica.

Los valores de la tabla permiten reconocer que, a mayor corriente asignada de servicio I_e del contactor, tanto mayor es la corriente de prueba r con la cual el fabricante debe ensayar el dispositivo de protección contra cortocircuitos.

Estas corrientes de prueba r corresponden a corrientes de cortocircuito reales de la práctica, porque los conductores de las conexiones se seleccionan de

Tabla 3.7/14 Relación entre la corriente de prueba r y la corriente asignada de servicio del contactor para la categoría de servicio A1C-3

Corriente asignada de servicio I_e/AC-3	Corriente de prueba r kA
$0 < I_e \leq 16$	1
$16 < I_e \leq 63$	3
$63 < I_e \leq 125$	5
$125 < I_e \leq 315$	10
$315 < I_e \leq 630$	18
$630 < I_e \leq 1000$	30
$1000 < I_e \leq 1600$	42

acuerdo con la corriente asignada de servicio y, por lo tanto, atenúan la corriente de cortocircuito en la forma correspondiente.

La intensidad de la corriente de prueba I_q, es decir, de la corriente de cortocircuito asignada, no se define en las normas mencionadas y, por eso, debe acordarse entre el usuario y el fabricante.

Cuando la corriente de prueba I_q supera la corriente de prueba r, por convención, el valor indicado en las hojas de datos técnicos del fabricante (por ejemplo, 50 kA), se considera como valor acordado.

Además de estas corrientes de prueba, las normas definen dos tipos de coordinación para contactores, que corresponden a dos grados diferentes de daños.

Para ambos tipos de coordinación se aplica lo siguiente:

En caso de cortocircuito, el dispositivo de protección debe desconectar en forma segura y exitosa la sobreintensidad que se produce, sin que las personas u otras partes de la instalación queden expuestas a riesgo alguno.

Coordinación tipo 1:
La derivación o salida a consumidores (por ejemplo, arrancador de motores) puede quedar inoperable después de cada desconexión por cortocircuito. Se admiten daños en el contactor y en el relé de sobrecarga. Además, una nueva puesta en servicio sólo podrá realizarse después de reparar o reemplazar los aparatos dañados.

Coordinación tipo 2:
Después de una desconexión por cortocircuito no se deben verificar daños en los aparatos de la derivación a consumidores. Como excepción se admite una ligera soldadura de los contactos del contactor, siempre que éstos se puedan separar fácilmente sin una deformación apreciable.

Un ejemplo de la aplicación de estos tipos de coordinación se muestra en la figura 2.1/18b de la Sección 2.1.6.

En ese caso se aumentó la potencia de alimentación y con ello la corriente de cortocircuito, esto también tiene consecuencias para el contactor de la combinación de arranque 3VH16. Las normas IEC 947-4-1 y DIN VDE 0660, Parte 102, establecen para el contactor de la combinación de arranque de un motor con una potencia de 11 kW o una corriente de casi 22 A, una corriente de prueba r de 3 kA.

Con el incremento de la corriente de cortocircuito en la derivación a consumidores de 2,9 kA (Figura 2.1/18a, Sección 2.1.6) a 3,1 kA (Figura 2.1/18b, Sección 2.1.6) se tendría que cambiar la coordinación de la combinación de arranque 3VH16 de tipo 2 a tipo 1. Pero, en la práctica, según el grado de daños, este debería ser un caso muy poco probable.

3.7.17 Sistema SIMOCODE-DP

3.7.17.1 Aplicación y componentes

El sistema SIMOCODE-DP (acrónimo de la expresión "**Si**emens **M**otor Protection and **C**ontrol **De**vice–**D**ezentrale **P**eripherie, es decir, dispositivo de protección y control de motores – periferia descentralizada) permite realizar estas funciones con una clara orientación al futuro y capacidad de comunicación para conectar con el bus PROFIBUS-DP (ver el Capítulo 5).

Una derivación a motores con capacidad de comunicación con la técnica convencional, requería en el pasado de relés de sobrecarga, un aparato de protección de motores con termistor, un detector de defecto a tierra, un módulo para la transferencia de la intensidad de la corriente con un conversor analógico – digital y un sistema de periferia descentralizada para la conexión al bus. En la actualidad, para realizar una derivación de motor orientada al futuro con capacidad de comunicación, con control completo, con supervisión y conexión al bus PROFIBUS-DP, sólo se requiere el sistema SIMOCODE-DP (ver también los esquemas de conexión de las figuras 9.4/6a y b en la Sección 9.4.4). Esto significa que no se requieren relés de sobrecarga ni unidades de evaluación con termistores, etc., adicionales.

El sistema SIMOCODE-DP abarca los siguientes componentes:

- Aparato básico
- Módulo de expansión
- Módulo de operación
- Programador manual
- Software WIN-SIMOCODE-DP
- Manual

Aparato básico

El aparato básico (Figura 3.7/43) con sus cuatro entradas y cuatro salidas realiza en forma autárquica todas las funciones de control, protección y establece la conexión con el bus PROFIBUS-DP. Las cuatro entradas se alimentan por medio de la fuente interna de 24 V C.C. A través de la interfaz del sistema se puede conectar un módulo de expansión, un módulo de operación, un programador manual o un PC. El aparato básico se encuentra disponible en tres ejecuciones distintas para tensiones de control de 24 V C.C., 115 ó 230 V C.A.

Módulo de expansión

El módulo de expansión (Figura 3.7/44) permite ampliar el sistema con 8 entradas y 4 salidas. Este módulo se alimenta desde el aparato básico.

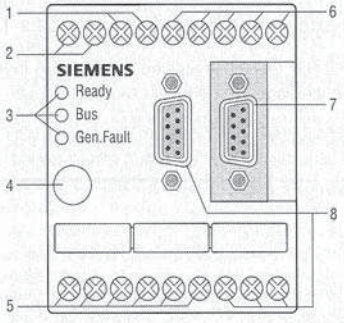


Figura 3.7/43
Aparato básico SIMOCODE-DP.

Las ocho entradas deben recibir la tensión de alimentación desde una fuente externa. Para esto se ofrecen tres ejecuciones de tensión distintas, 24 V C.C., 115 y 230 V C.A. Por medio de una interfaz de sistema se conecta con el aparato básico y por medio de una segunda interfaz, con un programador manual, un módulo de operación o con un PC.

Módulo de operación

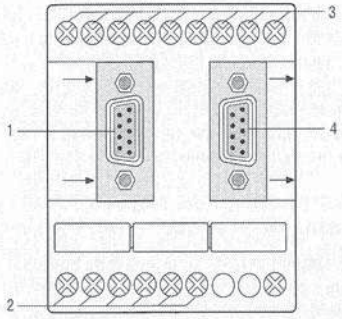
Este módulo (Figura 3.7/45) se utiliza para controlar un accionamiento desde un armario o tablero de mando o distribución. Se lo puede conectar con el aparato básico o con el módulo de expansión. La alimentación se realiza desde el aparato básico. En la interfaz del sistema se dispone de conexiones para un programador manual o un PC al puerto del sistema. El montaje se realiza en un panel frontal o en la puerta de un armario o tablero.

El módulo de operación se suministra con la clase de protección IP 54. Tiene tres teclas de mando y 6 LED de señalización.

Programador manual

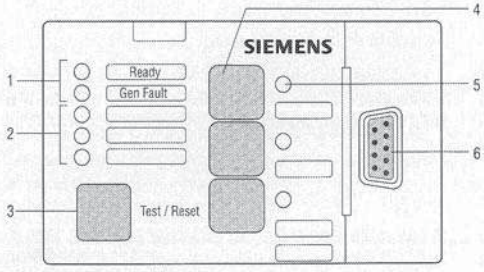
El programador manual se podrá conectar con el aparato básico, el módulo de expansión o el módulo de operación.

1 Conexión de un circuito de sondas de termistores para protección completa del motor
Opcional: conexión de un transformador de intensidad sumador para la vigilancia de defecto a tierra
2 Conexión de la tensión de alimentación de control 24 V C.C., 115 ó 230 V C.A.
3 3 LED indicadores
4 Prueba del aparato, reposición ("Reset") manual:
Reposición ("Reset") automático por ajuste de parámetros
Reposición ("Reset") a distancia a través del bus o entrada
5 3 + 1 salidas de relé:
Asignación de funciones por ajuste de parámetros,
NA/NC por adaptación de tensión
6 4 entradas con optoacoplador:
alimentación interna de 24 V C.C.,
con alimentación externa de 24 V C.C. se pueden aprovechar 3 entradas,
asignación de funciones por ajuste de parámetros
7 Interfaz del sistema: conexión del módulo de expansión, del módulo de operación y del programador manual o PC
8 Conexión del bus PROFIBUS-DP:
conector hembra SUB-D normalizado de 9 polos, bornes para módulos



1 Interfaz del sistema
Conexión con el aparato básico,
alimentación desde el aparato básico
2 3 + 1 salidas de relé:
Asignación de funciones por ajuste de parámetros
NA/NC por adaptación de tensión
3 8 entradas con optoacoplador:
con alimentación externa de 24 V C.C., 115 ó 230 V C.A., asignación de funciones por ajuste de parámetros
4 Interfaz del sistema: Conexión del módulo de operación, programador manual o PC.

Figura 3.7/44
Módulo de expansión SIMOCODE-DP



1 2 LED de estado
2 3 LED indicadores (amarillos),
asignación de funciones por ajuste de parámetros
3 Prueba del aparato, reposición ("Reset") manual
4 Teclas de mando, asignación de funciones por ajuste de parámetros
5 3 LED indicadores (verdes),
asignación de funciones por ajuste de parámetros
6 Conector hembra SUB-D normalizado de 9 polos, para conectar el programador manual o PC.

Figura 3.7/45
Módulo de operación SIMOCODE-DP

Se utiliza durante la puesta en servicio, diagnóstico y mantenimiento, por ejemplo, para el control manual (conexión/desconexión), visualización de corrientes y fallas, así como para ajustar los parámetros (ingreso de direcciones, velocidad de baudios, ajuste de la intensidad de la corriente, función de control, etc.).

Software WIN-SIMOCODE-DP

Software para puesta en servicio, diagnóstico y mantenimiento, opera con Windows 95 en cualquier PC compatible con el estándar AT.

Manual

Descripción detallada de las funciones de protección y control, así como de la interfaz de comunicaciones PROFIBUS-DP (Número de Pedido 3UF5700-0AA00-0 en idioma alemán y 3UF5700-0AA0-1 en idioma inglés).

3.7.17.2 Funciones para protección de motores

El sistema SIMOCODE-DP registra, a través de los transformadores de intensidad integrados en el sistema, al igual que un relé electrónico de sobrecarga, la corriente actual en cada fase del motor. Sólo seis variantes de aparatos básicos alcanzan para cubrir los rangos de ajuste entre 0,25 y 820 A.

Curva característica de disparo

La posibilidad de ajuste de las clases de disparo abarca desde la clase CLASS 5 hasta la clase CLASS 30 en seis niveles. De esta forma se obtiene un ajuste muy fino del tiempo de desconexión en relación con la dificultad de arranque. Así, se logra aprovechar de manera óptima los motores. En la clase CLASS 10 con cargas tripolares simétricas, desde el estado frío, el disparo se produce con 7,2 veces la intensidad de la corriente ajustada dentro de

los 10 s. En la clase CLASS 30, dentro de los 30 s. La corriente de disparo en el rango de corriente límite se encuentra entre 1,10 y 1,20 veces la intensidad de la corriente de ajuste (ver la figura 3.4/13, Sección 3.4.3.5). La variación en el tiempo de disparo en el rango de sobrecarga es, como máximo, del ±10 %. Con esto, el sistema SIMOCODE-DP cumple con las exigencias de la norma IEC 947.

Cargas asimétricas

Pequeñas asimetrías de la tensión de red provocan asimetrías mayores en las corrientes de los motores trifásicos asincrónicos. De esta forma, se genera un campo giratorio inverso que incrementa las pérdidas y, por lo tanto, se produce un aumento de la temperatura en los bobinados de estator y del rotor.

El sistema SIMOCODE-DP también detecta esta asimetría de las corrientes en el motor supervisado y produce el disparo anticipado de acuerdo con la curva característica para cargas bipolares cuando la asimetría alcanza el 40% (ver la figura 3.4/13b, Sección 3.4.3.5). De esta manera, también se evita la sobrecarga del motor en caso de una falta de fase.

Carga unipolar (monofásica)

El sistema SIMOCODE-DP está diseñado para proteger motores trifásicos asincrónicos. Si se lo utiliza para proteger motores monofásicos, se debe asegurar que el microprocesador sólo tenga en cuenta una fase.

A este efecto, al establecer los parámetros del sistema SIMOCODE-DP, se lo debe programar para un motor monofásico.

Protección de motor con termistor

El sistema SIMOCODE-DP ofrece, además de la protección contra sobrecargas, la posibilidad de supervisar la temperatura de los bobinados del motor por medio de un circuito con termistores PTC o NTC. De esta manera, se logra proteger "en forma integral" al motor, en especial, cuando el servicio es muy exigente. Tal es el caso, por ejemplo, cuando se debe evitar que el sistema trabaje cuando el circuito refrigerador está obstruido o el funcionamiento provoca grandes variaciones en la temperatura de este motor. El sistema SIMOCODE-DP no sólo evalúa el estado de los conocidos termistores binarios, sino también permite operar con sensores térmicos analógicos. Estos sensores analógicos se caracterizan por una variación creciente de la resistencia en función del aumento de la temperatura que es más lineal. Este comportamiento tiene la gran ventaja de que se pueden establecer los parámetros en el sistema SIMOCODE-DP para obtener un umbral de aviso y uno de disparo.

El aparato también supervisa el circuito de sondas y produce el disparo cuando detecta un cortocircuito o ruptura en los cables del mismo, es decir, ofrece protección adicional ante bornes de conexión abiertos o de cable cortado.

Después de un disparo, el aparato estará en condiciones de admitir una nueva conexión cuando la temperatura del bobinado en el punto de montaje del sensor descendió 5K por debajo de la temperatura de reacción del termistor.

Supervisión de defecto a tierra

El sistema SIMOCODE-DP posibilita los siguientes tipos de supervisión de defecto a tierra:

- Detección interna del defecto a tierra por medio de transformadores de intensidad integrados: estos permiten reconocer, en conjunto con la protección de motor por termistor, corrientes de defecto en el servicio nominal que superan el 30% de la corriente ajustada I_e.
- Detección del defecto a tierra por medio de un transformador sumador externo que permite detectar corrientes de defecto de 0,3, 0,5 y 1 A. Para esto se debe seleccionar el aparato básico adecuado.

Valores límite de la corriente

Los valores límite ajustables de la intensidad señalan al personal técnico de procesos las condiciones críticas de la instalación de producción. Así, por ejemplo, la indicación "intensidad de la corriente por debajo del límite inferior" permite reconocer una posible ruptura del fleje (por ejemplo, en un tren laminador) y una sobrecarga, por ejemplo, en un mezclador, se reconoce por medio de la indicación "límite superior de la intensidad de la corriente excedido". El personal técnico podrá evitar, a través de estas indicaciones, una avería de la máquina e intervenir en el proceso de producción y tomar a tiempo las medidas correctivas correspondientes, por ejemplo, reducir la masa que agita el mezclador.

Protección contra bloqueo

La protección contra el bloqueo de los motores en servicio nominal se realiza por medio de la comparación con un valor de la intensidad de la corriente límite ajustada. El disparo se realiza sin retardo.

Reposición manual, a distancia y automática

La reposición ("Reset") del sistema SIMOCODE-DP se realiza con la tecla de "Prueba/Reposición" ("Test/Reset"). Una reposición a distancia se puede efectuar por medio de un pulsador conectado en una de las entradas a través del PROFIBUS-DP o con la tecla "Prueba/Reposición" ("Test/Reset") del módulo de operación.

Una reposición ("Reset") automática se podrá realizar por medio del ajuste de los parámetros correspondiente.

Tiempo de recuperación

El tiempo de recuperación debe posibilitar el enfriamiento del motor después de un disparo por sobrecarga. Este tiempo es de 5 minutos, pero con un adecuado ajuste de los parámetros se puede extender hasta 60 minutos.

Arranque de emergencia, establecer los parámetros de las funciones de protección para aviso

En instalaciones con un elevado grado de automatización, con frecuencia, es más importante el proceso de producción que el estado de un motor, porque la falla en la derivación a un motor de la cadena productiva secuencial puede producir graves perjuicios económicos al operador de la planta.

Para evitar este tipo de paradas por averías, todas las funciones del sistema SIMOCODE-DP pueden ajustarse para que operen como "aviso o alarma".

Otra posibilidad de lograr un arranque rápido de la instalación después de un disparo por sobrecarga, es el arranque de emergencia. Cuando se activa un arranque de emergencia, se borra por una única vez la memoria térmica del sistema SIMOCODE-DP y se puede realizar una reconexión inmediata de la derivación a motor.

3.7.17.3 Funciones de control

Protección contra sobrecarga y funciones de control del motor

En el sistema SIMOCODE-DP, además de la protección contra sobrecarga, se pueden realizar siete funciones diferentes de control. Estas funciones son las siguientes:

- Arrancador directo
- Arrancador inversor
- Arrancador estrella-triángulo
- Arrancador con conexión Dahlander
- Conmutador del número de polos del motor
- Control por válvula de corredera, accionamiento del regulador
- SIKOSTART (arranque suave)

Para todas estas funciones de control, además se podrán ajustar los parámetros para obtener servicio continuo o intermitente.

Todas las funciones se pueden implementar con el aparato básico, siempre que no se requieran más de cuatro entradas y cuatro salidas. Cuando el caso de aplicación lo requiere, podrá conectarse un módulo de expansión adicional que ofrece otras ocho entradas y cuatro salidas.

En el sistema SIMOCODE-DP, todos los enclavamientos y vínculos necesarios se encuentran integrados, por ejemplo, en el control por válvula de corredera (accionamiento del regulador), la desexcitación inmediata del motor cuando acciona el fin de carrera o el interruptor dinamométrico.

Con esto se obtienen las siguientes ventajas substanciales:

- Un programa de usuario más corto en el aparato de automatización, es decir, un proyecto más rápido con menos posibilidades de errores y ciclos de programa con tiempos de ejecución menores.
- Las funciones con tiempos críticos de la derivación de motor son independientes de los tiempos de propagación de las señales tanto en el nivel de automatización como en el tramo de transmisión.

Además, se pueden ajustar los tiempos de marcha en el arranque y la parada de los motores, así como también en el mando de correderas entre los fines de carrera.

En la Sección 9.4.4 se suministran los esquemas de conexión de los controles más importantes.

Conmutación manual – automática y liberación del mando

En servicio automático, las funciones de mando (por ejemplo, conexión, desconexión) comandan el SIMOCODE-DP por medio del PROFIBUS-DP. Las funciones de mando que provienen del armario o tablero de distribución (por ejemplo, del módulo de operación) o del comando periférico local, sólo se

ejecutan en esta clase de servicio cuando previamente se ajustaron los parámetros de liberación del mando correspondientes. En cambio, cuando se conmuta el nivel de automatización a servicio manual o si con un interruptor con cerradura manual/automático local se conmuta a manual, se ignoran las funciones de mando provenientes del bus y la derivación se puede comandar exclusivamente por medio del módulo de operación o por el comando periférico local.

Combinación, retardo y adaptación descentralizada de señales

La elevada flexibilidad del sistema SIMOCODE-DP se caracteriza, en especial, por las tres tablas de verdad integradas (cada una con tres entradas y una salida), dos temporizadores (0,5 s hasta 60 minutos, salidas con retardo a la conexión, retardo a la desconexión, paso a la conexión), dos contadores (0 hasta 65535), módulos de procesamiento de señales (nivel invertido sin memoria, flanco ascendente con memoria, flanco descendente con memoria) y módulos de adaptación de señales (tres módulos intermitentes, tres módulos parpadeantes).

Las entradas y salidas del sistema se pueden asignar a las funciones de control predefinidas, así como también a las tablas de verdad, los temporizadores y los contadores. Esto permite realizar una adaptación flexible de las funciones de control. El comportamiento NA/NC de las salidas se obtiene por medio de los módulos de procesamiento de las señales.

Arranque escalonado

Después de una caída de la tensión de red, las derivaciones a motores podrán conectarse nuevamente en forma escalonada en el tiempo. De esta manera, la instalación se vuelve a poner en servicio de manera rápida y dirigida.

3.7.17.4 Posibilidad de diagnóstico

El sistema SIMOCODE-DP determina y entrega en la salida a consumidores numerosos datos de servicio, de diagnóstico y estadísticos, que también se encuentran a disposición para su visualización. Entre los mismos se pueden señalar los siguientes:

- *Datos de servicio:*
  Corriente que circula actualmente en %, encendido, apagado, marcha a la derecha, marcha a la izquierda, velocidad lenta, velocidad rápida, corredera abierta, corredera cerrada, corredera en movimiento, aviso, falla, tiempo de enclavamiento en curso, tiempo de recuperación en curso.
- *Datos de diagnóstico:*
  Aviso/disparo por sobrecarga, aviso/disparo por protección de motor con termistor, aviso/disparo por defecto a tierra,
  protección contra bloqueo, límite inferior/superior de corriente excedido, error en el tiempo de marcha, error de antivalencia de válvulas de corredera, etc.
- *Datos estadísticos*
  Número de arranques del motor, horas de funcionamiento, número de disparos por sobrecarga, corriente que produjo el último disparo por sobrecarga en %, valor de la sonda de termistor, valor del contador.

Todos los datos pueden ser solicitados de la siguiente manera:

- En forma directa en el armario de distribución por medio de un display con LED del programador manual conectado con el módulo de operación o a través de PC con el programa WIN-SIMOCODE-DP.
- A través del nivel de automatización. El programa del usuario procesa los datos y, por ejemplo, los transfiere a los correspondientes sistemas de servicio y de visualización.

3.7.17.5 Conexión con el bus PROFIBUS-DP

El PROFIBUS-DP establece una potente comunicación entre el sistema SIMOCODE-DP y el nivel de automatización (ver también el Capítulo 5). Este es un bus abierto, independiente del fabricante, estandarizado en la norma EN 50 170. A través del cable de cobre bifilar se transmiten funciones de mando, así como datos de servicio, de diagnóstico, estadísticos y parámetros. Con los módulos de enlace óptico ("OLM") también se tiene la posibilidad de transmitir los datos por medio de cables de fibra óptica de vidrio o de material plástico.

El procesador de comunicaciones (CP/IM) incorporado en el aparato de automatización (AG) realiza la administración de los aparatos SIMOCODE-DP conectados al bus PROFIBUS-DP y conforma la interfaz con el programa del usuario.

El programa de usuario procesa los datos del SIMOCODE-DP para integrarlos en el control de la instalación y a continuación realiza la elaboración correspondiente.

Tabla 3.7/15
Datos técnicos del sistema SIMOCODE-DP con conexión a un bus PROFIBUS-DP

Número de estaciones	32 SIMOCODE-DP; con repetidores RS485 máximo 122 SIMOCODE-DP
Medio de transmisión	PROFIBUS-DP (EN 50170) Cable de cobre bifilar cableado, blindado o fibra óptica de material plástico o de vidrio
Distancia máxima de transmisión	9,6 km con cable bifilar, 100 km con fibra óptica de vidrio y 425 m con fibra óptica de material plástico
Velocidad de transmisión	9,6 / 93,75 / 187,5 / 500 / 1500 kBit/s

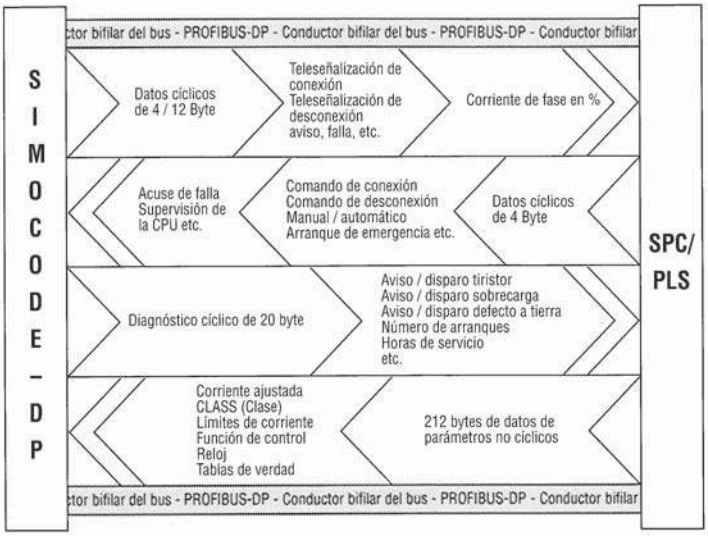


Figura 3.7/46
Tráfico de datos entre el sistema SIMOCODE-DP y un control de lógica programable (PLC) o un sistema de control de procesos industriales (PLS)

La Tabla 3.7/15 muestra los datos técnicos del sistema SIMOCODE-DP en conexión con el bus PROFIBUS-DP.

Tráfico de datos en el bus PROFIBUS-DP

Para alcanzar tiempos de transmisión cortos, el bus PROFIBUS-DP dispone de diferentes canales de datos. Por un canal de datos se transmiten cíclicamente 4/12 bytes desde el SIMOCODE-DP al nivel de automatización y viceversa. El nivel de automatización sólo lee los datos de diagnóstico de 20 bytes cuando se produce alguna modificaciones en el sistema SIMOCODE-DP, esto significa, el canal de diagnóstico se controla por eventos. Por medio de otro canal se envían los datos de parámetros con 212 bytes desde el sistema de automatización hacia el SIMOCODE-DP cuando el sistema de automatización comienza a funcionar (Figura 3.7/46).

3.7.17.6 Ajuste de parámetros

La integración de un sistema SIMOCODE-DP en una red PROFIBUS-DP se realiza de manera confor-

table a través del programa de servicios técnicos y ajuste de parámetros COM PROFIBUS S5 o STEP 7 a partir de la Versión 2[1].

El programa de servicios técnicos y ajuste de parámetros COM PROFIBUS opera en un PC. Con el archivo "NUEVO" ("NEU") se abre el sistema maestro y, a continuación, se agregan las diferentes estaciones esclavas, por ejemplo, el SIMOCODE-DP.

A continuación, con doble "clic" sobre el ícono "SIMOCODE-DP" se representa una lista de parámetros que permite ajustar todos los parámetros específicos de la derivación.

La dirección y la velocidad en baudios del sistema SIMOCODE-DP siempre se ajustan con el programador manual o por medio de un PC y el programa WIN-SIMOCODE-DP.

Todos los parámetros se podrán ajustar también con el programador manual o con PC y el programa WIN-SIMOCODE-DP conectado a la interfaz del sistema. Este procedimiento se recomienda, en especial, cuando se deben adaptar parámetros durante el servicio.

3.7.17.7 Otras funciones

Servicio autárquico

En caso de perturbaciones del sistema en el tramo de comunicaciones, el sistema SIMOCODE-DP pasa en forma automática a servicio manual. Al mismo tiempo y en función de los parámetros ajustados, se podrá desconectar la salida o derivación a consumidores o bien mantener el servicio. Todo control posterior se efectuará ahora por medio de la operación manual.

Función de prueba ("Test")

Con la tecla combinada de "Prueba/Reposición" ("Test/Reset") puede verificarse el funcionamiento debido del sistema SIMOCODE-DP dispuesto para el servicio. Cuando se pulsa esta tecla brevemente (menos de 1 s), se efectúa una prueba de las lámparas. Si la pulsación dura hasta 2 s, se realiza una prueba del hardware, detección de corriente y de la entrada de termistores o de la verificación de defecto a tierra. Si la tecla se pulsa hasta 5 s, se produce una prueba del transformador de intensidad, de la carga y del microprocesador sin desconectar la derivación. Al pulsar la tecla más de 5 s, se desconectan los relés de salida, y se prueba el sistema SIMOCODE-DP completo. En caso de que no circule corriente por el circuito principal, no se verifican el transformador de intensidad ni la carga.

Autosupervisión

El procesador del sistema SIMOCODE-DP se supervisa en forma continua. Cuando se detecta una falla, el sistema SIMOCODE-DP conmuta el consumidor a un estado seguro, de acuerdo con parámetros establecidos ("desconectado" o "mantener el estado de servicio" – comportamiento monoestable o biestable de los relés de salida).

Comportamiento de los contactos auxiliares en caso de caída de tensión

Cuando se produce una caída de la tensión del suministro, según la ejecución del sistema SIMOCODE-DP, podrá tenerse el siguiente comportamiento de los contactos auxiliares:

- Los contactos auxiliares pasan a la posición de "disparado", y al retornar la tensión de alimentación, se los puede controlar nuevamente.
  Para caídas de tensión breves, de hasta 200 ms, no se producen cambios en el estado de los contactos auxiliares. Estos aparatos del sistema SIMOCODE-DP se utilizan en instalaciones sin supervisión especial de la tensión de control.
- Los contactos auxiliares no cambian su estado. Los contactos sólo conmutan en caso de sobrecarga y tensión de alimentación disponible. Estos aparatos del sistema SIMOCODE-DP se utilizan en instalaciones donde se supervisa en forma separada la tensión de control.

Conductores pasantes

Las vías principales de corriente de los aparatos SIMOCODE-DP con rango de regulación de la corriente de hasta 100A, no se conectan en el aparato sino que, simplemente, se pasan a través de los transformadores de intensidad integrados en el aparato compacto. De esta manera, se evitan las pérdidas debidas a la resistencia de contacto de los bornes. Las aberturas tienen las dimensiones adecuadas para que puedan pasar todos los conductores de cobre aislados corrientes (10 mm de diámetro para intensidades de hasta 25 A y 15 mm, hasta 100 A).

[1] Software de configuración y ajuste de parámetros de la gama de productos del Grupo "Automatización" de Siemens, catálogo ST70 de Siemens

Insensibilidad a las corrientes armónicas

El sistema SIMOCODE-DP también puede proteger motores en derivaciones con arrancadores suaves, porque el sistema de sensores de la intensidad es insensible a las armónicas.

Rango de temperaturas

El sistema SIMOCODE-DP puede funcionar sin inconvenientes en ambientes con temperaturas desde -25 °C hasta $+60$ °C.

3.8 Conformación de salidas a consumidores con aparatos de maniobra de la serie SIRIUS 3R

Las derivaciones o salidas a consumidores con aparatos de maniobra de la línea SIRIUS 3R se componen de aparatos de maniobra y dispositivos de protección para operar motores u otros consumidores eléctricos, como máquinas herramienta, instalaciones de producción, máquinas impresoras, instalaciones de aire acondicionado, máquinas empaquetadoras automáticas, etc.

3.8.1 Aparatos para salidas a consumidores

Por lo general, los mandos de máquinas o determinadas partes de instalaciones eléctricas se accionan por medio de pulsadores y selectores manuales o en forma completamente automática por sistemas de automatización programables (PLC). En cambio, en los circuitos principales se utilizan, en gran medida, aparatos de maniobra con contactos.

Para las maniobras de servicio de los circuitos principales de motores u otros consumidores se emplean contactores, que operan con hasta 1000 maniobras por hora y tienen una vida útil de varios millones de ciclos operativos. Con estas premisas, se cumplen prácticamente todas las exigencias del servicio.

Para los casos de fallas, es decir sobrecargas o cortocircuitos, cada salida necesita además de dispositivos de protección y control adecuados.

La protección contra cortocircuitos debe interrumpir en el mínimo tiempo posible el circuito para evitar daños emergentes en la instalación. Ante una sobrecarga, la protección correspondiente debe desconectar con un cierto retardo (inversamente proporcional) para evitar que cualquier sobrecarga breve en la salida provoque una desconexión de la misma.

En el pasado, como protección contra cortocircuitos se empleaban preponderantemente fusibles y como protección contra sobrecargas, relés térmicos.

En la actualidad, estos dispositivos pueden reemplazarse por modernos interruptores automáticos que poseen una capacidad de ruptura en cortocircuito muy elevada, una gran limitación de la corriente de cortocircuito y protección contra sobrecargas regulable, que les permite asumir las funciones de protección contra cortocircuitos y sobrecargas.

El interruptor automático y el contactor son los aparatos principales de una salida a consumidores, que asumen las siguientes funciones en el circuito principal:

- ▷ Desconexión de la red durante tareas de mantenimiento o cambios que deban realizarse en la instalación.
- ▷ Maniobras de servicio de las salidas.
- ▷ Evitar o limitar los daños al producirse un cortocircuito.
- ▷ Protección contra sobrecarga de las salidas y de la instalación

3.8.2 Criterios de selección para los aparatos de las salidas

La principal premisa para las salidas de consumidores es que los aparatos empleados, interruptor automático y contactor, tengan una adecuada coordinación de sus características técnicas y comportamiento (ver la Sección 3.4.4.2). No alcanza con que los aparatos se seleccionen de acuerdo con sus valores nominales de corriente, tensión y capacidad de ruptura en cortocircuito. También deben tenerse en cuenta su corriente de ruptura limitada, intervalo de conducción de la corriente, valores I^2t-admisibles y pendiente de la corriente di/dt.

En caso de cortocircuito, al estar correctamente coordinados ambos elementos, el contactor apoya la acción del interruptor automático, de forma tal que la capacidad de ruptura de la combinación *interruptor automático-contactor* es mayor que la del interruptor solo.

La definición de qué interruptor debe ser combinado con qué contactor, debe quedar establecida durante el desarrollo en el campo de pruebas del fabricante.

Los aparatos de maniobra de la línea SIRIUS 3R de Siemens fueron desarrollados con este criterio, y no sólo están coordinados en sus características eléctricas sino también en su diseño y dimensiones.

Por lo tanto, los interruptores automáticos 3RV1 y los contactores 3RT1 no sólo se emplean como aparatos individuales sino, en especial, como salidas completas a consumidores.

3.8.3 Configuración de salidas convencionales a consumidores

La conformación de salidas a consumidores con interruptor automático 3RV1 y contactor 3RT1 se realiza como hasta ahora con aparatos encastrados sobre riel (perfil) DIN EN 50022 en forma contigua y cableado local durante el montaje (Figura 3.8/1).

Todos los aparatos se diseñan de forma tal que puedan trabajar con su corriente de servicio asignada plena hasta una temperatura ambiente de 60 °C montados sin espacios laterales intermedios. Esta forma de montaje es importante desde el punto de vista del ancho que ocupan los aparatos en los armarios o tableros. Es por eso que los interruptores automáticos 3RV1 y los contactores 3RT1 tienen un ancho constructivo mínimo uniforme para todos los aparatos con la misma corriente nominal.

Este montaje tiene el inconveniente de que los aparatos de una misma salida, por ejemplo, para el motor M1, no pueden asignarse claramente en forma visual y, además, de que el lugar requerido y los tiempos de cableado necesarios son relativamente elevados.

Estos inconvenientes pueden evitarse con el uso de módulos de conexión para las salidas a consumidores (ver la Sección 3.8.4).

3.8.4 Montaje de salidas a consumidores con módulos de conexión

Se obtienen menores tiempos de montaje y ahorro de espacio cuando las salidas a consumidores se conforman con un interruptor automático 3RV1 y un contactor 3RT1, y se utilizan los módulos de conexión prearmados correspondientes.

El interruptor automático y el contactor se disponen uno debajo del otro, y se interconectan y vinculan mecánicamente con un módulo de conexión.

El interruptor se fija en el tablero encastrándolo sobre el riel DIN EN 50 022 y el contactor se fija al interruptor por medio del módulo de conexión.

En el caso de aparatos con dimensiones mayores o cuando se pueden producir esfuerzos vibratorios o cargas de choque, se podrá colocar debajo de la salida a consumidores un adaptador para riel adicional que se encastra en otro riel DIN o se fija con tornillos sobre la bandeja de montaje.

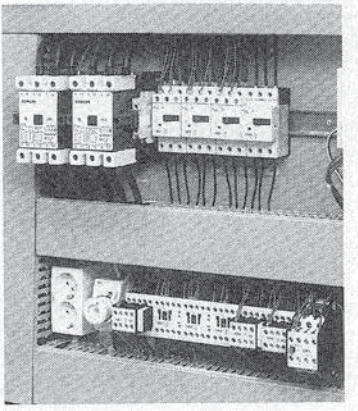


Figura 3.8/1
Montaje convencional de una salida a consumidores compuesta por interruptores automáticos 3RV1 y contactores 3RT1

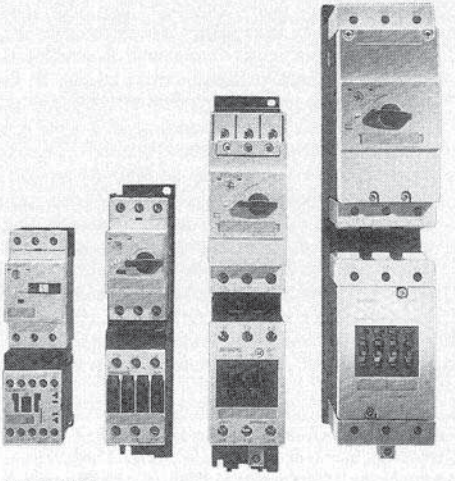


Figura 3.8/2
Salidas a consumidores con aparatos de la serie SIRIUS 3R (arrancadores directos)

Además, el módulo de conexión permite realizar un prolijo cableado de los conductores de control externos y el adaptador, tender los cables de control debajo de los aparatos de maniobra.

De esta forma, las salidas a consumidores de hasta 45 kW con 400 V se pueden montar en forma rápida y sencilla.

La figura 3.8/2 muestra, como ejemplo, arrancadores directos compuestos por interruptores automáticos 3RV1 y contactores 3RT1 de la serie SIRIUS 3R y tamaños constructivos S00, S0, S2 y S3.

Con estos cuatro tamaños constructivos, se pueden conformar salidas sumamente compactas para maniobrar motores desde 3 kW hasta 45 kW en 400 V.

En la Tabla 3.8/1 se resumen las relaciones entre tamaños constructivos, anchos de los aparatos y potencias que pueden ser maniobradas por las salidas a consumidores.

El montaje de salidas a consumidores con módulos es posible tanto para arrancadores directos (Figura 3.8/3) como para arrancadores con inversión de marcha. Para estos últimos se encuentran disponibles para los cuatro tamaños constructivos, además de los módulos de conexión, otros para el cableado, que permiten realizar un conexionado sencillo tanto para el circuito principal como para el circuito de mando. El empleo de estos módulos de cableado provistos de fábrica permiten evitar errores en las conexiones y aseguran un uso correcto de estos aparatos, tanto desde el punto de vista electromecánico como térmico. En la figura 3.8/4 se muestra, por ejemplo, una salida a consumidores conectada como combinación de arranque con inversor, con aparatos, módulos de conexión, módulos de cableado, disparadores y contactos auxiliares, así como soportes de los aparatos.

Como los contactores 3RT1 de los inversores también se pueden enclavar mecánicamente, no es imprescindible un enclavamiento eléctrico por intermedio de los contactos auxiliares de los contactores. Estos contactos auxiliares podrán usarse para otros fines y el cableado de mando, integrado en el módulo de cableado, puede ser desconectado. El módulo de cableado sólo se empleará para el circuito principal.

Cuando se emplean módulos de conexión y de cableado, los aparatos pueden usarse con su intensidad asignada de servicio plena y una temperatura ambiente de hasta 60 °C.

Tabla 3.8/1
Tamaños constructivos y ancho de los aparatos, así como potencias de motores para salidas a consumidores con aparatos de la serie SIRIUS 3R

Tamaños constructivos de aparatos	Ancho constructivo mm	Potencias de motores para salidas a consumidores de 400 V kW
S00	45	3; 4; 5,5
S0	45	5,5; 7,5; 11
S2	55	15; 18,5; 22
S3	70	30; 37; 45

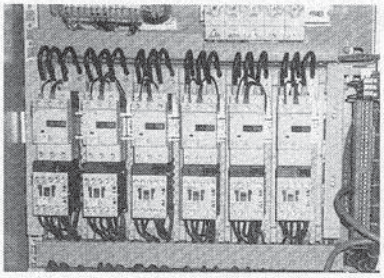
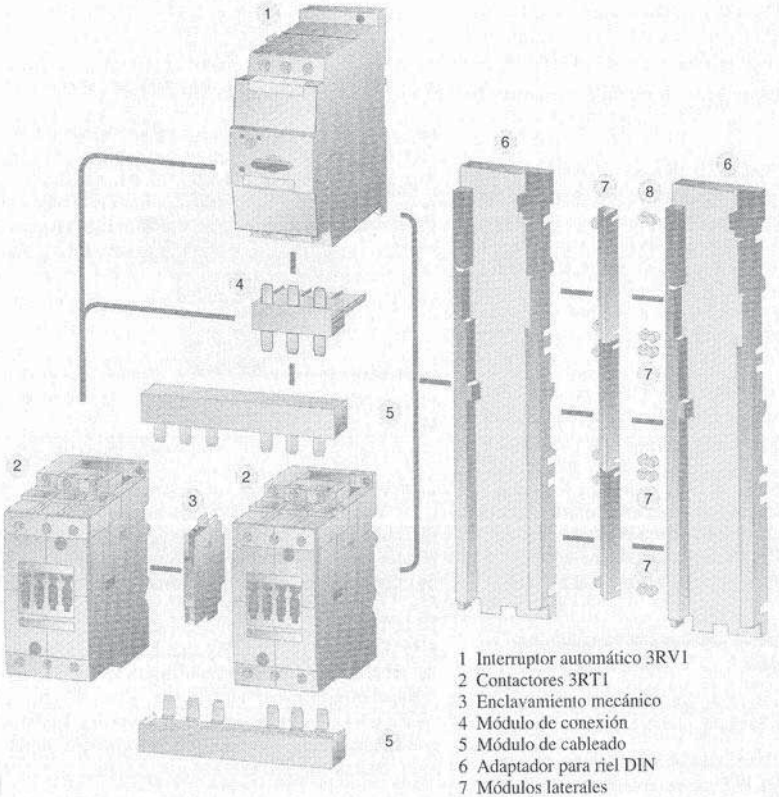


Figura 3.8/3
Salidas a consumidores con módulos de conexión y de cableado sobre adaptadores de barras colectoras

Para un número mayor de salidas a consumidores, cuya entrada deba conectarse al mismo circuito, es conveniente emplear sistemas de barras colectoras y los correspondientes módulos de adaptación (Figura 3.8/5).

Sobre el juego de barras colectoras con distancias entre centros de las barras de 40 a 60 mm, se encastran adaptadores prefabricados, los cuales ya tienen montada la salida completa y cableada. Esta salida sólo requiere de la conexión del circuito externo de mando y las salidas de potencia, tareas que se realizan en el lugar de montaje.

Cuando la alimentación debe hacerse a través de un interruptor automático, que se proyectará para maniobrar la suma de las corrientes de cada derivación, también se podrá utilizar el sistema de barras colectoras y los correspondientes adaptadores. De esta forma el sistema de barras colectoras puede desconectarse de la tensión sin que circule corriente cuando deban agregarse nuevas derivaciones o modificar las existentes.



1 Interruptor automático 3RV1
2 Contactores 3RT1
3 Enclavamiento mecánico
4 Módulo de conexión
5 Módulo de cableado
6 Adaptador para riel DIN
7 Módulos laterales
8 Piezas de acople

Figura 3.8/4
Representación de una salida inversora y los accesorios disponibles para el armado

El ensamblado mecánico y el cableado eléctrico de las salidas a consumidores con los aparatos mencionados se pueden hacer en este caso localmente con los módulos de montaje, de cableado y de adaptación.

Accesorios como contactos auxiliares, de alarma y bobinas de apertura por tensión se encastran fácilmente en el lugar de montaje sobre el aparato básico.

3.8.5 Salidas a consumidores 3RA1 armadas en fábrica

Se suministran variantes usuales de salidas directas o inversoras prearmadas en fábrica. El fabricante realiza el montaje de los aparatos, los conecta y ensaya la unidad completa. De esta forma, el usuario reduce notablemente sus costos de proyecto, de pedido y de pruebas.

Los arrancadores directos e inversores de Siemens se suministran completos de fábrica como combinaciones de arranque con la denominación genérica 3RA1 e incluyen los módulos de conexión, de cableado y los adaptadores de barras.

Estas salidas prearmadas se montan simplemente en un armario o tablero sobre el sistema de barras colectoras y sólo requieren el cableado externo. Los contactos auxiliares o disparadores que se necesiten, podrán montarse posteriormente. Cuando se deba

Figura 3.8/5
Salida prearmada en fábrica 3RA1 como salida directa a consumidores con adaptador para barras colectoras

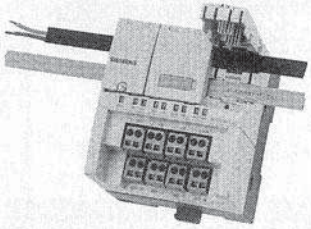


Figura 3.8/6
Módulo AS-i – 4E 4S para 230 V

modificar la salida o realizar reparaciones, con sólo desconectar el cableado externo y desmontar la combinación completa se la podrá reemplazar por otra.

3.8.6 Salidas a consumidores con capacidad de comunicación

Los PLC asumen en su mayor parte el control de instalaciones cuando la complejidad es media o alta.

Hasta ahora las conexiones de los módulos de entrada y de salida del PLC a los aparatos se realizaba con cableado individual. En la actualidad, se emplean para esto sistemas de bus.

Así, por ejemplo, el sistema de bus AS-Interface se utiliza como acoplamiento del PLC a la jerarquía inferior de los sistemas de campo (ver el Capítulo 5). Con este sistema se reducen en gran medida el gasto y el material necesarios para el cableado.

Los sensores como los detectores de proximidad BERO (ver la Sección 6.3) tienen posibilidades de acoplamiento directo al sistema de bus AS-i. Para que también puedan conectarse actuadores como los aparatos de maniobra convencionales de las salidas a consumidores, se requieren los así denominados módulos AS-Interface (Figura 3.8/6).

Estos módulos con 4 entradas y 4 salidas (4E/4S) son apropiados para aparatos de maniobra con tensiones nominales de alimentación de control de 24 V C.C. hasta 230 V C.A. De esta manera, los módulos pueden maniobrar en forma directa contactores grandes sin el empleo de interfaces especiales.

El conexionado al módulo AS-i se realiza mediante sólo dos líneas del bus. Por una línea se transmiten las señales del bus y se suministra la tensión de alimentación a la electrónica interna y por la otra se alimentan los aparatos de maniobra por las 4 salidas que pueden operar hasta 230 V y una corriente nominal I_e de 2 A con AC-15.

El cableado de las entradas y salidas de los módulos AS-i hacia las salidas se debe realizar en paralelo.

Para la conexión de las salidas a consumidores 3RA1 al sistema AS-i se dispone de un módulo especial de derivación a las salidas (ver la figura 5.3/10 en la Sección 5.3). Este módulo AS-i para salidas de la serie SIRIUS 3R permite conectar en forma sencilla y económica estos equipos a sistemas de automatización de niveles superiores. (ver también la Sección 5.3.2).

De esta forma, las salidas a consumidores prearmadas en fábrica (Sección 3.8.5) del tipo 3RA1 se pueden convertir sencillamente en salidas con capacidad de comunicación. En el lugar de montaje sólo se requiere encastrar los módulos AS-i de salida a consumidores sobre los rieles DIN EN 50022 e interconectarlos con los conductores del bus AS-i.

3.9 Bornes de conexión

Aplicación y características

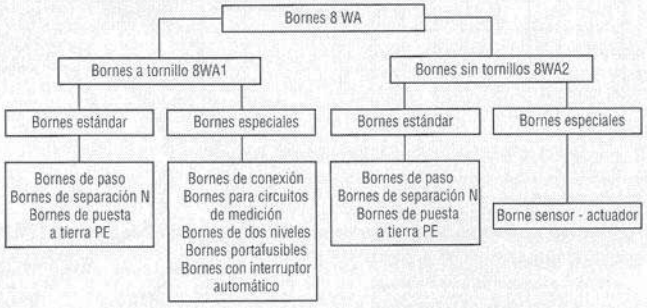
Los bornes se emplean para conectar conductores de entrada y salida en armarios o tableros de distribución de baja tensión ahorrando espacio y tiempo. Los bornes a tornillo 8WA1 se suministran en tamaños para conductores con secciones de 2,5 a 180 mm^2. Los bornes a resorte tipo jaula ("Cage Clamp"®) 8WA2 sin tornillos se suministran para conductores con secciones desde 1,5 a 6 mm^2 (Figura 3.9/1).

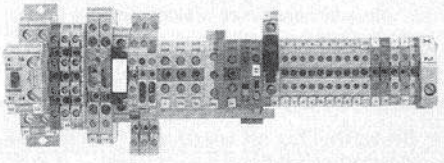
Ambas ejecuciones de bornes tienen las siguientes características:

- ▷ encastrables sobre el riel de 35 mm según la norma DIN EN 50022-35,
- ▷ construcción simétrica que evita la alineación previa al montaje sobre el riel,
- ▷ el borne está cerrado de ambos lados, lo que hace innecesario los bloques terminales y se evitan posibles cortocircuitos entre bornes adyacentes,
- ▷ sistema uniforme de identificación para bornes entre 1,5 y 70 mm^2.

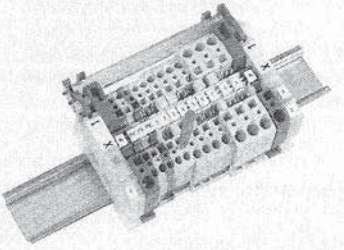
Los sistemas de conexión de ambas ejecuciones bien realizados y conectados no requieren de ningún mantenimiento. En la serie de bornes con tornillos 8WA1, una pieza elástica asegura una presión constante; de forma tal que no es necesario reajustar luego los tornillos. En la serie de bornes sin tornillos 8WA2, la lámina de presión tipo jaula asume esta función.

En el sistema de bornes sin tornillos 8WA2, la conexión frontal (ángulo de 15° entre el destornillador y la entrada del conductor) y un sistema de conexiones transversales compuesto por sólo 3 piezas (Figuras 3.9/2 a y b) permiten utilizar el mismo destornillador con bornes para secciones de 1,5 a 6 mm^2.





a) Bornes de paso con tornillos 8WA1 (2,5 a 6 mm^2)



b) Bornes de paso sin tornillos 8WA2 (2,5 a 6 mm^2)

Figura 3.9/1
Programa de bornes 8WA y ejemplos

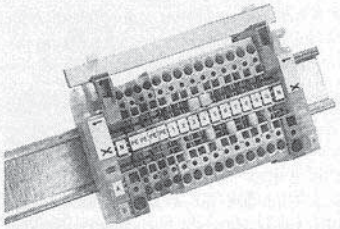


Figura 3.9/2 a
Regleta de bornes sin tornillos, con bornes de paso (para dos potenciales), bornes PE y N seccionadores.
- Potencial 1: bornes contiguos (desde 2,5 a 4 y 6 mm^2) pueden ser interconectados con el mismo tipo de puente.
- Potencial 2: con puentes y barras de conexión para puentear cualquier borne de paso de 2,5/4 y 6 mm^2

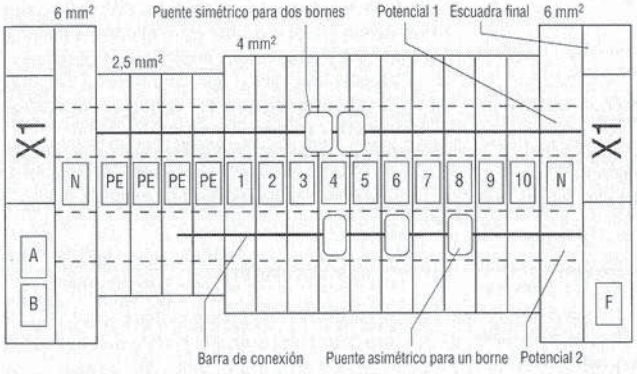


Figura 3.9/2 b
Sistema de conexión transversal sin tornillos. Representación simplificada de la regleta de bornes de la figura 3.9/2 a

Esto significa una importante simplificación en el montaje.

Ambas ejecuciones presentan borneras estándar y borneras especiales que mantienen todas estas características sobresalientes.

Bornes estándar 8WA1 y 8WA2

Los bornes estándar son los siguientes:

▷ Bornes de paso con tornillos 8WA1 para secciones de 2,5 a 180 mm^2 (Figura 3.9/3):
- Borne individual.
- Bloque de 3 bornes (2,5 a 35 mm^2), por ejemplo, para circuitos trifásicos.
- Bloque de 10 bornes (2,5 a 4 mm^2), por ejemplo, para circuitos de mando o control.

▷ Bornes de paso sin tornillos 8WA2 para secciones de 2,5 a 6 mm^2.

▷ Bornes de diferentes colores para identificar determinados circuitos.

▷ Bornes de separación N con punto de prueba incorporado que permite realizar mediciones de aislamiento sin desconectar el conductor.

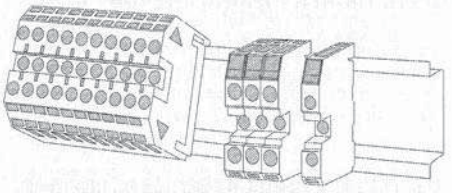


Figura 3.9/3
Bornes con conexión por tornillos 8WA1 para 2,5 mm^2 como borne individual, bloques de 3 y de 10 bornes montados sobre riel de 35 mm, según la norma DIN 50022

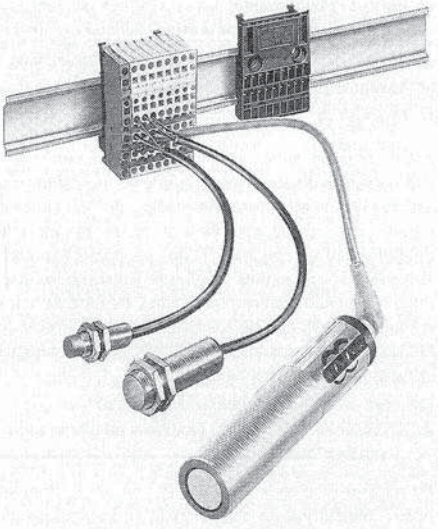


Figura 3.9/4
Bornes sensor – actuador con barras de conexión y módulos de interconexión montados sobre riel DIN de 35 mm

▷ Bornes PE con centrado automático y contacto seguro del conductor de protección independiente de las dimensiones del riel de PE.

Bornes especiales

En la serie 8WA1 se dispone de los siguientes bornes especiales:

▷ Borne con portafusible para protección contra cortocircuitos con fusible de repuesto en un soporte adosado.

▷ Borne seccionable para facilitar la separación de circuitos a los efectos de realizar mediciones.

▷ Bornes de dos pisos e instalación para conectar bornes adicionales cuando el riel está acotado en su longitud.

▷ Bornes seccionables de medición (bornes para transformadores) para conectar instrumentos de medición o aparatos de control a los transformadores (ver también la Sección 9.7.1).

▷ Bornes para componentes electrónicos, por ejemplo, potenciómetros, LED.

▷ Bornes con interruptor de protección con disparadores por sobrecarga y cortocircuito (termomagnético), o sólo cortocircuito (magnético) para circuitos de mando o control (ver también la Sección 9.7.2).

En la ejecución 8WA2 se dispone de un borne especial con las siguientes características:

▷ Borne sensor – actuador, a pesar de su reducido ancho de sólo 5 mm, se adapta para conectar detectores de proximidad BERO (Sección 6.3) con hasta 3 conductores y blindaje. La conexión se realiza desde el frente. Los puntos de conexión se identifican con colores. Los bornes con contactos elásticos tipo jaula ("Cage Clamp"®) permiten conectar en forma segura y sencilla conductores de 0,14 a 1,5 mm^2 sin terminales (Figura 3.9/4). Los módulos especiales de interconexión reducen el cableado a un mínimo (Sección 9.7.3).

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se publican datos técnicos completos de todos los bornes estándar y especiales.

4 Criterios de selección para aparatos de maniobra de baja tensión en circuitos auxiliares

Los aparatos de maniobra para circuitos auxiliares se utilizan para mandos, señalización y enclavamientos. Son, en primer lugar, aparatos de mando, contactores auxiliares, contactos auxiliares de los aparatos de maniobra para circuitos principales, así como, relés de tiempo. A los aparatos de maniobra para circuitos auxiliares se imponen, además de las exigencias eléctricas, otras de distinta naturaleza, que comprenden los diversos accionamientos, las clases de protección, contactos apropiados a sus funciones y, no menos importante, su diseño. Además de esto, se presupone que su montaje es sencillo, que las denominaciones de sus bornes son claras e inequívocas y que su técnica de conexión ahorra tiempo y gastos. Los aparatos de mando, los detectores de proximidad, los interruptores fines de carrera, los contactores auxiliares, los transformadores de mando, los bornes y los relés de tiempo de Siemens cumplen con estas exigencias en forma óptima.

4.1 Tensiones de accionamiento en circuitos auxiliares

Las tensiones de accionamiento normalizadas, las tolerancias admisibles de la tensión y las fuentes de tensión se describen en la Sección 2.1.1, así como en las normas DIN EN, DIN VDE y en las Publicaciones IEC.

4.1.1 Seguridad de contacto con tensiones bajas

La seguridad de contacto depende, entre otros factores, del estado del punto de contacto y del valor de la tensión. Cuando la tensión y la corriente son reducidas, por lo general, se pierde el efecto de autolimpieza del contacto debido al arco de desconexión. Partículas aislantes en el punto de contacto o capas extrañas que ensucian el material del contacto pueden perturbar e incluso impedir el contacto eléctrico. Las capas de suciedad que se forman sobre las superficies de los materiales de contacto son, por lo general, tan delgadas, que tensiones de unos pocos voltios las perforan y, por lo tanto, no causan problemas. Sin embargo, cuando las tensiones son bajas y se conectan varios contactos en serie, no pueden excluirse eventuales inseguridades de contacto.

Una elevada seguridad de contacto es muy importante para un correcto funcionamiento conjunto de mandos que contienen circuitos electrónicos y contactos mecánicos. Para lograr una elevada confiabilidad de contacto en mandos con tensiones de 24 V C.C. y corrientes de algunos mA, se requieren medidas especiales como las siguientes:

- ▷ Evitar contactos en serie.
- ▷ Elección de materiales de contacto adecuados, por ejemplo, plata y compuestos con elevado contenido de plata.
- ▷ Elevada presión entre las superficies de contacto lograda por medio de formas adecuadas de las mismas.
- ▷ Movimiento deslizante del contacto móvil.
- ▷ Montaje en recintos sin polvo o instalación encapsulada.

Las características constructivas de los contactos auxiliares de los aparatos de maniobra de Siemens satisfacen estas exigencias y así aseguran una elevada confiabilidad de contacto. Todos los contactos auxiliares de los contactores auxiliares, así como los aparatos de mando, interruptores fines de carrera y los contactos auxiliares de los contactores de corriente alterna están equipados con contactos especiales que cumplen con estos requisitos.

4.1.2 Medidas a tomar en circuitos auxiliares con tensión inestable

La tensión de mando derivada del circuito principal puede interrumpirse o caer debajo de los límites admisibles por periodos breves cuando se produce un cortocircuito en el lado de alta tensión, una desconexión selectiva en caso de cortocircuito en el lado de baja tensión o al arrancar en forma directa motores de gran potencia. Para asegurar un servicio continuo de los aparatos de maniobra dependientes de la tensión y subsanar los problemas mencionados pueden aplicarse las medidas siguientes:

- ▷ Contactores con dispositivo de retardo en la desconexión

Los contactores auxiliares 3RH1 y los contactores para corriente alterna 3RT1 pueden suministrarse con un dispositivo separado de retardo en la desconexión. Los tiempos de retardo para 110 y 230 V, 50 a 60 Hz, varían, según su ejecución, entre 0,1 y 1,2 s (ver el catálogo Aparatos y Sistemas de Siemens).

▷ Contactores auxiliares 3RH1 con retención mecánica

Después de la conexión, el contactor auxiliar se retiene por medios mecánicos en la posición de conectado y permanece cerrado, aún cuando falla la tensión. La conexión y la desconexión pueden efectuarse en forma manual o eléctrica. Al retornar la tensión, debido a la "memoria" del contactor con retención mecánica, el programa de producción puede continuar inmediatamente su desarrollo sin tiempos de reposición.

▷ Elementos de acoplamiento para controles electrónicos

Se dispone de contactores especiales para arrancar motores trifásicos con potencias asignadas de hasta 11 kW a 400 V controlados por sistemas electrónicos. Estos contactores tienen las siguientes características principales:

- Amplio campo de trabajo de las bobinas, desde 17 hasta 30 V C.C.,
- Menor potencia (reducida) asignada de las bobinas,
- Protección contra sobretensiones de conexión integrada en el circuito de la bobina.

▷ Disparadores (bobinas) de mínima tensión con retardo en la desconexión

▷ Los disparadores (bobinas) de mínima tensión de los interruptores automáticos pueden suministrarse con un dispositivo de retardo en la desconexión (disparador rc). El tiempo de retardo es del orden de 1 s y se obtiene por medio de una unidad con condensadores. Este tiempo se puede ajustar mediante puentes entre 1 y 3 s.

4.2 Condiciones de servicio

4.2.1 Categorías de servicio según DIN VDE, EN e IEC

En las normas DIN VDE 0660, Parte 200/07.92, EN 60947-5-1 e IEC 947-5, se indican las categorías de servicio de los interruptores para circuitos auxiliares (Tablas 4.2/1 y 4.2/2). Dichas categorías establecen claramente, en función de la tensión asignada de servicio U_e, la corriente asignada de servicio I_e, el número de maniobras y el ciclo de pruebas, el campo de aplicación de los aparatos de maniobra.

4.2.2 Particularidades que deben tenerse en cuenta en la selección y el empleo de aparatos de baja tensión en Canadá y EE.UU.

Los contactos auxiliares se aprueban, por lo general, según CSA y UL para "Standard duty" (servicio estándar) o "Heavy duty" (servicio pesado) y se caracterizan con esta indicación en conjunto con la máxima tensión admisible o con los símbolos correspondientes (Tabla 4.2/3).

Ejemplo

NEMA "relay" *A600* significa: Contactor auxiliar intensidad de la corriente permanente: 10 A, tensión alterna máxima admisible en servicio: 600 V (distancias de aislamiento y de fuga para 600 V C.A.) y una capacidad de conexión de 7200 VA.

En los catálogos de Siemens se indica para los diversos aparatos que los interruptores y contactos auxiliares, a partir de una tensión determinada, sólo pueden emplearse con *igual potencial*. Esto significa que los bornes de entrada sólo se deben conectar al mismo polo de la alimentación de tensión de mando, por ejemplo, "AC 600 V above AC 300 V same polarity" significa: Para tensiones de 300 a 600 V C.A. únicamente al mismo potencial.

En EE.UU. y Canadá, el tendido de los cables de alimentación con aislamiento de goma se realiza, en especial, para las máquinas herramienta y de fabricación, en tubos de acero de paredes gruesas semejantes a las cañerías de agua potable o de gas. Este sistema de cañerías debe estar completamente sellado y tener conductividad eléctrica (uniones y codos especiales). Esta cañería también se utiliza para la puesta a tierra y, por lo tan-

Tabla 4.2/1
Categorías de servicio para el mando de aparatos de maniobra según la norma DIN VDE 0660, Parte 200/07.92, EN 60947-5-1

Clase de tensión:	Categoría de servicio	Caso típico de aplicación
Alterna	AC-15	Mando de carga electromagnética (> 72 VA)
Continua	DC-13	Mando de electroimanes

Tabla 4.2/2
Verificación de la capacidad de conexión/desconexión de aparatos de maniobra según la norma DIN VDE 0660, Parte 200/07.92, EN 60947-5-1, Condiciones para la conexión/desconexión según las categorías de servicio AC15 y DC13

Clase de tensión:	Categoría de servicio	Condiciones normales						Condiciones anormales[1]					
		Conexión			Desconexión			Conexión			Desconexión		
		I/I_e	U/U_e[3]	$\cos\varphi$	I/I_e	U/U_e[3]	$\cos\varphi$	I/I_e	U/U_e[3]	$\cos\varphi$	I/I_e	U/U_e[3]	$\cos\varphi$
Alterna	AC-15[2]	10	1	0,3[4]	1	1	0,3[4]	10	1,1	0,3[4]	10	1,1	0,3[4]
				$t_{0,95}$	I/I_e		$t_{0,95}$			$t_{0,95}$	I/I_e		$t_{0,95}$
Continua	DC-13[5]	1	1	$6 \cdot P$[6]	1	1	$6 \cdot P$[6]	1,1	1,1	$6 \cdot P$[6]	1,1	1,1	$6 \cdot P$[6]

I Corriente de conexión o de desconexión
I_e Corriente asignada de servicio
U Tensión antes de la conexión
U_e Tensión asignada de servicio
$t_{0,95}$ Tiempo en milisegundos hasta alcanzar el 95% de la corriente permanente
$P = U_e \cdot I_e$ (Potencia permanente en W)

[1] Las condiciones anormales deben reprodicir el estado de un electroimán bloqueado en posición de abierto.

[2] Cuando la intensidad de la corriente de desconexión difiere de la de conexión, la duración de la conexión de 50 ms se refiere a la corriente de conexión y luego se reduce la corriente al valor de la de desconexión durante un tiempo adecuado, por ejemplo, 0,05 s.

[3] Las primeras 50 maniobras deben realizarse para $U/U_e = 1{,}1$ con la carga ajustada para U_e.

[4] Los factores de potencia (cos φ) son valores convencionales válidos para circuitos de prueba que simulan las características eléctricas de los circuitos de las bobinas.

[5] Cuando se comprueban las condiciones anormales de aparatos de maniobra sin contactos, se debe utilizar la protección contra sobrecargas recomendada por su fabricante.

[6] El valor "6 · P" se obtiene de una relación empírica que corresponde a la mayoría de las cargas magnéticas de corriente continua hasta el límite máximo de $P = 50$ W, con 6 (ms/W) · P(W) = 300 ms. Las cargas que superan una potencia asignada de 50 W se componen de varias más pequeñas conectadas en paralelo. Por lo tanto, 300 ms representan un valor límite superior independiente de la potencia. La constante de tiempo máxima de los aparatos de maniobra sin contactos debe ser de 60 ms.

to, las entradas para cables de las cajas de fundición o de chapa que tienen rosca Pg, deben equiparse con piezas de acople metálicas que permitan adaptar ambos tipos de rosca, por ejemplo, "rosca Pg-rosca gas".

Las piezas de acople necesarias se indican entre los accesorios de los aparatos. Salvo que se indique lo contrario se las debe solicitar por separado como partes adicionales. Las aberturas libres se pueden cerrar con los tapones habituales.

4.2.3 Protección contra cortocircuitos en circuitosauxiliares

Según la norma VDE 0100, Parte 725, deben protegerse contra los efectos de los cortocircuitos tanto los aparatos como los conductores de los circuitos auxiliares.

En la selección de los dispositivos para proteger los aparatos, por ejemplo, contactos auxiliares, deben tenerse en cuenta las indicaciones del catálogo Aparatos y Sistemas de Siemens.

La norma DIN VDE 0100, Parte 430 suministra las indicacionesválidasparaseleccionarlosdispositivos de protección para cables y conductores (ver también la Sección 10.3.1).

La Tabla 4.2/4 muestra en un ejemplo la elección de la corriente asignada del fusible destinado a proteger cuatro contactos y un cable de cobre con 1,5 mm^2 de sección en un circuito auxiliar (bornes con termomagnético incorporado para la protección de cables en circuitos auxiliares, ver la Sección 9.7.2).

Según la norma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1), se deben cumplir los siguientes requisitos:

Cuando se tienen tensiones bajas y conductores largos o secciones pequeñas, así como en los circuitos eléctricos alimentados por transformadores de potencias reducidas (por ejemplo, circuitos de mando o circuitos que se conectan a la fuente de tensión a través de dispositivos de protección de alta impedancia, se tiene que calcular la corriente de cortocircuito permanente mínima I_k que se puede presentar y utilizar su valor para la selección del fusible de protección.

4.2.4 Protección de transformadores de mando contra cortocircuitos y sobrecargas

Cuando se conectan transformadores de mando, en función del momento de conexión, de la carga y del diseño del transformador, podrán producirse elevados

Tabla 4.2/3
Identificación de los interruptores para circuitos auxiliares o contactos auxiliares según CSA y UL

Homologación según la clase de carga	Valores asignados máximos por polo				
	Tensión	Capacidad de:		Corriente permanente	Símbolo
		"Conexión"	"Desconexión"		
	V	A	A	A	
Heavy Duty (Servicio pesado – abreviaturas: HD o HVY DTY)	C.A. 120	60	6	10	A 150
	C.A. 240	30	3		A 300
	C.A. 480	15	1,5		A 600
	C.A. 600	12	1,2		A 600
	C.C. 125	2,2	2,2		N 150
	C.C. 250	1,1	1,1		N 300
	C.C. 600	0,4	0,4		N 600
Standard Duty (Servicio estándar – abreviaturas: SD o STD DTY)	C.A. 120	30	3	5	B 150
	C.A. 240	15	1,5		B 300
	C.A. 480	7,5	0,75		B 600
	C.A. 600	6	0,6		B 600
	C.C. 125	1,1	1,1		P 150
	C.C. 250	0,55	0,55		P 300
	C.C. 600	0,2	0,2		P 600
–	C.A. 120	15	1,5	2,5	C 150
	C.A. 240	7,5	0,75		C 300
	C.A. 480	3,75	0,375		C 600
	C.A. 600	3	0,3		C 600
	C.C. 125	0,55	0,55		Q 150
	C.C. 250	0,27	0,27		Q 300
	C.C. 600	0,1	0,1		Q 600
–	C.A. 120	3,6	0,6	1	D 150
	C.A. 240	1,8	0,3		D 300
	C.C. 125	0,22	0,22		R 150
	C.C. 250	0,11	0,11		R 300

picos transitorios de corriente que, en algunos casos, pueden alcanzar valores de 20 a 40 veces la intensidad de su corriente asignada (extracorriente de conexión).

Esto debe tenerse presente para la selección de los dispositivos de protección contra cortocircuitos y sobrecargas.

Los dispositivos de protección del primario no deben dispararse a causa de esta corriente de conexión, los que, sin embargo tienen que reaccionar con la rapidez necesaria para que una sobrecarga o un cortocircuito no sobrecargue térmicamente al transformador y, por lo tanto, no perjudique su aislamiento, hecho que puede poner en peligro al usuario.

Esto significa que la ejecución del transformador determina cuáles son los dispositivos de protección que deben emplearse. Además de la posibilidad de proteger los transformadores Siemens tipo 4AM, 4AN y 4AT con fusibles DIAZED®, su diseño especial permite utilizarlos en circuitos de mando sin fusibles porque las intensidades de su corriente de conexión y de cortocircuito se adaptan a las curvas características de disparo de los interruptores automáticos 3VF. La coordinación transformador de mando-dispositivo de protección se indica en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens y en la publicación "Transformadores para disposiciones sin fusibles" N° de Pedido E20001-P285-A416.

Tabla 4.2/4
Ejemplo de la protección contra cortocircuitos de un circuito auxiliar

Esquema del circuito	Contactos auxiliares	Máxima corriente asignada de los fusibles (Datos del fabricante)[1] A	Máxima corriente asignada a seleccionar para los fusibles A
		–	6[1]
	Relé térmico de sobrecarga	10	
	Interruptor de mando	16	
	Contactor K2 (por ejemplo, para enclavamiento)	10	
	Contacto auxiliar del interruptor automático	6	
	Bobina del contactor	16	

[1] La intensidad de la corriente asignada mínima de cada fusible en un circuito auxiliar determina la corriente asignada máxima para la derivación completa

4.3 Condiciones de servicio de aparatos de maniobra de baja tensión en circuitos auxiliares

4.3.1 Formas de evitar perturbaciones en circuitos de mando con contactores

Comandos definidos

Para que los contactores cierren y abran correctamente se requiere un comando definido. Esto, con frecuencia, no se puede asegurar cuando se emplean aparatos que suministran comandos inestables como, por ejemplo, termostatos y controladores, en especial, si los aparatos quedan sometidos a sacudidas o vibraciones. Los comandos inestables hacen vibrar al contactor. Los contactos pueden soldarse porque el contactor cierra y abre con una frecuencia elevada y, por lo tanto, se sobrecargan térmicamente.

En los casos en los que no se pueden evitar los comandos fluctuantes del aparato de mando, se recomienda emplear un contactor intermedio con retardo en la desconexión.

El esquema de conexión básico se suministra en la Sección 9.1.5.1.

Enclavamientos apropiados para evitar cortocircuitos

En los arrancadores con inversión del sentido de rotación y estrella–triángulo, resulta imprescindible efectuar enclavamientos para evitar cortocircuitos al conmutar de un contactor al otro. Siempre debe tenerse en cuenta que, tanto los aparatos de mando como los contactores deben enclavarse entre sí. En caso contrario, el arco de desconexión del contactor que abre todavía puede mantenerse al cerrar el otro. Por esta razón, podrán producirse cortocircuitos entre las fases, lo cual puede ocasionar la soldadura de los contactos del contactor que cierra.

En las Secciones 9.3 y 9.10.1 del Capítulo 9, "Esquemas de conexión básicos" se representan circuitos que, con enclavamientos probados, ofrecen una conmutación segura de los arrancadores estrella-triángulo.

Forma de evitar caídas de tensión en los circuitos de accionamiento

Según la norma DIN VDE 0660, Parte 102 e IEC 158 los contactores deben trabajar sin inconvenientes aun con $0{,}85 \cdot U_S$ (U_S = tensión asignada de alimentación del circuito de mando). Si cuando cierra el contactor se produce una caída de tensión, mayor que el 15% admisible (contactores 3TF/3RT: 20%), por ejemplo, porque se conecta una carga grande en una red inestable, el contactor puede vibrar al reducirse momentáneamente la tensión en el instante en el que se tocan los contactos principales. Esta vibración se produce porque, al disminuir la tensión debajo de los límites admisibles, la fuerza magnética no alcanza para cerrar correctamente el contactor. Por lo tanto, el contactor cierra y abre con una frecuencia de hasta dos veces la de la red, y los arcos de desconexión que se producen lo sobrecargan térmicamente. El contactor puede retenerse en una posición tal que los contactos sólo se tocan y podrán soldarse.

Los registradores gráficos que con frecuencia se instalan para supervisar la tensión en una instalación, son muy lentos para registrar caídas de tensión de esta índole durante el servicio. Incluso los instru-

mentos de hierro móvil o de bobina móvil tienen una inercia muy elevada para suministrar una lectura exacta.

Estas caídas de tensión sólo pueden medirse con osciloscopios y otros aparatos de medición electrónicos.

En la fase del proyecto de las instalaciones de maniobra de baja tensión no sólo deben tenerse en cuenta las corrientes estacionarias, sino también las corrientes de conexión de las cargas que se conectan simultáneamente y las de las grandes cargas.

Las tensiones en todas las partes de la instalación, es decir, incluso en el transformador principal de red, en los conductores del secundario (circuito principal), en los transformadores de mando y en los conductores de los circuitos de mando, pueden controlarse durante el proyecto, por ejemplo, con el siguiente esquema:

Caída de tensión en los conductores del circuito de mando en el instante de conexión

La ecuación básica de la tensión:

$$U = I \cdot R_{SL} \cdot 2 l_{SL} \cdot \cos \varphi_{conex.}$$

permite calcular la caída de tensión en los conductores del circuito de mando:

$$u_{SL} = \frac{S_{conex.} \cdot l_{SL}}{5 \cdot U_S^2} R_{SL} \cdot \cos \varphi_{conex.} \qquad (4.1)$$

En estas expresiones se tienen:

u_{SL} Caída de tensión en los conductores del circuito de mando, en %

$S_{conex.}$ Potencia de conexión del contactor, en VA (valores del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens)

l_{SL} Longitud de un conductor (una dirección) del circuito de mando, en m

U_S Tensión asignada de alimentación del circuito de mando, en V

R_{SL} Resistencia óhmica por conductor y km de los cables del circuito de mando, en Ω/km (los valores se suministran en la Sección 10.3.5)

$\cos \varphi_{conex.}$ Factor de potencia de la bobina del contactor durante la conexión (los valores se suministran en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens)

Caída de tensión media en el transformador de mando

La caída u_{ST} de un transformador de mando seleccionado correctamente es la siguiente:

$u_{ST} = 5\%$,

(Ver las Secciones 2.1.1 y 4.3.5).

Caída de tensión en los conductores del circuito principal en el secundario del transformador

La caída de tensión en el secundario del transformador se calcula con la expresión siguiente:

$$u_L = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l_L}{10 \cdot U_n} (R_L \cos \varphi + X_L \varphi). \qquad (4.2)$$

En esta expresión se tiene:

u_L Caída de tensión en los conductores del circuito principal, en %

I Intensidad máxima de la corriente al conectarse el consumidor, en A

l_L Longitud de un conductor del circuito principal, en m

U_n Tensión asignada (por ejemplo, tensión de vacío en el secundario del transformador de red), en V

R_L Resistencia óhmica por conductor y km de los cables del circuito principal, en Ω/km (los valores se suministran en la Sección 10.3.5)

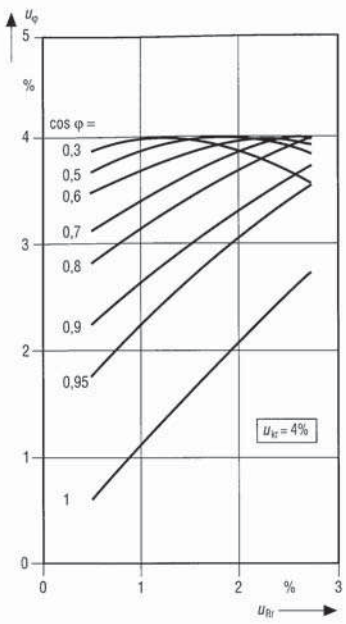
$\cos \varphi$ Factor de potencia para la corriente de arranque del motor

$\operatorname{sen} \varphi$ Factor de la potencia reactiva (los valores correspondientes al $\cos \varphi$ se suministran en la Tabla 4.3/1

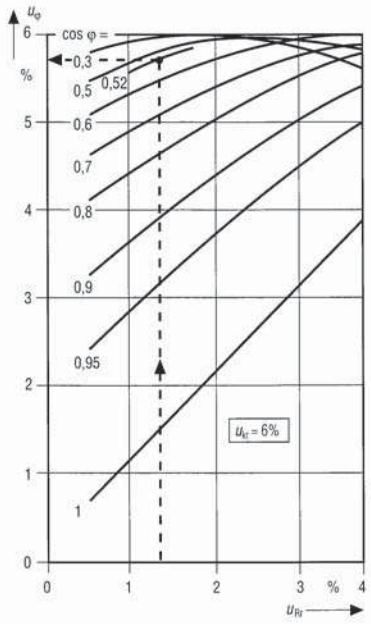
X_L Reactancia inductiva por conductor y km de los cables del circuito principal, en Ω/km (los valores se suministran en la Sección 10.3.5)

Tabelle 4.3/1
Valores promedio para $\cos \varphi$ y $\operatorname{sen} \varphi$ para las corrientes de arranque de motores trifásicos asincrónicos

Motores con corrientes asignadas de:	$\cos \varphi$	$\operatorname{sen} \varphi$
hasta 16 A	0,65	0,76
mas de 16 A	0,35	0,94



a) Tensión de cortocircuito de un transformador con $u_{kr} = 4\%$



b) Tensión de cortocircuito de un transformador con $u_{kr} = 6\%$

$$u_{Rr} = P_{krT}/S_{nT}\,100\,(\%) \quad (4.3)$$

P_{krT} Pérdidas de cortocircuito del transformador, en kW
S_{nT} Potencia asignada del transformador, en kVA

Figura 4.3/1
Variaciones de la tensión u_φ para diferentes tensiones de cortocircuito de los transformadores

Caída de tensión en las barras colectoras

La caída de tensión en las barras colectoras puede despreciarse para longitudes inferiores a 5 m. Para longitudes mayores, el cálculo se realiza con la fórmula siguiente:

$X_L = 0,25\ \Omega/\text{km}.$

Caída de tensión en el transformador de red

El cálculo de la caída de tensión en el secundario del transformador, causada por las caídas internas de tensión, se realiza con la fórmula siguiente:

$$u_\varphi = u'_\varphi + \frac{u''^2_\varphi}{200}.$$

en la que u'_φ y u''_φ se calculan con las expresiones siguientes:

$$u'_\varphi = u_X \sin\varphi + u_R \cos\varphi,$$

$$u''_\varphi = u_X \cos\varphi - u_R \operatorname{sen}\varphi.$$

en las que se tiene:

u_φ Variación de la tensión (en %) para transformadores comunes con u_{kr}=4% (Figura 4.3/1a) ó 6% (Figura 4.3/1b)

u_X Tensión de dispersión, en %, $(u_X = \sqrt{u_{kr}^2 - u_R^2})$

u_R Valor asignado de la caída de tensión óhmica, en %

u_{kr} Valor asignado de la tensión de cortocircuito, en %

φ ángulo de fase

Para una carga cualquiera I, la caída de tensión vale:

$$u_T = u_\varphi \cdot \frac{I}{I_n} \quad (4.4)$$

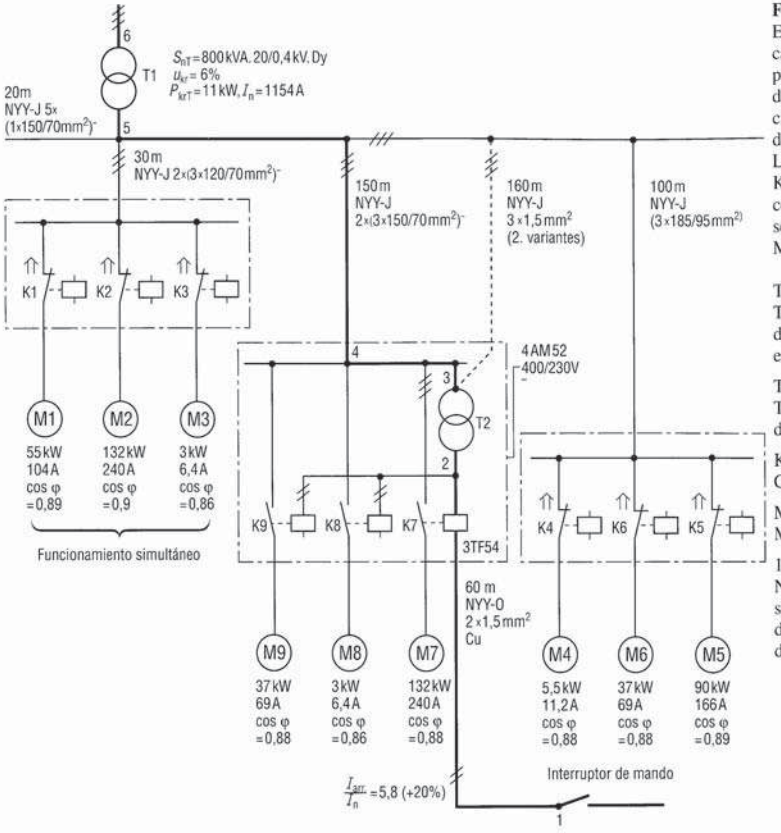


Figura 4.3/2
Ejemplo para el cálculo de posibles caídas de tensión en el circuito de mando de una instalación. Los NA de K1 a K6 se encuentran cerrados cuando se conecta el motor M7

T1
Transformador de red (impregnado en resina)

T2
Transformador de mando

K1 a K9
Contactor

M1 a M9
Motores

1 a 6
Nodos en los que se calculan las diferentes caída de tensión

En la que se tiene:

u_T Caída de tensión en el transformador, en %

u_φ Variación de la tensión, en %

I Corriente de carga cualquiera (por ejemplo, la corriente de breve duración que se produce durante el arranque de un motor), en A

I_n Corriente asignada (en el secundario del transformador), en A

La corriente I se calcula con la expresión siguiente:

$$I = \sqrt{I_w^2 + I_q^2} \qquad (4.5)$$

I_w Corriente eficaz, en A

I_q Corriente reactiva, en A

$$I_n = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \cdot U} \qquad (4.6)$$

con

I_n Corriente asignada (en el secundario del transformador), en A

S_{nT} Potencia asignada del transformador, en VA

U Tensión en el secundario del transformador, en V

Caída de tensión en la línea principal de alta tensión

Esta caída de tensión, por lo general, puede despreciarse.

Ejemplo (Figura 4.3/2)

Un transformador con una potencia de 800 kVA alimenta una instalación compuesta por 9 motores M1

Tabla 4.3/2
Carga total del transformador de la instalación de figura 4.3/2 al conectarse el motor M7.

Motores conectados previamente:	Corrientes de los motores (ver figura 4.3/2) A	cos φ (ver figura 4.3/2)	sen φ	Corriente activa $I_w = I \cdot \cos\varphi$ A	Corriente reactiva $I_q = I \cdot \operatorname{sen}\varphi$ A
M1	104 (Corriente asignada)	0,89	0,45	92,5	46,8
M2	240 (Corriente asignada)	0,9	0,43	216	103,2
M3	6,4 (Corriente asignada)	0,86	0,51	5,5	3,2
M4	11,2 (Corriente asignada)	0,88	0,48	9,8	5,3
M5	166 (Corriente asignada)	0,89	0,45	147,7	74,7
M6	69 (Corriente asignada)	0,88	0,48	60,7	33,1
Se conecta: M7	1670 (Corriente de arranque)	0,35	0,94	588	1579,2
Carga total sobre el transformador al conectar el motor M7:				1120,2	1845,5

a M9, los cuales arrancan en el orden correspondiente a su numeración. Los datos técnicos del transformador, de los motores y del circuito de mando con contactores se representan en la figura 4.3/2). El contactor K7 conecta el motor de mayor potencia, M7 (132 kW).

La caída total de la tensión se compone de las siguientes caídas parciales:

u_{SL} entre los nodos 1 y 2
u_{ST} entre los nodos 2 y 3
u_L entre los nodos 3 y 5
u_T entre los nodos 5 y 6

La carga total del transformador al conectar el motor M7 se indica en la Tabla 4.3/2

Los motores M8 y M9 se conectan posteriormente. La Tabla 4.3/3 contiene los valores conocidos y las operaciones intermedias del cálculo de las caídas de tensión.

Comprobación de las caídas de tensión

▷ Caída de tensión en los conductores del circuito de mando:

$$u_{SL} = \frac{S_{conex.} \cdot l_{SL}}{5 \cdot U_S^2} R_{SL} \cdot \cos\varphi_{conex.}$$
$$= \frac{1430 \cdot 60}{5 \cdot 230^2} \cdot 14,47 \cdot 0,34 = 1,6\%$$

▷ Caída de tensión en el transformador de mando T2:
$u_{ST} = 5\%$

▷ Caída de tensión en los conductores principales, en el lado del secundario del transformador

$$u_L = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l_L}{10 \cdot U_n} (R_L \cos\varphi + X_L \sin\varphi)$$
$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 1670 \cdot 150}{10 \cdot 400} (0,075 \cdot 0,35 + 0,04 \cdot 0,94)$$
$$= 6,9\%$$

▷ La caída de tensión en las barras colectoras puede despreciarse.

▷ Caída de tensión en el transformador principal T1

$$u_T = u_\varphi \cdot \frac{I}{I_n} = 5,75 \cdot \frac{2158,87}{1154} = 10,8\%$$

▷ La caída de tensión en la línea principal de alta tensión puede despreciarse.

Caída de tensión, valor total

La caída de tensión en el primario del transformador del circuito de mando T2 (entre los nodos 3 y 6) tiene un valor de:

$$u_L + u_T = 6,9 + 10,8 = 17,7\%$$

Esto significa que la tensión aplicada en el primario del transformador del circuito de mando (nodo 3) es la siguiente:

$$U_3 = 400 - \frac{17,7}{100} \cdot 400 = 329 \text{ V}.$$

Tabla 4.3/3
Valores conocidos y cálculos intermedios que permiten determinar las caídas de tensión

Magnitud	Valor	Tomado de:
Para ecuación (4.1):		
Tipo de contactor	3TF54	Figura 4.3/2
$S_{conex.}$	1430 VA	Catálogo[1]
$\cos \varphi_{conex}$	0,34	Catálogo[1]
l_{SL}	60 m, $q = 1,5\,mm^2$	Figura 4.3/2
U_S	230 V	Figura 4.3/2
R_{SL}	14,47 Ω/km	Sección 10.3.5
Para ecuación (4.2):		
l_L	150 m, 2 × 150 mm²	Figura 4.3/2
U_n	400 V	Figura 4.3/2
R_L	$\frac{0,15}{2}$ Ω/km con 70 °C	Sección 10.3.5
X_L	$\frac{0,08}{2}$ Ω/km	Sección 10.3.5
Conexión del motor M7		
$\cos \varphi$	0,35	Tabla 4.3/2
$\operatorname{sen} \varphi$	0,94	Tabla 4.3/2
$\frac{I_{arr.}}{I_n}$	5,8 + 20%[2]	Figura 4.3/2
I_n	240 A	Figura 4.3/2
$I_{arr.} = 5,8 \cdot 1,2 \cdot 240$	1670 A	
Para ecuación (4.3):		
P_{krT}	11 kW	Figura 4.3/2
S_{nT}	800 kVA	Figura 4.3/2
$u_{Rr} = \frac{P_{krT}}{S_{nT}} \cdot 100$	$\frac{11}{800} \cdot 100$	
u_{kr}	6%	Figura 4.3/2
u_φ	5,75%	Figura 4.3/1a
U_0	400 V	Figura 4.3/2
Para ecuación (4.4):		
$I_w = I \cdot \cos \varphi$	1120,2	Tabla 4.3/2
$I_q = I \cdot \varphi$	1845,5	Tabla 4.3/2
$I = \sqrt{I_w^2 + I_q^2}$	$\sqrt{1120^2 + 1845,5^2} = 2158,87$	
$\cos \varphi = \frac{I_w}{I}$	$\frac{1120,2}{2158,87} = 0,5188$	
Para ecuación (4.5):		
$I_n = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} \cdot U}$	$\frac{800000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1154\,A$	–

[1] Catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens
[2] Tolerancia admisible según la norma DIN VDE

Sobre la base de la tensión del primario del transformador del circuito de mando de 400 V se tiene la siguiente caída de tensión total:

$$u'_{3-6} = \frac{400 - 329}{400} \cdot 100 = 17,7\%.$$

La caída de tensión u_{1-6} del transformador T1 (nodo 6) hasta la bobina del contactor K7 (nodo 2) se compone de:

$$u_{1-6} = u_{SL} + u_{ST} + u'_{3-6} = 1,6\% + 5,0\% + 17,7\% = 24,3\%.$$

Con estos valores no puede garantizarse el funcionamiento correcto del contactor K7, porque $u_{1-6} > 20\%$ (la caída de tensión máxima admisible para los contactores 3TF es del 20%).

Modificación de la instalación

Para poder garantizar un funcionamiento correcto del contactor K7, puede modificarse la instalación de la siguiente manera:

- ▷ Utilizar un transformador de alimentación T1 de mayor potencia.
- ▷ Emplear cables de mayor sección entre los nodos 4 y 5.
- ▷ Tender un conductor de mando separado de 2 × 1,5 mm² entre el primario del transformador del circuito de mando T2 (nodo 3) y las barras colectoras (nodo 5). En la figura 4.3/2 se representó este conductor adicional con línea de trazos.

La caída de tensión del conductor adicional entre los nodos 3 y 5 se calcula con la ecuación siguiente:

$$u'_{SL} = \frac{S_{conex.} \cdot l}{5\,U_S^2} R_L \cdot \cos \varphi_{conex.},$$

con

$l = 160$ m m (Figura 4.3/2),

$U_S = 400\,V$,

Los valores de $S_{conex.}$, $\cos \varphi_{conex.}$ y R_L se obtienen de la Tabla 4.3/3.

Por lo tanto se obtiene el valor siguiente:

$$u'_{SL} = \frac{1430 \cdot 160}{5 \cdot 400^2} \cdot 14,47 \cdot 0,34 = 1,41\%.$$

En comparación con u_{SL}, la caída de tensión se reduce de la siguiente manera:

$$u_L - u'_{SL} = 6,9 - 1,41 \approx 5,49\%$$

Con lo cual, la caída de tensión total se reduce a:

$$u'_{1-6} = u_{1-6} - 5,49 = 24,3 - 5,49 = 18,8\%.$$

Es decir, al tender una línea adicional entre los nodos 3 y 5, se reduce la caída de tensión entre el transformador principal T1 y el transformador del circuito de mando T2 a $u_{1-6} < 20\%$ y, por lo tanto, el contactor K7 trabajará correctamente incluso cuando se conecte el motor M7.

4.3.2 Circuitos de mando con conductores largos, un diseño correcto evita problemas en el servicio

Cuando en los circuitos de mando se requieren conductores de gran longitud (por ejemplo, más de 100 m con 230 V C.A.), sólo se podrá asegurar un funcionamiento correcto de los aparatos cuando se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- ▷ Caída de tensión máxima admisible en conductores de mando.
- ▷ Influencia de la capacidad de los conductores en el accionamiento de los contactores con bobina para corriente alterna.
- ▷ Carga adicional en los contactos ocasionada por la corriente capacitiva de compensación (por ejemplo, en el caso de pequeños contactos en atmósfera protectora).
- ▷ Influencia de la impedancia de los conductores sobre el comportamiento del disparo por cortocircuito de los dispositivos de protección contra sobreintensidades (DIN VDE 0100, Parte 600).

Caída de tensión

Las bobinas de los contactores trabajan correctamente aun cuando la tensión de mando se reduce hasta el 85% del valor de la tensión asignada de accionamiento (para los contactores 3RH, 3RT, 3TC, 3TF de Siemens hasta 0,8 veces de dicho valor). Por lo general, la tensión de la red puede fluctuar hasta ± 10%. Por lo tanto, la caída de tensión en los conductores del circuito de mando no debe ser mayor que el 5% (para los contactores 3RH, 3RT, 3TC, 3TF de Siemens, hasta 10%). Para contactores con valores de tensión mínima ampliados se admiten caídas mayores.

El cálculo aproximado de la longitud simple admisible para los conductores $l_{adm.}$ se realiza con las siguientes fórmulas:

Para corriente alterna:

$$l_{adm.} = \frac{5 \cdot U_S^2 \cdot u_{SL}}{R_{SL} \cdot S_{conex.} \cdot \cos\varphi_{conex.}} \text{ (en m)},$$

Para corriente continua:

$$l_{adm.} = \frac{5 \cdot U_S^2 \cdot u_{SL}}{R_{SL} \cdot P_{conex.}} \text{ (en m)},$$

Los términos en estas formulas significan lo siguiente:

U_S Tensión asignada de alimentación del circuito de mando, en V

R_{SL} Resistencia óhmica por conductor del circuito de mando, en Ω/km

u_{SL} Caída de tensión en los conductores del circuito de mando, en %

$S_{conex.}$, $P_{conex.}$ Potencia de conexión del contactor, en VA o W (los valores se pueden obtener del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens)

$\cos\varphi_{conex.}$ Factor de potencia de la bobina del contactor, al conectar (los valores se pueden obtener del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens).

De estas ecuaciones se deduce lo siguiente:

A mayor tensión asignada de accionamiento de la bobina del contactor o sección de los conductores del circuito de mando (R_{SL} decreciente), también podrá ser mayor la longitud admisible de estos conductores).

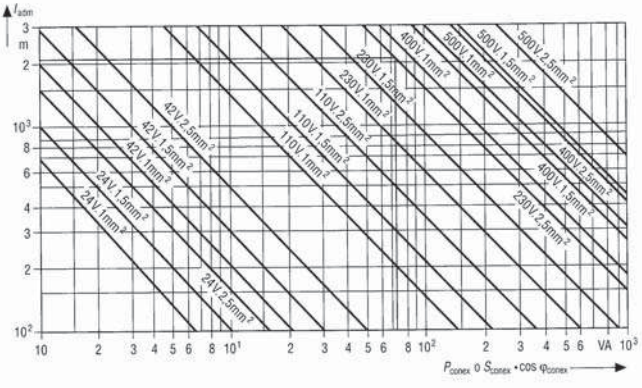
Cuando se aumenta la tensión nominal de accionamiento de las bobinas de corriente alterna de los contactores, debe tenerse en cuenta la influencia de la capacidad de los conductores.

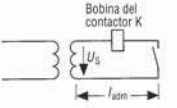
En la figura 4.3/3 se representa la longitud admisible $l_{adm.}$ de los conductores del circuito de mando con secciones normales, para distintas tensiones asignadas de alimentación U_S y una caída de tensión máxima admisible de $u_{SL} = 5\%$.

Influencia de la capacidad de los conductores sobre el accionamiento de los contactores de corriente alterna

Por lo general, la capacidad de los cables del circuito de mando, con dos o tres conductores, no tiene influencia negativa sobre el accionamiento de los contactores cuando el aparato de mando se encuentra en las cercanías de la alimentación (Figura 4.3/4).

Sin embargo, con frecuencia, se instala el contactor en las cercanías de la alimentación y el aparato de mando a una cierta distancia de la misma, por ejemplo, en el armario o tablero de mando (Figura 4.3/5).

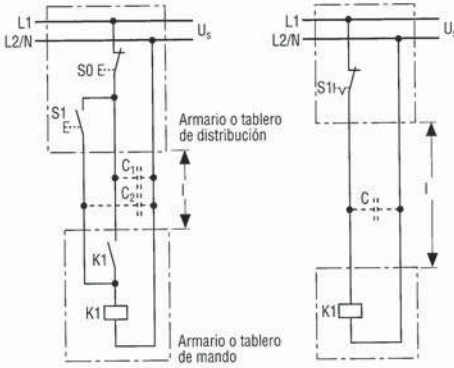




$P_{conex.}$ Potencia de conexión de C.C. de la bobina del contactor

$S_{conex.} \cdot \cos \varphi_{conex.}$ Potencia de conexión de C.A. de la bobina del contactor

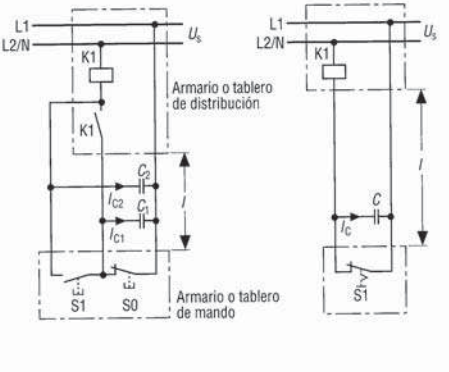
Figura 4.3/3
Longitud simple admisible l_{ad} de los conductores de cobre para el circuito de mando en función de la carga al conectar las bobinas de los contactores con diferentes tensiones de alimentación asignadas y secciones del cable. Caída de tensión admisible $u_{SL} = 5\%$.



a) Operación por medio de pulsadores
b) Operación por medio de interruptores de mando

C, C_1, C_2 Capacidades de los conductores del circuito de mando
l Longitud simple de los conductores del circuito de mando

Figura 4.3/4
Aparato de mando (para conectar el contactor) ubicado en las cercanías de la alimentación de tensión del circuito de mando y el contactor instalado por separado



a) Operación por medio de pulsadores
b) Operación por medio de interruptores de mando

C, C_1, C_2 Capacidades de los conductores del circuito de mando
I_C, I_{C1}, I_{C2} Corrientes capacitivas derivadas
l Longitud simple de los conductores del circuito de mando

Figura 4.3/5
Contactor instalado en las cercanías de la alimentación de tensión del circuito de mando y el aparato de mando (para conectar el contactor) ubicado separado. Esta es la disposición habitual

En este caso, después de abrir el aparato de mando, se tiene entre los conductores una diferencia de potencial.

Los conductores individuales que se encuentran a diferente potencial actúan como un condensador, cuya capacidad aumenta en función de la longitud y el número de estos conductores. En el caso de los cables del circuito de mando se puede estimar una capacidad de 0,3 µF/km entre dos conductores.

Cuando se tienen tres conductores, como es el caso en la figura 4.3/5 (Operación de un contactor por medio de pulsadores y autorretención), si abre el pulsador S0, dos conductores se encuentran a un potencial y el tercero a otro, la capacidad de los conductores alcanza un valor del orden de 0,6 µF/km.

Este condensador hace que una corriente circule a través de la bobina del contactor a pesar de que el aparato de mando se encuentra abierto. Cuando esta corriente alcanza el valor necesario, la bobina del contactor puede permanecer excitada y, por lo tanto, el contactor podrá mantenerse cerrado.

Capacidad y longitud crítica de los conductores

Se denominan capacidad y longitud críticas de los conductores los valores límite que al ser sobrepasados pueden producir la perturbación antes mencionada, de manera tal que el contactor permanezca cerrado aunque el aparato de mando se encuentre abierto.

Cuando se prevén conductores muy largos en los circuitos de mando, por ejemplo, de algunos cientos de metros, en la fase del proyecto se recomienda verificar para cada uno de los contactores si las longitudes de los conductores y, por lo tanto, sus valores de capacidad sobrepasan los valores críticos. En caso de que los valores calculados superen los críticos, deben tomarse las medidas correctivas necesarias para eliminar las influencias perturbadoras.

La longitud crítica se calcula con las siguientes fórmulas:

Para operación por medio de pulsadores

$$l_{crit.} = \frac{500 \cdot S_H}{2 \cdot 0,3 \cdot U_S^2} \cdot 10^3 \text{ (en m)},$$

Para operación por medio de interruptores de mando (contacto permanente)

$$l_{crit.} = \frac{500 \cdot S_H}{0,3 \cdot U_S^2} \cdot 10^3 \text{ (en m)}.$$

S_H Potencia de retención de la bobina del contactor

Tabla 4.3/4
Capacidades críticas de los conductores y las correspondientes longitudes críticas para una tensión asignada de alimentación de 220 V, 50 Hz, con una posible sobretensión del 10% y una capacidad estimada de 0,3 µF/km para estos conductores

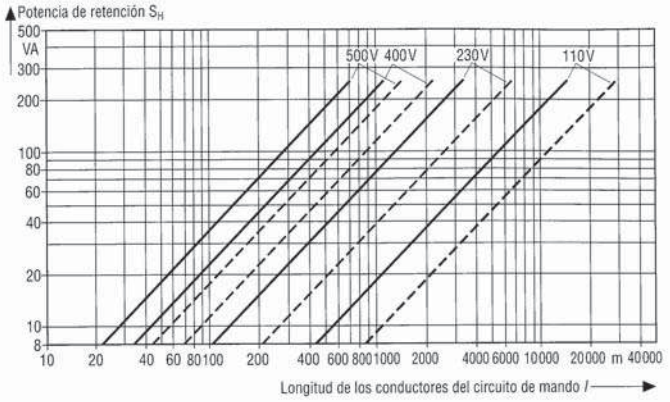
Contactor	Capacidad crítica de los conductores	Longitud crítica de los conductores para operación por	
		pulsadores	interruptores de mando
Tipo	µF	m	m
3RH11, 3RT101	0,047	78	156
3TF2, 3TH2	0,058	97	194
3TF40, -41, -42, -43, -44, -45	0,085	142	285
3TF46, 3TF47	0,145	242	484
3TF48, 3TF49	0,273	455	910
3TF50, 3TF51	0,435	726	1450
3TF52, 3TF53	0,495	825	1650
3TF54, 3TF55	0,717	1200	2390
3TF56	0,982	1640	3280
3TF68	1,200	1990	3980
3TC44	0,085	142	285
3TC48	0,222	370	740
3TC52	0,393	655	1310
3TC56	0,717	1195	2390
3TC78	1,366	2276	4552
3RT102	0,066	110	220
3RT1034	0,104	174	346
3RT1035,1036	0,127	212	425
3RT1044	0,188	315	630
3RT1045, 1046	0,208	347	693

En redes con 60 Hz deben reducirse los valores calculados con estas ecuaciones en un 20%, la reducción será del 10% cuando la tensión asignada es de 230 V.

Los datos resumidos en la Tabla 4.3/4 y en la figura 4.3/6 de los valores críticos de las capacidades y de la longitud de los conductores para los contactores Siemens en redes de 50 Hz facilitan un cálculo rápido.

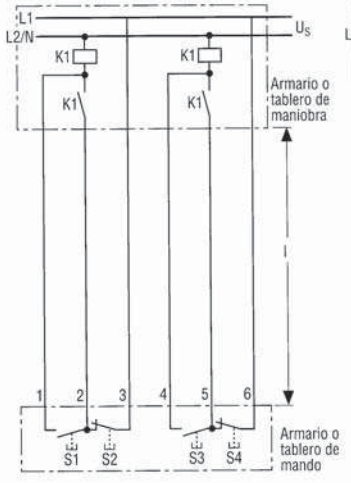
Medición de la corriente de fuga derivada para determinar la influencia capacitiva en la operación de los contactores instalados

Al tender un conjunto de conductores de mando largos (Figura 4.3/7), entre los circuitos adyacentes se producen corrientes capacitivas de compensación, las cuales no pueden determinarse mediante cálculo

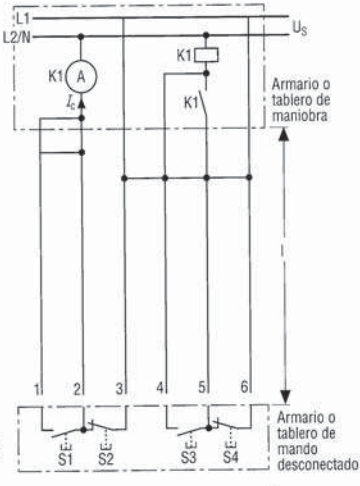


——— Operación por pulsadores
- - - - Operación por interruptor de mando

Figura 4.3/6
Valores orientadores para las longitudes admisibles de los conductores en circuitos de mando, en función de la potencia de retención S_H de las bobinas de los contactores y una tensión asignada de alimentación U_S para 50 Hz y una posible sobretensión del 10%. Para 60 Hz deben reducirse todos los valores determinados en un 20%



a) Esquema del circuito de mando



b) Esquema del circuito de medición

U_S Tensión de alimentación asignada del cicuito de mando

Figura 4.3/7
Determinación de la capacidad efectiva de los conductores por medio de la medición de la corriente I_C

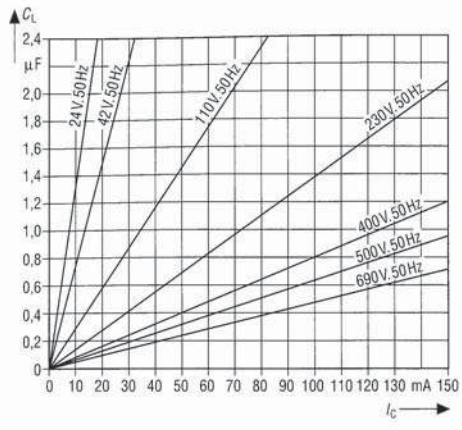


Figura 4.3/8
Capacidad de los conductores C_L en función de la corriente capacitiva derivada de fuga I_C para diferentes tensiones de alimentación asignadas en redes de 50 Hz

en el proyecto de la instalación. Además, durante la construcción de la instalación pueden efectuarse cambios con respecto al proyecto original. En la puesta en servicio, se podrá encontrar que la capacidad de los conductores es mayor que la crítica para cada contactor. Las capacidades reales de los conductores pueden determinarse en las instalaciones terminadas mediante la medición de la corriente de fuga.

En el circuito, en lugar de la bobina del contactor K1, se conecta un amperímetro sensible. Para evitar cortocircuitos a través de este instrumento sensible deben desconectarse ambos extremos de los conductores (Figura 4.3/7 b). Todos los conductores se tienen que llevar al potencial de servicio (por ejemplo, mediante puentes entre 1 y 2, así como entre 3, 4, 5 y 6 como se muestra en la figura 4.3/7 b) si se debe comprobar la apertura del contactor K1 cuando está conectado el contactor K2.

La capacidad efectiva de los conductores que actúa sobre el contactor se calcula con la expresión siguiente:

$$C_L = \frac{1000 \cdot I_C}{2\pi f \cdot U_S} \quad (\text{en } \mu\text{F}).$$

Estos términos significan lo siguiente:

I_C Corriente capacitiva de fuga medida, en mA

f Frecuencia asignada del circuito de mando, en Hz

U_S Tensión asignada de alimentación del circuito de mando, en V

Para una tensión de mando de 230 V, 50 Hz, habitual en la actualidad se obtiene un valor de:

$C_L = 0{,}0138 \cdot I_C$.

En la figura 4.3/8 se representan las capacidades de los conductores, en función de la corriente de fuga medida y las tensiones de alimentación asignadas más usuales en redes de 50 Hz.

Medidas contra las influencias perturbadoras de las capacidades de los conductores

Cuando durante el proyecto o la puesta en servicio de una instalación con conductores largos en el circuito de mando se comprueba que la longitud de los mismos sobrepasa el valor crítico (por ejemplo, según la Tabla 4.3/4 ó la figura 4.3/6) y, además, los contactores permanecen cerrados ante un comando de desconexión, tiene que adoptarse alguna de las medidas siguientes:

Empleo de tensión continua como tensión de mando

Cuando se utiliza una tensión continua como tensión de mando, al dar la orden de desconexión, se descarga la capacidad de los conductores a través de la bobina del contactor dentro del tiempo de desconexión total. En la apertura no se produce ningún retardo adicional perceptible.

Empleo de una tensión de mando menor

Al reducirse la tensión de mando, aumentan las capacidades y longitudes críticas de los conductores.

Sin embargo, cuando se emplean tensiones de mando menores, debe verificarse que la caída de tensión se mantenga dentro de valores admisibles en los conductores del circuito de mando.

Las tensiones de mando menores son económicas, en especial, en instalaciones con un número elevado de contactores. El valor de la tensión se seleccionará en conformidad con los conductores de la derivación más crítica. Para identificarla, se calcula la capacidad crítica $C_{crit.}$ para cada derivación.

Conexión en paralelo de cargas adicionales

Esta conexión sólo es aceptable desde el punto de vista económico en circuitos de mandos con contactores pequeños (por ejemplo, contactores auxiliares 3RH y 3TH, así como contactores 3RT y 3TF).

Las cargas adicionales en paralelo con la bobina del contactor limitan la tensión que pueda quedar aplicada a la misma a valores menores que su tensión de retención.

Las cargas adicionales podrán ser óhmicas o capacitivas.

Cargas óhmicas adicionales

Las cargas óhmicas adicionales serán aceptables si sus pérdidas son inferiores a 10 W. La resistencia apropiada se calcula con:

$$R_p = 1000\frac{1}{C_L}\ (\text{en}\ \Omega).$$

La potencia de la resistencia adicional se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_p = \frac{U_S^2}{R_p}\ (\text{en W}).$$

La condición es que: $P_p < 10\,W$.

Los términos de estas ecuaciones significan lo siguiente:

C_L Capacidad de los conductores, en µF (valor calculado o medido)

U_S Tensión de alimentación asignada del circuito de mando, en V

R_p Resistencia óhmica adicional, en Ω

P_p Potencia de la resistencia adicional, en W.

Al elegir el lugar de montaje de la resistencia, debe tenerse en cuenta que su temperatura de servicio, en conformidad con las pérdidas, puede alcanzar valores elevados.

Cargas capacitivas adicionales

Las cargas capacitivas adicionales (Circuitos RC) tienen pérdidas reducidas. Su conexión se representa en la figura 4.3/9.

Atención:

A pesar de que las conexiones son iguales, no deben confundirse las cargas capacitivas adicionales con los circuitos RC para limitar las sobretensiones de desconexión de los contactores (Sección 4.3.3). Las cargas adicionales capacitivas tienen mayor potencia que los elementos RC para limitar las sobretensiones aunque se pueden utilizar al mismo tiempo para ambas aplicaciones.

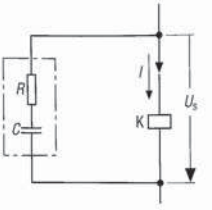


Figura 4.3/9
Disposición de la carga capacitiva adicional en paralelo con la bobina del contactor

Para seleccionar la carga capacitiva adicional se emplea la fórmula siguiente:

$$C_p = 4,5 \cdot C_L\ (\text{en µF}).$$

El condensador se selecciona de acuerdo con la tensión alterna de servicio nominal. La resistencia debe tener un valor aproximado de $R_p = 100\ \Omega$. La potencia de la resistencia se calcula con la fórmula siguiente:

$$P_p = R_p \cdot \left(\frac{U_S \cdot 2\pi f \cdot C_p}{10^6}\right)^2\ (\text{en W}),$$

En esta fórmula las expresiones significan lo siguiente:

C_L Capacidad de los conductores, en µF

R_p Resistencia adicional para el circuito RC, valor preferido: $R_p = 100\ \Omega$

U_S Tensión de alimentación asignada del circuito de mando, en V

f Frecuencia asignada, en Hz

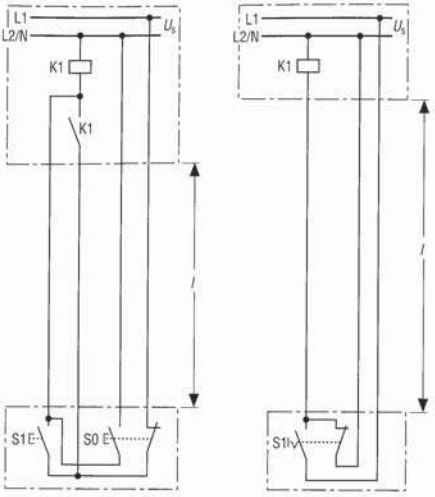
C_p Condensador adicional del circuito RC, en µF.

Para $U_S = 230\,V$, 50 Hz y $R_p = 100\ \Omega$ se obtiene lo siguiente:

$$P_p = 0,5 \cdot C_p^2\ (\text{en W}).$$

Cuando se emplean cargas capacitivas adicionales, el tiempo de apertura de los contactores podrá retardarse hasta en 50 ms.

Las cargas capacitivas adicionales sólo son aceptables desde el punto de vista económico para contactores individuales con conductores largos en el circuito de mando. La carga RC debe conectarse en



a) Operación por medio pulsadores

b) Operación por medio de interruptor de mando

Figura 4.3/10
Circuito de mando con conductores largos ($l > l_{crit.}$) y bobina del contactor cortocircuitada)

paralelo a cada bobina, lo cual encarece en gran medida las instalaciones con un elevado número de contactores.

Conexión en cortocircuito de la bobina del contactor

Cuando se suministra el comando de desconexión, en forma simultánea se puentean los bornes de la bobina (Figura 4.3/10). Este puente adicional hace que el contactor desconecte con seguridad. Para implementar esta medida se debe tender un conductor adicional para el mando y tienen que emplearse aparatos de mando con un NC adicional.

El tiempo de apertura del contactor puede retardarse en varios 100 ms.

Empleo de un contactor de mayor tamaño

De la Tabla 4.3/4 y la figura 4.3/6 se desprende que la longitud crítica de los conductores aumenta con el tamaño constructivo de los contactores, es decir, conforme aumenta la potencia de la bobina y disminuye la tensión de alimentación asignada del circuito de mando.

Carga adicional en los contactos debida a la corriente capacitiva de compensación

Cuando se utilizan aparatos con una capacidad de conexión relativamente baja, como es el caso de los contactos en tubos con atmósfera protectora, deben evitarse los conductores largos. Al cerrar los contactos, deben soportar la corriente de descarga correspondiente al condensador que forma el cable. Estas corrientes, relativamente elevadas, pueden provocar la soldadura de los contactos.

El catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens en el capítulo "Datos Técnicos", interruptores de proximidad, tipo 3SE6 suministra información más detallada al respecto.

4.3.3 Limitación de sobretensiones en la desconexión de contactores (protección contra sobretensión)

Los mandos eléctricos sólo trabajan sin perturbaciones cuando entre los componentes de la instalación se tiene una "compatibilidad electromagnética" (EMC) adecuada (Sección 1.6.3). Mientras que los mandos convencionales imponen exigencias relativamente reducidas al respecto, los controles electrónicos, a causa del reducido nivel de las señales, demandan medidas de protección especiales contra dichas influencias perturbadoras o destructoras.

4.3.3.1 Origen de las sobretensiones

La principal fuente de sobretensiones son las maniobras en circuitos eléctricos inductivos. Las etapas de salida de la mayoría de los controles electrónicos que se comercializan en el mercado, se encuentran protegidos contra las sobretensiones dañinas que puedan provocar las cargas inductivas que operan o no producen esta clase de sobretensiones (Etapas de salida de C.A. que desconectan en el paso natural por cero de esta corriente). Sin embargo, existe el riesgo de que otros circuitos cercanos operados por medios mecánicos afecten las entradas o salidas de equipos electrónicos.

Las sobretensiones que se producen cuando se desconectan circuitos inductivos, se deben a que la inductividad intenta mantener el flujo de la corriente que circula en el momento de desconexión. En este caso, el circuito eléctrico se cierra a través de la capacidad distribuida o propia de la bobina magnética. Cuando el circuito posee suficiente rigidez dieléctrica, la corriente y la tensión variarán como una oscilación amortiguada.

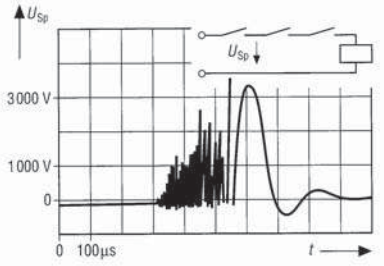


Figura 4.3/11
Sobretensión de la desconexión de la bobina de un contactor auxiliar (230 V, 50 Hz, 10 VA), sin dispositivo amortiguador

A causa de la elevada resistencia de resonancia de la bobina desconectada, las amplitudes calculadas de las oscilaciones pueden ascender a algunos kV con una pendiente del orden de 1 kV/µs. Por lo tanto, entre los contactos que abren el circuito saltan arcos repetitivos, hasta que la tensión del arco cae a un valor tal que ya no puede perforar el espacio entre los contactos.

En la figura 4.3/11 se representa el oscilograma de una desconexión de esta naturaleza, que se obtuvo desconectando la bobina de un contactor auxiliar (230 V, 50 Hz, 10 VA) con 6 contactos auxiliares mecánicos conectados en serie que abren simultáneamente. Después de una fase "inestable", con una duración aproximada de 250 µs se conforma una oscilación amortiguada con un valor de cresta del orden de 3,5 kV.

Esta fase inestable de la desconexión provoca un fuerte desgaste por quemadura de los contactos mecánicos. Además, la elevada pendiente de las ondas de tensión de las rápidas oscilaciones que se producen puede provocar, a través de acoplamientos capacitivos, señales perturbadoras en sistemas vecinos. Por lo tanto, se requiere la conexión de un circuito amortiguador de la fuente de perturbaciones.

Las sobretensiones que se producen al desconectar las bobinas de los contactores pueden afectar los elementos sensibles a las sobretensiones conectados en paralelo con las mismas, así como provocar severas perturbaciones en los circuitos electrónicos a través de acoplamientos capacitivos con los conductores de mando.

Resulta aconsejable amortiguar las sobretensiones en el lugar donde se producen, es decir, en la bobina del contactor, así se evitan posibles acoplamientos de los impulsos perturbadores hacia otros aparatos a través de los conductores de mando paralelos.

Para amortiguar las sobretensiones se emplean los siguientes circuitos que se conectan en paralelo con la bobina del contactor:

- Circuitos RC (resistencia y condensador en serie),
- diodos limitadores y
- varistores.

4.3.3.2 Circuitos RC

Contactores accionados por corriente alterna

Los circuitos RC se emplean, por lo general, para amortiguar las sobretensiones en las bobinas de los contactores operados con corriente alterna. El aumento de la capacidad que actúa sobre la bobina del contactor reduce la amplitud y la pendiente del crecimiento de la tensión de forma tal que se elimina la fase inestable que muestra la figura 4.3/11, con lo que protege, en especial, las etapas de salida sensibles a la du/dt (por ejemplo, equipadas con triacs, contra estados de conducción no deseados). ¡Cuándo las capacidades de acoplamiento son grandes (en la gama > 10 nF), existe el riesgo de que las etapas de entrada con carácter pasabajos queden más afectadas que cuando la bobina se opera sin circuito de protección o se conecta un varistor! Los circuitos RC bien calculados no influyen en forma significativa en los tiempos de maniobra de los contactores. Para obtener una amortiguación óptima se deben adaptar los circuitos RC a la tensión y frecuencia asignadas respectivas (Figura 4.3/12).

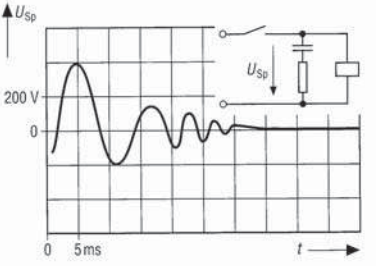


Figura 4.3/12
Sobretensión de la desconexión de la bobina de un contactor auxiliar (230 V, 50 Hz, 10 VA), con circuito RC (110 Ω, 0,22 µF)

Tabla 4.3/5
Circuitos RC para un factor limitador n de 2 a 3 para contactores accionados por corriente alterna 3RH, 3RT, 3TH, 3TF, 3TK y 3TC

Contactor	Tensión de alimentación asignada del circuito de mando para 50/60 Hz												Potencia asignada de la resistencia
	24 V		42 a 48 V		60 V		110 a 127 V		220 V		230 a 240 V		
	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	P_R
Tipo	Ω	µF	Ω	µF	Ω	µF	Ω	µF	Ω	µF	Ω	µF	W
3RH11 3TH2	39	2,2	150	0,68	220	0,33	680	0,082	2200	0,02	2200	0,02	0,33
3TH4/3TH3	22	3,9	68	1,0	150	0,68	220	0,2	1000	0,068	1000	0,068	0,33
3RT101 3TF2	39	2,2	150	0,68	220	0,33	680	0,082	2200	0,02	2200	0,02	0,33
3TF40–45 3TF30–35	22	3,9	68	1,0	150	0,68	220	0,2	1000	0,068	1000	0,068	0,33
3TF46/47	10	6,8	33	2,2	68	1,6	270	0,33	1000	0,1	1000	0,1	0,5
3TF48[1)]/49	4,7	15	15	4,7	27	2,7	120	0,68	390	0,22	390	0,22	0,5
3TF50[1)]/51	3,9	18	10	5,6	22	3,3	100	0,82	330	0,27	330	0,27	0,5
3TF52[1)]/53	2,7	22	10	6,8	15	3,9	68	1,0	270	0,33	270	0,33	1,0
3TF54[1)]/55	2,2	39	4,7	2,7	10	6,8	47	2,2	150	0,68	150	0,68	1,0
3TF56[1)]	2,2	47	4,7	15	10	8,2	47	2,7	150	0,82	150	0,82	1,5
3TF57/3TF68	Los contactores 3TF57 y 3TF68 para tensiones U_S de hasta 600 V tienen incorporado un varistor como suministro estándar												
3TC44	68	3,9	68	1,0	150	0,68	220	0,2	1000	0,068	1000	0,068	0,33
3TC48	4,7	15	15	4,7	27	2,7	120	0,68	390	0,22	370	0,22	0,5
3TC52	2,7	22	10	6,8	15	3,9	68	1,0	270	0,33	270	0,33	1,0
3TC56	2,2	47	4,7	15	10	8,2	47	2,7	150	0,82	150	0,82	1,5
3RT102	68	4,7	68	4,7	270	0,68	270	0,68	1000	0,1	1000	0,1	0,5
3RT103/104	68	1,0	68	1,0	27	4,7	27	4,7	270	0,68	270	0,68	2,0

[1)] Los valores también se aplican para los contactores AC1 3TK4 y 3TK5 correspondientes

En la tabla 4.3/5 se resumen los valores de los circuitos RC en función de las tensiones alternas de alimentación asignadas más usuales (24–240 V C.A.) para los circuitos de mando. El factor limitador n tiene un valor que varía entre 2 y 3. Este factor se calcula con la ecuación siguiente:

$$n = \frac{\text{Mxima sobretensin (valor de cresta)}}{\sqrt{2} \cdot U_S}.$$

U_S Tensión de alimentación asignada del circuito de mando (valor eficaz)

Para las tensiones alternas de alimentación asignadas del circuito de mando comprendidas entre 380 y 440 V pueden emplearse dos circuitos RC de 220 V conectados en serie (Figura 4.3/13).

Contactores accionados por corriente continua

La capacidad necesaria del condensador para contactores con accionamiento por corriente continua se determina con la ecuación siguiente:

$$C = k \cdot \frac{\tau}{R}.$$

k Factor según la figura 4.3/14, (considera diversos parámetros, por ejemplo, la limitación de sobretensión requerida).

El valor de la resistencia del elemento RC debe elegirse aproximadamente igual al valor de la resistencia de la bobina:

$$R = \frac{U_S^2}{P_H} \approx R_c.$$

R Resistencia de la bobina del contactor, en Ω

R_c Resistencia del circuito RC, en Ω.

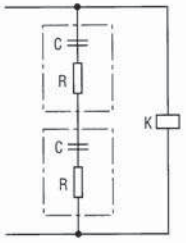


Figura 4.3/13
Dos circuitos RC conectados en serie en paralelo con la bobina del contactor

Durante el servicio con tensión continua no circula corriente por el elemento RC. Por lo tanto, la potencia que disipa la resistencia queda determinada por la potencia de conexión y de desconexión, la que se calcula con la fórmula siguiente:

$$P_R = 1{,}5\,(\tau \cdot 10^{-3} P_H + 3 \cdot C \cdot 10^{-6} U_S^2) z \cdot \frac{1}{3600}\,(\text{enW}).$$

Los términos de esta fórmula significan lo siguiente:

P_H Potencia de retención de la bobina, en W

P_R Potencia asignada de la resistencia del circuito RC, en W

C Capacidad del condensador en µF

τ Constante de tiempo de la bobina del contactor, en ms (Tabla 4.3/6)

U_S Tensión de alimentación asignada del circuito de mando, en V

z Maniobras por hora.

Ejemblo 1:
Contactor con bobina para corriente continua

La bobina del contactor 3TF52 tiene los siguientes datos:

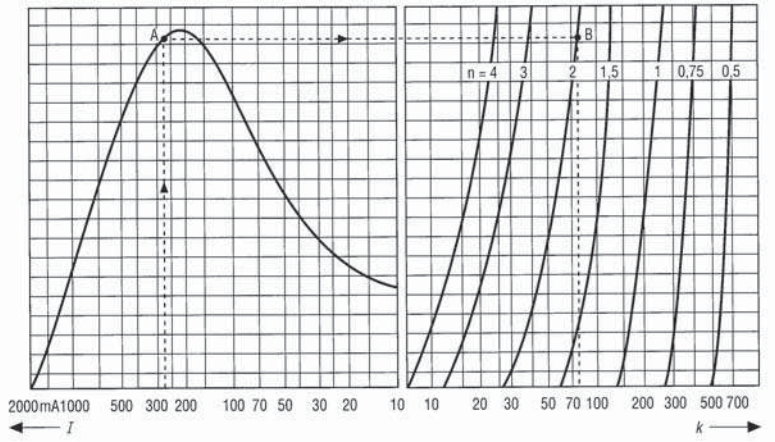


Figura 4.3/14
Determinación gráfica del factor k: en la parte izquierda de la figura se ingresa en la abscisa con el valor asignado de la intensidad de la corriente de la bobina I ($I = P/U$), en la intersección de este valor con la curva permite determinar el punto A. Proyectando el punto A hasta la intersección con la curva de limitación n requerida (por ejemplo, $n = 2$) se determina el punto B y en la abscisa se obtiene el valor de k

Tabla 4.3/6
Valores de la constante de tiempo τ para sistemas magnéticos cerrados y potencia de retención P_H de los contactores accionados por corriente continua

a) Sistema magnético de corriente continua

Contactor Tipo	Constante de tiempo τ L/R ms	Potencia de retención de la bobina P_H W
3RH11, 3RT101	26	3
3TH2, 3TF2	18	3
3TH4, 3TH3	40	6,5
3TF40–3TF43, 3TF30–3TF33	40	6,5
3TB44	43	10
3TB46	73	15
3TB47, 3TB48	94	19
3TB50	130	25
3TB52	150	30
3TB54	140	60
3TB56	140	86
3TC44	43	10
3TC48	94	19
3TC52	150	30
3TC56	130	86
3TC74	67	46[1] ($U_n \leq 230$ V)
3TC78	67	92[1] ($U_n \leq 230$ V)
3RT102	45	5,4
3RT103	63	11,5
3RT104	80	14,0

b) Conexión economizadora de corriente continua

Typ	Constante de tiempo τ		Potencia de conexión[2] W	Potencia de retención W
	Bobinado de atracción ms	Bobinado de retención ms		
3TF46/47	7	20	330	2,1
3TF48/49	9	16	400	2,7
3TF50/51	10	24	470	2,7
3TF52/53	12	23	820	4,8
3TF54/55	15	40	1050	7,1
3TF56	21	35	1560	7,7

[1] Potencia de retención: dado el caso, incluye la resistencia multiplicadora o economizadora (Para las tensiones que no se encuentran en el listado, la potencia aumenta en forma proporcional con esta tensión). En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se podrá obtener más información

[2] Para el bobinado de atracción y sobre la base de la elevada potencia de retención, sólo se podrán utilizar circuitos RC con componentes apropiados

Tensión de alimentación asignada del circuito de mando $U_S = \text{DC } 110\,\text{V}$,

Potencia de retención $P_H = 30\,\text{W}$,

Constante de tiempo $\tau = \frac{L}{R} = 150\,\text{ms}$,

y además se tienen:

Maniobras por hora $z = 600$

La limitación requerida de la sobretensión a un máximo de 220 V ($n = 2$).

El factor k se obtiene de la figura 4.3/14, una vez que se calculó la corriente asignada de la bobina I:

$$I = \frac{P_H}{U_S} = \frac{30}{110} \cdot 1000 = 273\,\text{mA}.$$

Con este valor y n = 2 se obtiene de la figura 4.3/14 el factor k =80.

La resistencia R de la bobina se calcula con la ecuación siguiente:

$$R = \frac{U_S^2}{P_H} = \frac{110^2}{30} = 404\,\Omega.$$

Con este valor la capacidad C adquiere el valor siguiente:

$$C = k\frac{\tau}{R} = 80 \cdot \frac{150}{404} = 30\,\mu\text{F}.$$

Se elige el condensador normalizado con la capacidad inmediata superior: 33 µF.

La resistencia R_c se calcula con la siguiente expresión:

$R_c \approx R = 404\,\Omega$.

Se elige el valor normalizado: 430 Ω.

La potencia de la resistencia es, según la ecuación de P_R, igual a 4 W.

Con esto se obtiene un circuito RC con R = 430 Ω, 4 W y C = 33 µF, 250 V C.C.

Ejemplo 2:
Contactor con bobina en conexión economizadora de C.C.

La bobina del contactor 3TF56 tiene los siguientes datos:

Tensión de alimentación asignada del circuito de mando $U_S = \text{DC } 220\,\text{V}$,

Potencia de retención $P_H = 7{,}7\,\text{W}$,

Constante de tiempo $\tau = \frac{L}{R} = 35\,\text{ms}$,

y además se tienen:

Maniobras por hora $z = 1000$

La limitación requerida de la sobretensión a un máximo de 440 V ($n = 2$).

Se requiere el valor de C.

El factor k se obtiene de la figura 4.3/14, una vez calculada la corriente asignada de la bobina I:

$$I = \frac{P_H}{U_S} = \frac{7,7}{220} = 35\ \text{mA}.$$

Con este valor y n = 2 se obtiene de la figura 4.3/14 el factor $k = 55$.

La resistencia R de la bobina se calcula con la ecuación siguiente:

$$R = \frac{U_S^2}{P_H} = \frac{220^2}{7,7} = 6286\ \Omega.$$

Con este valor, la capacidad C adquiere el valor siguiente:

$$C = k \cdot \frac{\tau}{R} = 55 \cdot \frac{35}{6286} = 0,31\ \mu\text{F}.$$

Se elige el condensador normalizado con la capacidad inmediata superior: 0,33 µF.

La resistencia R_c se calcula de la siguiente manera:

$R_c \approx R = 6286\ \Omega$.

Se elige un valor normalizado: 6200 Ω.

La potencia que debe disipar la resistencia es la siguiente:

$$P_R = 1,5 \cdot (\tau \cdot 10^{-3} \cdot P_H + 3 \cdot C \cdot 10^{-6} \cdot U_S^2) \cdot \frac{z}{3600}$$

$$P_R = 1,5 \cdot (35 \cdot 10^{-3} \cdot 7,7 + 3 \cdot 0,33 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2) \cdot \frac{1000}{3600}$$

$P_R = 0,13\ \text{W}$.

Este valor se lleva a un valor normalizado de 0,33 W, válido para esta tensión asignada.

Con esto se obtiene un circuito RC con R = 6200 Ω, 0,33 W y C = 0,33 µF, 630 V C.C.

4.3.3.3 Limitación de sobretensiones mediante diodos

Las sobretensiones ocasionadas por contactores con accionamiento por corriente continua pueden evitarse por completo con un diodo conectado en paralelo con la bobina (Figura 4.3/15). Los diodos, sin embargo, alargan el tiempo de retardo de la apertura en un factor de 6 a 8. Esta característica podrá aprovecharse para puentear caídas de tensión muy breves, del orden de algunos milisegundos. Los diodos limitadores de sobretensiones sólo deben emplearse con contactores SIMICONT o SIRIUS 3R, porque existe el riesgo de apertura en dos etapas. Cuando se conectan los diodos, debe tenerse en cuenta la polaridad.

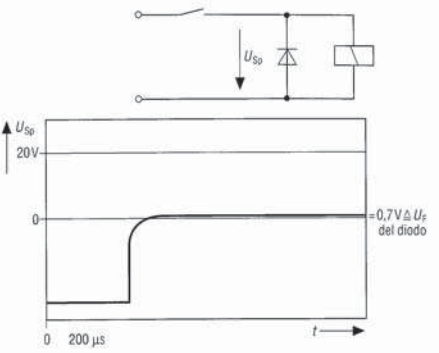


Figura 4.3/15
Proceso de desconexión de la bobina de un contactor auxiliar de 24 V C.C., 3 W con un diodo conectado en paralelo

Los limitadores de sobretensiones con diodos se suministran en diversas variantes. En parte, los diodos limitadores ya están integrados en los aparatos de maniobra especiales para empleo en o con circuitos electrónicos (contactores o elementos de acoplamiento). Ver el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

4.3.3.4 Limitación de sobretensiones mediante varistores

Los varistores (resistencias dependientes de la tensión) conectados en paralelo con la bobina limitan el valor máximo de la sobretensión porque, a partir de una cierta tensión umbral, son conductores y derivan toda tensión que supera ese valor y, si bien, hasta llegar a esta tensión umbral se produce una fase inicial inestable similar a la que se tiene en las bobinas de contactores sin protección, la duración de esta fase es muy corta (Figura 4.3/16). El circuito con varistor protege en forma apropiada las etapas de entrada con característica de pasabajos, pero no es tan conveniente para la protección de las etapas de salida sensibles a du/dt, que no posean suficientes medidas de protección internas. En contraposición con los circui-

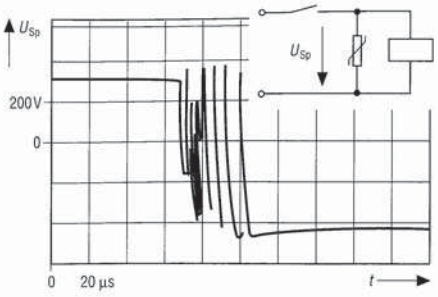


Figura 4.3/16
Sobretensión en la desconexión de la bobina de un contactor auxiliar de 230 V 50 Hz, 10 VA con un varistor de 275 V conectado en paralelo (La fase inestable inicial de la tensión se reduce a cero en unos 3 ms)

tos RC, los varistores no afectan la pendiente de crecimiento de la tensión du/dt (Figura 4.3/16). Se los puede emplear en corrientes alterna así como en continua y su influencia sobre el tiempo de apertura es insignificante. Los varistores son muy apropiados, en especial, para circuitos en los que los contactores se emplean en combinación con sistemas electrónicos para la industria, por ejemplo, en los sistemas SIMATIC, en los cuales, sólo se tienen integrados circuitos con compatibilidad electromagnética (EMC).

Los limitadores de sobretensiones con varistor para los contactores 3RT, 3RH, 3TC, 3TF, 3TH y 3TK del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se restringen a tres rangos de tensiones de alimentación asignadas para los circuitos de mando. Por esto, en función de la tensión de alimentación asignada se obtienen factores de limitación comprendidos entre n = 2,5 hasta n = 7,5. La carga permanente admisible de los varistores se selecciona para la frecuencia de maniobras máxima según AC-3 ó AC-13.

4.3.4 Empleo de contactores auxiliares en circuitos de seguridad

Cuando los contactores se emplean en circuitos con fines de seguridad, por ejemplo, en dispositivos para parada de emergencia, según la norma DIN EN 60204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1), Sección 5.7.1, se debe prever redundancia en el circuito mediante varios contactores auxiliares que trabajen en conjunto. Los contactos auxiliares de los contactores deberán estar conectados de tal manera que en caso de avería en un contactor, el circuito de seguridad mantenga efectivo su funcionamiento (es decir, se aplica la "Combinación de seguridad con contactores", ver la Sección 9.1.5.4).

El cierre y la apertura correctos de estos contactores auxiliares deberán comprobarse automáticamente, como mínimo, una vez, en cada ciclo de "Conexión–Desconexión" de la máquina. El ciclo de "Conexión–Desconexión" comprende conectar y desconectar el interruptor principal, desconectar la tensión de mando o accionar el dispositivo de desconexión de emergencia.

Según las Normas de Prevención de Accidentes de la entidad aseguradora de Suiza SUVA y de las Reglas de Seguridad para Mandos en Prensas Accionadas por Fuerza Motriz para Metales – ZH1/457, edición 2.1978 – los contactores auxiliares deben cumplir con la condición de "contactos no simultáneos", es decir, los contactos NA y NC nunca deben estar cerrados simultáneamente (esta condición también suele denominarse de "guía forzada").

Según el tipo de aplicación, pueden emplearse combinaciones de seguridad con dos contactores (sin contactos no simultáneos) o con tres contactores (con contactos no simultáneos).

Para las prensas accionadas por fuerzas motrices para trabajar metales, las normas ZH1/457 y ZH1/508 exigen supervisión automática, no sólo para los contactores auxiliares y relés, sino también para los interruptores fines de carrera y los pulsadores. Los esquemas de conexiones apropiados están en preparación.

Las combinaciones de seguridad con contactores pueden realizarse, por ejemplo, con contactores auxiliares 3TH4, según los esquemas descriptos en los párrafos siguientes. Además, se dispone de combinaciones de seguridad completamente cableadas en fábrica y montadas en una caja (por ejemplo, 3TK28). El catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens suministra los datos necesarios para la selección y el pedido.

Combinación de seguridad compuesta por dos contactores auxiliares, con enclavamiento interno y simultaneidad de contactos

Accionamiento por corriente alterna

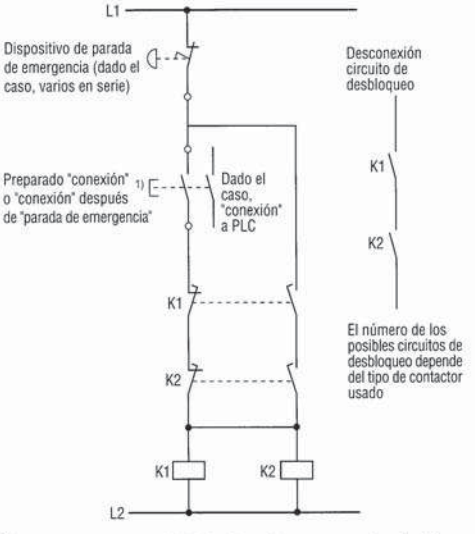
Para esta combinación de seguridad se emplean dos contactores auxiliares 3TH4 iguales. Los contactos NA con cierre adelantado y los NC de apertura atrasada se requieren para el enclavamiento interno de la combinación de seguridad. Los contactos "normales" restantes se pueden emplear para conectar (desbloquear o desenclavar) o para desconectar los circuitos relevantes.

Esta combinación de seguridad compuesta por dos contactores auxiliares con simultaneidad de contacto no cumple con la exigencia de "contactos no simultáneos" (que no es un requisito obligatorio en el caso de los mandos normales).

El circuito de desbloqueo se forma con la conexión en serie de dos contactos NA de cada uno de los contactores (Figura 4.3/17).

El número de circuitos de desbloqueo depende de la ejecución de los contactores utilizados.

Cuando se necesita una combinación de seguridad con un número mayor de circuitos de desbloqueo, deben emplearse dos contactores adicionales, cuyas bobinas se conectarán en paralelo con las bobinas de los contactores previos. Los contactos NA de cierre adelantado y los contactos NC de apertura atrasada se conectarán en serie con los existentes.



[1] El pulsador de "conexión" debe intercalarse para que después del desenclavamiento del dispositivo de parada de emergencia no se produzca una puesta en marcha automática.

Figura 4.3/17
Combinaciones de seguridad de contactores compuestas por dos contactores auxiliares iguales, enclavamiento interno y contactos superpuestos, accionamiento por corriente alterna

Accionamiento por corriente continua

Los tiempos de conexión de cada uno de los contactores auxiliares con bobinas para corriente continua (sistemas magnéticos para corriente continua) pueden tener una gran dispersión a causa de las tolerancias individuales admisibles. Esto origina, en algunas ocasiones, errores de conexión (no se desbloquea el circuito). Sin embargo, la seguridad del circuito no se afecta, limita o desactiva.

Para obtener un funcionamiento confiable y sobre la base de la posibilidad de realizar "contactos no simultáneos", se recomienda, tanto para corriente alterna, como para continua, utilizar combinaciones de seguridad con *tres* contactores auxiliares (Figura 4.3/18). (Ver también la publicación "Equipos Eléctricos para Máquinas Industriales, Aclaraciones de la Nor-

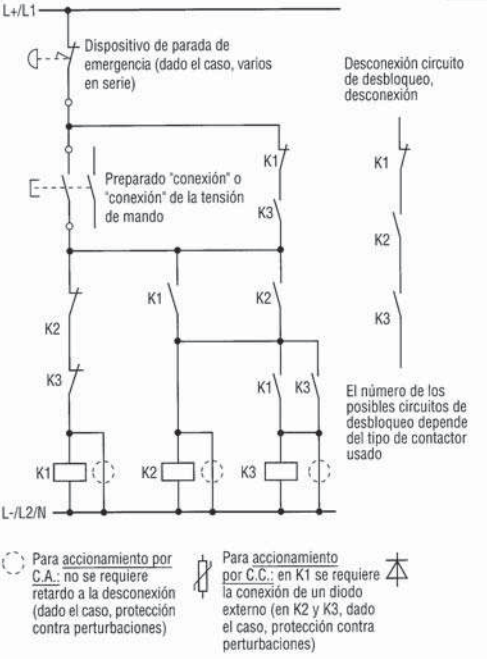


Figura 4.3/18
Combinaciones de seguridad de contactores compuestas por tres contactores auxiliares, enclavamiento interno y desbloqueo por "contactos no simultáneos", accionamiento por corriente continua o alterna

ma DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Parte 1): 1993-06"; Serie de Publicaciones DIN VDE, tomo 26 (Editorial VDE S.R.L., Ventas de Publicaciones VDE, Bismarckstraße 33, (10625) Berlín, Alemania).

Funcionamiento de la combinación de seguridad con dos contactores (figura 4.3/17)

Las bobinas de K1 y K2 se conectan en paralelo. Cuando se aplica tensión, por ejemplo, por medio del pulsador "Conectar Accionamiento", a través de los contactos NC de apertura atrasada, cierran los contactores K1 y K2. Los contactos NA de actuación adelantada de K1 y K2 cierran y forman un circuito de autorretención. K1 y K2 permanecen cerrados mientras la tensión permanece aplicada en sus bobinas.

Cuando se interrumpe la tensión, por ejemplo, con el dispositivo de parada de emergencia, abren ambos contactores. Si uno de los contactores auxiliares no abre, por ejemplo, el K1, la desconexión requerida se produce de todos modos porque el contactor K2 abre en forma normal. Por lo general, la combinación no puede volver a operarse porque, si bien el contacto NC de actuación adelantada de K2 y el NA de actuación atrasada de K1 están cerrados, pero quedaron abiertos el contacto NC de actuación adelantada de K1 y el NA de actuación atrasada de K2. Los contactos auxiliares de cierre adelantado/apertura atrasada no tienen guía forzada, es decir, "contactos no simultáneos", existen casos aislados en los que se podrá accionar la combinación aunque un contactor auxiliar falle.

Combinación de seguridad compuesta por 3 contactores auxiliares, enclavamiento interno y circuito de desbloqueo con "contactos no simultáneos"

Las combinaciones de seguridad de tres contactores, con "contactos no simultáneos", se utilizan cada vez con mayor frecuencia, debido a la no vigilancia de la función de los contactores con contactos NA de cierre adelantado y NC de apertura atrasada.

Una característica fundamental de estas combinaciones es que se pueden emplear contactores auxiliares "normales". La única condición es que deben tener guía forzada o sea "contactos auxiliares no simultáneos", porque en caso contrario no podrá implementarse una vigilancia del funcionamiento de los contactos auxiliares y, por consiguiente, una redundancia con vigilancia.

Accionamiento por corriente continua

Esta combinación de seguridad está compuesta por los tres contactores auxiliares K1, K2, K3, los cuales son contactores auxiliares 3TH2, 3TH4 o 3RH11 "normales" para accionamiento por corriente continua.

Para el enclavamiento interno de la combinación de seguridad se requieren dos contactos NA y un contacto NC del contactor K1, así como un contacto NA y un contacto NC de los contactores K2 y K3.

Los contactos restantes pueden emplearse para desbloqueo o desconexión de otros circuitos relevantes.

Los circuitos de desbloqueo con función de contacto NA para desconexión están compuestos por la conexión en serie de un contacto NC del contactor auxiliar K1 y de un contacto NA del contactor K2 y otro del K3.

El número de circuitos de desbloqueo posibles depende de la ejecución de los contactores empleados.

Para compensar las tolerancias de los tiempos de maniobra de las bobinas (accionamientos) de corriente continua, el contactor K1 debe tener un retardo en la desconexión.

Para eso debe conectarse un diodo externo a la bobina o usarse un contactor auxiliar con un puente rectificador integrado.

La conexión de diodos adicionales a los contactores K2 y K3 para limitar las sobretensiones no ejerce influencia alguna sobre el comportamiento de la combinación en lo que respecta a la seguridad en caso de accionamiento por corriente continua.

Cuando se necesita una combinación de seguridad con más circuitos de desbloqueo, se podrán agregar contactores Kx, Ky, etc. Para esto se utiliza la disposición representada en la figura 4.3/19.

Accionamiento por corriente alterna o continua

Estas combinaciones están compuestas por 3 contactores auxiliares K1, K2 y K3 (Figura 4.3/18). Para realizarlas pueden emplearse los contactores 3TH2 y 3TH4 o 3RH11 con accionamiento por corriente alterna o continua. En el caso de accionamiento por corriente continua, se tiene que conectar un diodo externo en paralelo con la bobina del contactor K1, aunque también pueden utilizarse contactores con puentes rectificadores integrados, dado el caso, estos también pueden usarse para corriente alterna.

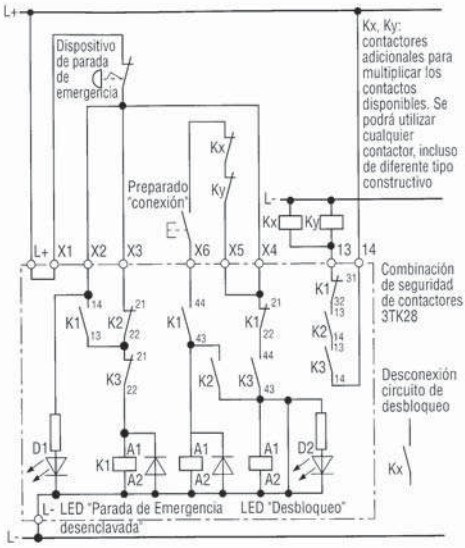


Figura 4.3/19
Ejemplo de la multiplicación de contactos en una combinación de seguridad de contactores, accionamiento por corriente continua

Funcionamiento

Cuando se aplica tensión a la combinación de seguridad mediante un aparato de mando, acciona el contactor K1. A través del contacto NA de K1 se aplica tensión a las bobinas de los contactores K2 y K3, que se autorretienen por medio del NA de K2 o de K3 mientras el pulsador de mando está cerrado.

Los contactos NC de K2 y K3 desconectan la alimentación de la bobina del contactor K1, que abre. Cuando el pulsador de mando abre, los contactores K2 y K3 se retienen a través de sus contactos NA y del contacto NC de K1 que cierra cuando este contactor abre.

El desbloqueo del circuito auxiliar se produce con el contactor K1 abierto y los contactores K2 y K3 cerrados. Si el contactor K1 no funciona correctamente y permanece cerrado, el desbloqueo no se produce. Si el comando finaliza sin que opere correctamente K2 o K3, se desconecta el circuito relevante porque los contactos NA de K2 y K3 se encuentran conectados en serie. La combinación de seguridad ya no se puede volver a operar porque los contactos NC de K2 y K3, de los cuales uno está abierto, se encuentran conectados en serie con la bobina de K1.

Circuito con confiabilidad mejorada

Los circuitos representados en las figuras 4.3/18 y 4.3/19 difieren de los publicados con anterioridad en el catálogo NS2 de Siemens, así como del esquema impreso en la Serie de Publicaciones VDE, tomo 26. En los circuitos representados también se controla la apertura del contactor K1. De esta manera se evita que, por un defecto momentáneo, pueda producirse un arranque involuntario.

El manual "Circuitos de Seguridad" (N° de Pedido E20001-P285-A445 contiene esquemas de conexiones de diferente naturaleza entre las que cabe mencionar los siguientes:

- Circuitos de dos canales para parada de emergencia con combinaciones de seguridad con tres contactores auxiliares,
- circuitos para control de dispositivos de protección con combinaciones de seguridad formadas por tres contactores,
- multiplicadores de circuitos de desbloqueo con combinaciones de seguridad formadas por tres contactores y otros dos contactores adicionales.

Frenado por contracorriente
Circuito de desbloqueo conectado con PLC

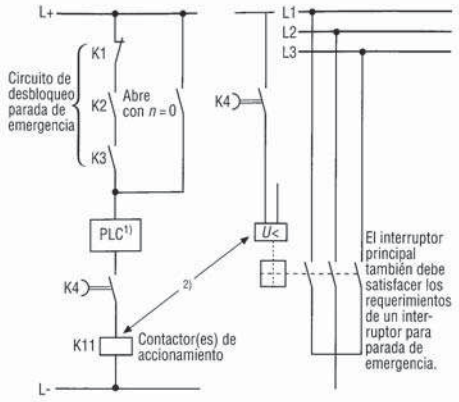
Para el frenado por contracorriente, los contactores principales correspondientes podrán quedar conectados a la tensión hasta que el accionamiento llegue la velocidad "cero". Para cumplir con las exigencias de la norma DIN EN 60 204, Parte 1, (VDE 0113, Parte 1), se necesita una redundancia como se muestra en la figura 4.3/20, por ejemplo, con un relé de tiempo adicional con desconexión retardada (K4) en paralelo con K3 (Figura 4.3/18).

Para obtener una desconexión segura se deben intercalar los circuitos de bloqueo en al circuito de potencia del control electrónico (PLC) tal como se indica en la figura 4.3/21.

4.3.5 Criterios de selección para pequeños transformadores de baja tensión

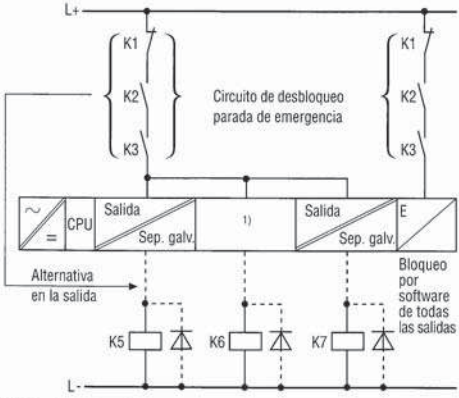
4.3.5.1 Consideraciones previas

Las normas y disposiciones relacionadas con los pequeños transformadores de baja tensión se encuentran en una fase de profundos cambios. Las diversas normas de los diferentes países, la normativa europea e internacional que definían estos transformado-



1) PLC = Control de lógica programable
2) Desconexión alternativa del (de los) contactor(es) relevante(s) o del interruptor principal después de un tiempo que supera el máximo tiempo de frenado

Figura 4.3/20
Redundancia para frenado por contracorriente con relé de tiempo retardado a la desconexión.
La redundancia se obtiene por medio de la supervisión de la velocidad y del relé de tiempo, por ejemplo, intercalados en la combinación de seguridad con contactores (en serie con los NC de K2 y K3)



1) En el caso de salidas conectadas eléctricamente, se debe accionar o desbloquear en estas salidas

K5, K6, K7 Contactores de accionamientos que se deben desconectar en una parada de emergencia

Figura 4.3/21
Circuitos de desbloqueo intercalados en los circuitos de potencia del control electrónico

res que no sólo se diferencian en su diseño sino también en sus campos de aplicación, se reunirán en una norma que abarcará todos estos aspectos incluida la seguridad eléctrica.

Esta norma sobrepasará el marco actual en forma amplia y también comprenderá los transformadores pequeños que se describían en diversas normas relacionadas con los equipos y el montaje.

Las primeras partes de esta norma se publicarán simultáneamente con la presente obra y, por lo tanto, las indicaciones que se darán a continuación ya se referirán a la mencionada norma.

Para facilitar la comprensión y la relación con las normas y las disposiciones anteriores se mencionarán los números de ambas, aunque éstos últimos se indicarán entre paréntesis.

4.3.5.2 Generalidades

Los transformadores pequeños para baja tensión no sólo deben ser adecuados para los diversos campos de aplicación con sus respectivas condiciones de servicio y del ambiente, tener una adecuada respuesta ante cortocircuitos y sobrecargas, también tienen que cumplir con los requerimientos de seguridad y confiabilidad. De esta forma, las condiciones de servicio y del ambiente imponen criterios que pueden influir en el funcionamiento del transformador, y la respuesta ante cortocircuitos y sobrecargas ya se tiene que tener en cuenta durante el diseño de la unidad. Para satisfacer las condiciones de seguridad y confiabilidad, las normas correspondientes definen las características de determinados tipos de transformadores.

4.3.5.3 Condiciones de servicio y del ambiente

La potencia asignada P_S de un transformador se determina con condiciones específicas del servicio y del medio ambiente bajo las cuales se admite un funcionamiento permanente.

La potencia asignada es una potencia aparente y se indica en VA. El factor de potencia cos φ representa la relación entre la potencia activa (en W) y la reactiva (en VA), es decir, con cos $\varphi = 1$ (carga óhmica pura) coinciden ambas.

Las condiciones de servicio y del medio ambiente asignadas al transformador correspondiente se podrán consultar en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Las condiciones más importantes son las siguientes:
- Temperatura ambiente
- Altitud del lugar de servicio
- Frecuencia
- Clase de protección
- Clase de servicio

Condiciones diferentes reducen o aumentan la potencia admisible de la carga.

Temperatura ambiente

Cuando la temperatura ambiente supera la asignada del transformador, éste alcanza su temperatura límite con una potencia inferior a su potencia asignada P_S, mientras que a la inversa, si la temperatura ambiente es menor, puede aumentarse la potencia del transformador.

En la figura 4.3/22 se representa la relación de la potencia que en realidad puede alcanzarse P_{Sreal}, con los transformadores pequeños de Siemens en función de la temperatura ambiente asignada y la clase de aislamiento del transformador.

$P_{S\,real} = P_S \cdot c_1$ (en VA)

c_1 Factor de conversión, según la figura 4.3/22.

Los transformadores pequeños de Siemens fueron diseñados para una temperatura ambiente elevada. Por lo general, no se aprovecha la diferencia de temperaturas obtenibles en función de la clase de aislamiento y, en consecuencia, se obtendrá una vida útil mayor que la de diseño.

Altitud de montaje

Cuando el transformador se instala en una altitud superior a la indicada en las tablas de selección, el aparato ya no puede disipar todo el calor que genera, es decir, alcanza su temperatura límite admisible con mayor rapidez que la prevista para una altitud menor. Para evitar un sobrecalentamiento, debe reducirse la potencia que el transformador entrega.

En la figura 4.3/23 se representa la relación entre la potencia real que los transformadores pueden entregar y la altitud de montaje.

$P_{S\,real} = P_S \cdot c_2$ (en VA)

c_2 Factor de conversión, según la figura 4.3/23.

Frecuencia

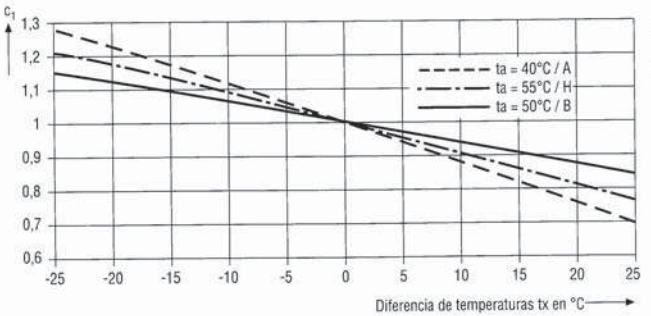
Los transformadores pequeños sólo deben utilizarse con la frecuencia para la que fueron diseñados. Por cierto, con frecuencias superiores también puede obtenerse una potencia mayor, siempre que el transformador sea apropiado para estas frecuencias más elevadas.

La conversión puede calcularse sobre la base de la potencia asignadas para 50 Hz con la fórmula lineal siguiente:

$P_{S\,real} = P_{S\,50\,Hz} \cdot f_{real}/50$ (en VA).

Clase de protección

Las potencias asignadas indicadas en las tablas de selección se aplican, por lo general, para la clase de protección IP 00, es decir, el transformador sin ninguna protección contra contacto accidental ni agua. Cuando aumenta la clase de protección se reduce la posibilidad de disipar el calor que el transformador genera y, en consecuencia, se incrementa su tempe-



ta Temperatura ambiente asignada
A, B, H Clase de aislamiento

Figura 4.3/22
Factor de conversión c_1 en función de la altitud de la instalación

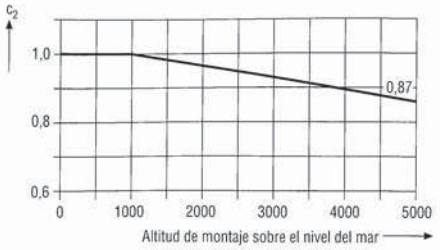


Figura 4.3/23
Factor de conversión c_2 en función de la altitud de la instalación

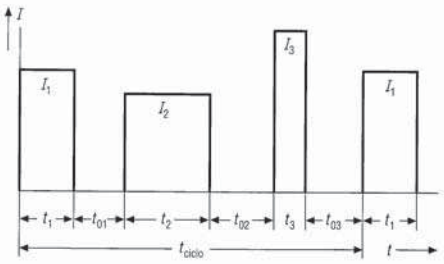


Figura 4.3/24
Carga aplicada en función del tiempo

ratura. Para evitar que su temperatura exceda los valores admisibles, tiene que reducirse la potencia que el aparato entrega.

Como la relación entre la potencia real que el transformador puede suministrar cuando se aplica una determinada clase de protección y la potencia asignada de diseño depende de la ejecución de la protección (por ejemplo, carcasa), no se pueden dar aquí indicaciones de validez general. La potencia que el transformador puede entregar se debe consultar en la tabla de selección correspondiente.

En el caso de transformadores pequeños con una protección, la potencia que realmente pueden entregar debe estar grabada sobre la placa de características fijadas sobre esta protección (por ejemplo, la carcasa). La placa de características fijada sobre el transformador indica la potencia del mismo con una clase de protección IP00.

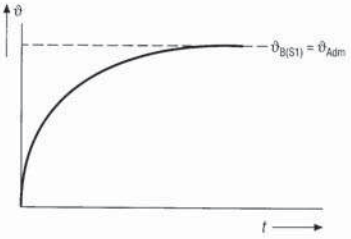
Clase de servicio

Las potencias asignadas indicadas en las tablas de selección corresponden a la clase de servicio *funcionamiento continuo*. Cuando se utilizan otras clases de servicio se podrán usar, si se diera el caso, potencias mayores o, si el transformador tiene el diseño adecuado, elegirse un tipo de potencia menor.

Por lo general, para la corriente de carga media se aplica la ecuación siguiente:

$$I_{med} = \sqrt{\frac{\Sigma I^2 \cdot t}{\Sigma t_{carga} + \Sigma t_{pausa}}} \quad \text{(en A)}.$$

La figura 4.3/24 muestra la posible variación de la carga en función del tiempo.



ϑ_{Adm} Incremento admisible de la temperatura
$\vartheta_{B(S1)}$ Temperatura de régimen

Figura 4.3/25
Curva característica de la temperatura en servicio permanente

De esta forma se obtiene la siguiente corriente de carga media I_{med}

$$I_{med} = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + I_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_{01} + t_2 + t_{02} + t_3 + t_{03}}} \quad \text{(en A)}.$$

La clase de servicio *funcionamiento continuo* se define de forma tal que el transformador se puede utilizar con su potencia asignada sin límite de tiempo. El aparato alcanza su temperatura de régimen, sin llegar a sobrepasarla, incluso durante un funcionamiento sin límite de tiempo (Figura 4.3/25).

La clase de servicio *funcionamiento de corta duración* se define de forma tal que el transformador se puede utilizar durante un tiempo especificado en el que alcanza la temperatura de servicio admisible sin llegar a la temperatura de régimen. La pausa siguiente en el servicio, en la que se interrumpe el su-

ministro de tensión al primario, tiene una duración suficiente como para que el aparato enfríe hasta la temperatura ambiente (Figura 4.3/26).

En la placa de características de los transformadores diseñados para funcionamiento de corta duración se indica el tiempo de servicio admisible en minutos.

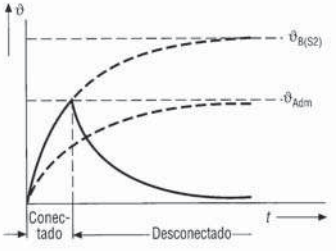
La clase de servicio *funcionamiento intermitente* se define de forma tal que el transformador se puede utilizar durante un tiempo especificado en el que alcanza la temperatura de servicio admisible sin llegar a la temperatura de régimen. La pausa siguiente en el servicio, en la que se interrumpe el suministro de tensión del primario, no tiene una duración tal como para que el aparato enfríe hasta la temperatura ambiente (Figura 4.3/27).

La clase de servicio *funcionamiento permanente con carga intermitente* se define de forma tal que el primario del transformador se mantiene conectado a la red en forma permanente, pero el tiempo de carga admisible indicado es tan corto que alcanza la temperatura de servicio admisible sin llegar a la temperatura de régimen. La pausa siguiente en el servicio *no* tiene una duración tal como para que el aparato enfríe hasta la temperatura de régimen en vacío (Figura 4.3/28).

Para definir la relación entre el tiempo en servicio y la suma de este tiempo y la pausa subsiguiente, se utiliza la expresión ED o *tiempo relativo de conexión*:

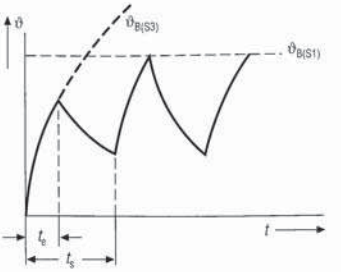
$$ED = t_{\text{Serv.}} / (t_{\text{Serv.}} + t_{\text{Pausa}}) \cdot 100 \quad (\text{en } \%).$$

En los transformadores pequeños diseñados para *servicio intermitente* y *funcionamiento permanente con carga intermitente* se indica en la placa de características el tiempo relativo de conexión en %.



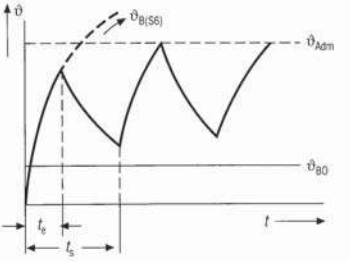
$\vartheta_{\text{Adm.}}$ Incremento admisible de la temperatura ($= \vartheta_{\text{B(S1)}}$)
$\vartheta_{\text{B(S2)}}$ Temperatura de régimen en servicio de tiempo breve

Figura 4.3/26
Curva característica de la temperatura en servicio de tiempo breve



$\vartheta_{\text{Adm.}}$ Incremento admisible de la temperatura
$\vartheta_{\text{B(S3)}}$ Temperatura de régimen en servicio intermitente
t_e Tiempo de conexión
t_s Duración del ciclo

Figura 4.3/27
Curva característica de la temperatura en servicio intermitente



ϑ_{Adm} Incremento admisible de la temperatura
ϑ_{B0} Temperatura de régimen en vacío
$\vartheta_{\text{B(S6)}}$ Temperatura de régimen en servicio permanente con carga intermitente
t_e Tiempo de conexión
t_s Duración del ciclo

Figura 4.3/28
Curva característica de la temperatura en servicio permanente con carga intermitente

En la figura 4.3/29 se representa la relación entre la potencia que realmente se puede obtener de un transformador con un tiempo relativo de conexión dado y la potencia asignada en *servicio permanente*.

Con el factor c de la figura 4.3/29 se podrá calcular la potencia que el transformador puede entregar realmente con la fórmula siguiente:

$$P_{\text{s real}} = P_{\text{sasig}} \cdot c \quad (\text{en VA}).$$

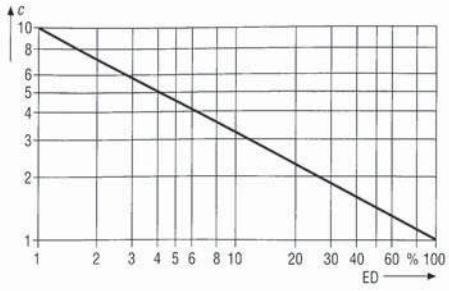


Figura 4.3/29
Curva característica de la carga en funcíon del tiempo relativo de conexión (ED).

Además de las clases de servicio descriptas de validez general, en el caso de los transformadores para circuitos de mando se presenta además la siguiente particularidad que puede considerarse una cierta variante de una clase de servicio:

La *potencia de breve duración con cos φ* = 0,5 se define como aquella potencia que durante un tiempo muy corto todavía permite mantener una tensión mínima del 95% de la tensión asignada de salida.

En este caso el transformador que alimenta un circuito de mando trabaja en servicio permanente y durante un tiempo breve, por ejemplo, cuando se conecta un contactor, debe operar con una potencia elevada y un factor de potencia muy desfavorable. En las condiciones citadas no se debe producir una caída de tensión considerable porque, en caso contrario, podrían abrir los contactores que eventualmente estuvieran cerrados o el contactor que se necesita operar no llegaría a cerrar. Una vez que el contactor cerró, el transformador sólo necesita suministrar la potencia de retención que es muy inferior.

Los transformadores para circuitos de mando se diseñan especialmente para este servicio, para que pese a la elevada potencia requerida en un tiempo breve, posean una potencia asignada tan reducida como sea posible (y con ello pesos y volúmenes pequeños).

La potencia permanente y la potencia para un tiempo breve se calculan en dos etapas.

4.3.5.4 Comportamiento ante cortocircuitos y sobrecargas

El comportamiento ante cortocircuitos y sobrecargas se define de la siguiente manera:

Transformador resistente al cortocircuito

Un transformador se considera resistente al cortocircuito cuando su sobreelevación de temperatura con una sobrecarga o cortocircuito no supera límites definidos y que, una vez que el cortocircuito o la sobrecarga finaliza, continúa cumpliendo con todos los requerimientos.

Los transformadores resistentes a los cortocircuitos se identifican de acuerdo con el símbolo representado en la Tabla 4.3/7, Figura 1. No se prevé una diferenciación en la identificación entre transformadores resistentes al cortocircuito en forma condicional o incondicionalmente resistentes.

Transformador condicionalmente resistente a los cortocircuitos

Un transformador condicionalmente resistente a los cortocircuitos es un aparato resistente a los cortocircuitos equipado con un dispositivo de protección que interrumpe el circuito primario, el secundario o reduce la corriente en la entrada o salida cuando se produce una sobrecarga o cortocircuito que afecte al transformador y que una vez que finaliza esta condición anormal, continúa cumpliendo con todos los requerimientos.

Transformador incondicionalmente resistente a los cortocircuitos

Un transformador incondicionalmente resistente a los cortocircuitos es un aparato resistente a los corto-

Tabla 4.3/7
Identificación del comportamiento de pequeños transformadores ante cortocircuitos y sobrecargas

Figura	Clase del transformador	Símbolo
1	Transformador resistente a los cortocircuitos (condicional o incondicional)	
2	Transformador "Fail-Safe"	F
3	Transformador no resistente a los cortocircuitos	

Observación: Estos símbolos se podrán utilizar en combinación con los de los transformadores separadores, de seguridad, adaptadores, etc

circuitos sin dispositivo de protección y cuya temperatura no supera los valores límites fijados cuando se produce una sobrecarga o cortocircuito y que una vez que finaliza esta condición anormal, continúa cumpliendo con todos los requerimientos.

Transformador "Fail-Safe" (autoprotegido)

Un transformador "Fail-Safe" (con autoprotección en caso de falla) es aquel aparato que por un uso diferente del diseño sale de servicio por interrupción del circuito primario sin que represente un riesgo para el usuario o el entorno.

Los transformadores "Fail-Safe" se identifican de acuerdo con el símbolo representado en la Tabla 4.3/7, Figura 2.

Transformador no resistente a cortocircuitos

Un transformador no resistente a los cortocircuitos es aquel aparato que posee una protección exterior que lo resguarda contra una temperatura excesiva, y que una vez que finalizó la sobrecarga o cortocircuito y se repuso el dispositivo de protección, vuelve a cumplir con todos los requerimientos.

Los transformadores no resistentes a cortocircuitos se identifican de acuerdo con el símbolo representado en la Tabla 4.3/7, Figura 3.

4.3.5.5 Disposiciones para el montaje

Las disposiciones para el montaje representan requerimientos determinados de la ejecución de los transformadores porque deben tenerse en cuenta condiciones especiales relacionadas con la protección contra contactos accidentales directos o indirectos (Sección 1.4).

Sobre la base de estos requerimientos se desarrollaron numerosos tipos de ejecución de los transformadores que se describen con mayores detalles en las disposiciones correspondientes.

4.3.5.6 Tipos de ejecución de transformadores

Transformadores separadores para aplicaciones generales

Los transformadores separadores según la norma DIN EN 61558-2-4 (VDE 0570, Parte 2-4), corresponde a la Publicación IEC 1558-2-4 (anterior EN 60742, VDE 0551, corresponde IEC 742), son aparatos con separación de protección entre los bobinados primarios y los secundarios.

Las normas comprenden transformadores para aplicaciones generales y, además, transformadores para aplicaciones especiales, los que, a su vez tienen disposiciones particulares, por ejemplo, transformadores separadores para ambientes de uso médico, transformadores para tomacorrientes, etc.

Los transformadores presentan las siguientes características básicas:

- Tensión asignada primaria: máx. 1000 V C.A.
- Tensión asignada secundaria: más de 50 V C.A., máx. 500 V C.A.
  más de 120 V C.C: (sin armónicas), máx. 708 V C.A.
- Potencia asignada: monofásica: máx. 25 kVA
  trifásica: máx. 40 kVA
- Frecuencia asignada: máx. 500 Hz

En algunos casos se podrán tener características diferentes, por ejemplo, en los siguientes:

- Serán admisibles transformadores separadores especiales sin limitación en la potencia asignada cuando medie un acuerdo entre partes.
- En el caso de transformadores separadores portátiles, no debe excederse una tensión asignada de salida de 250 V C.A.
- En caso de que las disposiciones para montaje de los diferentes países lo admitan o existan casos especiales de aplicación, se podrán tener tensiones asignadas de salida de hasta 1000 V C.A. o 1415 V C.C.

Los transformadores separadores se utilizan para obtener una división eléctrica segura entre circuitos, para limitar los riesgos emergentes de un contacto accidental de tierra y partes bajo tensión o partes metálicas, que en caso de un defecto del aislamiento puedan estar bajo tensión en el circuito secundario.

Los transformadores separadores se utilizan en todos aquellos casos donde por la configuración de la red no pueden aplicarse otras medidas de protección como, por ejemplo, aislamiento de protección (Sección 1.4.3) o la protección por desconexión (Sección 1.4.2.1), y por la tensión requerida por los consumidores no pueda utilizarse la protección por tensión reducida (Sección 1.4.2).

Por su tipo de construcción, los transformadores separadores satisfacen los requerimientos de la medida de protección "Separación de Protección" (Sección 1.4.2), es decir, los equipos eléctricos conectados se encuentran separados de la red de alimentación en forma segura. Por lo tanto, ningún cuerpo ni conductor del circuito secundario podrá estar conectado con

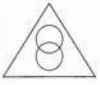
el sistema de conductores de protección, con la única excepción del equilibrio de potencial.

Los transformadores separadores se utilizarán en todos aquellos sectores donde se tengan conductores de instalaciones eléctricas en espacios reducidos o deban sostenerse con la mano equipos eléctricos conectados a la red eléctrica.

En los casos mencionados se utilizarán, por lo general, transformadores separadores portátiles con aislamiento de protección que se ubicarán fuera del lugar de trabajo, por ejemplo, cuando este trabajo se ejecute en el interior de recipientes.

Los transformadores separadores podrán tener varios bobinados secundarios, pero cada secundario sólo puede suministrar tensión a un consumidor.

Tabla 4.3./8
Identificación de los pequeños transformadores según su diseño.

Figura	Clase del transformador	Símbolo
1	Transformador separador para aplicaciones generales	
2	Transformador de seguridad para aplicaciones generales	
3	Transformador adaptador para aplicaciones generales	
4	Transformador para alimentar circuitos de mando	
5	Transformador separador no resistente a cortocircuitos para recintos de uso medicinal	
6	Autotransformador	

Observación: Estos símbolos se podrán utilizar en combinación con los de los transformadores resistentes a los cortocircuitos, no resistentes y "Fail-Safe".

Para poder diferenciar los transformadores separadores para uso general de otros transformadores, se los debe identificar con el símbolo correspondiente indicado en la Tabla 4.3/8, Figura 1.

Transformadores de seguridad para aplicaciones generales

Los transformadores de seguridad según la norma DIN EN 61558-2-6 (VDE 0570, Parte 2-6), corresponde a la Publicación IEC 1558-2-6 (anterior EN 60742, VDE 0551, corresponde IEC 742), son aparatos separadores previstos para la alimentación de circuitos SEL V y PEL V.

Las normas comprenden transformadores para aplicaciones generales y, además, transformadores para aplicaciones especiales, los que, a su vez tienen disposiciones particulares, por ejemplo, transformadores para campanillas, juguetes, etc.

Los transformadores de seguridad presentan las siguientes características básicas:

- Tensión asignada primaria: máx. 1000 V C.A.
- Tensión asignada secundaria: máx. 50 V C.A. más de 120 V C.C.: (sin armónicas)
- Potencia asignada: monofásica: máx. 10 kVA trifásica: máx. 16 kVA
- Frecuencia asignada: máx. 500 Hz

Aquí debe señalarse lo siguiente:

– La máxima tensión asignada de salida se refiere a vacío y carga.
– En caso de que el transformador tenga varios bobinados secundarios, la suma de todas las tensiones asignadas de salida no podrá superar los límites de tensión indicados, incluso cuando estas salidas no se prevean para una conexión en serie.

Los transformadores de seguridad tienen la función de suministrar energía eléctrica a circuitos de consumidores o aparatos en los que no se admiten tensiones de contacto peligrosas o de valor inadmisible. La tensión de protección que suministran estos transformadores en sus bornes de salida libre del potencial de tierra es tan reducida que no puede provocar ningún peligro por sí misma.

Los transformadores de seguridad se utilizan en aquellos casos, donde por la configuración de la red no pueden aplicarse otras medidas de protección como, por ejemplo, aislamiento de protección, la protección por desconexión o la separación de protección (Sección 1.4).

Los transformadores de seguridad se utilizarán en aquellos sectores donde se tengan conductores de instalaciones eléctricas en espacios reducidos o deban sostenerse con la mano equipos eléctricos conectados a la red eléctrica.

En los casos mencionados se utilizarán, por lo general, transformadores de seguridad portátiles con aislamiento de protección que se ubicarán fuera del lugar de trabajo, por ejemplo cuando este trabajo se ejecute en el interior de recipientes.

Para poder diferenciar los transformadores de seguridad para aplicaciones generales de otros transformadores, se los debe identificar con el símbolo correspondiente indicado en la Tabla 4.3/8, Figura 2.

Transformadores adaptadores para aplicaciones generales

Los transformadores adaptadores (transformadores para conexión a red según la norma DIN EN 61 558-2-1 (VDE 0570, Parte 2-1), corresponde a la Publicación IEC 1558-2-1 (anterior VDE 0550, Parte 1 corresponde IEC 989 (no son idénticas)), son aparatos cuyos bobinados primarios y secundarios sólo están separados por un aislamiento básico.

Los transformadores adaptadores presentan las siguientes características básicas:

- Tensión asignada primaria: máx. 1000 V C.A.
- Tensión asignada secundaria: máx. 1000 V C.A. más de 1415 V C.C. (sin armónicas)
- Potencia asignada: monofásica: máx. 1 kVA trifásica: máx. 5 kVA
- Frecuencia asignada: máx. 500 Hz

Aquí debe señalarse lo siguiente:

– La máxima tensión asignada de salida se refiere a vacío y carga.
– En caso de que el transformador tenga varios bobinados secundarios, la suma de todas las tensiones asignadas de salida no podrá superar los límites de tensión indicados, incluso cuando estas salidas no se prevean para una conexión en serie.
– Transformadores adaptadores especiales podrán llegar hasta una potencia asignada máxima de 40 kVA.

Los transformadores adaptadores tienen la función de suministrar energía eléctrica a circuitos de distribución o aparatos en los que por disposiciones de montaje se admiten otras medidas de protección como, por ejemplo, aislamiento de protección o protección por desconexión (Sección 1.4).

Para poder diferenciar los transformadores adaptadores para aplicaciones generales de otros transformadores, se los debe identificar con el símbolo correspondiente indicado en la Tabla 4.3/8, Figura 3.

Transformadores para alimentación de circuitos de mando

Los transformadores para alimentación de circuitos de mando según la norma DIN EN 61 558-2-2 (VDE 0570, Parte 2-2), corresponde a la Publicación IEC 1558-2-2 (anterior VDE 0550, Parte 3 corresponde IEC 989 (no son idénticas)), se utilizan para suministrar energía eléctrica a estos circuitos. Por sus funciones, al accionar contactores deben satisfacer condiciones especiales (ver la Sección 4.3.5.3: *Condiciones de servicio y del ambiente/Potencia de cortocircuito*).

Además, estos transformadores deben tener un aislamiento superior al de los transformadores adaptadores, pero sin llegar al nivel de los transformadores separadores y un nivel de seguridad tal que les permita satisfacer los requerimientos especiales de seguridad que presentan los circuitos de mando.

Los transformadores para alimentación de circuitos de mando presentan las siguientes características básicas:

- Tensión asignada primaria: máx. 1000 V C.A.
- Tensión asignada secundaria: máx. 1000 V C.A.
- Potencia asignada: monofásica: sin límites trifásica: sin límites
- Potencia de breve duración con cos φ = 0,5: No se especifica pero se debe indicar
- Frecuencia asignada: máx. 500 Hz

Aquí debe señalarse lo siguiente:

– La tensión de salida para el caso de potencia de breve duración tiene que ser, como mínimo, del 95% de la tensión asignada de salida
– La máxima tensión asignada de salida se refiere a vacío y carga.
– En caso de que el transformador tenga varios bobinados secundarios, la suma de todas las tensiones asignadas de salida no podrá superar los límites de tensión indicados, incluso cuando estas salidas no se prevean para una conexión en serie.

De acuerdo con la norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1) se especifican estos transformadores para suministrar energía eléctrica a los circuitos de mando.

Estos transformadores no se requieren para máquinas, cuya potencia asignada sea inferior a 3 kW con un único arrancador de motor y un máximo de dos equipos

de control exteriores y en el caso de electrodomésticos u otras máquinas similares en las que el equipamiento eléctrico se encuentra en el interior de la máquina.

Para facilitar la selección de los transformadores para alimentar circuitos de mando en función del servicio permanente y la potencia de breve duración, se tiene a disposición el programa *"ASIST"* para PC, N° de Pedido E86010-D1802-A127-A2 (Sección 9.12).

El cálculo para determinar la potencia del transformador para servicio permanente y potencia de tiempo breve se debe realizar en dos pasos separados:

Cálculo de la potencia para servicio de breve duración

La determinación de la potencia de breve duración requerida se realiza, sobre la base de que la tensión de salida no debe decaer por debajo del 95% de la tensión de salida asignada, valor determinado por la gama de tensiones de trabajo confiable de los contactores.

La potencia aparente máxima del transformador se calcula a partir de la potencia activa requerida (por ejemplo, potencia de retención de los contactores, potencia de las lámparas de señalización) y de la potencia reactiva (por ejemplo, de los contactores en estado cerrado) para el servicio con potencia de breve duración, aplicando la fórmula siguiente:

$$P_{\text{sReq.}} = \sqrt{P^2_{\text{Activa}} + P^2_{\text{Reactiva}}} \quad \text{(en VA)}.$$

El factor de potencia requerido cos φ se calcula con la fórmula siguiente:

$$\cos\varphi = (P_{\text{Act.}} + P_{\text{React.}})/P_{\text{sReq.}}.$$

Con el resultado de este cálculo se podrá seleccionar el transformador por su potencia en servicio de breve duración, en función del factor de potencia cos φ, de la Tabla 4.3/9.

El siguiente paso será determinar la potencia en servicio permanente (potencia de retención):

Tabla 4.3/9
Potencia de tiempo breve que suministran los transformadores para alimentar circuitos de mando Siemens $P_s = f(\cos\varphi)$ para $U_2 = 0{,}95 \cdot U_{2n}$

Transformador	Potencia asignada	Potencia aparente P_s requerida por todos los consumidores								
		cos φ =0,2	cos φ =0,3	cos φ =0,4	cos φ =0,5	cos φ =0,6	cos φ =0,7	cos φ =0,8	cos φ =0,9	cos φ =1
	P_s con IP 00									
Typ	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA
4AM804	0,063	0,33	0,253	0,206	0,175	0,152	0,135	0,122	0,11	0,104
4AM344	0,1	0,62	0,46	0,37	0,31	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17
4AM384	0,16	0,98	0,73	0,58	0,49	0,42	0,37	0,33	0,3	0,28
4AM404	0,25	1,62	1,24	1,0	0,85	0,74	0,66	0,59	0,54	0,51
4AM814	0,315	2,15	1,63	1,33	1,12	0,97	0,86	0,77	0,71	0,67
4AM464	0,4	2,53	2,0	1,67	1,44	1,26	1,13	1,0	0,95	0,92
4AM484	0,5	3,75	2,9	2,4	2,0	1,75	1,55	1,4	1,3	1,25
4AM524	0,63	3,85	3,15	2,7	2,35	2,1	1,9	1,75	1,65	1,6
4AM554	0,8	5,8	4,65	3,9	3,4	3,0	2,7	2,5	2,3	2,25
4AM574	1,0	8,85	7,0	5,85	5,0	4,4	3,95	3,6	3,3	3,2
4AM494	1,6	11,6	9,7	8,3	7,4	6,6	6,0	5,6	5,3	5,3
4AM994	2,5	24,4	18,3	14,6	12,2	10,5	9,3	8,3	7,5	7,1
4AT303	4,0	32,6	25,4	20,9	17,8	15,5	13,8	12,5	11,5	11,0
4AT361	5,0	36,7	27,9	22,6	19,0	16,5	14,6	13,1	12,0	11,2
4AT363	6,3	42,1	33,8	28,4	24,5	21,7	19,5	17,8	16,5	16,1
4AT391	8,0	53,6	43,0	36,0	31,1	27,5	24,8	22,6	21,0	20,4
4AT393	10,0	53,3	45,8	40,5	36,4	33,3	30,9	29,1	27,9	29,3
4AT430	11,2	85,8	67,8	56,3	48,3	42,4	37,9	34,5	31,9	30,7
4AT431	12,5	89,5	72,9	61,8	53,8	47,9	43,3	39,8	37,2	36,7
4AT432	14,0	90,0	75,9	66,0	58,7	53,1	48,8	45,5	43,2	44,2
4AT450	16,0	140,0	112,0	94,0	81,2	71,7	64,5	59,0	54,7	53,4

Cálculo de la potencia para servicio permanente

Por lo general, la carga máxima de breve duración es el factor determinante para la selección del transformador de alimentación para circuitos de mando, cuando se tiene carga inductiva (sólo bobinas de contactores).

Si se tiene carga óhmica adicional (por ejemplo, lámparas de señalización), la potencia necesaria del transformador se calcula con la fórmula siguiente:

$P_{\text{sReq.}} = \sqrt{P^2_{\text{Aktiva}} + P^2_{\text{Reaktiva}}}$ (en VA).

Con el resultado de este cálculo se podrá seleccionar el transformador por su potencia en servicio permanente, por ejemplo, con *Potencia de breve duración en función del factor de potencia* cos φ, de la Tabla 4.3/9.

La selección definitiva del transformador se realiza de acuerdo con la mayor potencia determinada.

Cuando determinadas aplicaciones especiales lo requieran podrán diseñarse los transformadores para alimentar circuitos de mando con las características adicionales de los transformadores separadores o de seguridad. En este caso, tendrán aplicación las exigencias más rigurosas dadas por la combinación de las disposiciones correspondientes (Tabla 4.3/10).

Para poder diferenciar los transformadores para alimentar circuitos de mando de otros transformadores, se los debe identificar con el símbolo correspondiente indicado en la Tabla 4.3/8, Figura 4.

Transformadores separadores para alimentación de energía eléctrica en locales de uso médico

Los transformadores separadores para alimentación de energía eléctrica en locales de uso médico según la norma DIN EN 61 558-2-15 (VDE 0570, Parte 2-15), corresponde a la Publicación IEC 1558-2-15 (todavía está especificado en la norma DIN VDE 0107, "Suministro de energía eléctrica para locales de uso médico". Esta norma aún no fue armonizada a nivel internacional), son aparatos separadores de una clase especial con determinadas características que fueron previstos exclusivamente para sistemas IT (Sección 1.4) y en su construcción corresponden a la Clase de Protección II con aislamiento doble o reforzado entre todas sus partes (excepción, entre el núcleo y el cuerpo).

Los transformadores separadores para alimentación de energía eléctrica de locales de uso médico presentan las siguientes características básicas:

- Tensión asignada primaria: máx. 1000 V C.A.
- Tensión asignada secundaria: más de 50 V C.A., máx. 250 V C.A.
  más de 120 V C.C: (sin armónicas), máx. 708 V C.A.
- Potencia asignada: más de 3 kVA, máx. 10 kVA
- Frecuencia asignada: máx. 500 Hz

Estos transformadores separadores se utilizan para suministrar energía eléctrica a las redes IT en locales del Grupo 2 de hospitales, consultorios médicos, etc.

Tabla 4.3/10
Resumen de características del diseño de transformadores para alimentar circuitos de mando, en función de la protección contra descargas eléctricas

Protección contra descargas eléctricas	Diseño del transformador		
	A	B	C
Protección contra contacto accidental directo e indirecto • Tensión reducida de protección (PEL V)	Clase de Protección I	–	–
Protección contra contacto accidental directo • Protección por medio de una carcasa (cubierta) • Protección por medio del aislamiento de partes activas	– ×	– –	× –
Protección contra contacto accidental indirecto • Protección por desconexión automática de la tensión de alimentación • Aislamiento protector o equivalente (Clase de Protección II) • Separación de protección	– Clase de Protección II –	– Clase de Protección II ×	× – –

A Transformador de seguridad (DIN EN 61 158-2-6) y transformador para alimentar circuitos de mando (DIN EN 61 158-2-2)
B Transformador separador (DIN EN 61 158-2-4) y transformador para alimentar circuitos de mando (DIN EN 61 158-2-2)
C Transformador para alimentar circuitos de mando (DIN EN 61 158-2-2)

La causa de esto es que en los locales mencionados se conecta a la red equipamiento vital para la supervivencia de los pacientes que, bajo ninguna circunstancia admite una interrupción de la tensión de alimentación, por ejemplo, por una descarga a tierra o al cuerpo de las personas. Esta protección se asegura por el uso de transformadores separadores.

Sin embargo, se deben poder reconocer posibles defectos de aislamiento y liberar la alarma correspondiente. Por ello, para el suministro de energía eléctrica a los locales de uso médico se utilizan transformadores separadores monofásicos con una derivación en el punto medio del bobinado que permite realizar la conexión de un dispositivo supervisor del aislamiento. Una pantalla estática entre el bobinado primario y el secundario del transformador conectada con el conductor de protección ofrece una seguridad adicional.

Para las redes de alimentación en estos locales se utiliza además una fuente ininterrumpible de energía eléctrica y, por lo tanto, los transformadores separadores deben presentar otras características adicionales decisivas como las siguientes:

- La tensión de cortocircuito no podrá superar el 3% de la tensión de salida asignada.
- La intensidad de la corriente de entrada en vacío no podrá superar el 3% de la intensidad de entrada asignada.
- La intensidad de la corriente de conexión no podrá superar ocho veces la intensidad de entrada asignada.

Para poder diferenciar los transformadores separadores para alimentación de energía eléctrica en locales de uso médico de otros transformadores, se los debe identificar con el símbolo correspondiente indicado en la Tabla 4.3/8, Figura 5.

Autotransformadores

Los autotransformadores según la norma DIN EN 61558-2-13 (VDE 0570, Parte 2-13), corresponde a la Publicación IEC 1558-2-13 (anterior VDE 0550, Parte 4, corresponde IEC 989), se diferencian de todas las demás clases de transformadores en que una parte del bobinado primario y secundario es común a ambos. Esto significa que entre el primario y el secundario no existe separación alguna.

Los autotransformadores presentan las siguientes características básicas:

- Tensión asignada de entrada: máx. 1000 V C.A.
- Tensión asignada de salida: máx. 1000 V C.A.
- Potencia del núcleo (Potencia tipo): monofásica: máx. 1 kVA
  trifásica: máx. 5 kVA
- Potencia asignada (de paso): monofásica: máx. 20 kVA
  trifásica: máx. 100 kVA
- Frecuencia asignada: máx. 500 Hz.

Aquí debe señalarse que los autotransformadores especiales podrán tener una potencia del núcleo máxima de 40 kVA, sin que exista limitación para la potencia asignada.

Los autotransformadores ofrecen la alternativa más económica para todas aquellas aplicaciones, en las cuales se requiere una adaptación de la tensión y se puede prescindir de la separación de la red de alimentación.

Para una potencia entregada a los receptores específica, denominada potencia de paso, el volumen y peso del autotransformador tiene, dependiendo de la relación de transformación, una potencia de tipo considerablemente menor y con ello resulta una unidad mucho más pequeña y liviana que el transformador con dos devanados separados.

La potencia de tipo necesaria para los autotransformadores se calcula con las siguientes fórmulas:

Autotransformador elevador
(Tensión primaria U_1 > tensión secundaria U_2)

$$P_{\text{stipo}} = P_{\text{spaso}} \cdot (U_1 - U_2)/U_1 \quad \text{(en VA)}.$$

Autotransformador reductor (Tensión primaria U_1 < tensión secundaria U_2)

$$P_{\text{stipo}} = P_{\text{spaso}} \cdot (U_2 - U_1)/U_2 \quad \text{(en VA)}.$$

Para poder diferenciar los autotransformadores de otros transformadores, se los debe identificar con el símbolo correspondiente indicado en la Tabla 4.3/8, Figura 6.

Transformadores para alimentar lámparas de señalización

Los transformadores para lámparas de señalización no son, en sí, una ejecución especial, sino transformadores para un campo de aplicación específico.

Los transformadores con una potencia pequeña tienen un considerable aumento de la tensión con respecto a la tensión asignada cuando trabajan en vacío.

Esto debe tenerse en cuenta cuando se alimentan únicamente lámparas de señalización o lámparas y otros consumidores con un transformador. La vida

útil de las lámparas incandescentes de señalización se reduce en forma considerable cuando trabajan con sobretensiones, aunque éstas sean reducidas.

También su luminosidad depende en gran parte de la tensión aplicada. Cuando no se admite una reducción de la vida útil de las lámparas, debe preverse un transformador separado, diseñado especialmente para el circuito de las lámparas de señalización.

El secundario de este transformador se diseñará de forma tal que aun cuando sólo se encuentre encendida una lámpara de señalización, no se sobrepase su tensión asignada.

La tensión de salida con carga asignada deberá ser tal que las lámparas alcancen su densidad luminosa asignada. Derivaciones en el bobinado de salida permiten conmutar la tensión para obtener una luminosidad umbral como la que se requiere en las salas de mando.

La luminosidad umbral caracteriza el límite de perceptibilidad del ojo humano.

Transformadores para servicio con rectificadores

Los transformadores para servicio con rectificadores, por su tensión de salida (tensión de salida asignada < 50 V C.A.), son exclusivamente, transformadores de seguridad.

Cuando las aplicaciones con receptores de corriente continua no imponen exigencias especiales a la estabilidad o al contenido de corriente alterna de la alimentación, puede emplearse la solución más sencilla: una combinación de transformadores con circuitos rectificadores.

En la tabla 4.3/11 se muestran las bases de cálculo para circuitos rectificadores monofásicos y trifásicos.

Para ajustar la tensión continua deseada, se emplean preferentemente transformadores con tomas.

Fuentes de alimentación de C.C. con tensión de salida de 24 V C.C. para alimentar mandos electrónicos

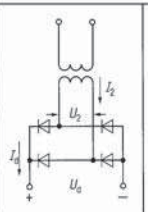
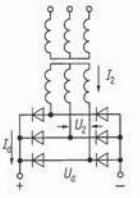
Para asegurar el funcionamiento de los mandos electrónicos, se exige que su alimentación de 24 V C.C., cumpla con características especiales en lo que respecta a tolerancias y ondulación residual. En la norma DIN 19240 *"Interfaces con la periferia de circuitos electrónicos de control – Fuentes de alimentación para interfaces binarias"* se definen los límites correspondientes.

Las fuentes de alimentación de C.C., tipos 4AV2 – 4AV5 de Siemens fueron diseñadas en conformidad con las especificaciones de la norma, e incluso tienen fijados límites más estrechos que los requeridas para que también ofrezcan la seguridad necesaria a todos los sistemas SIMATIC S5 conectados.

Estos aparatos están compuestos por transformadores monofásicos o trifásicos de seguridad, con circuitos rectificadores conectados a continuación y filtros de condensadores. Estos rectificadores suministran una tensión continua no regulada de 24 V C.C. con una ondulación residual < 5%.

Los valores límite indicados en la norma DIN 19240 se mantienen con toda seguridad, incluso para los límites superior o inferior (+6/– 10%) de la tensión de la red de alimentación.

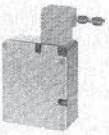
Tabla 4.3/11
Bases de cálculo para rectificadores puente monofásico (Circuito B2) y puente trifásico (Circuito B6)

Clase de circuito	 Circuito B2	 Circuito B6
Con carga resistiva		
$U_{2n} = 2 \cdot U_F + U_d \cdot F$	$F = 1{,}11$	$F = 0{,}74$
$I_2 = I_d \cdot F$	$F = 1{,}11$	$F = 0{,}82$
$P_s = U_{2N} \cdot I_2 \cdot F$	$F = 1$	$F = 1{,}73$
w	48,5%	4,2%
f_w	100	300
Con condensador de filtro para $w \leq 5\%$		
$U_{2n} = 2 \cdot U_F + U_d \cdot F$	$F = 0{,}79$	
$I_2 = I_d \cdot F$	$F = 1{,}57$	
$P_s = U_{2N} \cdot I_2 \cdot F$	$F = 1$	

U_{2n} Tensión de salida asignada (Valor eficaz)
I_2 Intensidad de salida del transformador
P_s Potencia de salida del transformador
U_d Tensión de C.C. de salida
I_d Intensidad de C.C. de salida
f_w Frecuencia de la ondulación superpuesta (en Hz)
U_F Tensión de un diodo en estado de conducción
U_w Tensión de la ondulación superpuesta (Valor eficaz)
w Ondulación de la tensión continua (en %)

$$w = \frac{U_w}{U_d} \cdot 100$$

Tabla 4.3/12
Criterios para la selección de fines de carrera (interruptores de posición)

Forma constructiva	3SE3							3SE4
	Abierto	En caja de material aislante			En caja metálica			Fin de carrera pequeño
				Interruptor de seguridad			Interruptor de seguridad con retención	
								
Según la norma DIN EN	–	50047 50041	–	–	50041	–	–	–
Tensión asignada hasta C.A.:	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V	250 V	400 V
Intensidad de servicio asignada I_e/AC-15 con 230 V	6 A	6 A	6 A	6 A	6 A	6 A	4 A	6 (3) A
Clase de Protección IP 00	–	–	–	–	–	–	–	×
IP 20	×	–	–	–	–	–	–	–
IP 65	–	×	×	×	–	–	–	–
IP 67	–	–	–	–	×	×	×	–
Accionamiento								
Vástago sencillo	×	–	–	–	×	×	–	×
Vástago esférico reforzado	–	×	×	–	×	×	–	–
Vástago con rodillo	–	×	×	–	×	×	–	–
Rodillo con palanca acodada	–	×	×	–	×	×	–	–
Palanca basculante con rodillo	–	×	×	–	×	×	–	–
Palanca basculante con rodillo, longitud ajustable	–	×	×	–	×	×	–	–
Palanca de varilla	–	×	×	–	×	×	–	–
Varilla elástica	–	×	×	–	×	×	–	–
Palanca en horquilla	–	–	–	–	×	×	–	–
Vástago esférico con y fijación central M18	–	×	×	–	–	–	–	–
Vástago con rodillo y fijación central M18	–	×	×	–	–	–	–	–
Actuador separado	–	–	–	×	–	–	–	–
Actuador separado con retención	–	–	–	–	–	–	×	–
Contactos								
Contactos de acción instantánea	×	×	×	–	×	×	–	×
Contactos de acción normal	×	×	×	×	×	×	×	×
Contactos dobles con separación galvánica								
Contactos en atmósfera protectora	×	×	×	×	×	×	×	–
	–	–	–	–	–	–	–	–
Apertura forzada	×	×[1)]	×[1)]	×	×[1)]	×[1)]	×	×[2)]

[1)] Con los accionamientos correspondientes [2)] Sólo con contactos de acción normal

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 4.3/12 (Continuación)
Criterios para la selección de fines de carrera (interruptores de posición)

Forma constructiva	3SE3							3SE4
	Abierto	En caja de material aislante			En caja metálica			Fin de carrera pequeño
				Interruptor de seguridad			Interruptor de seguridad con retención	
Precisión de repetición en la posición del punto de conmutación en mm	±0,05	±0,05	±0,05	±0,05	±0,05	±0,05	±0,05	±0,05
Vida útil mecánica asignada en millones de maniobras	30	30	30	1	30	30	1	1
Vida útil de los contactos en millones de maniobras cuando conectan uno de los contactores 3TH4, 3TF40 hasta 3TF44	30	30	30	1	30	30	1	1
Frecuencia máxima de maniobras con C.A. (50 Hz) en maniobras por minuto	100	100	100	100	100	100	100	160
Medida de protección								
Aislamiento de protección	–	×	×	×	–	–	–	–
Borne para el conductor de protección	–	–	–	–	–	×	×	–

4.3.6 Aplicaciones y selección de interruptores fines de carrera 3SE

Con estos interruptores (también denominados interruptores de posición), se registra la posición de piezas móviles de máquinas, puertas, objetos diversos, etc., y se la transforma en una señal eléctrica que luego puede procesarse en controles de diversa naturaleza.

Los interruptores fines de carrera se subdividen en las categorías siguientes:

- ▷ Categoría 1 sin actuador separado,
- ▷ Categoría 2 con actuador separado.

Los interruptores fines de carrera de la Categoría 1 se suministran sin caja, en caja de material aislante y en cajas metálicas. Se diferencian por sus dimensiones, datos técnicos y posibilidades de aplicación. Las dimensiones, los puntos de fijación y las características de algunos modelos coinciden con las especificaciones de las normas DIN EN 50047 o DIN EN 50041.

Los interruptores fines de carrera de la Categoría 2 se subdividen en las siguientes clases:

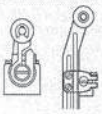
- ▷ Interruptores fines de carrera con actuador separado sin retención,
- ▷ Interruptores fines de carrera con actuador separado con retención.

El actuador tiene una triple codificación, por lo tanto, toda manipulación maliciosa tendrá considerables dificultades.

Los criterios de selección y los principales datos técnicos de los fines de carrera se resumen en la Tabla 4.3/12. Para mayores detalles, consultar el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens:

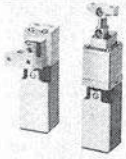
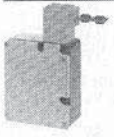
- ▷ Fines de carrera abiertos, tipos 3SE3 020 y 3 SE3 023,
- ▷ Fines de carrera en cajas de material aislante, tipo 3 SE3 200, diversas ejecuciones, también según la norma DIN EN 50047 "Interruptores para circuitos auxiliares, fines de carrera 30 × 55" y tipo 3SE3 230, según la norma DIN EN 50041 "Interruptores para circuitos auxiliares, fines de carrera 42,5 × 80",
- ▷ Fines de carrera en cajas de material aislante, tipos 3SE3 210, ejecución con caja ancha y dos entradas para cables,
- ▷ Fines de carrera en cajas metálicas, tipo 3SE3 120, diversas ejecuciones, también según la nor-

Tabla 4.3/13
Variantes de los accionamientos para fines de carrera (interruptores de posición)

	Accionamiento	Ventajas	Indicaciones
	Vástago simple	Aproximación en dirección del eje del vástago o perpendicular cuando se utilizan varillas para accionarlos desde cualquier dirección. Posibilidad de un recorrido adicional y con ello un desplazamiento más prolongado en el caso de vástago esférico reforzado o vástago con rodillo.	Los interruptores no deben emplearse como tope mecánico, los ángulos de accionamiento y de liberación deben ser iguales. Para las varillas y levas de accionamiento lateral tienen que seleccionarse los materiales adecuados y debe preverse una lubricación permanente. Los interruptores fines de carrera con vástago esférico reforzado y vástago de rodillo operan con mayores fuerzas de accionamiento.
	Vástago esférico reforzado		
	Vástago con rodillo		
	Rodillo y palanca sencillos	Para elevadas velocidades de aproximación, vida útil mecánica muy elevada.	–
	Rodillo de palanca acodada		
	Palanca basculante con rodillo	Para elevadas velocidades de aproximación, numerosas posibilidades de aproximación, resistentes a los efectos del medio ambiente, tales como polvo, suciedad, polvos abrasivos, etc.	–
	Palanca basculante con rodillo, longitud ajustable		
	Palanca de varilla		
	Varilla elástica	Puede ser accionada desde cualquier dirección, apropiada para elementos de accionamiento de características variables.	Sólo puede utilizarse en combinación con contactos de acción instantánea.
	Vástago esférico con fijación central, rosca M18	Para un montaje rápido y ajuste sencillo, aproximación desde todas las direcciones.	–
	Vástago con rodillo y fijación central, rosca M18	Para un montaje rápido y ajuste sencillo.	–
	Palanca en horquilla	Accionamiento con retención, accionamiento en dos direcciones	–

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 4.3/13 (continuación)
Variantes de los accionamientos para fines de carrera (interruptores de posición)

	Accionamiento	Ventajas	Indicaciones
	Actuador separado sin retención	Para supervisión de dispositivos de protección en movimiento. Ejecución con accionamiento lateral o frontal y con accionamiento lateral/ frontal en un aparato. El dispositivo no se puede engañar en forma sencilla.	El accionamiento no puede ser intercambiado con los de las ejecuciones estándar. No se requieren medidas adicionales para la protección contra manipulaciones.
	Actuador separado con retención	Evita una apertura accidental o intencionada de rejas de protección mientras persiste un estado de peligro, por ejemplo, durante recorridos adicionales que ejecuta una máquina, cuyo funcionamiento ya se interrumpió.	Existen dos principios de retención: Retención con traba por resorte Retención con traba por imán Se encuentra integrado un desenclavamiento auxiliar para poder accionar bajo requerimiento (precintable).

ma DIN EN 50041 "Interruptores para circuitos auxiliares, fines de carrera 42,5 × 80",

- ▷ Fines de carrera en cajas metálicas, tipos 3SE3 100, 3SE3 303 y 3SE3 404, en cajas metálicas anchas, con 3 entradas para cables,
- ▷ Fines de carrera en cajas metálicas, tipos 3 SE3 100, 3SE3 120 con indicadores luminosos incorporados (lámparas neón o LED), para señalizar la posición del interruptor (aviso óptico). Los esquemas de conexión básicos se representan en la Sección 9.6.,
- ▷ Fines de carrera 3SE4, de tamaño pequeño.

Condiciones en el lugar de montaje

De acuerdo con las condiciones imperantes en el lugar de montaje, deben emplearse fines de carrera abiertos, en caja de plástico o en caja de metal con la clase de protección apropiada, por ejemplo, IP 20, IP 65 ó IP 67.

Los fines de carrera en caja de material aislante cumplen con los requisitos de la medida "Aislamiento de protección" y, además, resisten el ataque de diversos productos químicos y líquidos agresivos.

La condensación de agua en ambientes húmedos que se produce cuando la temperatura tiene grandes variaciones, se reduce en gran medida cuando se emplean fines de carrera en caja de material aislante.

Los fines de carrera en caja metálica soportan considerables esfuerzos mecánicos. Se los puede utilizar en sitios donde se producen virutas calientes y chispas; además, resisten la acción de numerosos disolventes y agentes químicos de limpieza.

El espacio disponible determina las dimensiones que pueden tener los fines de carrera.

Actuadores

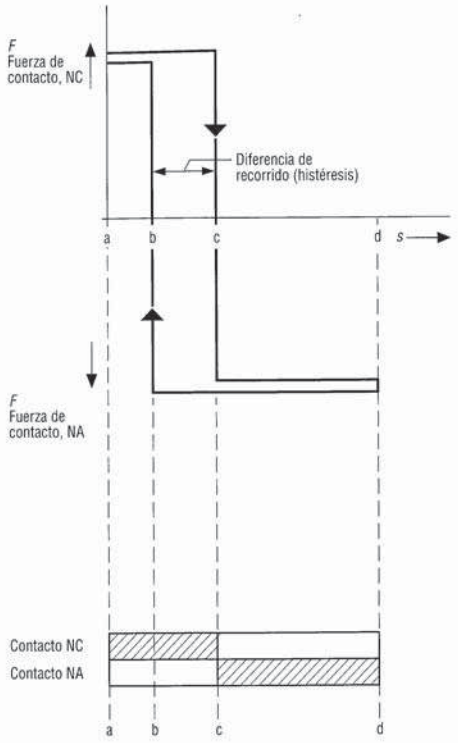
La construcción y la forma de trabajo de la máquina o instalación que debe ser controlada, determinan el actuador o accionamiento que tienen que tener los fines de carrera. Se dispone de numerosas ejecuciones con fines de carrera y diversos actuadores para las distintas formas de los elementos de accionamiento, direcciones y velocidades de acercamiento (Tabla 4.3/13).

Elementos de accionamiento

Los elementos de accionamiento o actuadores para los fines de carrera pueden ser varillas, discos de levas, levas, puertas, objetos diversos, etc. Las varillas y los discos de levas deben tener la forma adecuada para que los fines de carrera no queden sometidos a esfuerzos inadmisibles. Mediante la elección del elemento apropiado, se alcanza una larga vida mecánica ($30 \cdot 10^6$ maniobras), aún con un mantenimiento mínimo (engrase de los accionamientos con vástagos o varillas, aceitado de los rodillos, etc.).

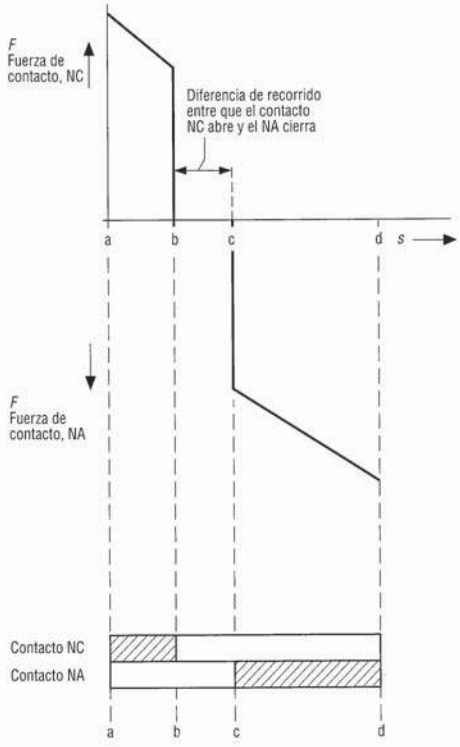
Velocidad de los accionamientos

La velocidad admisible de los elementos actuadores y de accionamiento de los fines de carrera, en función de la dirección del movimiento, se indican en el



F Fuerza de contacto
s Recorrido del accionamiento
a Punto inicial del movimiento del vástago
b Punto de conmutación en el retroceso
c Punto de conmutación al ser accionado (el contacto NC abre, y el NA cierra)
a–d Recorrido máximo del accionamiento

Figura 4.3/30
Contactos de acción instantánea, diagrama de la fuerza de contacto y del recorrido (arriba) y diagrama de las maniobras (abajo)



F Fuerza de contacto,
s Recorrido del accionamiento
a Punto inicial del movimiento del vástago
b Contacto NC abre
c Contacto NA cierra
a–d Recorrido máximo del accionamiento

Figura 4.3/31
Contactos de acción normal, diagrama de la fuerza de contacto y del recorrido (arriba) y diagrama de las maniobras (abajo)

catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens. La longitud de una varilla de accionamiento para un interruptor de posición depende de la velocidad con que ésta se mueve y debe ser tal que los contactos del interruptor permanezcan accionados un tiempo suficientemente largo.

Contactos

El programa de fines de carrera comprende uno o más contactos de diferentes sistemas para múltiples aplicaciones (Figuras 4.3/30 y 4.3/31).

Contactos de acción instantánea

Estos contactos se suministran con las ejecuciones siguientes:

- ▷ Para una conmutación casi simultánea de los contactos NA y NC (tiempo de conmutación del orden de 3 ms), independiente de la velocidad del elemento de accionamiento.
- ▷ Para una apertura completa de los contactos en instalaciones en las cuales las piezas móviles de la maquina se detienen inmediatamente después de la desconexión por el interruptor de posición, sin dar lugar a un recorrido adicional (por la diferencia de recorrido entre el contacto NA y el NC no pueden producirse señales erróneas provocadas por sacudidas).
- ▷ Para bajas velocidades de accionamiento: 0,1 m/s hasta 1 m/s.

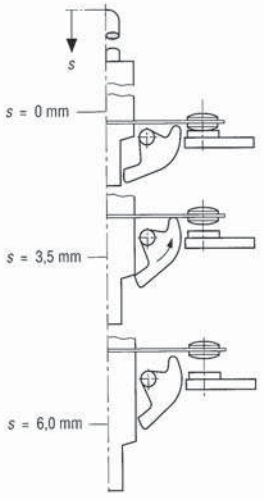


Figura 4.3/32
Principio de la apertura forzada de los contactos NC de acción instantánea en función del recorrido *s*

Contactos de acción normal

Se suministran con las ejecuciones siguientes:

- ▷ Para una marcada diferencia entre el momento de actuación del contacto NA y del NC en función de la velocidad de accionamiento, mínimo 1 mm/s.
- ▷ Con cruce.
- ▷ Para aplicaciones en las cuales los puntos de accionamiento y de liberación del fin de carrera deben ubicarse en el mismo lugar (ninguna diferencia de recorrido ni histéresis).

El diagrama de recorrido de la operación de la figura 4.3/31 muestra el desplazamiento del actuador después del cual el contacto NC abre y el NA cierra, así como el recorrido adicional disponible que permite compensar las tolerancias de montaje. El recorrido total no debe ser sobrepasado, porque en caso contrario el fin de carrera podría ser destruido mecánicamente.

Apertura forzada de los contactos NC, según la norma DIN EN 60 204-1 (VDE 0113)

Tanto los contactos de acción normal (lenta) como los de acción instantánea (con la excepción de los fines de carrera pequeños 3SE4) tienen apertura forzada, es decir, los contactos que abren se accionan por medios mecánicos de una manera confiable (Figura 4.3/32). Esta importante característica se exige en forma explícita en la norma DIN VDE 0113 y en la Publicación IEC 204-1 para los fines de carrera con función de seguridad del equipamiento eléctrico de máquinas herramienta y de producción.

Separación galvánica de los contactos

Contactos con separación galvánica posibilitan la conexión de tensiones con distinto potencial, cuando se tienen interruptores con varios contactos. De esta forma, por ejemplo, con un único aparato se pueden dar comandos con 230 V C.A. y avisos con 24 V C.C. Esto es, en parte, también posible cuando se emplea un interruptor en el cual los contactos NA y NC tienen el contacto móvil común cuando se admite una capacidad de conexión menor.

Los contactos dobles móviles con separación galvánica (Figura 4.3/33) tienen las siguientes características:

- ▷ Elevada confiabilidad de contacto, aún con tensiones y corrientes reducidas (5 V C.C., 1 mA).
- ▷ Son adecuados para su uso en circuitos de mando convencionales con contactos mecánicos, así como electrónicos.
- ▷ Adecuados para conectar tensiones con potencial distinto
- ▷ Son apropiados para dar comandos con 230 V C.A. y avisos con 24 V C.C.

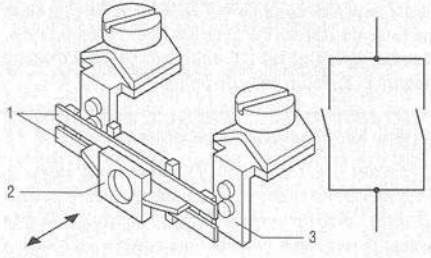
Localmente, pueden reemplazarse entre ellos con facilidad los contactos 1 NA + 1 NC, 2 NC o 2 NA de las series constructivas 3 SE3 100-..., 3 SE3 120-..., 3 SE3 230-...

En la serie constructiva 3 SE3 200-..., la parte eléctrica está incorporada dentro del interruptor y, por lo tanto, no podrán reemplazarse los contactos.

4.3.6.1 Fines de carrera con funciones de seguridad

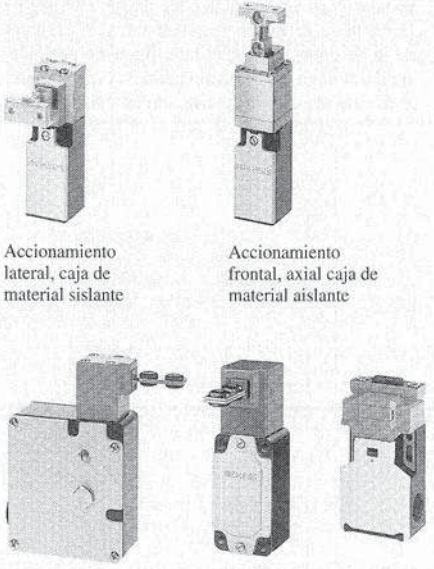
Los fines de carrera con funciones de seguridad deben llevar a un estado de servicio seguro por medio de una interrupción forzada de los circuitos eléctricos. Este estado seguro no podrá ser simulado por medios sencillos (efectuando alguna manipulación). Este hecho se podrá asegurar por medio de medidas constructivas en el caso de los fines de carrera de la Categoría 1, es decir, interruptores en los cuales los contactos y el elemento actuador conforman una unidad constructiva y funcional (por ejemplo, vástago basculante con o sin rodillo).

Los fines de carrera de la Categoría 2, en cambio, son interruptores en los cuales los contactos y el actuador no conforman una unidad constructiva. Sin embargo, cuando se los acciona se unen o separan funcionalmente (Figura 4.3/34). El fin de carrera con actuador separado se utiliza, en especial, en todos aquellos casos en los que por razones de seguridad deben controlarse la posición de puertas corredizas, giratorias o cubiertas de cualquier naturaleza (Figura 4.3/35). En cuanto se abre o se retira el elemento de protección móvil, se interrumpe el movimiento (por ejemplo, de una máquina) que implica un riesgo. El movimiento no debe tener ningún recorrido adicional. La protección contra manipulaciones maliciosas se logra mediante una codificación en el cabezal del accionamiento del interruptor de posición. El interruptor está conectado cuando el actuador llegó al final de su carrera, y se desconecta cuando este actuador se retiró.



1 Contactos móviles
2 Caja de resorte (soporta los contactos móviles sin una vinculación mecánica rígida)
3 Contactos fijos y borne de conexión

Figura 4.3/33
Detalles constructivos y diagrama eléctrico de los contactos móviles



Accionamiento lateral, caja de material sislante

Accionamiento frontal, axial caja de material aislante

Accionamiento lateral y frontal, caja de material aislante

Accionamiento lateral, caja metálica

Accionamiento lateral con retención, caja metálica

Figura 4.3/34
Fines de carrera con actuador separado

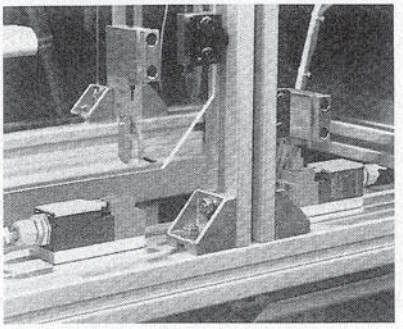


Figura 4.3/35
Aplicación de fines de carrera de seguridad en la cubierta de una máquina

Para la aplicación deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- ▷ Cuando se respetan los recorridos mínimos indicados, se produce obligatoriamente la apertura de los contactos NC.
- ▷ Los accionamientos indicados aseguran una unión positiva o continua.
- ▷ Los fines de carrera en caja metálica 3 SE3 120-.. y los interruptores en caja de material aislante 3SE3 230-.. se deben fijar con dos tornillos (agujeros redondos con 5,3 mm de diámetro). Los fines de carrera en caja de material aislante 3CE3 200 y 3CE3 210 se fijarán con los agujeros alargados con forma de L (distancia 20 mm ó 40 mm en el caso de las cajas anchas). Según el caso, cuando el fin de carrera se utilice en aplicaciones con condiciones problemáticas, se lo debe espigar.
- ▷ Los fines de carrera no se deben utilizar como tope mecánico, y se los ubicará de forma tal que cuando el movimiento de aproximación los sobrepase, no se dañen.
- ▷ Se debe prever en el circuito un fusible DIAZED de la clase gL/gG de 6 A o un interruptor cortacircuitos automático de 10 A (característica C) como protección contra cortocircuitos.
- ▷ Los fines de carrera en caja de material aislante se suministran con la clase de protección IP 65 y los de caja metálica, con IP 67.
- ▷ Estos interruptores se pueden montar en cualquier posición.
- ▷ Se deben respetar las condiciones de accionamiento y aproximación.
- ▷ En los fines de carrera con actuador separado resulta ventajoso contar con una guía tan exacta como sea posible del mismo para obtener un juego mecánico relativamente pequeño y estrecho del dispositivo de protección.

Los interruptores fines de carrera con apertura forzada enumerados en la Tabla 4.3/14 podrán asumir funciones de seguridad según la norma DIN VDE 0660, Parte 200/07.92, cuyo texto coincide con la Publicación IEC 947-5-1-3, y se identifican con el símbolo representado en la figura 4.3/36. En este caso se exige contactos con apertura forzada y la aprobación de un ensayo con tensión de choque de 2,5 kVA.

Hasta mediados de 1992, en que fue anulada la norma DIN VDE 0660, Parte 206, los interruptores fines de carrera con funciones de seguridad se identificaban con el símbolo especificado por esta norma.

4.3.6.2 Interruptores de seguridad por tracción de cable

Los interruptores de seguridad por tracción de cable se aplican en aquellos casos, en los que ante un peligro en zonas extensas debe poder desconectarse una máquina o una línea de producción desde cualquier lugar (ver también la Sección 6.2.2).

Criterios de selección

Para seleccionar el interruptor de seguridad por tracción de cable apropiado deben tenerse en cuenta los factores siguientes:

- ▷ Longitud del cable: La fuerza de tracción debe determinarse en función de la longitud libre.
- ▷ Diámetro del cable: Se determina en función de la fuerza de tracción que debe aplicarse, ver Tabla 4.3/15.
- ▷ Influencias de la temperatura: Las variaciones de temperatura ocasionan modificaciones en la longitud del cable pretensado (Figura 4.3/37). El cruce de los contactos determina el valor límite de las variaciones de temperatura.

Accionamiento	Ejecución de la caja	Contactos de acción instantánea	Contactos de acción normal
Vástago simple	Abierto Caja metálica	3SE3 020-1A 3SE3 120-1B	3SE3 020-0A 3SE2 120-0B 120-6B
Vástago esférico reforzado	Caja metálica Caja mat. plást. mold.	3SE3 120-1C 3SE3 200-1C 210-1C 230-1C	3SE3 120-0C 120-6C 3SE2 200-0C 210-0C 230-0C 230-6C
Vástago con rodillo	Caja metálica Caja mat. plást. mold.	3SE3 120-1D 3SE3 200-1D 210-1D 230-1D	3SE3 120-0D 120 6D 3SE2 200-0D 210-0D 230-0D 230-6D
Rodillo y palanca sencillos	Caja metálica Caja mat. plást. mold.	3SE3 120-1E 3SE3 200-1E 210-1E 230-1E	3SE3 120-0E 120 6E 3SE2 200-0E 210-0E 230-0E 230-6E
Rodillo de palanca acodada	Caja metálica Caja mat. plást. mold.	3SE3 120-1F 3SE3 200-1F 210-1F	3SE3 120-0F 3SE2 200-0F 210-0F
Palanca basculante cambiable $4 \times 90°$	Caja metálica Caja mat. plást. mold.	3SE3 120-1J 3SE3 200-1G 210-1G 230-1G	3SE3 120-0J 3SE2 200-0G 210-0G 230-0G 230-6G
Vástago esférico, con rodillo y fijación central	Caja mat. plást. mold.	3SE3 200-1L 210-1L 3SE3 200-1M 210-1M	3SE3 200-0L 210-0L 3SE2 200-0M 210-0M
Con actuador separado lateral y frontal lateral, frontal lateral	Caja mat. plást. mold. Caja metálica	– – – –	3SE3 240-0XB; -6XB 3SE3 200-0XB; -6XB 3SE3 200-0XD; -6XB 3SE3 120-0XB; -6XB
Con actuador separado y retención	Caja metálica	–	3SE3 8..-0XB00

Tabla 4.3/14
Fines de carrera Siemens, según la norma DIN VDE 0660, Parte 200 (Publicación IEC 947-5-1-3)

Tabla 4.3/15
Diámetro requerido de los cables en función de la fuerza de tracción N

Fuerza de tracción N	Diámetro del cable mm
hasta 20	2,5
20–100	2,5
100–200	4
200–350	5
Más de 350	5

Figura 4.3/36
Símbolo de la función de seguridad apertura forzada según la Publicación IEC 947-5-1-3

Los interruptores de seguridad accionados por tracción de cable desde ambos lados son insensibles ante variaciones de temperatura debido a la distribución uniforme hacia los lados de la fuerza de tracción. Por esta causa se adaptan, en especial, a grandes longitudes libres (> 25 m).

Funcionamiento

Los interruptores por tracción de cable son aparatos de seguridad según las normas DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1), IEC 204-1 y DIN VDE 0660, Parte 200. Todas las maniobras se realizan con apertura forzada, debido a que todos los interruptores con funciones de seguridad, los puentes de

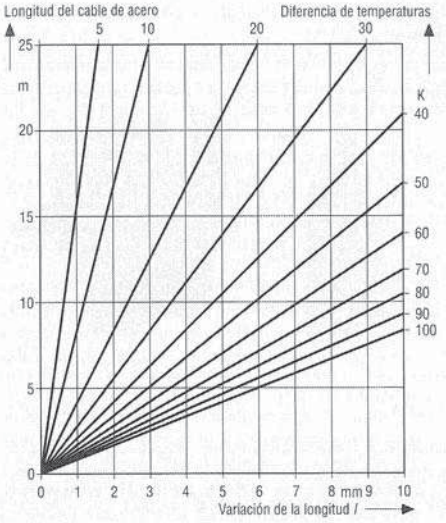


Figura 4.3/37
Variación de la longitud del cable pretensado en función de la diferencia de temperaturas

los contactos deben estar vinculados mecánicamente de manera confiable con el vástago actuador. El encastre provoca una interrupción permanente del contacto y evita que la máquina continúe funcionando sin control.

Al cable de los interruptores de seguridad accionados por tracción desde un lado (ver figura 6.2/3 en la Sección 6.2.2) se le aplica una tensión apropiada después del montaje para que los contactos se ubiquen en el centro del cruce. El contacto NA está cerrado, y el NC aún no abrió. Cuando se tira del cable de acero con revestimiento de PVC, la tensión afloja por causas externas o el cable se corta, se produce la apertura de uno de los dos contactos. El interruptor de seguridad por tracción de cable provoca una interrupción en la alimentación de tensión y desconecta el accionamiento.

En caso de que se tenga un encastre, una vez accionado el interruptor, se deberá eliminar esta retención para que el sistema se encuentre nuevamente en condiciones operativas.

Los interruptores de seguridad con tracción desde ambos lados (ver figura 6.2/4 en la Sección 6.2.2) para grandes distancias libres (> 25 m) se ubican en el medio del tramo a cubrir. El cable se fija en ambos extremos (hacia la izquierda y derecha) con resortes tensores. El cable no tiene una pretensión y, por lo tanto, las variaciones de temperatura no influyen en el funcionamiento. Cuando los tramos a supervisar son muy largos, pueden acoplarse varios interruptores.

La palanca del interruptor, en función del lado que se acciona, será rebatida hacia la derecha o izquierda. En caso de que el cable se rompa, se producirá un movimiento de la palanca hacia la posición de encastre por la acción del resorte ubicado en el extremo opuesto.

Montaje, accesorios

Los interruptores de seguridad por tracción del cable para pequeñas distancias libres del cable (< 25 m) podrán tener caja metálica o de material aislante de acuerdo con los lugares en los que se monten.

El interruptor se fija por tornillos: 2 × M4 ó 4 × M5.

El montaje del interruptor podrá realizarse en posición vertical u horizontal. Por lo general, estos aparatos, de acuerdo con la Publicación IEC 529, norma DIN VDE 0470, Parte 1, se suministran en la clase de protección IP 65.

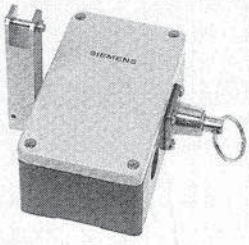
El material es extremadamente robusto y resistente a las influencias climáticas. El montaje debería realizarse siempre bajo condiciones normales de temperatura para que el alargamiento longitudinal del cable debido a variaciones de temperatura se mantenga tan reducido como sea posible.

Para el montaje de los interruptores debe tenerse en cuenta que cada 2 a 5 m tiene que ubicarse un soporte para el cable para evitar fluctuaciones en los contactos originados por oscilaciones de este cable ante esfuerzos por choque. El primer apoyo debe ubicarse, en lo posible, directamente detrás del interruptor.

Datos técnicos de los interruptores de seguridad por tracción de cable 3 SE de Siemens

En la Tabla 4.3/16 se indican los datos técnicos más importantes de los interruptores de seguridad por tracción de cable de la serie 3 SE fabricado por Siemens. Informaciones complementarias podrán obtenerse del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Tabla 4.3/16
Datos técnicos de los interruptores por tracción de cable 3SE de Siemens

Ejecución de la caja	Material aislante	Metal		
				
Tracción del cable	unilateral	unilateral	unilateral	bilateral
Según norma DIN EN	50047	50041		
Tensión asignada	C.A. 380 V	C.A. 500 V	C.A. 500 V	C.A. 500 V
Corriente asignada de servicio	10 A	10 A	16 A	10 A
Enclavamiento	–	Pulsador	Llave	Aro de tracción
Caja	Material termoplástico reforzado con fibra de vidrio	Fundición inyectada de Al	Fundición inyectada de Al	Fundición inyectada de Al
Apertura forzada	Si	Si	Si	Si
Clase de Protección	IP 65	IP 65	IP 65	IP 65
Rango de temperaturas	−30° hasta +80°	−30° hasta +80°	−30° hasta +80°	−30° hasta +80°
Cruce de contactos	1 mm	1 mm	18 mm	–
Fuerza inicial	10 N	60 N	180 N	20 N hasta 40 N
Fuerza final	20 N	80 N	320 N	

4.4 Elementos de acoplamiento

Los elementos de acoplamiento son módulos de la interfaz. Como nexo de unión entre el control electrónico y los aparatos de maniobra periféricos, tales como emisores (por ejemplo, fines de carrera) o elementos de mando (por ejemplo, contactores), posibilitan una óptima adaptación entre los componentes.

Además, permiten separar del control electrónico las perturbaciones y las sobretensiones.

Los elementos de acoplamiento se utilizan tanto en producción como en la técnica de mando para la distribución de energía eléctrica, la automatización de edificios o la ingeniería de operaciones y procesos.

Se dispone, según el campo de aplicación y las exigencias eléctricas, de elementos de acoplamiento con relés electromecánicos (acoplamiento a relé) o con componentes optoelectrónicos (optoacopladores) (figuras 4.4/1 y 4.4/2).

Entre las más importantes características de los acoplamientos a relé y optoacopladores cabe señalar las siguientes:

- ▷ Tecnología moderna en las cajas, que permite un montaje compacto en un espacio mínimo de 6,2 mm de ancho.
- ▷ Montaje rápido sobre riel DIN EN 50 022 de 35 mm.
- ▷ Amplias posibilidades para rotular
- ▷ Elevada modularidad
- ▷ Facilidades de cableado con posibilidad de utilizar peines fijos o conductores de conexión
- ▷ LED indicador del estado
- ▷ Conmutación manual de servicio automático a manual
- ▷ Elementos de acoplamiento de entrada y de salida (conexión según la norma DIN EN 50 005)
- ▷ Funciones contacto normalmente abierto y conmutador.

4.4.1 Elementos de acoplamientos a relé

Disposición y funcionamiento

Según la ejecución del elemento de acoplamiento, se utiliza el relé como NA o conmutador con un LED que indica el estado. Un puente rectificador permite accionar la bobina con corriente continua o alterna. Al mismo tiempo, limita la sobretensión al desconectar la bobina y provee una protección contra inversión de la polaridad a la entrada (Sección 9.9).

Los acoplamientos a relé ofrecen posibilidades universales de instalación en instalaciones de corriente alterna, continua y con problemas de compatibilidad electromagnética (EMC).

Contactos, materiales de los contactos

Si se tienen en cuenta los respectivos valores de tensión, corriente y potencia, se evalúan los materiales de contacto sobre la base de los criterios siguientes:

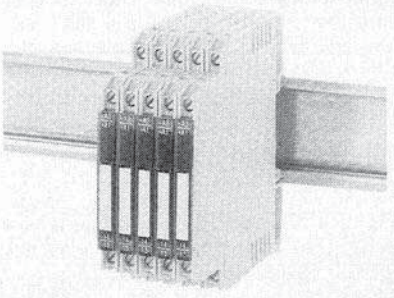


Figura 4.4/1
Elementos de acoplamiento 3TX7004-1AM00 con relés electromecánicos montados sobre riel DIN de 35 mm

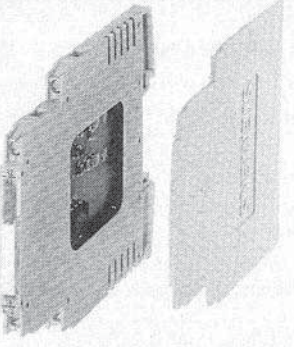


Figura 4.4/2
Elemento de acoplamiento optoelectrónico 3TX7004-3AB04 con placa de cierre

▷ Resistencia de contacto,

▷ Resistente a la erosión eléctrica,

▷ Migración del material,

▷ Tendencia a la soldadura,

▷ Ataque químico.

Con estos criterios se pueden seleccionar los distintos materiales para cada aplicación, la mayoría aleaciones de metales preciosos.

En la Tabla 4.4/1 se suministra un resumen de los materiales más importantes utilizados para los contactos.

Circuitos para protección de contactos

Cada consumidor eléctrico tiene componentes resistivas, capacitivas e inductivas en diferente proporción.

Al conectar estos consumidores se producen, según la proporción de las componentes indicadas, cargas que afectan en un mayor o menor grado el contacto.

Mediante un circuito de protección adecuado, con diodos, varistores o circuitos RC, se pueden reducir las cargas aplicadas a estos contactos (Tabla 4.4/2).

Características

Los elementos de acoplamiento a relé tienen las siguientes características:

▷ Acoplamiento de diferentes niveles de las señales,

▷ Separación segura entre las entradas y las salidas (norma DIN VDE 0106),

▷ Separación galvánica,

▷ Amplificación de señales débiles,

▷ Independencia de la clase de corriente a conmutar,

▷ Alta resistencia a sobrecargas de corta duración.

Criterios de selección

Entre los criterios de selección más importantes para los elementos de acoplamiento a relé se tienen los siguientes:

▷ Tensión de alimentación asignada del circuito de mando U_S,

▷ Capacidad de conexión y de desconexión según la categoría de servicio AC 15 y DC 13,

▷ Clase de conexión,

▷ Ejecución del contacto,

▷ Ancho constructivo del módulo.

El catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens suministra otros criterios de selección y datos técnicos.

4.4.2 Elementos de acoplamiento optoelectrónicos

Disposición y funcionamiento

Los elementos de acoplamiento optoelectrónicos, u optoacopladores (como se los denomina habitualmente), se utilizan para transferir señales entre dos circuitos.

La transferencia de señales se realiza por medio del acoplamiento óptico con una luz cuya longitud de onda varía desde el rojo hasta el infrarrojo. Como emisor se utiliza un diodo luminoso semiconductor. Un CI con un fotodiodo integrado vuelve a convertir la luz en una señal eléctrica. Para alimentar las cargas de corriente continua, el optoacoplador tiene un transistor. En cambio, para maniobrar cargas con tensiones alternas se utiliza un triac. Las salidas se protegen de las sobretensiones con un diodo. Un LED incorporado indica el estado (ver también la Sección 9.9).

Los optoacopladores se aplican con preferencia, para maniobrar cargas de corriente continua inductivas y cuando se requiere una elevada frecuencia de maniobras y larga vida útil.

Circuitos de protección

Al maniobrar cargas inductivas (contactores, electroválvulas, motores), se producen sobretensiones transitorias de desconexión , que pueden alcanzar amplitudes muy elevadas. Los componentes y elementos de conexión electrónicos son muy sensibles al efecto de estas sobretensiones. Para protegerlos contra una segura destrucción, por lo general, se deben instalar circuitos de protección.

Los circuitos de protección conectados en paralelo con la carga logran reducir en forma efectiva la sobretensión de desconexión a niveles no peligrosos. Según la salida del optoacoplador y del tipo de carga, los siguientes componentes proveen la protección necesaria (Tabla 4.4/2):

– Diodo limitador/supresor (sólo C.C.)
– Varistor (C.A./C.C.)
– Circuito RC (sólo C.A.)

Tabla 4.4/1
Criterios de selección de materiales para contactos de los relés de elementos de acoplamiento, según su aplicación

Material del Contacto	Ataque por		Características típicas	Aplicaciones típicas	Margen de aplicación
	Azufre	Oxido			
Oro fino	No	No	La mejor resistencia a la corrosión, se utiliza muy pocas veces como material masivo porque es muy blando, presenta posibilidades de adherencia en frío	En capas < 1 mm sólo cumple la función de dorado de las piezas. Protección de contactos con precios convenientes para atmósferas con contenido de azufre, capas de 2 – 3 mm como mínimo	
Oro duro AuNi1 AuCo1	No	No	Muy buena resistencia a la corrosión, resistencia de paso baja y constante para las menores potencias de maniobra	Circuitos secos, aplicación en atmósferas con contenido de azufre, capas de 2–3 mm como mínimo	mV ... 60 V mA ... 0,2 A
Rodio	No	No	En especial, para recubrimientos galvánicos (0,1 ... 1 mm) sobre las láminas de contactos "Reed"	Pequeña carga con elevadas frecuencias de maniobra, prolongada vida útil de los contactos	mV ... 150 V mA ... 2 A
Oro-plata AuAg10	No	No	Resistencia de paso baja y constante para las menores potencias de maniobra	Circuitos secos, circuitos de medición, canales telefónicos sin cohesión	mV ... 60 V mA ... 0,3 A
Oro-níquel AuNi5	No	Reducido	En un amplio margen de cargas no tiene arrastre/migración de material, resistencia de contacto reducida, forma arcos voltaicos con facilidad; maniobras con cargas reducidas, acompañamiento de contacto, posibilidad de fallas en contactos por óxidos; muy costoso	Aplicación en pequeños y medianos rangos de tensión y corriente	100 mV ... 60 V 1 mA ... 0,3 A
Plata-paladio AgPd30	No	No	Mejor resistencia al ataque que la plata; mayor dureza; reducida corrosión por arco; es costoso; resistencia de paso constante	Circuitos de señales con cargas medias, canales telefónicos con cohesión	> 1 V 1 mA ... 1 A
Plata de grano fino AgNi0,15	Si	No	Mayor resistencia mecánica; baja tendencia a soldarse y mayor resistencia a la corrosión por arco que la Ag, resistencia de contacto relativamente menor	Aplicación universal en cargas medianas, que son mayores que las de la plata fina	> 12 V 1 mA ... 1 A
Plata dura AgCu3	Si	Al conmutar	Mayor resistencia mecánica; baja tendencia a soldarse y mayor resistencia a la corrosión por arco que la plata fina, pero mayor resistencia de contacto	Aplicación para cargas medianas	> 12 V 10 mA ... 10 A
Plata-níquel AgNi10	Si	Nein	Mayor resistencia a la corrosión por arco; reducida tendencia a soldarse, mayor resistencia de contacto	Aplicación en cargas medias/altas; circuitos de C.C.	> 17 V > 5 mA
Plata-óxido de cadmio AgCdO10	Si	No	Reducida tendencia a soldarse, elevada resistencia a la corrosión por arco con mayores potencias de maniobra	Indicado, en especial para maniobrar cargas inductivas	> 12 V > 100 mA
Plata-óxido de estaño AgSnO10	Si	No	Baja tendencia a soldarse, muy alta resistencia al desgaste por arco para altas potencias de maniobra, reducido desgaste de material	Circuitos con cargas de conexión y desconexión elevadas, circuitos de C.C.	> 17 V > 5 mA
Wolframio W	No	Si	El mayor punto de fusión, alta resistencia al desgaste por arco para altas frecuencia de maniobras a baja duración de encendido	Circuitos con las mayores cargas de conexión y desconexión	> 60 V > 1 A

Tabla 4.4/2
Posibilidades, ventajas y desventajas de los diferentes circuitos de protección de una carga (consumidor)

Protección de la carga	Retardo adicional a la desconexión	Limitación definida de la tensión de inducción	Atenuación de efecto bipolar	Ventajas/desventajas
Diodo	Grande	Si (U_D)	No	Ventajas: • Realización sencilla • Costos convenientes • Confiabilidad • Diseño no crítico • Tensión de inducción pequeña Desventajas: • La atenuación sólo se verifica sobre la resistencia de carga • Gran retardo a la desconexión
Circuito serie diodo/Zener	Media a baja	Si (U_{ZD})	No	Ventajas: • Diseño no crítico Desventajas: • Atenuación cuando se supera U_{ZD}
Diode supresor	Media a baja	Si (U_{ZD})	Si	Ventajas: • Costos convenientes • Diseño no crítico • Limitación de picos positivos • Adecuado para tensión alterna Desventajas: • Atenuación cuando se supera U_{ZD}
Varistor	Media a baja	Si (U_{VDR})	Si	Ventajas: • Elevada absorción de energía • Diseño no crítico • Adecuado para tensión alterna Desventajas: • Atenuación cuando se supera U_{VDR}
Circuito RC	Media a baja	No	Si	Ventajas: • Atenúa altas frecuencias por almacenado de energía • Adecuado para tensión alterna • Atenuación independiente del nivel Desventajas: • Se requiere un diseño adecuado • Corriente de conexión elevada • Sensible a las armónicas

Características

Un optoacoplador ofrece las siguientes características:

- ▷ Separación segura entre el circuito de control y el de potencia,
- ▷ Separación galvánica,
- ▷ Conexión sin rebotes,
- ▷ Insensible a sacudidas y golpes,
- ▷ Elevada frecuencia de conexión,
- ▷ Larga vida útil.

Criterios de selección

Los criterios más importantes para la selección de los optoacopladores son los siguientes:

- ▷ Tensión de alimentación asignada del circuito de mando U_S,
- ▷ Corriente asignada de servicio I_S,
- ▷ Tensión a conectar,
- ▷ Frecuencia de maniobras,
- ▷ Clase de conexión,
- ▷ Ancho constructivo del módulo.

En el catálogo "Aparatos y sistemas" de Siemens se suministran otros criterios de selección y datos técnicos adicionales.

4.5 Relés de tiempo

Las múltiples tareas de control para máquinas y líneas de producción automáticas requieren, entre otros, relés de tiempo para suministrar a determinados procesos las funciones de tiempo que necesitan.

Los relés de tiempo se suministran con las ejecuciones siguientes:

- ▷ Con contactos mecánicos (inversor, NA).
- ▷ Con semiconductor de salida.

Los ciclos temporizados se realizan por los medios siguientes:

- ▷ Circuito electrónico,
- ▷ Motor electromecánico.

El ajuste de tiempo en los relés (3RP1, 7PU. o 7PR.) con contactos mecánicos se puede realizar de las formas siguientes:

- ▷ Analógica, electrónica o motorizada,
- ▷ Digital, electrónica.

4.5.1 Relés de tiempo 7PU y 7PR

Las ejecuciones de los relés de tiempo 7PU y 7PR se diferencian en las siguientes características:

- Analógico, electrónico (7PU.) (Figura 4.5/1):

  Exactitud de ajuste: ± 5%

  Precisión de repetición: ≤ 0,5% en el rango de segundos
  ≤ 0,2% en el rango de minutos y horas

- Analógico, motorizado (7PR.):

  Exactitud de ajuste: ± 1%

  Precisión de repetición: ≤ 1% en el rango de segundos,
  ≤ 0,4% en el rango de minutos,
  ≤ 0,2% en el rango de horas.

- Digital, electrónico (7PU.):

  Exactitud de ajuste: ± 0,01%, ±25 ms

  Precisión de repetición: ≤ ± 0,01 ± 20 ms.

La exactitud de ajuste, de acuerdo con la tolerancia dada, es aquélla que se refiere al valor de la escala.

La precisión de repetición describe con qué precisión se puede reproducir el valor ajustado dentro de la tolerancia indicada respectivamente.

Todos los relés de tiempo se pueden utilizar el 100% del tiempo de conexión.

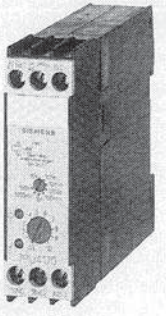


Figura 4.5/1
Relé de tiempo electrónico 7PU4120 con retardo a la conexión

Datos técnicos más detallados y criterios de selección adicionales se suministran en el catálogo "Aparatos y sistemas" de Siemens.

Resumen de funciones

Los relés de tiempo 7PU ofrecen funciones individuales y múltiples, así como funciones individuales combinadas.

▷ Funciones individuales combinadas:
- Retardo a la conexión,
- Retardo a la desconexión sin tensión auxiliar,
- Retardo a la desconexión con tensión auxiliar,
- De paso,
- Pulsante,
- Intermitente,
- Formador de pulsos,
- Función estrella-triángulo.

▷ Funciones individuales combinadas:
- Retardo a la conexión o desconexión con tensión auxiliar,
- Retardo a la conexión o formador de impulsos.

▷ Funciones múltiples:
Se dispone de las funciones múltiples siguientes (Figura 4.5/2):
- Retardo a la conexión,
- Retardo a la conexión y conexión inmediata,
- Retardo a la desconexión con tensión auxiliar,
- Retardo a la conexión y desconexión con tensión auxiliar,
- Paso a la conexión,
- Paso a la desconexión con tensión auxiliar,
- Formador de impulsos con tensión auxiliar,
- Intermitente,
- Función estrella-triángulo.

Además, los relés de tiempo multifunción disponen de las siguientes características esenciales:

- Ajuste de tiempo de 0,05 segundos hasta 10 horas o desde 0,5 segundos hasta 100 horas.

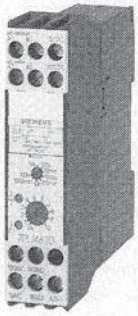
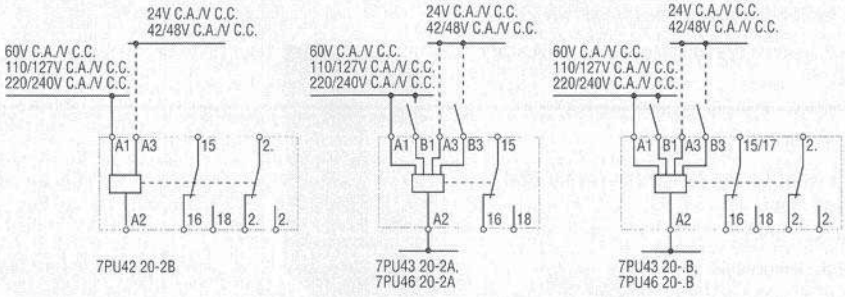


Figura 4.5/2
Relé de tiempo electrónico multifunción (nueve funciones), ajuste analógico



a) Con dos contactos inversores

b) Con un contacto inversor y tensión auxiliar

c) Con dos contactos inversores y tensión auxiliar

Figura 4.5/3
Esquemas de conexión del relé de tiempo multifunción 7PU

Los rangos de tiempo se dividen en ocho décadas. Se puede ajustar cualquier tiempo.

- ada relé se diseña para dos tensiones de alimentación asignadas del circuito de mando, de las cuales se puede elegir entre las siguientes:
  - 24 V C.C./V C.A. o 220 hasta 240 V C.A.
  - 24 V C.C./V C.A. o 110 hasta 127 V C.A.
  - 42 hasta V C.C./V C.A. y 60 V C.C./V C.A.

  Los esquemas de conexión de los aparatos se indican en la figura 4.5/3.
- Formato constructivo angosto, con sólo 22,5 mm de ancho
  La descripción de las funciones y las conexiones se encuentran en el frente del aparato. La conexión de los conductores se puede realizar en cualquier secuencia.
- Sencilla elección de la función por medio de codificadores encastrables no intercambiables (Figura 4.5/4). Encastrando el codificador, se selecciona la función deseada, se programa el relé y la función seleccionada se muestra claramente desde el frente.

4.5.2 Relés de tiempo SIRIUS 3RP1

Los relés de tiempo SIRIUS 3RP1 (Figura 4.5/5), conforman un sistema modular de diseño completamente nuevo que reemplazan a los relés de tiempo 7PU con ajuste analógico.

Los relés de tiempo SIRIUS 3RP1 se suministran como aparatos de función individual o multifunción, en la forma constructiva 3RP10, tamaño constructivo S00 de 45 mm de ancho y en la forma constructiva 3RP15, serie compacta de 22,5 mm de ancho. Básicamente, se pueden ajustar en forma analógica y tienen las siguientes características diferenciales:

▷ Forma constructiva y dimensiones exteriores (ancho × alto × profundidad)
3RP10, 1 inversor
45 mm × 57,5 mm × 72,5 mm,
3RP15, 1 inversor
22,5 mm × 82 mm × 86 mm,
3RP15, 2 inversores
22,5 mm × 102 mm × 86 mm.

▷ Ajuste de funciones
Forma constructiva 3RP10
En esta forma constructiva se ofrece un aparato con función individual y tiempo ajustable desde 0,05 s hasta 10 h para la función siguiente:
- retardo a la conexión

y un aparato multifunción con tiempo ajustable desde 0,05 s hasta 10 h para las siete funciones siguientes:
- Retardo a la conexión,
- Retardo a la desconexión con tensión auxiliar,
- Retardo a la conexión y desconexión con tensión auxiliar,
- Paso a la conexión,
- Paso a la desconexión con tensión auxiliar,
- Formador de impulsos,
- Intermitente.

El ajuste de la función se realiza con un conjunto de codificadores correspondientes al relé de tiempo 3RP10 (Figura 4.5/4).

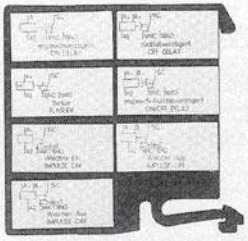


Figura 4.5/4
Codificador encastrable para relé de tiempo multifunción con siete funciones en soporte enchufable para fijar sobre riel de 35 mm

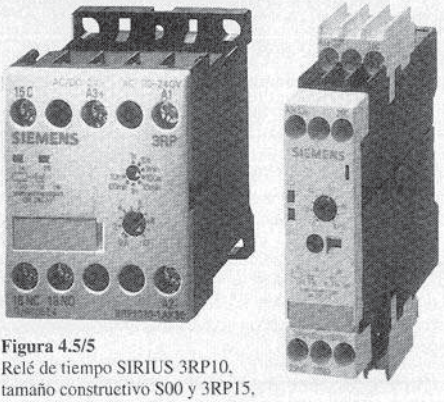


Figura 4.5/5
Relé de tiempo SIRIUS 3RP10, tamaño constructivo S00 y 3RP15, serie compacta con un ancho de 22,5 mm

Tabla 4.5/1
Ajuste de funciones
Relé de tiempo multifunción 3RP15

Función	Letra característica, aparatos con 1 inversor	Letra característica, aparatos con 2 inversores
– Retardo a la conexión	A	A
– Retardo a la desconexión con tensión auxiliar	B	B
– Retardo a la conexión/desconexión con tensión auxiliar	C	C
– Intermitente, comienzo con pausa	D	D
– Paso a la conexión	E	E
– Paso a la desconexión con tensión auxiliar	F	F
– Formador de impulsos con tensión auxiliar	G	G
– Retardo a la conexión aditivo con tensión auxiliar y conexión instantánea	H	H·
– Retardo a la conexión y conexión instantánea		A·
– Retardo a la desconexión con tensión auxiliar y conexión instantánea		B·
– Retardo a la conexión/desconexión con tensión auxiliar y conexión instantánea		C·
– Intermitente, comienzo con pausa y conexión instantánea		D·
– Paso a la conexión con tensión auxiliar y conexión instantánea		E·
– Paso a la desconexión con tensión auxiliar y conexión instantánea		F·
– Formador de impulsos con tensión auxiliar y conexión instantánea		G·
– Función estrella-triángulo		Y Δ

La forma constructiva 3RP10 se puede suministrar con bornes a tornillo o bornes tipo jaula ("Cage-Clamp").

Forma constructiva 3RP15

Con esta forma constructiva se suministran aparatos de funciones individuales para las siguientes funciones:

- Retardo a la conexión con uno o dos inversores (1I o 2I),
- Retardo a la desconexión con tensión auxiliar y 1I,
- Retardo a la desconexión sin tensión auxiliar y 1I o 2I,
- Generador de pulsos con 1I,
- Estrella-triángulo con 2 NA (1NA + 1NA),
- Retardo a la conexión de dos hilos con salida a semiconductor (1SC).

Para funciones múltiples se suministra un aparato con un inversor (1I) para 8 funciones y un aparato con dos inversores (2I) para 16 funciones.

La función se elige por medio de un selector rotativo y la letra característica se muestra en una ventana al lado de este selector (Tabla 4.5/1). La función seleccionada se puede caracterizar con el diagrama correspondiente.

Un juego de diagramas funcionales, como accesorio, contiene los correspondientes a todas las funciones que se pueden seleccionar para el relé de tiempo.

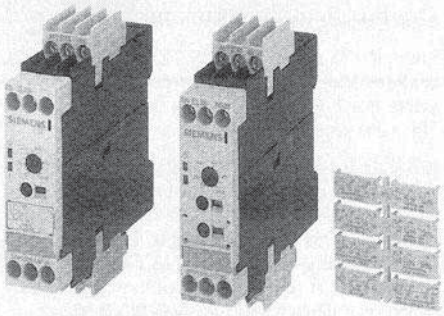


Figura 4.5/6
Relé de tiempo multifunción 3RP15 con y sin diagrama funcional, así como el conjunto completo como accesorio

El montaje del diagrama correspondiente en el aparato se realiza por encastre y una codificación mecánica sólo permite esta operación cuando con el selector se eligió la función respectiva (Figura 4.5/6).

Los circuitos de los relés de tiempo multifunción 3RP15 con uno o dos inversores se representan en la figura 4.5/7.

Como características especiales de los relés de tiempo 3RP1 se destacan las siguientes:

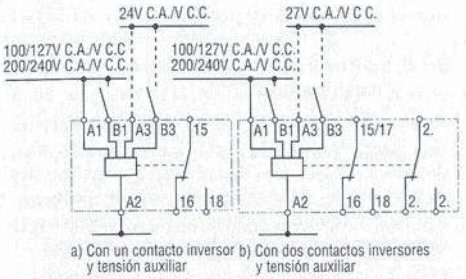


Figura 4.5/7
Esquemas de conexión del relé de tiempo multifunción 3RP15

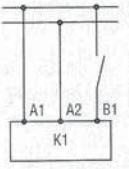


Figura 4.5/8
Función con contacto de arranque para relé de tiempo SIRIUS 3RP

- ▷ Sin limitación del servicio hasta +60 °C,
- ▷ Hasta 15 rangos de tiempos ajustables desde 0,05 s hasta 100 h. Pasos intermedios adicionales aumentan la precisión del ajuste.
- ▷ Relés multifunción con rangos de tensión amplios: de 24 V hasta 240 V C.C./V C.A.
- ▷ Vida útil eléctrica con un contactor como carga (por ejemplo, 3RT 1016): 10 millones de maniobras.
- ▷ Vida útil eléctrica para 230 V C.A., categoría de servicio 15, carga en los contactos 3 A (AC-15/ 3 A) y en corriente continua, categoría de servicio 13, carga en los contactores 1 A (DC-13/1 A): 100000 maniobras.
- ▷ Capacidad de conexión ensayada según la Publicación IEC 947-5-1
  con AC-15 y 230 V: 3 A
  con DC-13 y 24 V: 1 A
- ▷ Ensayado para su uso internacional y homologado por UL y CSA.
- ▷ Electrónica segura contra fallas y vandalismo según la norma EN 50081-1 (emisiones) y EN 50082-2 (inmunidad).
- ▷ Función con contacto de arranque por medio de un borne (Figura 4.5.8). Con esto se obtiene una seguridad absoluta en el contacto incluso cuando se usan los contactos auxiliares habituales.
- ▷ Se fabrica con materiales no contaminantes y reciclables; contactos de los relés sin cadmio.
- ▷ Diseño uniforme y continuo en el marco de la nueva línea de componentes SIRIUS 3R.

4.5.3 Indicaciones para el proyecto

Las indicaciones siguientes facilitan el proyecto con relés de tiempo SIRIUS 3RP:

- En la función "generador de pulsos", el impulso y la pausa se pueden ajustar en forma separada, a diferencia del intermitente que tiene una relación impulso/pausa 1:1.
- En la función "con contacto de arranque": al pulsar la tecla se arranca inmediatamente el relé de tiempo, sin retardos.
- Función "retardo a la desconexión sin tensión auxiliar": se aplica, por ejemplo, parada de emergencia en circuitos de seguridad o para llevar una máquina a un estado definido aunque la tensión auxiliar falle.
- Los relés de tiempo con ejecuciones combinadas y amplio rango de tensión se utilizan en el 80% de las aplicaciones con la ventaja de que se reducen en gran medida los costos de existencias en almacén y de logística.
  - Tensión combinada significa: dos rangos de tensiones de servicio, por ejemplo, 24 V C.A. y 200 a 240 V C.A.
  - Amplio rango de tensión significa: una gama de tensiones de servicio que abarca de 24 hasta 240 V C.A./C.C.
- Los relés de tiempo de dos conductores tienen, frente a los convencionales, las siguientes ventajas:
  - Supresión de impulsos perturbadores.
  - Accionamiento sin rebotes.
  - La salida electrónica permite obtener una mayor vida útil sin erosión de contactos.

- En relés de tiempo 3RP15 con 15 rangos de tiempo seleccionables, se puede verificar con la función de prueba, por ejemplo, que una vez conectada la tensión, se operó el relé de tiempo sin que éste conectara. Esto puede observarse al encender el LED "Tensión conectada".
- La función "adición de tiempo" en el relé de tiempo multifunción se produce al activar el contacto de arranque, por lo tanto, no tiene seguridad contra cero tensión.

4.6 Circuitos de seguridad

4.6.1 Seguridad para la protección de personas y máquinas

En todo el mundo se asigna cada vez mayor importancia a la seguridad de máquinas y de personas en el lugar de trabajo. El gran número de normas y directivas promulgadas en los diferentes países y a nivel internacional, así como las que continuamente acrecientan esta normativa son una clara prueba de esta importancia.

La directiva para máquinas de la CE, la 89/392/EWG en vigencia a partir del 1/1/1995 es otra clara señal que confirma la importancia de estas disposiciones.

En la Tabla 4.6/1 se recopila una selección de las normas europeas (EN) más importantes:

Tabla 4.6/1
Resumen de las normas europeas (EN) más importantes relacionadas con la "Seguridad para la protección de personas y máquinas"

Norma	Tipo	Descripción
EN 292-1 EN 292-2	A	Seguridad de máquinas, conceptos fundamentales
EN 1050	A	Evaluación de riesgo
prEN 50100-1	B	Instalaciones de protección sin contacto físico
prEN 574	B	Circuitos operados con las dos manos
EN 418	B	Aspectos funcionales de instalaciones de parada de emergencia
prEN 954-1	B	Partes de controles orientadas a la seguridad
prEN 1088	B	Instalaciones de enclavamiento con y sin retención
EN 60204-1	B	Equipamiento eléctrico de máquinas
prEN 999	B	Velocidad de acercamiento de partes del cuerpo
EN 294	B	Distancias de seguridad para el acceso a lugares peligrosos
EN 60947-5-1	B	Aparatos de maniobra de baja tensión
EN 201	C	Máquinas para moldeo por inyección y procesado de material plástico
prEN 692	C	Prensas mecánicas
prEN 693	C	Prensas hidráulicas
prEN 415	C	Seguridad para máquinas empaquetadoras
prEN 691	C	Máquinas para trabajar la madera

prEN: Proyecto de norma EN (en proceso de discusión pública)
EN: Norma europea (edición definitiva)
Normas Tipo A: Normas básicas de seguridad, aspectos generales, principios de diseño
Normas Tipo B: Normas de grupos de seguridad
Normas Tipo C: Normas de seguridad de productos

En la República Federal de Alemania se deben tener en cuenta además la legislación siguiente:

- la Ley de Seguridad de Aparatos,
- las Disposiciones para la Prevención de Accidentes de las asociaciones profesionales (VBG).

La seguridad en las máquinas y en el mundo laboral es un anhelo perseguido desde hace mucho tiempo. En la actualidad, el objetivo de un mundo laboral más humano ante el trasfondo de costos cada vez más elevados de la asistencia médica, se consolidó aún más ante la unificación del mercado interno europeo, la eliminación de las barreras comerciales y la creciente importancia de las normas europeas armonizadas.

El Consejo de la Comunidad Europea promulgó la "Directiva del Consejo para la Equiparación de Normas Jurídicas de los Estados Miembros para Máquinas 89/392/EWG", más conocida como "Directiva para máquinas", obligatoria para todas las máquinas comercializadas a partir del 1/1/1995 en todo el ámbito de la Comunidad Europea (CE). Esta legislación establece el marco legal para las exigencias básicas de seguridad que el fabricante debe cumplir. Con estas disposiciones, la responsabilidad propia de los fabricantes pasó realmente a un primer plano.

El fabricante o su representante legal establecido en el ámbito de la CE, certifica – bajo su propia responsabilidad – la conformidad de sus productos con todas las disposiciones y normas relevantes por medio de una "Declaración de Conformidad" (Sección 1.6.3).

Además, el fabricante tiene que aplicar a la máquina el símbolo CE correspondiente a la certificación.

Seguridad de las máquinas

En las normas europeas se define la seguridad como la "... capacidad de ejecutar las funciones a efectuar sin provocar lesiones o daños a la salud ...".

Los peligros inherentes del funcionamiento de las máquinas pueden ser de diferente naturaleza, por ejemplo, contusiones, cortes punzantes o por cizallado, enganches, aprisionado, golpes, descargas eléctricas, quemaduras, contacto con sustancias peligrosas, etc.

En relación con la seguridad de las máquinas, las normas europeas se subdividen en los tres grupos siguientes:

- **Normas tipo A**
  Normas básicas de seguridad: aspectos generales, principios de diseño
  – seguridad de máquinas, definiciones básicas, aspectos generales válidos para todas las máquinas: EN 292
- **Normas tipo B**
  Normas básicas de seguridad:

  Normas tipo B1: aspectos de seguridad especiales
  – Seguridad de máquinas, equipamiento eléctrico: EN 60 204-1

  Normas tipo B2: instalaciones de seguridad
  – circuitos para operación con dos manos: EN 574
  – Dispositivos de PARADA DE EMERGENCIA: EN 418
- **Normas tipo C**
  Normas de seguridad de productos
  – Dispositivos y sistemas para operación o manipulación:
    prEN 616 hasta 620
  – Seguridad en prensas hidráulicas:
    prEN 693.

El constructor de las máquinas debe evitar o reducir los peligros desde el comienzo por medio de una adecuada selección de las características constructivas.

Las categorías de control según la norma prEN 954-1 se estructuran tal como se indica en la Tabla 4.6/2.

Las categorías se establecieron por un grado creciente de riesgo y abarcan desde el menor riesgo en la Categoría B, en la cual la gravedad probable de una lastimadura es reducida al igual que la probabilidad de una falla, hasta el mayor riego en la Categoría 4, en la cual la probabilidad de una lesión grave puede ser relativamente elevada.

Se debe realizar una evaluación del riesgo en cada aplicación en forma individual. El procedimiento práctico para determinar el riesgo supuesto se representa en la figura 4.6/1.

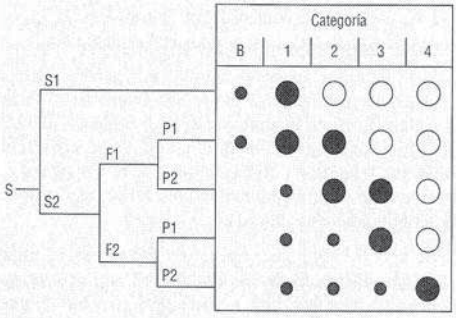
4.6.2 Contactos auxiliares mecánicos de aparatos periféricos y su montaje en circuitos eléctricos de seguridad

4.6.2.1 Generalidades

Se trata de aparatos de mando periféricos (por ejemplo, interruptores de fin de carrera, de parada de emergencia, aparatos de mando para dos manos), cuyas señales se trasladan hacia el equipo de evaluación siguiente, por ejemplo, combinaciones de seguridad, o contactores auxiliares en circuitos de seguri-

Tabla 4.6/2
Categorías de comandos según la norma europea prEN 954-1

Categoría	Exigencias	Comportamiento ante la caída del sistema de comando
B	Las partes del sistema de comando referidas a la seguridad se deben construir de tal manera que resistan las influencias previstas.	Cuando se presenta una falla, deja de actuar la función de seguridad.
1	Se utilizan componentes y principios de una técnica de seguridad probada.	Como B, pero con una mayor confiabilidad en la técnica de seguridad, al utilizar componentes seguros (por ejemplo, interruptores fines de carrera con apertura forzada).
2	Las medidas de seguridad se llevan a cabo cíclicamente (por ejemplo, con cada nuevo arranque).	En cada nuevo ciclo de pruebas se reconoce la existencia de una probable falla.
3	Una única falla no debe conducir a la pérdida de la condición de seguridad. Dentro de lo posible, se debe detectar esa falla.	Si se presenta una única falla, la función de seguridad se mantiene. Con varias fallas puede perderse la función de seguridad.
4	El sistema de comando se debe construir de tal manera que una única falla no conduzca a la pérdida de la función de seguridad. Se debe reconocer la falla. La instalación no debe seguir en servicio.	Si se presentan fallas, la función de seguridad siempre se mantiene. Cada falla se reconoce a tiempo.



S Importancia de las lesiones	S1 Lesión leve S2 Lesión grave irreversible o muerte de la persona
F Frecuencia y/o permanencia en el área peligrosa	F1 Casual a poco frecuente y/o breve permanencia en el área peligrosa F2 Frecuente a permanente y/o larga permanencia en el área peligrosa
P Posibilidad de evitar el peligro	P1 Posible bajo determinadas condiciones P2 Casi imposible

● Categorías preferidas para el punto de referencia

• Categorías posibles que requieren de medidas adicionales

○ Medidas exageradas en relación con el riesgo correspondiente

Figura 4.6/1
Procedimiento práctico para determinar los riesgos supuestos

dad con cableado externo. La construcción mecánica de estos aparatos de seguridad debe satisfacer exigencias elevadas para que se los pueda considerar apropiados para circuitos eléctricos de seguridad.

4.6.2.2 Contacto de maniobra

Los contactos de seguridad deben cumplir con la Publicación IEC 947-5-1 y se tienen que identificar

con el símbolo ⊜. La construcción mecánica de los contactos y los accionamientos debe cumplir con determinadas condiciones, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- Apertura forzada,
- separación galvánica,
- resistencia mecánica,
- tensión de prueba de impulsos: 2500 V.

La fuerza debe actuar en forma directa, es decir, sin piezas elásticas intermedias, desde el accionamiento o elemento de comando sobre el contacto NC. En caso de soldarse el contacto, éste será forzado mecánicamente a abrir. Esto sucede, por lo general, en contactos de acción normal (lenta), en el caso de contactos con acción rápida el efecto se logra con un trinquete adicional. Para impedir la soldadura de los contactos, se requiere un fusible adecuado. El valor de este fusible se indica en las instrucciones de servicio.

La exigencia de separación galvánica se aplica, por lo general, en contactos con la ejecución 1 NA + 1 NC, donde el contacto NA se utiliza para señalización. Cuando falta la separación galvánica puede suceder que arcos sostenidos de un cortocircuito puedan saltar a otro circuito y provocar situaciones peligrosas. Para demostrar la funcionalidad después de una prueba, por ejemplo, de vida útil, la distancia dieléctrica de la posición de abierto del contacto NC debe resistir un ensayo de tensión de impulsos de 2500 V.

Este ensayo se adapta mejor a las condiciones dadas en la práctica que una mera indicación de valores para las distancias de la apertura de los contactos, porque debido a metalizaciones producidas en la cámara de conexión por los arcos que erosionan los contactos, podrá producirse una descarga de tensión.

4.6.2.3 Fines de carrera

Los interruptores de fin de carrera de la Categoría I como, por ejemplo, aquéllos con palanca basculante, a rodillo o con vástago con rodillo, se pueden utilizar como fines de carrera de seguridad (Sección 6.2). Para ello resulta importante que el aparato lleve el símbolo ⊜. Además, se tiene que prestar atención a que el accionamiento actúe directamente sobre los contactos.

Para la palanca basculante, por ejemplo, la palanca tiene que actuar sobre el eje de accionamiento mediante una espiga o un dentado. También se deben respetar las exigencias de velocidades y condiciones de aproximación. Así, por ejemplo, en contactos de acción rápida se debe prestar atención a que el accionamiento actúe lo suficiente, como para que la apertura forzada pueda actuar. Ésta, por lo general, acciona después del punto de contacto. En este contexto también tiene que considerarse la histéresis, es decir, el punto de reposición del contacto.

Esto significa que el accionamiento debe retroceder lo suficiente como para que el contacto pueda volver a conectarse. Como condición general, el aparato no se debe utilizar como tope. Los fines de carrera se tienen que asegurar contra desplazamientos de su posición, por ejemplo, mediante espigas o el uso de agujeros de fijación redondos en lugar de alargados.

Si un fin de carrera de la Categoría I se utiliza para controlar la posición de elementos de protección como, por ejemplo, puertas, rejas de protección o cubiertas de seguridad, se los tiene que proteger contra "manipulaciones maliciosas fáciles de realizar".

Se entiende por manipulación fácil de realizar, a la que se ejecuta con herramientas sencillas, por ejemplo, destornilladores, clavos, horquillas, etc. Esta protección se puede lograr mediante cubiertas, o montando el interruptor en un lugar inaccesible. Lo importante es que el interruptor se accione mediante un actuador apropiado como, por ejemplo, levas o varillas de aproximación, y que al abrirse el medio protector, los contactos normalmente cerrados se separen de manera forzada.

En los casos de fines de carrera de la Categoría II, es decir, los que tienen un accionamiento separado (Figura 4.6/2), cuando se extrae el actuador el contacto NC se abre de manera forzada. Durante el montaje

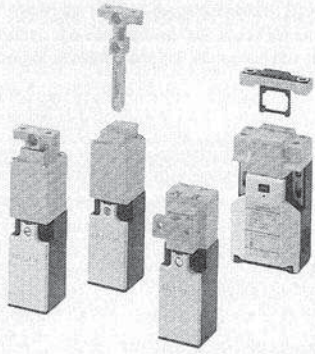


Figura 4.6/2
Interruptores fines de carrera de seguridad con actuador separado

tiene que prestarse atención a que el accionamiento y el interruptor se fijen con contacto directo. Lo normal es fijar el fin de carrera a la máquina y el actuador a la cubierta de protección.

Una ventaja de esta ejecución es que el accionamiento del interruptor 3SE está equipado con una codificación triple, y de esta manera se hace imposible una manipulación maliciosa sencilla. Cuando se los monta, no se requiere ningún tipo de protección adicional. Para máquinas que aún tienen un movimiento después de su desconexión, se deben utilizar aparatos con retención. Una vez que se detuvo el movimiento peligroso tras la cubierta de protección, se la libera y ésta se puede abrir sin riesgos para el personal de servicio (Sección 6.2).

4.6.2.4 Aparatos de mando de PARADA de EMERGENCIA

Los aparatos de mando de PARADA de EMERGENCIA se tienen que instalar de tal manera que cuando se los requiera, puedan ser accionados rápida y fácilmente. Tampoco se debe permitir un bloqueo del elemento de comando. Se tienen que ubicar en un panel de mando con preferencia, a la izquierda o abajo. Para cada puesto de mando de emergencia se pueden utilizar varios contactos NC y varios NA para señalización (Sección 1.5.2).

4.6.2.5 Aparatos para accionamiento con dos manos

Los aparatos para accionamiento con dos manos (Figura 4.6/3) se deben construir según especificaciones de la norma DIN 24 980. Básicamente, debe ser imposible eludir la operación con las dos manos como, por ejemplo, el intento de accionarlos con un brazo solo.

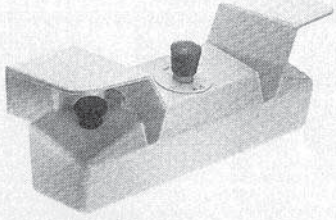


figura 4.6/3
Aparato de mando de PARADA de EMERGENCIA para accionamiento con dos manos

4.6.2.6 Interruptor de PARADA de EMERGENCIA por tracción de cable

Los interruptores de PARADA de EMERGENCIA accionados por tracción de cable deben quedar bloqueados tras su accionamiento. Según la Publicación IEC 947-5-1 el enclavamiento tiene que encontrarse tan cerca como sea posible de los contactos, y con preferencia actuar directamente sobre los mismos. Cuando el cable se corta o se rompen los soportes/la fijación, el contacto NC debe pasar automáticamente a la posición de circuito abierto. Durante el montaje se debe prestar atención a la longitud máxima admisible del cable porque en caso contrario las variaciones de temperatura pueden provocar maniobras erróneas.

El enclavamiento de los interruptores de PARADA de EMERGENCIA accionados por tracción de cable se debe desbloquear mediante un elemento de accionamiento separado (Sección 6.2.2).

4.6.2.7 Combinaciones de seguridad de contactores 3TK28/29

Las combinaciones de seguridad de contactores se utilizan tanto para los circuitos de emergencia como para los de control de cubiertas y dispositivos de protección. Mediante la conexión de aparatos de extensión adicionales (módulos adicionales, temporizadores) se pueden cumplir otras funciones de mando. Un panorama del sistema con las combinaciones posibles se resume en la Tabla 4.6/3.

Todas las combinaciones de seguridad de contactores permiten el comando en un canal de los emisores de señales. Sin embargo, en instalaciones con grado de suciedad considerable puede ser recomendable el

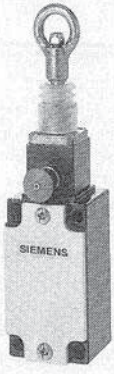


Figura 4.6/4
Interruptor de PARADA de EMERGENCIA por tracción de cable

Tabla 4.6/3
Sistema de combinaciones de seguridad con contactores 3TK28/29
FK = Circuito de liberación, MK = Circuito de aviso

		Aparatos de un canal			Aparatos de dos canales		Aparato para el comando de prensas
Aparato individual	Aparatos básicos	3TK2801/02 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 1FK/1MK	3TK2803 PARADA de EMERGENCIA 2FK	3TK2804 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 4FK/2MK	Dos canales y cierre transv., se puede realizar un arranque aut. 3TK2805/06 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 5FK/1MK[1]	3TK2807 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 5FK/3FK vetz/1MK	Salidas de liberación forzadas 3TK2811 Aparatos para accionamiento con dos manos 2FK/2MK
	Módulos de extensión	3TK29.3 3FK retard.	3TK2907 7FK				Circuitos de comando forzados 3TK2815 Aparato de pruebas y retardo, reconexión seleccionable 4STK
Combinaciones posibles	Ejecuciones con liberación instantánea	3TK2801/02 3TK2907 7FK/1MK	3TK2803 3TK2907 PARADA de EMERGENCIA 8FK	3TK2804 3TK2907 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 10FK/2MK	3TK2805/06 3TK2907 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 10FK/1MK[2]	3TK2807 3TK2907 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 10FK/3FK retard./ 1MK	3TK2811 Aparatos para accionamiento con dos manos 3TK2815 Aparato de pruebas y retardo, reconexión seleccionable 2FK/2MK/4STK
	Ejecuciones con liberación retardada	3TK2801/02 3TK29.3 3FK retard./1MK	3TK2803 3TK29.3 PARADA de EMERGENCIA 1FK/3FK retard.	3TK2804 3TK29.3 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 3FK/3FK retard./ 2MK	3TK2805/06 3TK29.3 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 3FK/3FK retard / 1MK[2]	3TK2807 3TK29.3 PARADA de EMERGENCIA Puerta de protección 3FK/6FK retard./ 1MK	

[1] Para el 3TK2806, se utiliza el circuito de aviso para la realización de la reconexión automática
[2] Los circuitos de liberación también pueden ser utilizados como circuitos de aviso

comando de circuitos de dos canales y seguridad contra conexiones defectuosas entre los canales de mando (cierre transversal).

La familia de aparatos 3TK28 está equipada con uno, dos o cinco circuitos de liberación y de aviso. En la Tabla 4.6/4 se muestra la aplicación de un aparato básico para el comando de una parada de emergencia y una reja de protección.

Las funciones de los aparatos básicos de las combinaciones de protección de contactores 3TK28 se pueden ampliar, según necesidad, con aparatos de extensión. La Tabla 4.6/5 indica los aparatos de extensión y sus funciones adicionales.

4.6.2.8 Definiciones

Dispositivo de PARADA de EMERGENCIA

La norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1) exige que, en caso de peligro, se pueda desconectar la máquina en el mínimo tiempo posible con la ayuda de un dispositivo de parada de emergencia.

Para ello, la norma DIN EN 60204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1) admite las categorías de parada (Stop) 0 y 1.

Para cumplir con tales exigencias existen dos posibilidades:

- desconexión directa con un interruptor de emergencia.
- Mediante una disposición de circuitos de comando, que permita desconectar todos los circuitos de potencia correspondientes con una única orden.

Supervisión de puertas de protección

Las cubiertas de protección se aplican para garantizar la seguridad del personal de servicio. Si estas cubiertas se retiran debe detenerse efectiva y permanentemente todo movimiento que entrañe un posible

Tabla 4.6/4
Aplicación de los aparatos básicos para supervisar dispositivos de parada de emergencia y rejas de protección

Aparato básico de las combinaciones de seguridad de contactores 3TK28								
	Aplicación		Selección de comandos			Ejecución		
	Supervisión de							
	PARADA de EMERGENCIA	Reja de protección	un canal	dos canales	Supervisión cierre transversal	Circuitos de liberación[1]	Circuitos de liberación retardado[1]	Circuito de aviso[1]
3TK28 01–..	×	×	×	–	(×)[2]	1 NA	–	1 NA
3TK28 02–..	×	×	×	–	(×)[2]	1 NA	–	1 NC
3TK28 03–..	×	×	×	–	(×)[2]	2 NA	–	–
3TK28 04–..	×	×	×	–	(×)[2]	4 NA	–	1 NA + 1 NC
3TK28 05–..	×	×	×	×	×	5 NA	–	1 NC
3TK28 06–..	×	×	×	×	×	5 NA	–	1 NC
3TK28 07–..	×	×	×	×	–	5 NA	3 NA Retardado con $t_V = 0{,}5$-300 s	1 NC

[1] Los circuitos de liberación también pueden ser utilizados como circuitos de aviso
[2] Se puede realizar por medio de medidas especiales (ver el "Manual de Aplicaciones de Siemens", número de pedido: E20001-P285-A591)

Tabla 4.6/5
Aparatos de extensión y sus funciones adicionales

Aparato de extensión[2]			
	Ejecución		
	Circuitos de liberación[1]	Circuitos de liberación retardados[1]	Tiempo de retardado t_V regulable por escalones
	Cantidad	Cantidad	s
3TK29 07	7 NA	–	–
3TK29 23	–	3 NA verzögert	0,5-2
3TK29 43	–	3 NA verzögert	1-4
3TK29 83	–	3 NA verzögert	2-8

[1] Los circuitos de liberación también pueden ser utilizados como circuitos de aviso
[2] Los aparatos de extensión sólo se pueden utilizar vinculados con un aparato básico

riesgo y el acceso al recinto protegido recién tiene que ser posible cuando dicho riesgo ya no exista.

Redundancia

Existe redundancia cuando se dispone de más circuitos de comando y accionamiento que los estrictamente necesarios, para realizar una función. Mediante redundancia se puede reducir la posibilidad de que una única falla en un circuito eléctrico conduzca a una situación peligrosa. En los circuitos que se utilizan para seguridad, debido a la redundancia, se necesitan como mínimo dos aparatos de maniobra.

Duplicación (dos canales)

Una duplicación de los circuitos no se indica expresamente en la norma DIN EN 60204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1). La norma menciona que se debe determinar la categoría de seguridad en función del

riesgo evaluado. En locales con un grado de suciedad ambiente importante se utilizan circuitos de parada de emergencia de dos canales.

Seguridad, reconocimiento de "cierre transversal"

En los casos de comandos de dos canales existe la posibilidad de que los aparatos reconozcan una conexión defectuosa de los canales de mando, es decir, una interconexión entre ambos elementos comandados externamente (por ejemplo, dispositivos de parada de emergencia o fines de carrera). Cuando, debido a una falla de aislamiento en los cables de conexión, se produce un contacto galvánico entre los mismos, el aparato pasará a la posición inicial segura.

Contactos forzados (no simultáneos)

La conducción forzada de los contactos se tiene cuando todos los contactos de aparato de maniobra están vinculados en forma mecánica el uno con el otro, de manera tal que los contactos NC y los NA nunca puedan estar cerrados al mismo tiempo. Para ello se debe poder asegurar que durante toda la vida útil del aparato de maniobras, aun en caso de falla, se verifique una distancia mínima de 0,5 mm entre los contactos.

Diversidad

Para minimizar la posibilidad de que se produzcan fallas que puedan llevar a situaciones peligrosas, se exige una diversidad mediante distintos principios funcionales o aparatos. En las combinaciones de seguridad, esta exigencia se alcanza con la combinación de contactos NC y NA.

Contactos de liberación

Los contactos de liberación son contactos de seguridad. Siempre tienen que ser de la ejecución NA, es decir, en el caso que la combinación de seguridad esté conectada, el contacto de liberación deberá estar cerrado. Los contactos de liberación también se pueden utilizar para fines de aviso.

Contactos de aviso

Los contactos de aviso pueden ser tanto NC como NA.

No se los debe utilizar en circuitos de liberación.

Disponible para conexión

El pulsador de arranque "disponible para conexión" se utiliza para la liberación de la combinación de seguridad de contactores.

Después de conectar el interruptor principal de la máquina o de la reposición de la combinación de seguridad, se debe accionar el pulsador de arranque "disponible para conexión", para que la combinación de seguridad quede liberada para su función.

Reconexión automática

Los bornes de conexión para el pulsador de arranque "disponible para conexión" de la combinación de seguridad de contactores están puenteados. La combinación de seguridad vuelve a conectar en cuanto las condiciones de desconexión se eliminaron (por ejemplo, la puerta de protección volvió a cerrarse). Esto no será admisible en circuitos de parada de emergencia; y en la supervisión de puertas de protección sólo si no se pueden presentar situaciones peligrosas (norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1)).

4.6.3 Circuitos de seguridad para diferentes aplicaciones

4.6.3.1 Instalación del "Interruptor de PARADA DE EMERGENCIA"

- El "Interruptor de PARADA DE EMERGENCIA" sólo se puede usar para arranque/parada directas en máquinas relativamente sencillas.
- La posibilidad de utilizar un "Interruptor de PARADA DE EMERGENCIA" se excluye cuando no se pueden interrumpir simultáneamente todos los circuitos.
  Por ejemplo: accionamientos con frenado electromotriz.
- Con frecuencia, un "Interruptor de PARADA DE EMERGENCIA" no puede o no se debe usar simultáneamente como interruptor principal. Estas aplicaciones se encuentran, por lo general, en lugares donde no se tienen que desconectar derivaciones individuales.
- ¡Los contactores no se deben utilizar como dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA!

  Excepción:

  Sólo se tiene un contactor de desconexión para una máquina o una sección y detrás del consumidor están conectados otros contactores sin conexiones intermedias. En este caso, el contactor puede cumplir con las funciones del circuito de PARADA DE EMERGENCIA (circuito 3) (Figura 4.6/5).

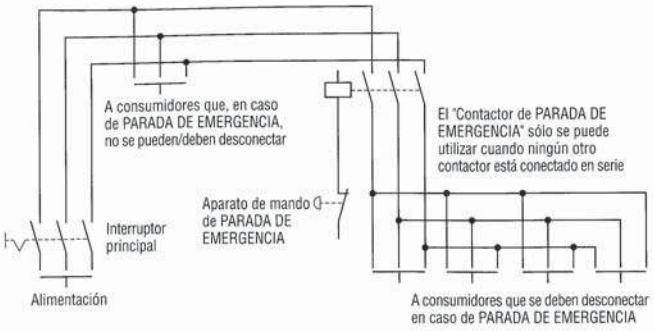


Figura 4.6/5
Circuito 3
Contactores de PARADA DE EMERGENCIA en accionamientos sencillos con un contactor para uno o más motores

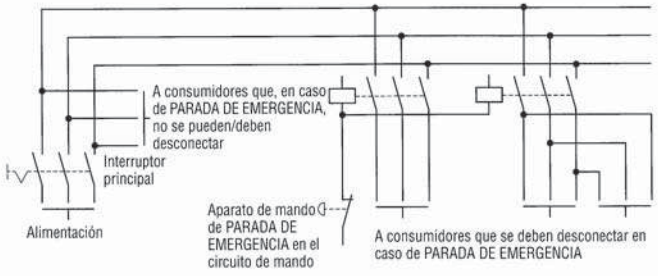


Figura 4.6/6
Circuito 4
Desconexión con un único comando. Todos los contactores se tienen que desconectar directamente por medio de un aparato de PARADA DE EMERGENCIA

Arranque después de una PARADA DE EMERGENCIA

La norma DIN EN 60204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1) prevé que después de una PARADA DE EMERGENCIA se debe evitar toda posibilidad de un nuevo arranque automático. Por lo tanto, en conjunto con el dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA también debe disponerse de una instalación de control.

4.6.3.2 Desconexión mediante un único comando

Todos los circuitos de corriente principales se desconectan con un único comando, cuando en el circuito de control un aparato de mando de PARADA DE EMERGENCIA está conectado en serie (circuito 4),

por ejemplo, un pulsador hongo de PARADA DE EMERGENCIA (Figura 4.6/6).

La longitud de los cables constituye la única restricción. En accionamientos con corriente continua se debe prestar atención a la caída de tensión en los cables y al número de contactos.

En accionamientos de corriente alterna, la capacidad de los conductores también representa una limitación.

Controles electrónicos

Por motivos técnicos de seguridad, los comandos de PARADA DE EMERGENCIA no se pueden conectar a un único canal de un PLC. Según la norma, se deben utilizar elementos electromecánicos.

El estado actual de la técnica indica aquí que tienen que usarse dispositivos convencionales como, por ejemplo, combinaciones de seguridad con contactores.

Básicamente, la norma DIN EN 60204/VDE 0113, Parte 1 indica lo siguiente:

Sólo se deben desconectar aquellos accionamientos que pueden originar estados peligrosos o los que por "no desconectar" podrían provocar daños en la máquina o en los bienes de producción. Estos accionamientos, por lo general, se controlan a través de medios de servicio electromagnéticos.

La desconexión de medios de servicio electromagnéticos como contactores o electroválvulas se realiza directamente – mediante el aparato de mando – o indirectamente, por medio de relés o contactores auxiliares.

Cada uno de los aparatos de maniobra debe controlar la desconexión de "sus" medios de servicio.

4.6.3.3 Circuitos de PARADA DE EMERGENCIA con reducido riesgo remanente

En la secuencia regular de un control se pueden producir fallas con graves consecuencias para las personas y las máquinas.

Circuitos adicionales, que sólo se activan en caso de fallas, suministran aquí mayor seguridad. Estos circuitos que ofrecen seguridad, se realizan, por lo general, con combinaciones de seguridad de contactores o con contactores auxiliares en circuitos de seguridad.

En la bibliografía técnica se diferencia entre dos circuitos fundamentales:

- Circuito formado por dos contactores auxiliares con contactos adelantados (circuito 5), ver la figura 4.6/7
- Circuito formado por tres contactores auxiliares con contactos no simultáneos (circuito 6), ver la figura 4.6/8.

Los circuitos de seguridad, no se deben utilizar para el servicio normal.

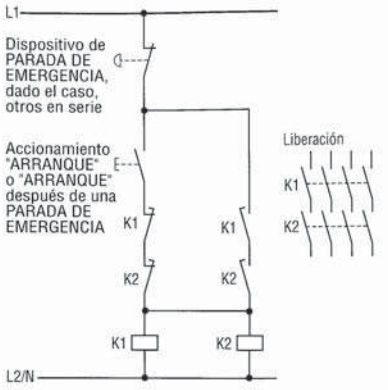


Figura 4.6/7
Circuito 5
Combinación de contactores compuesta por dos contactores auxiliares con contactos adelantados

Protección ante fallas de funcionamiento

En caso de que se presente una falla en un contactor auxiliar del circuito 5, el circuito de seguridad sigue funcionando. Esto significa que al accionar el dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA, se desconecta el circuito de liberación. Si bien el circuito se dispone según la norma DIN EN 60204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1) con redundancia, sólo se podrá volver a arrancar la máquina industrial una vez subsanada la falla.

Condición: contactos no simultáneos

Sin embargo, las experiencias prácticas con el circuito 5 demuestran que con un comando de arranque, la máquina puede volver a arrancar pese a un funcionamiento defectuoso de un contactor auxiliar.

Porque el circuito con dos contactores auxiliares y contactos adelantados no cumple con las condiciones de los contactos no simultáneos y trabaja sin supervisión interna de los contactores.

Significado de contactos no simultáneos

Para los circuitos "normales" no resulta imprescindible que se utilicen contactos no simultáneos, pero para los circuitos de seguridad es indispensable.

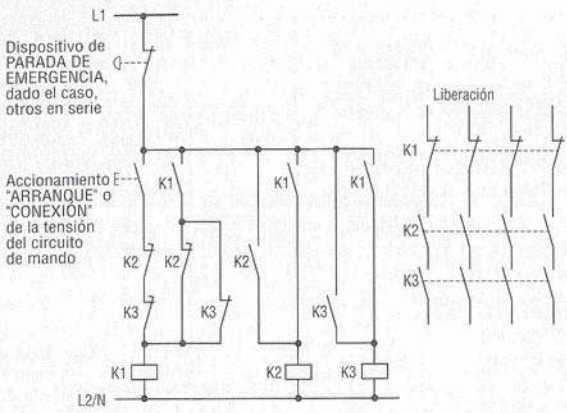


Figura 4.6/8
Circuito 6
Combinación de contactores, compuesta por tres contactores auxiliares con contactos no simultáneos (circuito anterior)

Informaciones relacionadas con el tema "contactos no simultáneos" se encuentran en las Reglas de Seguridad ZH 1/457 2ª Edición, 1978, para controles en prensas con accionamientos por fuerza motriz de la industria metalúrgica.

En dichas Reglas se indica, entre otros conceptos, lo siguiente:

Los contactos no simultáneos en contactores auxiliares significan que el contacto normalmente cerrado (NC) y el normalmente abierto (NA) no pueden estar cerrados simultáneamente en ningún caso.

Redundancia y supervisión

Debido a que el circuito 5 no posee supervisión interna, en Alemania se utiliza cada vez con mayor frecuencia el circuito de seguridad representado en la figura 4.6/8 (Circuito 6). En este circuito se utilizan contactores auxiliares estándar con contactos no simultáneos. Sólo los contactos no simultáneos permiten realizar una supervisión del funcionamiento de los contactos y con esto, una redundancia con supervisión.

Este circuito de seguridad 6 es el más utilizado, cumple casi todas las exigencias de la norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1).

Fallas transitorias

En especial en un caso – una falla transitoria en el contactor K1 – el circuito 6 no se comporta en forma confiable.

Este circuito no asume el estado llamado "seguro", que permite un nuevo arranque requerido una vez que se solucionó el problema.

Una falla transitoria, por lo general, después de algún tiempo se subsana por influencias externas no intencionales o se soluciona sola.

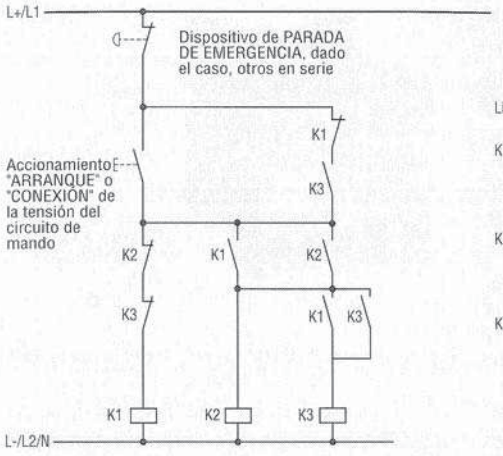
Cuando se produce una falla transitoria en el contactor (o relé) K1 del circuito 6 como, por ejemplo, una soldadura leve de los contactos debida a una sobreintensidad, una trepidación del tablero, puede producir un arranque no deseado de la máquina. El personal de servicio o de mantenimiento, que está confiado en la seguridad del circuito 6, puede correr riesgos. Esto significa que el circuito sólo asume un estado de "cuasi" seguridad.

Supervisiones adicionales contra fallas transitorias

Siemens desarrolló el circuito 7 (Figura 4.6/9) en un trabajo conjunto con la Comisión de Expertos "Hierro y Metal II", para que las fallas transitorias no representen riesgos remanentes.

Con este circuito se excluye cualquier nuevo arranque no deseado de la máquina. Se supervisa el funcionamiento de todos los contactores auxiliares que lo forman, y se reconocen inmediatamente fallas en el contactor K1.

Por lo tanto, el circuito 7, con su supervisión integral, ofrece la máxima seguridad.



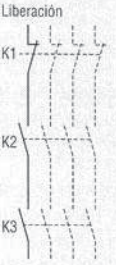


Figura 4.6/9
Circuito 7
Combinación de contactores compuesta por tres contactores auxiliares con contactos no superpuestos (circuito nuevo)

4.6.4 Contactores, aparatos de maniobra para circuitos de seguridad

La tecnología de contactores encuentra aplicación en cualquier circuito de seguridad. Los contactores se construyen y ensayan según la norma DIN VDE 0660, Partes 102 y 200. De esta forma, el usuario obtiene referencias prácticas claras sobre los campos de aplicación de estos contactores.

Protección contra cortocircuitos en caso de fallas

Todos los medios de servicio deben estar protegidos en caso de sobreintensidades, en especial, cuando se produce un cortocircuito (norma DIN VDE 100, Parte 510).

Capacidad de ruptura y carga admisible

Las categorías de servicio comprenden todas las clases de aplicación de los consumidores eléctricos. Las más importantes son las siguientes:

- AC 14/15: Control de cargas electromagnéticas de corriente alterna
- DC 13: Control de cargas electromagnéticas de corriente continua.

Reservas de seguridad: la combinación de seguridad de contactores 3TK28

Las considerables reservas de seguridad representan una ventaja decisiva de la combinación de seguridad de contactores 3TK28 (Figura 4.6/10).

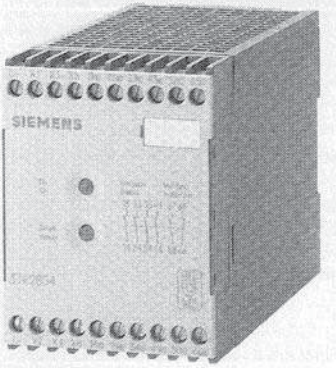


Figura 4.6/10
Combinación de seguridad de contactores 3TK28

En este circuito, los tres contactores auxiliares se conectan de tal manera que se supervisan entre sí.

La combinación de seguridad de contactores cumple así con todos los requerimientos de la norma DIN EN 60204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1), como así también las exigencias correspondientes de las normas para prevención de accidentes de las asociaciones profesionales.

Los circuitos de seguridad deben supervisar en forma confiable el dispositivo a proteger y, en caso de

fallas, inmovilizar en forma segura todo movimiento peligroso.

Con la combinación de seguridad de contactores 3TK28, Siemens asume la responsabilidad de esta seguridad.

Porque:

- Con un ensayo que realiza Siemens en forma individual a cada combinación de seguridad de contactores, se demuestra y documenta la seguridad.
- El "Institut für Arbeitssicherheit" (BIA) (Instituto para la Seguridad Laboral) y el Fachausschuß Elektrotechnik" (BG) (Comité de Electrotecnia) también prueban y aprueban las combinaciones de seguridad de contactores de Siemens.
- Todas las combinaciones de seguridad de contactores 3TK28, al igual que todos los aparatos de maniobra de Siemens tienen certificaciones y homologaciones en todo el mundo.
- Los contactores auxiliares 3TH2 utilizados (Figura 4.6/11) tienen contactos no simultáneos y contactos móviles dobles para un contacto seguro.
- En la combinación de seguridad de contactores 3TK28, todos los contactores auxiliares se supervisan entre sí en un circuito especial.
- Los circuitos acoplados a los aparatos de mando para PARADA DE EMERGENCIA se desconectan en forma segura en caso de peligro, y en conjunto con fines de carrera seguros contra manipulaciones maliciosas, se pueden supervisar dispositivos de seguridad en forma confiable.

4.6.5 Combinación de seguridad de contactores 3TK28, los peligros se desconectan en forma garantizada

4.6.5.1 Circuito de PARADA DE EMERGENCIA

Un circuito de PARADA DE EMERGENCIA con la combinación de seguridad de contactores 3TK28, tal como se representa en el circuito 8 (Figura 4.6/12), se puede realizar con uno o cuatro circuitos de liberación (con accionamiento de C.A. o de C.C.).

En un circuito de PARADA DE EMERGENCIA, la combinación de seguridad de contactores 3TK28 en conjunto con los aparatos de mando de PARADA DE EMERGENCIA cumplen con las exigencias de la norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1).

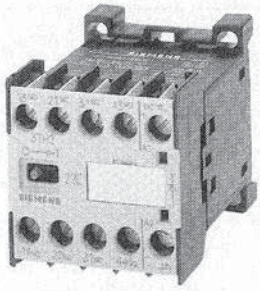


Figura 4.6/11
Contactor auxiliar 3TH2

Funciones de PARADA (STOP) según la norma DIN EN 60 204/VDE 0113, Parte 1

El circuito de PARADA DE EMERGENCIA con 3TK28 se puede aplicar en circuitos de control diseñados según las categorías de parada (Stop) 0, 1 y 2.

Funcionamiento

Con el dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA sin accionar y con tensión de alimentación, se cierra el contactor K1 y se autorretiene. Se enciende el LED "Preparado". Al accionar "ARRANQUE", se cierran los contactores K2 y K3, se enciende el LED correspondiente, y el contactor K1 se abre.

Con esto, los circuitos de liberación están cerrados y – en ejecución normalmente abierto – se cierra asimismo el circuito de aviso.

El funcionamiento del circuito se asegura por medio de una desconexión retardada de K1. El retardo se logra con el diodo conectado en paralelo.

En caso de falla, los circuitos se desconectan en forma segura, incluso cuando después de accionar la PARADA DE EMERGENCIA, por ejemplo, un contacto de K2 no abre. Un nuevo arranque se evita de forma efectiva por medio del enclavamiento mutuo de los contactores y los contactos no simultáneos.

4.6.5.2 Supervisión de dispositivos de protección

La combinación de seguridad de contactores 3TK28 y, por ejemplo, dos fines de carrera de seguridad son adecuados en especial, para la supervisión de dispositivos de protección sin que se produzca un nuevo encendido automático. Para controlar la correcta funcionalidad, se recomienda una desconexión diaria del interruptor principal/del interruptor de la tensión

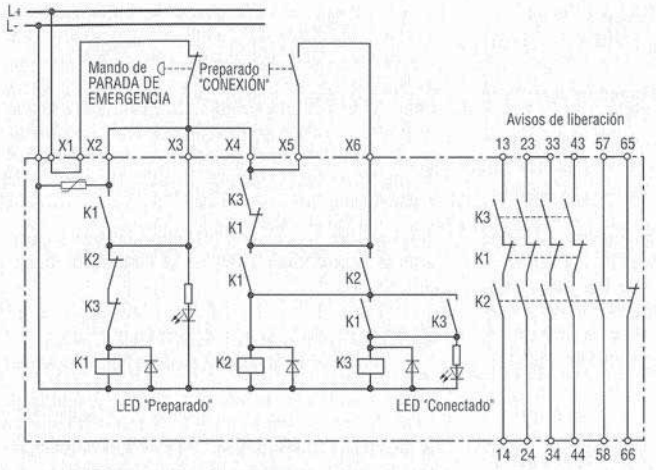


Figura 4.6/12
Circuito 8
Circuito de PARADA DE EMERGENCIA con combinación de seguridad de contactores 3TK28 y cuatro circuitos de liberación, accionamiento con C.C.

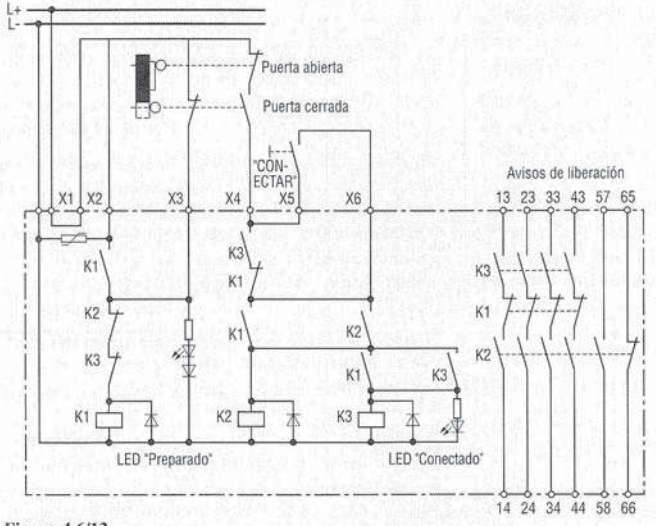


Figura 4.6/13
Circuito 9
Supervisión de dispositivos de protección con la combinación de seguridad de contactores 3TK28 y cuatro circuitos de liberación

del circuito de mando. El correcto funcionamiento también se verifica mediante la apertura y el cierre del dispositivo de protección.

Los circuitos de supervisión, tal como se observa en la figura 4.6/13, circuito 9, se pueden conformar con una combinación de seguridad de contactores 3TK28 con uno o cuatro circuitos de liberación. El accionamiento podrá ser por C.A. o C.C. Cuando se abren dispositivos de seguridad, por ejemplo, puertas de protección, se debe interrumpir obligatoriamente cualquier movimiento peligroso dentro del recinto protegido. Una reposición del dispositivo de supervisión no tiene que provocar una nueva puesta en marcha del movimiento peligroso. Para esto debe ser necesario aplicar un comando de arranque explícito.

Funcionamiento

El circuito tiene dos canales, en cada uno se encuentra un contacto normalmente abierto y otro normalmente cerrado del fin de carrera de seguridad respectivo. Con la puerta de protección abierta y el interruptor principal cerrado, el contactor K1 se autorretiene y enciende el LED "Preparado". Por medio del pulsador "ARRANQUE" se podrá poner en marcha el sistema cuando la puerta de protección se encuentre cerrada. Los contactores K2 y K3 cierran y se enciende el LED "Conectado". El contactor K1 se abre en forma retardada por acción del diodo. A diferencia de otros numerosos circuitos, en la combinación de seguridad de contactores 3TK28 se supervisa el contactor K1:

Si no se abre el contactor K1, no se pueden autorretener los contactores K2/K3 y el circuito de liberación no cierra.

4.6.5.3 Dispositivos de PARADA DE EMERGENCIA para la desconexión de motores

La desconexión de motores u otros consumidores de gran potencia se puede realizar con la combinación de seguridad de contactores 3TK28 y dos contactores adicionales (circuito 10 en la figura 4.6/14).

Entre los NC de los contactos auxiliares y los NA de los contactos principales de los contactores del motor se debe verificar aquí la no simultaneidad de los

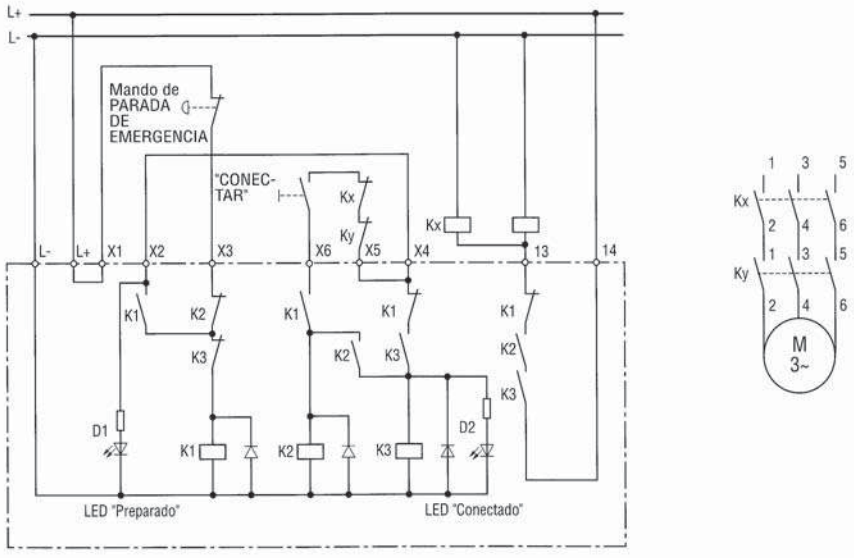


Figura 4.6/14
Circuito 10
Circuito para la maniobra de motores con la combinación de seguridad de contactores 3TK28, un circuito de liberación y accionamiento por C.C.

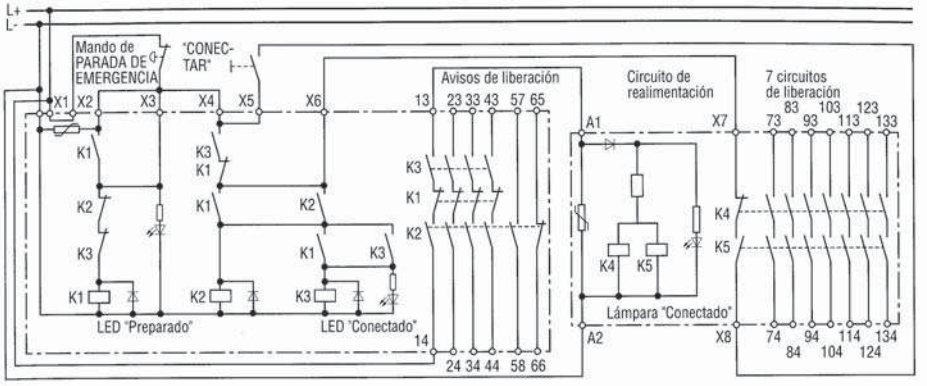


Figura 4.6/15
Circuito 11
Circuito de PARADA DE EMERGENCIA, combinación de 3TK28 y módulo de expansión 3TK2907, 10 circuitos de liberación, 2 circuitos de aviso, accionamiento por C.C.

contactos para que se pueda asegurar un funcionamiento correcto y libre de fallas.

Funcionamiento

En un dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA sin accionar y tensión de alimentación conectada, el contactor K1 cierra y se autorretiene, el LED "Preparado" se enciende.

Al accionar "CONECTAR" se cierran los contactores K2 y K3, enciende el LED "Conectado" y K1 se abre. Con esto queda cerrado el circuito de liberación, y en la ejecución NA se cierra asimismo el circuito de aviso. Los contactores Kx y Ky accionan, y se cierran los circuitos de liberación para la maniobra del circuito de potencia.

También en caso de fallas – después de accionar el circuito de PARADA DE EMERGENCIA – por ejemplo, no abre el contacto auxiliar de K2 o de Kx, se puede desconectar el circuito de seguridad. Se impide todo nuevo arranque por medio del enclavamiento mutuo de los contactores en la combinación de seguridad de contactores y la señalización por los contactos normalmente cerrados de Kx y Ky.

4.6.5.4 Módulo de expansión 3TK2907

El módulo de expansión 3TK2907, en conjunto con las distintas combinaciones de seguridad de contactores 3TK28 aumenta el número de posibles circuitos de liberación hasta 10 (Figura 4.6/15). Estos módulos se utilizan para sistemas de mayor envergadura, en los cuales se deben supervisar todas las derivaciones en forma individual.

Funcionamiento

Cuando se aplica tensión de alimentación y el dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA sin accionar, el contactor K1 y la autorretención están activados.

El LED "Preparado" se enciende. Al accionar "Conectar" cierran los contactores K2 y K3, y el LED "Conectado" enciende, y K1 se abre. Con esto quedan cerrados los circuitos de liberación del aparato básico. A través de los circuitos de liberación 13/14 se controla el módulo de expansión 3TK2907. Los contactores K4 y K5 cierran, al igual que los circuitos de liberación del módulo de expansión.

Los circuitos se desconectan en forma segura en caso de falla, incluso cuando, a pesar de accionar la PARADA DE EMERGENCIA, por ejemplo, un contacto de K4 no abre; en ese caso, la desconexión se realiza a través de K5. El circuito de realimentación impide todo nuevo arranque.

4.6.5.5 Funciones de parada (Stop) según la norma DIN EN 60 204/VDE 0113, Parte 1

La combinación de la unidad 3TK28 y el módulo de retardo 3TK29 se aplican en el caso de accionamien-

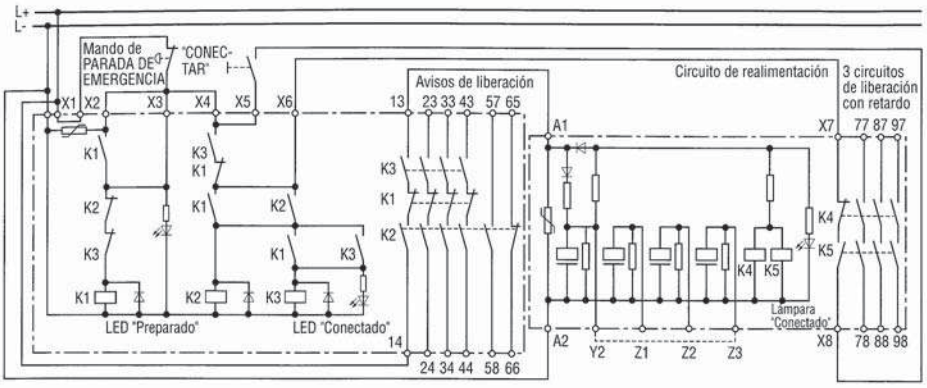


Figura 4.6/16
Circuito 12
Circuito de PARADA DE EMERGENCIA, combinación de 3TK28 y módulo de retardo 3TK29

tos que, ante una situación de peligro se deben frenar eléctricamente para pasar a un estado seguro (Circuito 12, figura 4.6/16).

El circuito de PARADA DE EMERGENCIA para desconexión retardada se instala en controles que cumplen con los requerimientos de la Categoría 1.

Funcionamiento

Cuando se aplica tensión de alimentación y el dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA sin accionar, el contactor K1 y la autorretención están activados, y el LED "Preparado" enciende.

Al accionar "Conectar" cierran los contactores K2 y K8, enciende el LED "Conectado", y K1 abre. Con esto quedan cerrados los circuitos de liberación de la combinación de seguridad de contactores 3TK28. Por medio de los circuitos de liberación 13/14 se controla el módulo de expansión. Los contactores K4 y K5 cierran y también los circuitos de liberación en el módulo de expansión.

Al accionar el dispositivo de PARADA DE EMERGENCIA, se desconectan en forma inmediata los contactos de liberación del aparato básico y los del módulo de retardo, después del tiempo seleccionado. Según la ejecución del aparato, cambian los tiempos de retardo, se dispone de módulos con rangos de tiempo de 0,5 a 2 s, de 1 a 4 s, 2 a 8 s, ajustables en 4 pasos cada uno. Este ajuste se realiza por medio de puentes colocados entre Y2, Z1, Z2, Z3. Los circuitos se desconectan en forma segura en caso de fallas, incluso cuando, a pesar de accionarse la PARADA DE EMERGENCIA, no abre, por ejemplo, el contacto de K5. En ese caso, se realiza la desconexión a través de K4.

El circuito de realimentación impide todo nuevo arranque.

4.7 Supervisión de fusibles

La tendencia hacia una automatización generalizada con requerimientos mínimos de mantenimiento en las instalaciones de maniobra, exige un control, también automatizado, de las distintas partes o grupos funcionales componentes de la instalación, que incluye el suministro de datos y estados de servicio o avisos de fallas a una central de datos de nivel superior.

Por lo tanto, en las instalaciones con seccionadores bajo carga o seccionadores con fusibles incorporados se requiere controlar el estado de funcionamiento de cada fusible. La fusión de un fusible se debe detectar y localizar con la mayor rapidez posible.

Un control confiable de fusibles puede realizarse por medio de alguno de los siguientes métodos:

- Principio mecánico,
- principio electromecánico y
- principio electrónico.

Principio mecánico

En la actualidad, este principio sólo se utiliza en algunos seccionadores bajo carga con fusibles incorporados.

Cuando un fusible funde, se libera un pestillo incorporado en el fusible que acciona un microcontacto. Este contacto, a su vez; permite trasmitir una señal a la sala de control.

Principio electromecánico

El principio electromecánico se puede utilizar tanto en seccionadores bajo carga con portafusibles como en seccionadores con fusibles incorporados.

Para control de los fusibles se utiliza un interruptor automático con un diseño especial. Las tres vías de corriente del interruptor se conectan en paralelo con cada uno de los tres fusibles a supervisar, de tal manera que cuando un fusible se funde, la corriente circula a través de la vía de corriente del interruptor automático, y éste desconecta.

Los contactos auxiliares del interruptor automático se pueden utilizar para fines de aviso o de maniobra; por ejemplo, para que otro aparato de maniobras interrumpa todas las fases del circuito con problemas (Figura 4.7/1).

Se debe tener en cuenta que no todos los interruptores automáticos resistentes a los cortocircuitos se pueden utilizar para supervisar fusibles, porque durante la desconexión sus vías de corriente también deben soportar la tensión de apagado del arco del fusible (en el caso de fusibles NH esta tensión puede alcanzar hasta 2500 V).

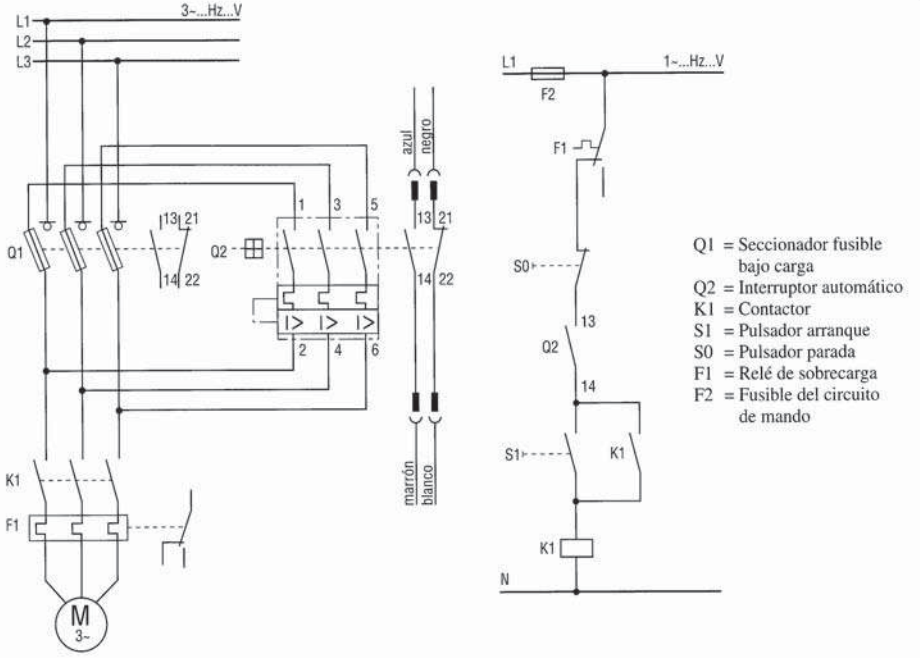


Figura 4.7/1
Seccionador fusible bajo carga 3NP5 con supervisión de los fusibles por medio de un interruptor automático 3VU13 (o 3VR) con contactos auxiliares 1NA + 1NC
a) Circuito principal
b) Circuito auxiliar

El interruptor automático se puede montar en el armario o tablero separado de los fusibles a supervisar. El cableado se realiza entre los correspondientes bornes disponibles en los contactos lira de los portafusibles y el interruptor automático (Figura 4.7/1).

Por cierto, ¡el montaje separado de ambos aparatos, favorece una transferencia de tensión a otras partes de la instalación!

Cuando, por ejemplo, se abre el seccionador fusible para separar del suministro de energía a las partes subsecuentes de la instalación, se corre el riesgo de que a través de los contactos cerrados conectados en paralelo con los fusibles del interruptor automático supervisor, continúen bajo tensión las partes que se querían separar. Esto también es válido para seccionadores bajo carga con fusibles.

Para garantizar una separación segura, en todos los casos se deberá desconectar además el interruptor automático (por ejemplo, 3VU13 ó 3RV) destinado al control de los fusibles.

El riesgo de una transferencia de tensión se evita de manera confiable con los seccionadores fusibles bajo carga del tipo 3NP5 que poseen supervisión de fusibles incorporada.

En los seccionadores fusibles bajo carga 3NP5, de fábrica se suministra un interruptor automático 3VU13 (o 3RV) montado y cableado en la tapa manija del seccionador. La conexión eléctrica de ambos aparatos se produce directamente en las cuchillas del fusible; de esta manera se asegura que tanto en la extracción de las unidades fusibles como en la desconexión del seccionador no pueda producirse una transferencia de tensión.

El principio electromecánico de control de fusibles, *no* será aceptable en aquellas derivaciones con equipos de potencia, cuando, en caso de falla, pueda producirse una realimentación de corriente continua con un valor muy superior a la tensión asignada admisible para el interruptor automático.

Principio electrónico

El principio electrónico de supervisión de fusibles se utiliza en dos disposiciones diferentes:

- Con montaje separado de los fusibles a supervisar, por ejemplo, en seccionadores fusibles bajo carga, porque en estos aparatos no se puede realizar un montaje directo,
- como unidad constructiva integrada en el seccionador fusible bajo carga 3NP5 a supervisar.

En el último caso se puede ahorrar valioso espacio en el armario de maniobras.

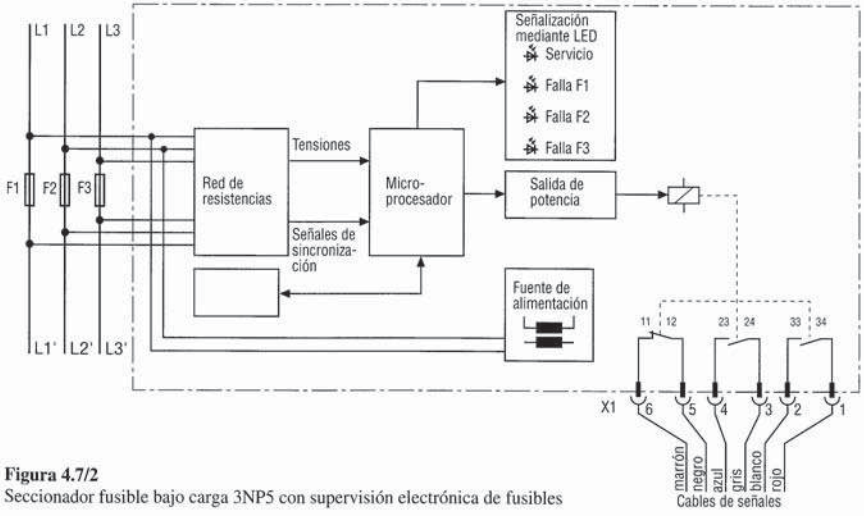


Figura 4.7/2
Seccionador fusible bajo carga 3NP5 con supervisión electrónica de fusibles

La supervisión electrónica de fusibles mide, por medio de una red de resistencias, la tensión en bornes de cada uno de los fusibles. Un microprocesador evalúa los valores de las tensiones y comanda una salida de potencia.

Cuando funde uno de los fusibles, según la ejecución de la supervisión de fusibles, se dará un aviso del tipo *si/no* a la sala de control, o mediante LEDs se suministrarán diferentes informaciones como, por ejemplo, cuál es la fase con falla (Figura 4.7/2).

La red de resistencias utilizada por Siemens tiene un valor óhmico tan elevado que resulta imposible que se transfieran tensiones peligrosas por medio del dispositivo de control de fusibles.

La supervisión electrónica de fusibles, con sus pequeñas dimensiones permite reducir en gran medida la profundidad necesaria para el montaje en el armario cuando se utiliza una supervisión electromecánica de fusibles con interruptor automático 3VU13 (o 3RV).

5 Comunicación

5.1 Introducción

Los aparatos de maniobra de baja tensión son importantes componentes de instalaciones o equipamiento eléctrico. Conectan o desconectan partes de las redes de baja tensión y controlan aparatos eléctricos. Sus características aseguran en gran medida tanto el funcionamiento sin dificultades de una central eléctrica, como también el suministro continuo de energía a un establecimiento industrial o el trabajo seguro de un accionamiento.

El desarrollo de los aparatos de maniobra de baja tensión se ha incrementado en los últimos años con una magnitud inesperada. Crecientes exigencias en cuanto a las propiedades eléctricas y mecánicas de los aparatos, a su capacidad de adaptación y rentabilidad han acelerado este proceso, en el cual la creciente racionalización y automatización, constituyen importantes impulsos.

Para satisfacer los requerimientos técnicos cada vez más complejos y las exigencias económicas, es necesaria la comunicación entre los aparatos (aparatos de automatización, aparatos de maniobra, etc.). Este intercambio de información convierte a los aparatos individuales en sistemas conjuntos con una mayor calidad en la conducción del proceso y el diagnóstico.

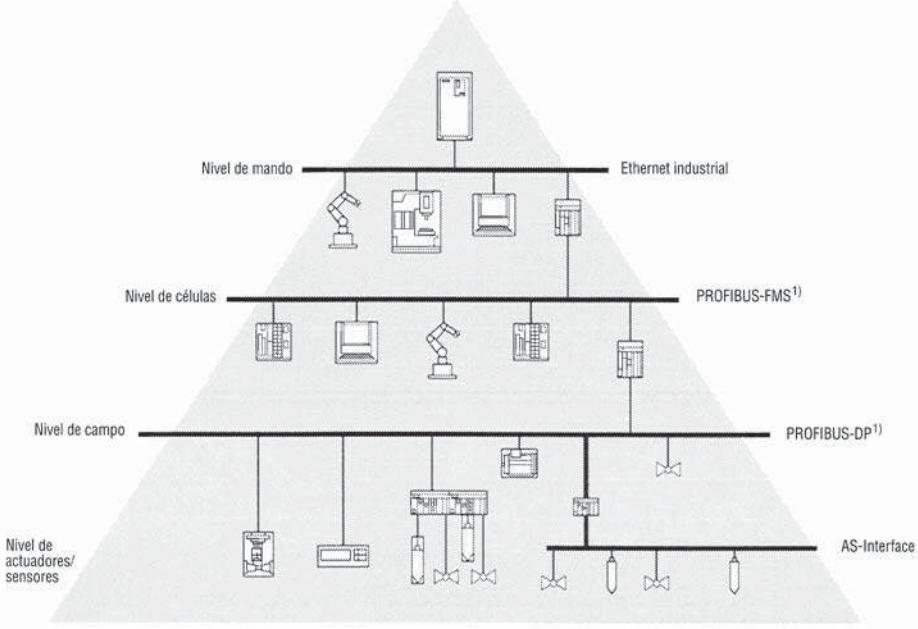


Figura 5.1/1 Jerarquías de una red con diferentes sistemas de bus

[1] Aclaraciones en la Sección 10.11

La integración rentable de distintos componentes en un sistema de automatización con amplia cobertura sólo puede alcanzarse cuando los componentes dominan un conjunto funcional con cobertura definida y la comunicación se desarrolla de acuerdo con un protocolo normalizado. La Figura 5.1/1 muestra la arquitectura de red con distintos sistemas de buses.

Siemens utiliza como bus de campo los sistemas de buses abiertos normalizados, PROFIBUS-DP y Actuator-Sensor-Interface (denominación abreviada AS-Interface o AS-i). Sólo los sistemas de buses abiertos y normalizados dan al inversor la seguridad de basarse en un entorno de sistema estable, económico y con un futuro asegurado.

5.1.1 SIRIUS NET

SIRIUS NET describe un concepto completo para aparatos de maniobra de baja tensión, que pueden ser usados tanto como aparatos unitarios locales, como también en combinación con otros aparatos de maniobra dentro de cuadros o tableros de mando o control. La base de este concepto de comunicación está formada por los buses PROFIBUS-DP y AS-Interface, que como estándares abiertos se impusieron en la industria.

En SIRIUS NET están incluidos todos los aparatos de la nueva línea de productos SIRIUS 3R y a partir de allí también los interruptores automáticos 3WN, los detectores de proximidad BERO, los pulsadores y las lámparas de señalización SIGNUM, los teclados de membrana, las columnas de señalización y los interruptores de posición.

Con esto se obtiene por primera vez en el campo de los aparatos de maniobra de baja tensión una comunicación continua y una integración del sistema que, al mismo tiempo son la base para soluciones técnica y económicamente perfectas.

5.1.2 Argumentos técnicos y económicos para aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación

La potencia de los sistemas de automatización se determina esencialmente por la capacidad de su sistema de comunicaciones más que por sus funciones propias. La automatización de los procesos tiende a la automatización descentralizada de las instalaciones. Así un comando central complejo puede subdividirse sin lugar a dudas en secciones más pequeñas y claras, que procesan la información más rápida y directamente en el lugar. Ante una falla de una parte del equipo el sistema completo puede seguir trabajando, con lo cual se alcanza una mayor disponibilidad de la instalación.

El control de las partes de un equipo se separa en pequeños y poderosos controladores, por ejemplo con SIMATIC S5 95U/DP o con SIMATIC S7–300 que se instalan en armarios o tableros de distribución cerca de las máquinas. En estos controladores se integran los correspondientes módulos AS-i-Master de acuerdo con funciones de control previstas. De esta manera se pueden desarrollar las tareas de control, que de otra forma deberían ser realizadas por un control central.

Además de estos aspectos técnicos, son los siguientes fundamentos económicos y de organización, los que, sobre todo, abogan a favor del concepto descentralizado:

- Disminuye el número de componentes, ya que se utilizan menos contactores auxiliares, relés de tiempo, elementos de acoplamiento, bloques de bornes, etc. Con esto también disminuye la cantidad de componentes que deben ser almacenados y administrados en depósito.
- El gasto de cableado se reduce.
- El funcionamiento de todos los componentes del sistema puede verificarse previamente con mucha mayor facilidad y acortarse el tiempo de montaje y de puesta en marcha.
- La subdivisión de los procesos en unidades más pequeñas, hace que las estructuras del programa sean más claras, facilitando los trabajos de proyecto y documentación.
- La búsqueda y la solución de problemas, así como el mantenimiento, son más sencillos y rápidos.

La Figura 5.1/2 muestra cómo se reparten los costos de montaje y de puesta en marcha de una instalación convencional de maniobra de baja tensión y cuáles son los potenciales de reducción de gastos. A pesar del costo mayor de los materiales puede demostrarse que existe una reducción potencial del 27% en los costos de materiales y montaje. En una instalación tomada como referencia para la comparación se distribuyen los sensores y actuadores en una superficie de alrededor de $20m^2$, de forma tal que las ventajas de los sistemas de transferencia en serie no se toman en cuenta con respecto al paralelo.

La creciente presión sobre los costos lleva siempre a innovar en las medidas de racionalización. La productividad debe incrementarse continuamente, la or-

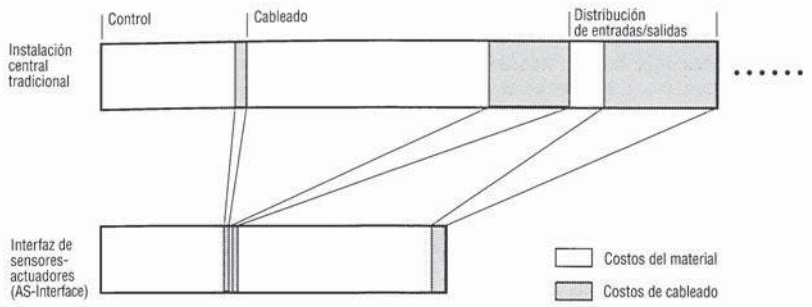


Figura 5.1/2
Distribución de costos y potenciales de ahorro en instalaciones de maniobra de baja tensión

ganización de la producción tiene que ser siempre más flexible y adaptarse a la realidad del mercado, y simultáneamente deben reducirse los tiempos de preparación y de servicios técnicos. Además, los cada vez más complejosprocesos se deben controlar con el menor gasto posible, sin que el elevado estándar de calidad logrado sufra merma alguna.

Los potenciales de ahorro necesarios exigen nuevos impulsos en la automatización. Deben encontrarse nuevas estructuras de automatización con las cuales se obtengan mayores potenciales de racionalización. Pero esto también significa mayores exigencias a los aparatos de maniobra de baja tensión, que en el futuro deberán presentar una capacidad de comunicación hasta ahora desconocida.

5.1.3 Potenciales de ahorro adicionales

Para el usuario no sólo es importante hallar un concepto unificado de automatización para su aplicación, todos los componentes del proceso, por ejemplo, accionamientos, aparatos de maniobra, etc. también tienen que estar conectados en forma óptima. El amplio y generalizado espectro de aparatos de automatización y componentes con capacidad de comunicación que ofrece Siemens cumple plenamente con esta exigencia.

En el pasado, la rentabilidad de un proyecto de automatización se medía a través de los costos de cada componente. Sin embargo, con frecuencia lo que se puede economizar mediante la compra de componentes a fabricantes que venden más barato, queda anulado por el elevado gasto que significa luego la integración con el sistema, que incluso puede llegar a encarecer el proyecto total.

Mediante el concepto universal de automatización descentralizada con PROFIBUS-DP y AS-Interface, Siemens ofrece ahora potenciales de ahorro completamente nuevos, ya que la descentralización suministrada totalmente por un único proveedor aporta beneficios en los costos de integración del sistema, en los de desarrollo, logística, servicios técnicos y capacitación.

Estas ventajas en los costos se basan en un desarrollo armonizado de los productos, que incluye toda la variedad de componentes para la automatización y los aparatos de campo.

En detalle esto significa lo siguiente:

- Para la integración del sistema:
  La capacidad de comunicación de los aparatos de maniobra de baja tensión con PROFIBUS-DP y AS-Interface, se conforma sobre la base de dos estándares que numerosos fabricantes utilizan en todo el mundo. De esta manera, está garantizada la seguridad de la inversión y la independencia de un proveedor determinado. Además de un concepto universal de comunicación que interconecta todos los aparatos, Siemens ofrece componentes "de una sola pieza". Aquí, sobre todo, se prestó atención a la compatibilidad. Para el usuario esto significa que trabajará en un sistema desde el cual puede comunicarse con todos los aparatos de maniobra de baja tensión. La AS-Interface es un valioso participante del PROFIBUS-DP y, por lo tanto, está incluida en la herramienta de proyecto COM PROFIBUS del mismo, con menúes espe-

ciales armonizados con los equipos periféricos conectados. De este modo, el usuario del PROFIBUS-DP ni siquiera percibe a la red subordinada conformada por la AS-i.
- Para el desarrollo y la logística:
  Una dirección única para realizar el pedido y el desarrollo, reducción de componentes en el depósito de la empresa, etc.
- Para el servicio técnico:
  Todos los contratos de mantenimiento unificados, una "hotline" técnica para toda la aplicación, así se evitan las largas búsquedas telefónicas de un interlocutor adecuado.
- Para la capacitación:
  Disminución de los costos de capacitación al tener una filosofía homogénea en toda la instalación y un "Look and feel" uniforme en el software.

5.1.4 Perspectivas y tendencias

Dentro de la evolución técnica futura se esperan las tendencias siguientes:

- Procesado previo de la señal (módulos inteligentes); los aparatos de maniobra de baja tensión inteligentes contribuyen a reducir la carga funcional del nivel superior de automatización, ejecutando tareas específicas de la derivación, por ejemplo, funciones de control y protección. De esta manera, se logran tiempos de reacción breves y alta disponibilidad en cada proceso parcial.
- Fácil verificación de las funciones a través de pruebas y simulación.
- Conjunción de varios aparatos específicos para conformar una combinación orgánica muy flexible.
- Concentración de varias funciones de maniobra en unidades compactas.
- Subdivisión de armarios o tableros de distribución en beneficio de tener sensores y actuadores más cerca de la máquina.
- Unificación del software del proyecto y de la documentación.

Del software de parametrización y proyecto se esperan otros impulsos innovadores. Los datos no sólo se intercambiarán como hasta ahora, sino que formarán la base para una administración de datos en un nivel superior desde el que se podrán generar listas de partes, de pedidos, de repuestos, circuitos, etc. Estos desarrollos ya se pueden reconocer en la nueva generación de software con manejo por objetos como, por ejemplo, los que se suministran con los equipos de automatización S7 de Siemens.

Los diferentes sistemas de buses de una aplicación serán a partir de aquí "invisibles" para el usuario, que sólo decide a través del software qué tipos de datos se intercambiarán, del resto se ocupa el sistema de automatización.

5.2 Sistemas de buses

5.2.1 PROFIBUS-DP

PROFIBUS-DP es un sistema de bus rápido, abierto y normalizado, que cumple los requerimientos de la norma europea EN 50170. Es un sistema universal, que posibilita una interconexión en red de numerosos aparatos de campo sin problemas y permite que en milisegundos se transmitan señales a kilómetros de distancia.

El medio de transmisión puede ser tanto un cable de cobre bifilar como una fibra óptica. Según esto podrán implementarse diferentes estructuras, típicamente una línea. A través de repetidores se podrán realizar también estructuras de árbol con cables de cobre y de anillo o estrella con fibra óptica mediante Optical Links Modules (OLM).

La extensión del bus alcanza desde 1000 metros con 12 MBaud hasta 12 km con 93,75 KBaud si se usan cables de cobre, y hasta 100 km con fibra óptica.

El PROFIBUS-DP se basa en una estructura de maestro-esclavo (Master-Slave). El "Master" (estación maestra o maestro) envía los telegramas a cada "Slave" (estación esclava o esclavo) seleccionada, y ésta responde. De esta manera, cada estación es alcanzada en forma individual y selectiva. En cuanto el maestro reconoce un telegrama con errores, solicita inmediatamente una nueva respuesta al esclavo.

Una característica importante del PROFIBUS-DP es la compatibilidad con los componentes PROFIBUS-FMS. Para aquellas aplicaciones, en las que los requerimientos de tiempos de reacción no son demasiado exigentes, será posible interconectar los buses PROFIBUS-DP y PROFIBUS-FMS.

El PROFIBUS-DP es el "turbo" de los buses de campo para velocidades de transmisión de hasta 12 MBaud. Además de los comandos de accionamiento ("CONECTAR", "DESCONECTAR") el PROFIBUS-DP también transmite telegramas de estado y de error de diferentes aparatos y datos de parámetros. Cuando un aparato sale de servicio, los otros podrán seguir comunicándose sin inconvenientes.

5.2.1.1 Tecnología del PROFIBUS-DP

La tecnología del PROFIBUS-DP tiene las siguientes características principales:

- Independencia del fabricante, normalizada de acuerdo con la norma EN 50 170.
- Medio de transmisión: cable bifilar de cobre o fibra óptica.
- Máxima extensión del sistema de bus con fibra óptica: 100 km.
- Longitud flexible del telegrama: desde 1 hasta 244 Bytes.
- Velocidad de transmisión máxima: 12 MBaud.
- Estaciones participantes a conectar al bus: hasta 124.
- Ante la avería de una estación participante, continúan en servicio las demás.
- Soluciones continuas de conexión en red a PROFIBUS-FMS y AS-Interface.

Para la elección del sistema de bus de campo adecuado deben tenerse en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

- Tiempos de reacción.
- Seguridad en la transmisión de datos.
- Disponibilidad del sistema completo.
- Programación y parametrización.
- Posibilidad de diagnóstico.
- Medios auxiliares para pruebas y puesta en servicio.
- Componentes disponibles.

Tiempo de reacción

Para el cálculo del tiempo de reacción en PROFIBUS-DP debe tenerse en cuenta una relación entre el número de las estaciones conectadas al bus (esclavas) y la cantidad de Bytes a transmitir por cada estación. Para cumplir con las exigencias de tiempos de reacción muy breves, con velocidades de transmisión de hasta 12 MBaud, podrán implementarse con PROFIBUS-DP tiempos de reacción del orden de los milisegundos. En suma, los tiempos de tránsito del bus son tan pequeños que pueden despreciarse en el cálculo del tiempo de reacción total.

Transmisión segura de datos

La estación maestra del bus envía a cada esclavo un telegrama con los datos de salida y recibe como respuesta (acuse de recibo) un telegrama con los datos de entrada actuales. El PROFIBUS-DP reconoce hasta un máximo de tres errores simultáneos en el telegrama; esto corresponde a una distancia de Hamming HD = 4. Los telegramas con errores son eliminados y requeridos nuevamente de inmediato. El ciclo del bus se prolonga así en el tiempo de este telegrama. Los telegramas individuales especialmente asegurados evitan que las demás estaciones participantes del bus se vean afectadas por este problema y, por lo tanto, continúan funcionando sin inconvenientes.

Disponibilidad del sistema completo

Una de las características más importantes del PROFIBUS-DP es que permite conectar y desconectar una estación participante ("plug & play") sin que se interfiera con el tráfico de información en curso en el bus. Así, por ejemplo, se podrán intercambiar sin inconvenientes aparatos averiados. Por otra parte, también podrán concebirse aplicaciones relacionadas con el movimiento de materiales o de los procesos, donde aparatos con estaciones móviles se conectan y desconectan durante el servicio.

Parametrización y programación

El usuario tiene a disposición para la parametrización del sistema completo, el software guiado por menúes COM PROFIBUS o el STEP 7-por objetos, que lo guían paso a paso para que realice un proyecto correcto. Con este software el usuario puede ingresar todos los parámetros del bus, por ejemplo, la velocidad de transmisión. Al mismo tiempo puede parametrizar los aparatos individualmente y definir el comportamiento en caso de fallas. El software reconoce entradas erróneas y emite una advertencia cuando los ajustes no son plausibles. No es necesario que el usuario tenga un conocimiento específico de comunicaciones. Como es natural, todos los aparatos se podrán parametrizar "online" a través del bus. Los valores de servicio y diagnóstico se pueden leer y evaluar a través del bus.

Posibilidades de diagnóstico (intercambio de datos de diagnóstico y valores de servicio)

El protocolo de PROFIBUS-DP ofrece varias posibilidades para leer datos de diagnóstico de los aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación. Las lecturas pueden ser estructuradas en forma de pirámide (Figura 5.2/1), y abarcan desde una consulta muy somera ("¿Estación OK?"), hasta informaciones detalladas.

Figura 5.2/1
Pirámide de diagnóstico para aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación

Para acortar los tiempos de ejecución del programa de control para la evaluación de los datos de diagnóstico, en la información de estos datos sólo se asigna 1 Bit para cada estación conectada al bus. En caso de estar en "1" alguno de estos bits, se puede requerir una información detallada del error.

El mismo método permite obtener datos estadísticos y de servicio, con cuya ayuda podrá realizarse, por ejemplo, un mantenimiento preventivo.

Medios auxiliares para prueba y puesta en servicio

Los aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación pueden ser controlados o parametrizados en forma local u "online" a través del PROFIBUS-DP. Un programador manual permite realizar una serie de pruebas "in situ" y también ingresar al aparato los parámetros de servicio necesarios. Con este programador podrán copiarse también los parámetros de un aparato a otro cuando se los deba intercambiar.

PROFIBUS-DP – componentes disponibles

El mercado del PROFIBUS-DP es, de todos los sistemas de bus, el que presenta el mayor crecimiento en todo el mundo. El espectro de aparatos disponibles se amplía continuamente y de esta manera siempre se incorporan nuevas aplicaciones para todos los segmentos del mercado.

Los aparatos conectados a un bus que se encuentra en servicio se pueden llevar a un estado de conexión seguro y después, mediante un programador o PC, podrán ser controlados y/o parametrizados. En ese momento, el control central no tiene acceso a esa estación. Sin embargo, con esta operación no se interfiere el trafico hacia los demás aparatos conectados al bus.

Un PROFIBUS-DP está formado como mínimo por un segmento de bus. Este segmento cuenta con, por lo menos, dos estaciones, una de las cuales tiene que ser una maestra (DP-Master). En un segmento de bus podrán conectarse como máximo 32 estaciones.

La longitud máxima de los conductores de un segmento de bus depende de la velocidad de transmisión (Baudios) utilizada.

El uso de repetidores permite conectar hasta 126 aparatos a un bus; de las mismos, un máximo de 122 pueden ser esclavos como, por ejemplo, SIMOCODE-DP (Ver las secciones 3.7.17 y 5.3.1).

La línea bifilar del bus se conecta a través de todos los participantes. Esta línea tiene que terminarse en ambos extremos con una resistencia. El conector del bus tiene incorporada una resistencia de terminación, la que se conecta cuando sea necesario.

Hasta diez segmentos de bus pueden conectarse en serie. La separación máxima entre estaciones interconectadas con conductores de cobre no podrá superar los valores dados por la Tabla 5.2/1.

Tabla 5.2/1
Distancias admisibles entre dos estaciones conectadas a un segmento de bus utilizando conductores de cobre.

Velocidad de transmisión [kBit/s]	Distancia máxima entre dos participantes [m]
9,6 ... 93,75	12.000
187,5	10.000
500	4.000
1.500	2.000

5.2.2 Interfaz de actuador – sensor

La "Interfaz de actuador – sensor" (AS-Interface o AS-i) es un sistema de bus normalizado, abierto, independiente del fabricante utilizado en la zona de campo inferior. La AS-i permite interconectar en forma sencilla y con costos convenientes, actuadores y sensores binarios como, por ejemplo, detectores de proximidad BERO (ver la Sección 6.3). La línea bifilar de cobre no sólo transmite los datos, también suministra la alimentación auxiliar necesaria para los sensores y la interfaz del bus.

El sistema de bus AS-i interconecta en red a los actuadores y sensores del nivel de campo inferior, con el superior de control. De esta forma, una sencilla línea de cobre de 2 conductores sustituye el complicado cableado en paralelo convencional formado por líneas de control, repartidores y bloques de bornes.

La robusta técnica de armado (clase de protección IP 65/67) hace que AS-Interface sea capaz de hacer frente a las más duras condiciones de funcionamiento, donde la sencilla forma de conexionado permite realizar el cableado y el montaje en un tiempo extremadamente corto.

Por todas sus ventajas, la AS-i se estableció en muy poco tiempo como un estándar industrial independiente del fabricante para el nivel inferior de campo. La Asociación AS-Interface determina las especificaciones y la certificación de los productos AS-i. Además, esta Asociación representa los intereses comunes de sus socios, entre los que en la actualidad se cuentan más de 50 fabricantes líderes de sensores, actuadores, controles y elementos de conexión de Europa y EE.UU.

El espectro de aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens abarca ya una serie de sensores inteligentes.

Así por ejemplo:

- Diferentes ejecuciones de detectores de proximidad inductivos y capacitivos BERO (ver las secciones 5.3.2 y 6.3).
- Aparatos de mando encapsulados SIGNUM (ver las secciones 5.3.2 y 6.1).
- Elementos de acoplamiento (ver las secciones 4.4 y 9.9).
- Distintos módulos de aplicación (ver la Sección 5.3.2).

Algunos de los elementos nombrados envían al nivel de mando la señal del estado y, además, otras informaciones que, por ejemplo, permiten reconocer fallas, las que se podrán eliminar en una faz precoz mediante las medidas correctivas adecuadas.

5.2.2.1 Tecnología de la AS-Interface

La tecnología de la AS-i tiene las siguientes características principales:

- Normalización independiente del fabricante.
- Montaje fácil y rápido con conexión por perforación del aislamiento.
- Líneas bifilares de cobre para la transmisión de datos y el suministro de energía auxiliar.
- Extensión máxima: 100 m, ampliable hasta 300 m con el uso de repetidores/extensores.
- Tiempo de ciclo máximo: 5 ms.
- Estaciones esclavas: hasta 31 ó 248 entradas/salidas.

En la jerarquía de la red de una instalación, el sistema de bus AS-Interface ocupa el nivel inferior, ya que, en especial, fue diseñado para conectarse a los aparatos de campo o del nivel de proceso.

En el nivel del proceso, el volumen de datos necesarios para cada participante es muy reducido. Una gran parte de los aparatos conectados entrega o requiere señales binarias (por ejemplo, los detectores BERO, contactores, electroválvulas). La exigencia en la velocidad de transmisión de datos es, sin embargo, muy elevada.

Para las interconexiones de la red se puede usar una línea de cobre bifilar con una sección de $2 \times 1{,}5\ mm^2$. No se requiere un par retorcido o cable blindado. Esta línea se utiliza para transferir tanto datos como energía. En un tramo se dispone de 24 V C.C. y un máximo de 2 A para los sensores/actuadores. Para los aparatos con mayor consumo debe preverse una

alimentación externa de 24 V C.C. Esta alimentación también es indispensable para circuitos de parada de emergencia.

Para optimizar el cableado se ofrece un cable para AS-i con codificación mecánica que evita la inversión de los conductores (Figura 5.2/2). Esta línea se conecta fácil y rápidamente por medio de bornes con contactos penetrantes.

La estructura de árbol de la AS-i permite que cada punto del tramo de la línea se utilice como comienzo de una nueva rama (Figura 5.2/3). No se admite la formación de lazos.

La longitud total de un ramal de AS-i asciende en la actualidad a 300 m. Cada 100 m deben conectarse repetidores que regeneren la señal, pero por cada ramal sólo podrán conectarse como máximo 2 repetidores. Cada sección tiene su propia fuente de alimentación AS-i (Figura 5.2/4).

El sistema de bus AS-i es un "Single – Master – System". Esto significa que cada ramal tiene un único maestro, que maneja el intercambio de información. Esta estación llama a todos los esclavos en forma consecutiva y espera su respuesta. AS-i utiliza telegramas o mensajes con longitud constante. No son necesarios procedimientos complicados para el manejo de la transmisión o códigos para la longitud del telegrama o formato de datos.

Esto hace posible que un maestro interrogue a todos los esclavos conectados con un tiempo de ciclo máximo de 5 ms y actualice los datos en el lado del maestro o del esclavo. En la figura 5.2/5 se representa el principio de transmisión de datos entre el maestro y los esclavos.

Los esclavos son los canales de entrada y salida de los sistemas AS-i. Sólo se activan después de una interrogación por parte del maestro. Al recibir un comando realizan una acción o retornan al maestro reacciones. Cada esclavo tiene una dirección propia caracterizada por los números 1 a 31.

Cada esclavo puede transmitir 4 bits de datos. Los módulos de entrada y salida especiales permiten que cada uno de estos bits sea usado para un sensor o actuador. En cada ciclo se pueden leer como máximo 124 sensores de 1 bit y comandar 124 actuadores de 1 bit. De esta forma y mediante módulos de entrada y salida especiales, en cada línea AS-i podrán conectarse hasta un máximo de 248 aparatos de maniobra binarios.

La dirección de un esclavo es una identificación y, por lo tanto, sólo puede establecerse una vez en cada sistema AS-Interface. La selección de esta dirección se realiza mediante un aparato programador y de servicios técnicos especial o un PC. La dirección queda grabada en la memoria del esclavo sin borrarse (EEPROM). Todos los esclavos se suministran de fábrica siempre con la dirección 0 (CERO).

Casi toda la electrónica de conexión requerida por el esclavo se implementó dentro de un circuito integrado (chip o CI) especial. De esta manera, es posible integrar a la AS-i directamente en los sensores o actuadores binarios. Todos los componentes necesarios se ubican en un volumen del orden de 2 cm^3.

La integración directa permite equipar a los aparatos con una funcionalidad elevada. Se dispone de cuatro bits de datos y 4 bits de parámetros. De esta forma, se obtienen sensores / actuadores inteligentes que brindan nuevas posibilidades, por ejemplo, autosupervisión, parametrización, controles de desgaste y ensuciamiento, etc.

El procedimiento de transmisión de la información utilizado (modulación de corriente), garantiza una elevada confiabilidad funcional. El maestro controla la tensión en la línea y los datos transferidos, detecta errores en la transferencia así como averías en los esclavos e informa al control del nivel superior. El usuario podrá reaccionar ante estos avisos según corresponda. Durante el servicio se pueden cambiar o agregar esclavos sin interferir en la comunicación con los demás.

La figura 5.2/6 muestra un ejemplo de una instalación eléctrica con aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación interconectados en red mediante el sistema AS-Interface.

5.2.3 PROFIBUS-DP con AS-Interface

La acción combinada de los sistemas, PROFIBUS-DP y AS-Interface, garantiza una comunicación perfectamente sincronizada y continua desde el control central hasta los pulsadores de mando y protección. Con esto se obtiene mayor seguridad y transparencia en el proceso, mayor velocidad en la transmisión de datos, menores gastos en la instalación y puesta en servicio, menos cableado y reducción de los costos.

La aplicación de ambos sistemas de bus permite obtener excelentes resultados, tanto en el movimiento de materiales como también en los procesos y en la tecnología de la producción.

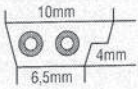


Figura 5.2/2
Sección de un cable perfilado para AS-Interface

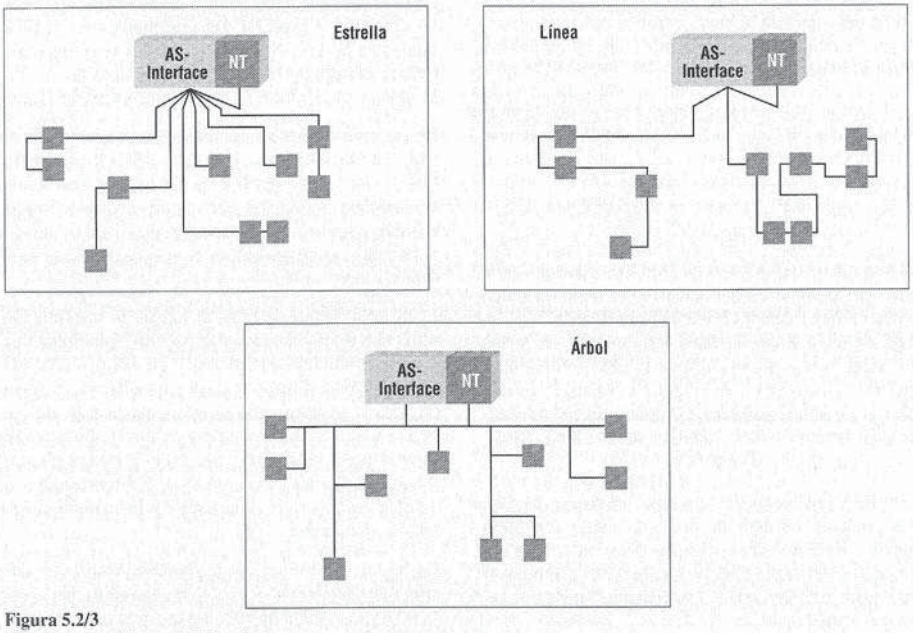


Figura 5.2/3
Topologías posibles en AS-Interface

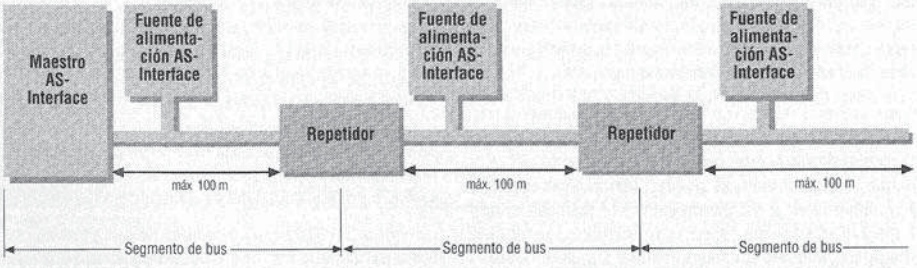


Figura 5.2/4
Máxima extensión de un ramal AS-Interface

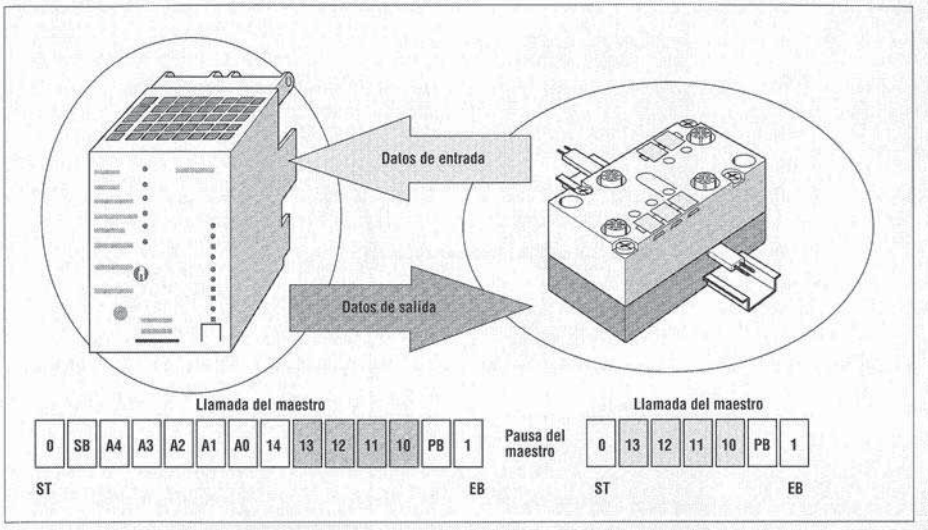


Figura 5.2/5 Intercambio de datos entre maestro y esclavos

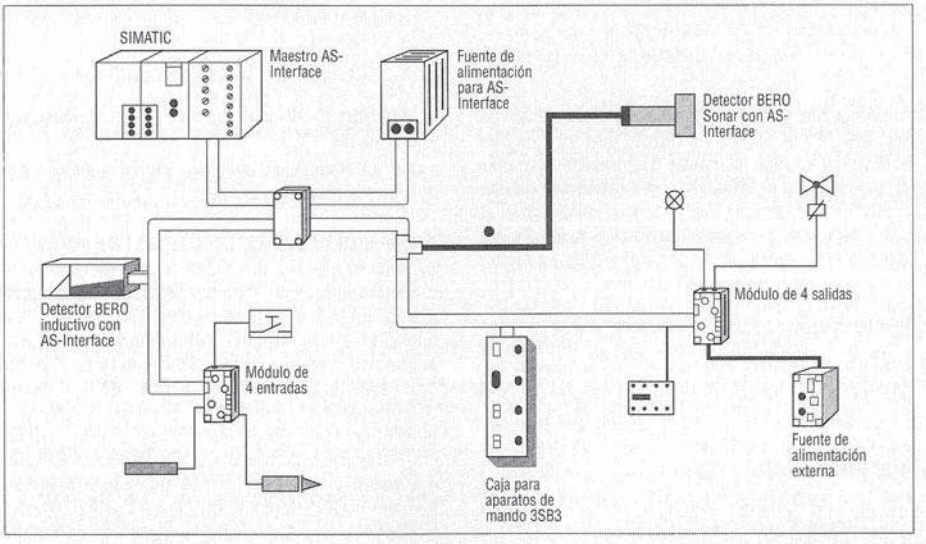


Figura 5.2/6 Ejemplo de una red AS-Interface

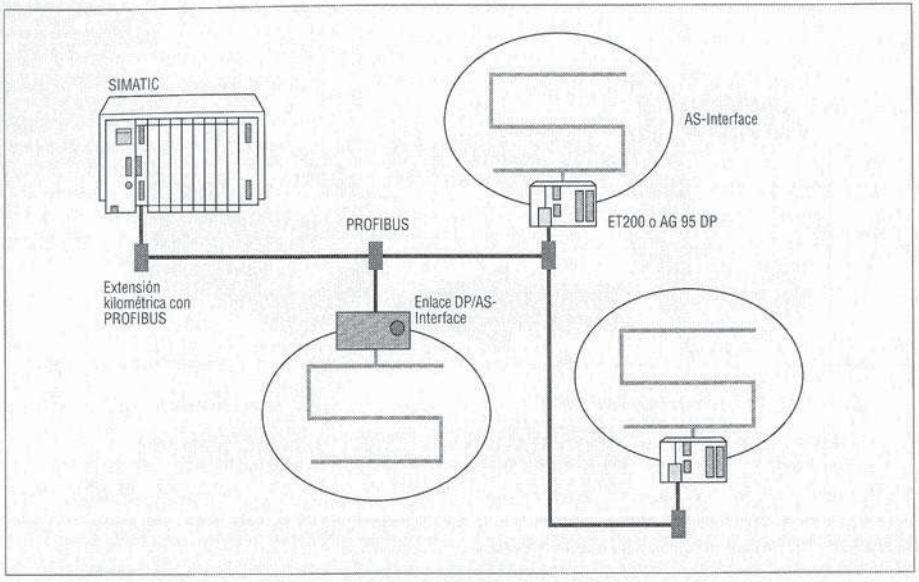


Figura 5.2/7 Acción combinada de los sistemas de bus PROFIBUS-DP y AS-Interface

Su aplicación permite optimizar continuamente los procesos, obteniéndose una calidad uniforme de elevado nivel, un mayor caudal de producción y más rentabilidad. En la actualidad, la rentabilidad de una instalación de producción ya no se evalúa por el gasto en los componentes individuales sino, en una importante medida, por la perfecta acción conjunta de todos los componentes del sistema.

Sin embargo, las exigencias de comunicación en los aparatos de maniobra de baja tensión son todavía muy diferentes y abarcan desde el procesado de señales binarias sencillas (ENCENDIDO/APAGADO) hasta complejas transferencias de valores analógicos, inclusive extensos datos de parametrización y diagnóstico.

Con un sistema de bus sólo no se puede cumplir en forma rentable con estas exigencias. Por eso Siemens ofrece las siguientes soluciones que responden en forma óptima a todas las funciones de comunicación en el nivel de campo:

- PROFIBUS-DP para tareas de comunicaciones complejas
- AS-Interface para conectar en red actuadores y sensores binarios sencillos

A todo esto se agregó, sobre la base de las normas de ambos sistemas de bus, un amplio desarrollo de sistemas que excede el marco de los productos, para que puedan conectarse al PROFIBUS-DP tanto sistemas de automatización como controles de lógica programable (PLC's) SIMATIC, controles numéricos (CNC's) SINUMERIC, SIMADYND o como sistemas asistidos por PC para control de procesos industriales, manejo de robots, sistemas de vigilancia y operación, de identificación MOBY o de automatización de edificios SICLIMAT. Tanto los aparatos para accionamientos SIMOVERT Micro Master y SIMOREG, guardamotores y aparatos de mando SIMOCODE-DP, como los interruptores automáticos, no tienen límites en sus posibilidades de comunicación.

El sistema de bus AS-i (Interfaz de Actuador – Sensor) fue diseñado especialmente para el nivel inferior de aparatos de campo.

Este sistema de bus no sólo interconecta los aparatos de maniobra de baja tensión para transferir los datos, sino también les suministra la energía auxiliar indispensable para su funcionamiento. De esta manera el bus AS-i integra en la comunicación industrial a sensores binarios sencillos con costos sumamente accesibles.

El módulo DP/AS-i Link permite conectar en red el sistema de bus PROFIBUS-DP con el AS-Interface obteniéndose una comunicación continua entre ambos sistemas. Así, las señales binarias sencillas se integran en todo el entorno de la automatización.

Una red AS-Interface también se puede conectar directamente a los PLC's SIMATIC S5 y SIMATIC S7. La red AS-i – de orden inferior – es invisible para el usuario del PROFIBUS-DP, ya que se comporta como un participante de este bus. Con el software del sistema, por ejemplo, COM PROFIBUS, el usuario puede proyectar fácilmente ambas redes y realizar todos los ajustes. Con este fin, menúes especiales adaptados a los equipos periféricos conectados asisten al usuario de manera tal que continuamente trabaja en un entorno sistémico desde el que alcanza a todos los aparatos de maniobra de baja tensión.

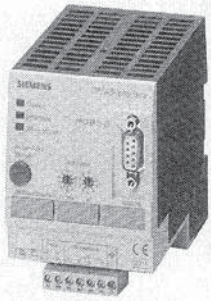


Figura 5.3/1
Módulo de conexión PROFIBUS-DP para componentes AS-Interface

Figura 5.3/2
Aparato de protección y mando de motores con capacidad de comunicación SIMOCODE-DP 3UF50

5.3 Componentes de la AS-Interface

5.3.1 Aparatos conectados al PROFIBUS-DP

Módulo de conexión PROFIBUS-DP para componentes AS-Interface

El montaje del módulo de conexión DP/AS-i (Figura 5.3/1) se realiza, por lo general, dentro del armario o tablero de distribución y se utiliza para conectar los esclavos AS-Interface al PROFIBUS-DP. Este módulo de conexión actúa como un esclavo-DP desde el lado del bus PROFIBUS-DP y como un maestro-AS-i desde ese bus. Con esto se pueden intercambiar con los sistemas de automatización tanto los datos útiles de los esclavos-AS-i como también todos los comandos (instrucciones de mando y control) del bus AS-i. Este módulo de conexión está integrado en el SIMATIC S7 y el STEP-7 de gestión por objetos permite realizar el proyecto y la parametrización completa del mismo. Para ciertos acontecimientos (por ejemplo, incomunicación con el PROFIBUS-DP), pueden predeterminarse imágenes de salida del proceso para todos los esclavos AS-i, esto significa que ante esta situación el módulo de conexión DP/AS-i lleva a todos estos esclavos a los estados prefijados en función del acontecimiento.

Aparatos de protección y mando de motores con capacidad de comunicación SIMOCODE-DP 3UF50

El SIMOCODE-DP 3UF50 (Figura 5.3/2) protege de sobrecargas térmicas a consumidores de corriente trifásica (0,25 A–820 A) y motores a través de funciones integradas (ver la sección 3.7.17). Todas las funciones de protección pueden ser configuradas para alarma o desconexión.

A través de cuatro entradas y salidas de asignación libres (ampliables a ocho entradas y cuatro salidas) y funciones de mando definidas previamente (por ejemplo, arranque directo, inversión de marcha, etc.), el sistema SIMOCODE-DP 3UF50 toma el mando de la derivación del motor.

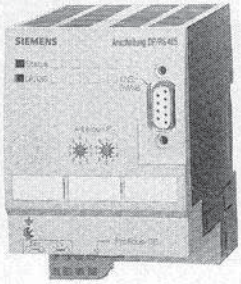


Figura 5.3/3
Módulo de conexión PROFIBUS-DP/RS-485 para interruptor automático 3WN6

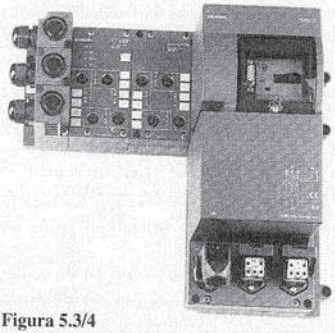


Figura 5.3/4
Unidad periférica descentralizada ET200X con salida a consumidores

También se pueden adaptar funciones de mando definidas previamente por medio de tablas de verdad integradas, temporizadores y contadores.

SIMOCODE-DP 3UF50 capta un gran número de datos de diagnóstico, estadística y servicio, que podrán observarse por medio de un programador manual. Estos datos también pueden ser leídos, evaluados y emitidos por el sistema de mando del nivel superior.

Módulo de conexión PROFIBUS-DP DP/RS-485 para interruptor automático 3WN6

Este módulo (Figura 5.3/3) permite acoplar un interruptor automático 3WN6 a un sistema PROFIBUS-DP. Con esto se pueden transferir al sistema de automatización comandos y un gran volumen de datos útiles a través de una línea bifilar de cobre o de una fibra óptica.

El módulo DP/RS485 recibe los datos del interruptor 3WN6 por medio de una conexión punto a punto diseñada especialmente para las características del interruptor automático (por ejemplo, elevadas corrientes, contactos deslizantes en la ejecución extraíble) y convierte estos datos al protocolo PROFIBUS-DP. Este bus admite una velocidad en la transmisión de datos de hasta 12 MBaud.

Para la puesta en servicio de este módulo sólo es necesario configurar la dirección. El maestro define la velocidad de transmisión y los demás parámetros del bus, y el módulo de conexión se adapta automáticamente a estas determinaciones.

La comunicación con el interruptor se establece en forma automática al conectarse la tensión de alimentación.

Unidad periférica descentralizada ET200X

El sistema periférico descentralizado ET200X (Figura 5.3/4) está formado por el módulo básico y un máximo de siete módulos de expansión adicionales.

En el módulo básico se encuentra el conector para la línea del bus, para la tensión auxiliar para alimentar la electrónica de los aparatos y de las entradas, como así también los 24 V C.C. para las salidas. De esta forma, pueden conectarse sin problemas sensores de dos y tres conductores del tipo II de acuerdo con IEC 1131–2. Además, la separación de los potenciales de las entradas y salidas permite realizar con facilidad circuitos de parada de emergencia.

El módulo básico está compuesto por ocho entradas y cuatro salidas de potencia de 2 A, que pueden conectarse con los sensores o actuadores mediante conectores M12.

Si esta configuración básica no alcanzara, podrán conectarse otros módulos básicos adicionales.

Se dispone de los siguientes módulos:
- entradas binarias de cuatro u ocho canales,
- salidas binarias de cuatro canales,
- dos canales de entradas y salidas analógicas con diferentes señales preestablecidas.

Un módulo básico puede ser expandido con hasta siete módulos adicionales. Por lo tanto, un sistema

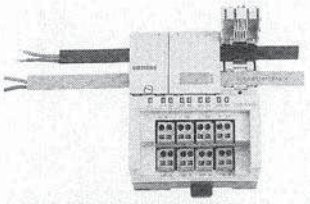


Figura 5.3/5 Módulo AS-Interface 4E/4S

descentralizado ET200X podrá tener como máximo 64 entradas o 32 salidas binarias o 14 entradas y salidas analógicas.

Una gran ventaja del sistema descentralizado ET200X está dada por la posibilidad de conectarlo directamente con las salidas a consumidores de la línea de productos SIRIUS 3R que comprende combinaciones de aparatos de maniobra sin fusibles formadas por interruptores automáticos 3RV (o guardamotores) y contactores 3RT para arranque directo e inversión de marcha de motores de hasta 45 kW (ver la sección 3.8). Los estados del interruptor automático y el(los) contactor(es) se comunican al control central a través de la línea de datos de la AS-i. Las bobinas de los contactores se operan directamente por medio de las salidas binarias.

La conexión de los conductores de energía se realiza mediante conectores previamente confeccionados. Lo mismo se aplica para la salida a consumidores y las líneas hacia otras derivaciones a consumidores.

Los módulos de los sistemas periféricos descentralizados están montados dentro de gabinetes de plástico compactos y robustos que al igual que las salidas a consumidores tienen una clase de protección IP 65.

5.3.2 Aparatos conectados a la AS-Interface

Módulo AS-i 4E/4S para salidas a consumidores

Este módulo con clase de protección IP 20 (Figura 5.3/5) fue especialmente diseñado para cumplir con los requerimientos de las salidas a consumidores (ver la sección 3.8.6) y para montaje dentro de tableros.

El módulo tiene 4 entradas y 4 salidas adecuadas para trabajar con los aparatos de maniobra con tensiones nominales de 24 V C.C. hasta 230 V C.A. Los

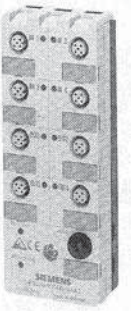


Figura 5.3/6
Módulo compacto para AS-Interface con clase de protección IP 67

relés de salida pueden conmutar hasta 2 A con 230 V C.A. Al módulo pueden conectarse tanto los cables perfilados del AS-i (ver la figura 5.2/2) como también los conductores de tensión auxiliar externa. Para ambos cables existen dos posibilidades de conexión con perforación del aislamiento respectivamente, que permiten que los conductores puedan terminar en el módulo o continuar hacia el siguiente.

Esta tecnología también es apta para expansiones futuras.

Módulo AS-Interface compacto con clase de protección IP 67

En este módulo (Figura 5.3/6) se ubica la electrónica de comunicación y las conexiones normalizadas M12 para entradas y salidas. Por medio de conectores M12 se pueden conectar hasta cuatro sensores y cuatro actuadores. Todos los estados de las entradas y salidas se señalan claramente a través de diodos luminosos (LED).

Dos LEDs adicionales indican la presencia de la tensión de servicio de la AS-i y la tensión auxiliar. Una interfaz fácilmente accesible también permite asignar la dirección al módulo compacto AS-i cuando está montado.

Modulo neumático AS-Interface 2E2S-P

A través de las entradas digitales del módulo neumático AS-Interface 2E2S-P (2 entradas/2 salidas) pueden conectarse dos sensores (Figura 5.3/7).

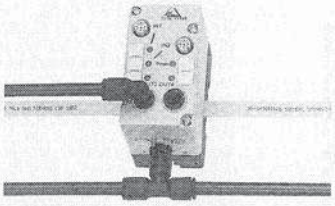


Figura 5.3/7
Modulo neumático AS-Interface 2E2S-P

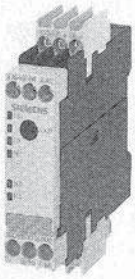


Figura 5.3/8
Módulo AS-Interface "Slim-Line

Dos salidas neumáticas con gran caudal posibilitan el manejo directo de accionamientos neumáticos en el equipo. Así, con el módulo AS-Interface 2E2S-P, por ejemplo, se pueden operar completamente dos pistones de trabajo de simple efecto o uno de doble efecto y supervisar con sensores las posiciones de las correderas.

Los sensores se conectan con conectores normalizados M12 y las salidas neumáticas con conexiones enchufables convencionales para mangueras.

El módulo neumático AS-Interface 2E/2S se conecta al bus AS-i por medio de cables AS-i y el módulo de acoplamiento. Por estos cables se alimenta con energía a las entradas (sensores) y a las salidas (válvula de control). No se requiere una tensión de alimentación adicional.

El aire de escape se elimina a través de un módulo con filtros sinterizados (IP 65) o por un módulo con conexión enchufable a la tubería común de aire de escape (IP 67).

Módulo AS-Interface "Slim-Line"

Los módulos en versión "Slim-Line" (Figura 5.3/8) se suministran como entradas / salidas digitales para la conexión de sensores/actuadores estándar, como contador para el conteo de pulsos de entrada (contador incremental) y como módulo para detectar los cortocircuitos a tierra de una red AS-i. Estos módulos tienen un tamaño constructivo angosto (sólo 22,5 mm), para que puedan ser montados en armarios con muy poco espacio o en cajas de control "in situ".

Los cables del bus AS-i, así como los sensores y los actuadores se conectan a través de bornes con tornillos. Estos módulos pueden encastrarse a presión sobre un perfil normalizado de 35 mm o también ser atornillados.

Los LED's en el frente del módulo señalan el estado de funcionamiento respectivo, y una interfaz accesible desde el frente permite establecer la dirección del módulo aunque el mismo ya se encuentre instalado.

Soporte para aparatos de maniobra AS-Interface

Este soporte (Figura 5.3/9) fue diseñado con el fin de ser utilizado para el montaje compacto de aparatos para la salida o derivación a consumidores de la línea SIRIUS 3R con conexión al sistema de bus AS-Interface.

Está compuesto por:
- un soporte con capacidad máxima para cuatro aparatos para salida a consumidores SIRIUS 3R (SIKUFEST, arrancador compacto con interruptor automático (guardamotor) y contactor) y
- una estación cabecera montada a un costado del soporte que regula toda la comunicación entre la AS-Interface y los aparatos de maniobra.

A través de esta estación cabecera, el usuario dispone de cuatro entradas y cuatro salidas de relé (2 A, 230 V C.A.) con una dirección AS-Interface. El estado de estas entradas/salidas se señaliza por medio del LED correspondiente.

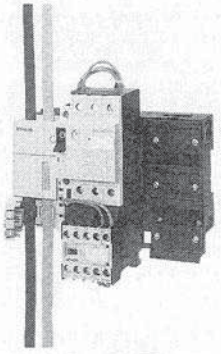


Figura 5.3/9
Soporte para aparatos de maniobra AS-Interface con salida a motor (interruptor automático/contactor) montada

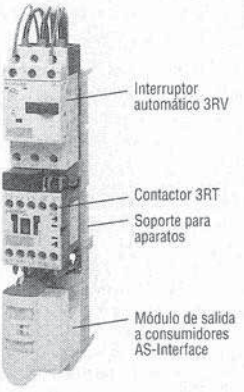


Figura 5.3/10
Módulo de salida a consumidores AS-Interface

La alternativa de alimentar con una tensión auxiliar de 24 V C.C. o 230 V C.A. para los consumidores se realiza a través del cable plano perfilado bifilar con conexión por perforación del aislamiento. Las entradas, por ejemplo, para consulta del estado de los interruptores automáticos, y las salidas para la operación de las bobinas de los contactores, se conectan por medio de conectores con 5 contactos que se enchufan en conectores hembra integrados en el soporte de aparatos.

Antes de la instalación debe asignarse la dirección a la estación cabecera mediante un aparato de programación y servicios técnicos o de grabación de direcciones.

En el caso de direcciones múltiples se puede realizar el montaje y cableado de todos los soportes de aparatos con sus direcciones originales ("0"), para asignar luego las direcciones definitivas en forma automática con el programa correspondiente de la estación maestra de AS-Interface. A continuación se pasa cada estación cabecera del estado "pasivo" al "activo" usando un puente enchufable.

En función del maestro AS-Interface se requerirá el software especial correspondiente para asignar las direcciones múltiples.

Módulo de salida a consumidores AS-Interface

Este módulo (Figura 5.3/10) complementa a los adaptadores para soportes de barras convencionales y para riel normalizado con un módulo de entrada/salida, que permite realizar el cableado previo completo del circuito de control de la salida a consumidores.

La aplicación de módulos de salida a consumidores AS-i se realiza en conjunto con salidas a consumidores SIRIUS 3R de los tamaños constructivos S00 y S0, es decir, para motores con una potencia máxima de hasta 11 kW con 400 V.

A través de la AS-Interface del módulo de salida a consumidores se establece la comunicación con el sistema de automatización del nivel superior.

Este módulo está disponible en dos ejecuciones. Una con dos entradas y una salida, la otra, cuatro entradas y dos salidas. De esta manera, podrán conformarse arrancadores directos simples y dobles e inversores de marcha. Por medio de las entradas se pueden consultar los estados de los interruptores automáticos y contactores. Las salidas permiten operar directamente las bobinas de los contactores.

A las salidas se les suministra una tensión auxiliar de potencia de 24 V C.C. separada, mientras que las entradas se alimentan con la tensión auxiliar de la línea de datos AS-Interface. De esta forma, podrá realizarse fácilmente un circuito selectivo de parada de emergencia.

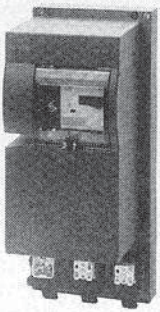


Figura 5.3/11
Arrancador compacto AS-Interface

El módulo de salida a consumidores AS-i montado sobre un soporte se instala directamente sobre el adaptador de las barras o el riel normalizado. Entre este módulo y el soporte puede montarse opcionalmente un conector enchufable de 5 contactos. De esta manera, todas las conexiones serán enchufables, y el eventual reemplazo del módulo de salida a consumidores AS-Interface se podrá realizar en un tiempo mínimo.

En el panel frontal del módulo de salida a consumidores AS-Interface se encuentran LED's que señalizan lo siguiente:

- Presencia de 24 V C.C. de potencia
- Comunicación AS-Interface
- Fallo en la comunicación AS-Interface
- Dirección de un participante igual a 0 (módulo sin dirección asignada)
- Entradas/salidas (internas) sobrecargadas.

Arrancador compacto AS-Interface

El arrancador compacto AS-i (Figura 5.3/11) es un aparato para salida a consumidores que se suministra cableado y con clase de protección IP 65 para maniobrar y proteger cualquier consumidor de corriente trifásica de hasta 5,5 kW con 400 V C.A.

Esta combinación de aparatos de maniobra SIRIUS 3R compuesta por interruptor automático 3RV (guardamotor) y contactor 3RT garantiza la protección contra sobrecargas y cortocircuitos. La capacidad de ruptura límite en cortocircuito I_{cu} para tensión nominal de 415 V C.A. alcanza a 100 kA.

Todas las conexiones son enchufables y la AS-i se conecta por el método de perforación del aislamiento.

El cable plano perfilado para la tensión auxiliar de 24 V C.C. para la operación de los contactores al igual que la línea de datos de la AS-i sólo requieren ser insertados en el compartimento inferior del módulo. La energía eléctrica para el circuito principal se suministra a través del conector enchufable correspondiente. El consumidor y otros arrancadores AS-i compactos también se conectan a través de conectores enchufables.

De esta manera, todos los conductores de datos y de energía se pueden llevar a través de la instalación como si fueran buses.

Mientras que los aparatos de maniobra son operados por la tensión auxiliar de 24 V C.C., se asegura a través de la línea de datos AS-i la alimentación de las entradas para telegramas de retorno y para la activación del programador manual. Este suministro separado de tensiones auxiliares permite implementar de manera sencilla circuitos selectivos de parada de emergencia.

La dirección de los arrancadores compactos AS-i puede asignarse con el aparato completamente cableado, ya que al insertar el conector del programador se lo separa de la red AS-Interface.

Un programador manual permite operar autárquicamente al arrancador compacto AS-i, tanto antes de su conexión a una estación maestra como también en el servicio o durante un mal funcionamiento de la línea, manteniéndose la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Detectores de proximidad BERO *con AS-Interface*

Para la conexión con AS-Interface existen detectores de proximidad BERO inteligentes con el chip de AS-i integrado (Figura 5.3/12). Estos detectores (ver también la Sección 6.3) suministran a la salida otras informaciones como, por ejemplo, zona insegura o avería de una bobina. Los comandos de parametrización permiten fijar los parámetros del campo de acción de los sensores inteligentes a través de la línea AS-Interface.

Los BERO inductivos se suministran en las siguientes formas constructivas: M12, M18, M30 y cuadrados de 40 x 40 mm.

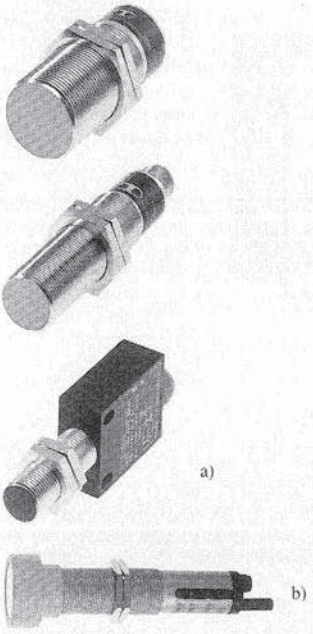


Figura 5.3/12
Detectores de proximidad BERO para conectar directamente a la AS-Interface
a) BERO inductivo de distintos diámetros y ejecuciones
b) BERO Sonar con tres LED's para 3 zonas de detección

Los detectores BERO Sonar con AS-Interface integrada evalúan tres zonas de detección y tienen una salida de alarma y otra adicional de sincronización. Un LED señaliza la presencia de un objeto dentro de la zona de detección. Todos los BERO Sonar poseen compensación térmica.

Los detectores BERO pueden ser parametrizados con los siguientes equipos:

- Aparato programador y de servicio técnico (PSG)
- PC, PC-Master y el software SONPROG
- Módulos funcionales de los aparatos de automatización AG95, AG100 con CPU103, AG115U, AG135 y AG155U.

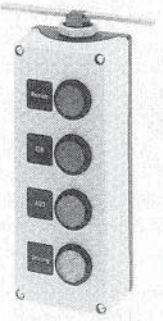


Figura 5.3/13
Caja de comando 3SB3 con conexión para línea plana perfilada AS-Interface

A través de la línea de datos de AS-Interface los detectores BERO Sonar suministran la información siguiente:

- Bit 0: Zona de detección 1,
- Bit 1: Zona de detección 2,
- Bit 3: Zona de detección 3,
- Bit 3: Alarma.

Caja de comandos 3SB3 con AS-Interface integrada

Esta caja de comandos (ver la sección 6.1) con dos, tres o cuatro posiciones de mando y AS-Interface integrada, es apropiada conectarse directamente a la línea AS-i (ver Figura 5.3/13). Se suministran tanto ejecuciones estándar como especiales según pedidos específicos del cliente.

En este caso, los aparatos de mando tienen la posibilidad de operar y obtener su alimentación a través de la línea AS-i.

La caja 3SB3 con cuatro posiciones de comando puede expandirse a ocho con un segundo módulo.

La conexión se realiza a través del borne para línea plana perfilada AS-Interface o mediante un cable que se introduce en la caja (desde abajo o desde arriba) a través de prensacables convencionales del tipo PG.

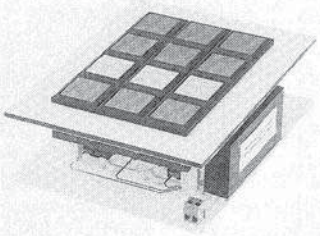


Figura 5.3/14
Principio de montaje de un módulo de usuario con 4 entradas y 4 salidas AS-Interface con aparatos de mando SIGNUM 3SB3 sobre plaqueta de circuito impreso

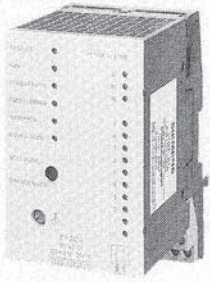


Figura 5.3/15
Módulo maestro AS-Interface para SIMATIC S5

Módulo de usuario con 4 entradas y 4 salidas AS-Interface para montaje sobre plaqueta de circuito impreso

Con este módulo de 4 entradas/4 salidas (Figura 5.3/14) podrán armarse paneles de comando con aparatos SIGNUM 3SB3 (ver la Sección 6.1) según pedidos específicos del cliente. Para esto sólo es necesario proyectar una plaqueta de circuito impreso, sobre la que se soldarán el módulo 4E/4S y todos los elementos SIGNUM 3SB3. Cada uno de estos módulos puede manejar cuatro pulsadores y cuatro lámparas de señalización. Cuando se lo requiera también podrán montarse sobre la mencionada plaqueta varios módulos 4E/4S. La alimentación para las lámparas de señalización (Wedge-Base de 1 W) se realiza a través del bus AS-Interface.

Módulo de estación maestra AS-Interface para SIMATIC S5

En la actualidad, se dispone de un módulo maestro AS-i (Figura 5.3/15) para SIMATIC S5 AG90, AG95, AG100 y ET200U. Sus dimensiones coinciden con las del módulo estándar SIMATIC S5–100U, aunque ocupa dos espacios. Este maestro AS-Interface se enchufa sobre un módulo de bus.

Además, también se cuenta con estaciones maestras para SIMATIC S5 AG115 (dobles) y para SIMATIC S7–300. El catálogo SINEC IK10 de Siemens suministra detalladas informaciones adicionales sobre los maestros AS-Interface.

El programa del PLC no detecta diferencias cuando el cableado está realizado en forma paralela a través de módulos de entradas y salidas, o si se utiliza el sistema de bus AS-i. Por lo tanto, es posible pasar al sistema de bus AS-i una instalación existente sin cambiar el programa (existe la posibilidad de que con una operación muy sencilla deban transformarse algunas direcciones). La AS-i puede ser operada como un módulo de entradas o salidas sin requerir software adicional.

Se dispone de módulos funcionales del STEP 5 para llamar o interrogar parámetros y listados del proyecto (cuando se utiliza AG100 esto sólo es posible a partir de la CPU 103).

5.4 Compatibilidad entre automatización, accionamientos y aparatos de maniobras

La Figura 5.4/1 muestra la topología típica de buses de una red con sistemas múltiples.

En esta red, el hecho de que los aparatos se encuentren conectados a distintos tipos de buses no es significativo para el usuario, porque para la instalación completa y todo el espectro de buses se utiliza un único paquete de software con el que se puede configurar, parametrizar, programar, realizar la puesta en servicio, probar y archivar. La comunicación con cada aparato se realiza desde cualquier punto de la red. De esta manera, por ejemplo, podrá parametrizarse un sensor AS-i con un programador conectado al PROFIBUS-DP.

Esta compatibilidad también provee mayor seguridad al sistema. Así, por ejemplo, un PLC puede verificar en el arranque, que todos los aparatos realmente se encuentren disponibles.

Si algún aparato conectado al bus no responde, se emite una alarma.

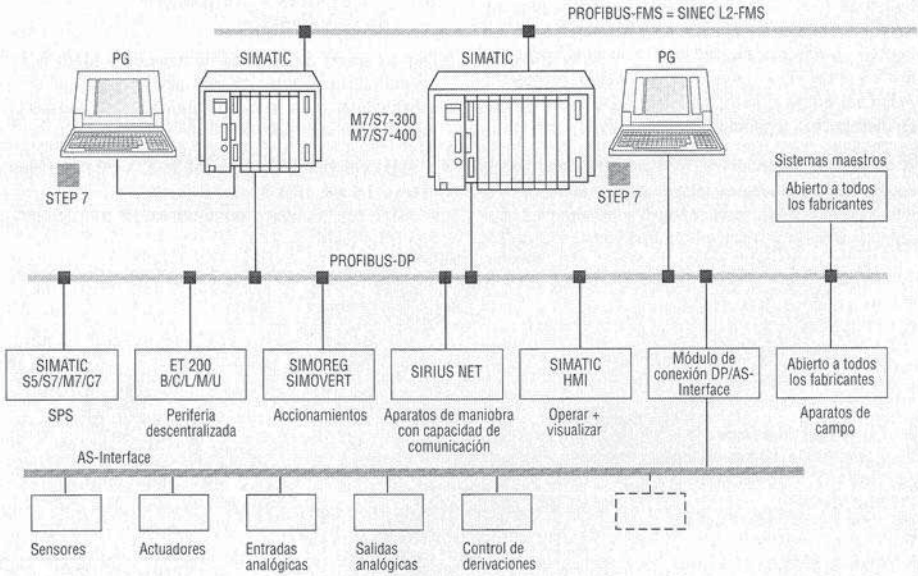


Figura 5.4/1
Compatibilidad entre automatización, tecnologías de accionamientos y de maniobras

6 Aparatos de mando y señalización

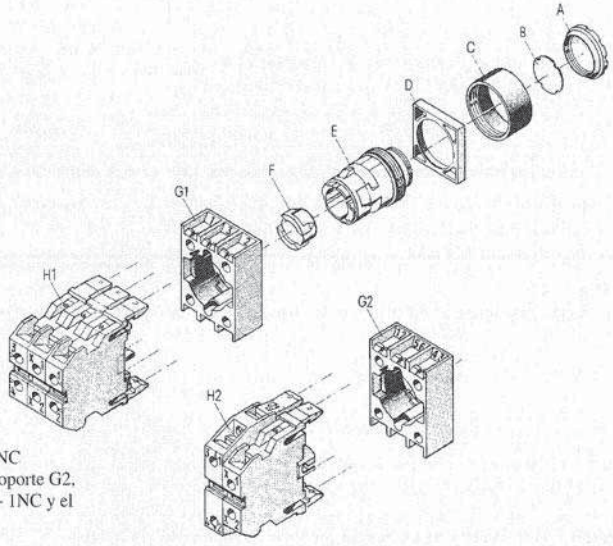
Los aparatos de mando y señalización son elementos necesarios, entre otros, para la operación de máquinas y de otras instalaciones técnicas, por ejemplo, ascensores, portones, rejas, etc. Estos aparatos convierten los comandos humanos en mandos para la máquina y le indican a la persona estados específicos de la máquina (o instalación). El programa de aparatos de mando y señalización consta de pulsadores, lámparas de señalización, fines de carrera y detectores de proximidad BERO. Su utilización puede ser tanto en máquinas individuales o instalaciones, como en líneas de producción y armado completas. Además, son muy utilizados en armarios o tableros de distribución y paneles de mando.

A través de la creciente interconexión en red de equipos e instalaciones técnicas por medio de sistemas de bus, serán cada vez más necesarios los aparatos de mando y señalización con capacidad de comunicación. La capacidad de comunicación de estos aparatos no sólo aumenta la flexibilidad de las máquinas o equipos, sino que también simplifica y reduce los costos durante la instalación y puesta en marcha.

6.1 Pulsadores y lámparas de señalización

Del programa de aparatos de mando de Siemens, se encuentran a disposición pulsadores y lámparas de señalización, para todo tipo aplicaciones, con las siguientes ejecuciones:

- 3SB1 con diámetro nominal de 22 y 30 mm (Figuras 6.1/1 y 6.1/2),
- 3SB2 con diámetro nominal de 16 mm (Figuras 6.1/3 y 6.1/4),



A Botón pulsador plano
B Inserto para rotular pulsadores y pulsadores luminosos planos
C Aro frontal
D Marco para diseño cuadrado
E Roseta con junta
F Elemento de comando para accionar el contacto central
G1 Soporte con los números de orden 1–3–2
G2 Soporte con los números de orden 1/2–5/6–4/3
H1 Ejemplo para el equipamiento del soporte G1, con el elemento de conexión 1NA, el portalámparas BA 9s y el elemento de conexión 1NC
H2 Ejemplo para el equipamiento del soporte G2, con el elemento de conexión 1NA + 1NC y el portalámparas BA 9s

Figura 6.1/1 Componentes de los pulsadores y las lámparas de señalización 3SB1

- SIGNUM 3SB3 con diámetro nominal de 22 mm o
- con recorte de fijación de 26 × 26 mm (Figuras 6.1/5 y 6.1/6).

Cada ejecución se puede armar con distintas combinaciones de contactos y podrá tener diferentes tipos de accionamientos que conformen una combinación completa, por ejemplo, pulsador plano o elevado, perilla, cerradura de seguridad, pulsadores hongo de emergencia.

Debido al gran número de variantes a continuación, a modo de ejemplo, sólo se describe la ejecución SIGNUM 3SB3.

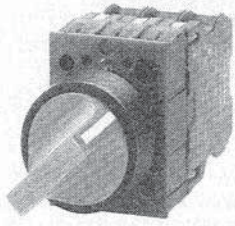
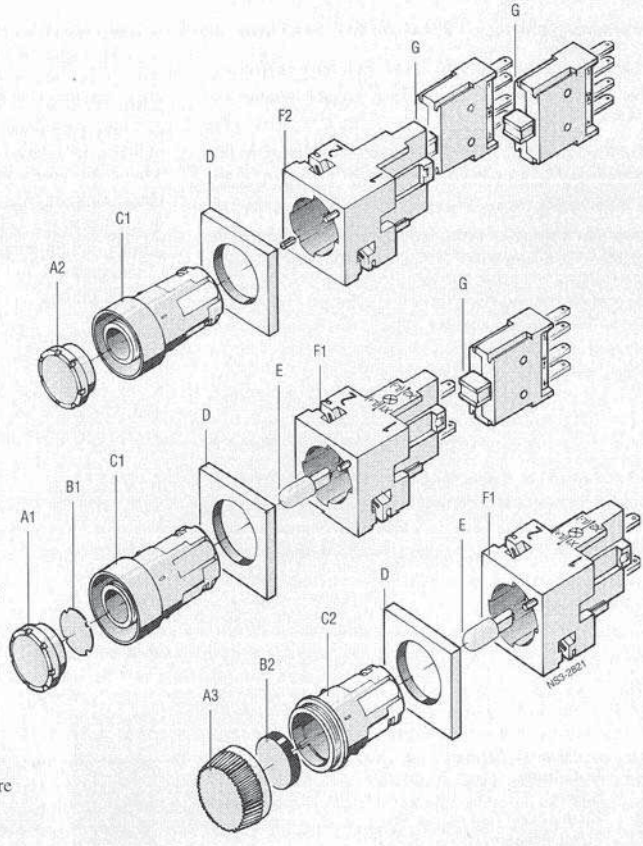


Figura 6.1/2
Perilla 3SB1, diámetro nominal de 22 mm



A1 Pulsador luminoso plano
A2 Pulsador plano
A3 Lente roscada para lámpara de señalización
B1 Inserto para rotular
B2 Tapa inserto para rotular
C1 Roseta con aro frontal extruido
C2 Roseta para lámpara de señalización
D Marco para diseño cuadrado
E Lámpara Wedge-Base W2 × 4,6 d
F1 Portalámparas con soporte
F2 Soporte
G Elementos de conexión para encastrar sobre soporte y/o sobre portalámparas (1NA o 1NC)

Figura 6.1/3 Componentes de pulsadores, pulsadores luminosos y lámparas de señalización 3SB2

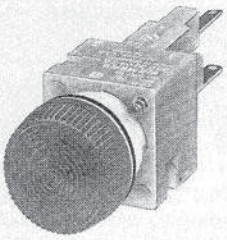


Figura 6.1/4
Lámpara de señalización 2SB2, diámetro nominal 16 mm

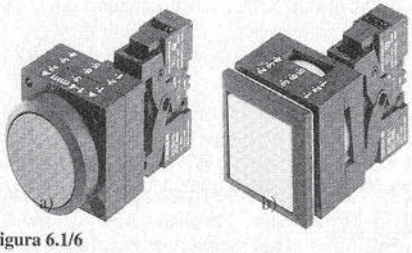


Figura 6.1/6
Pulsador SIGNUM 3SB3 con botón plano
a) Forma constructiva "redonda"
b) Forma constructiva "cuadrada"

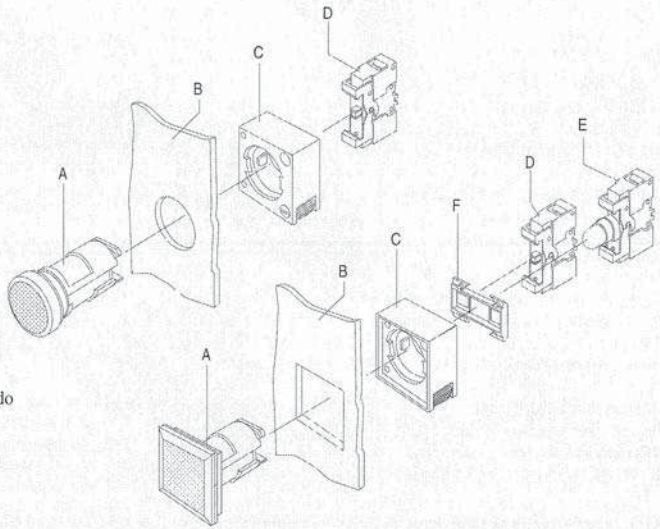
Forma constructiva

La forma constructiva de los pulsadores y las lámparas de señalización SIGNUM 3SB3 puede ser "redonda" o "cuadrada".

La forma constructiva redonda tiene un diámetro nominal de 22 mm y la cuadrada de 26 × 26 mm (Figura 6.1/7).

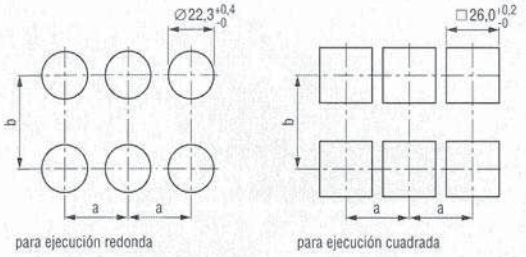
Ambas formas constructivas son extremadamente planas. La altura sobre el panel frontal, por ejemplo, un armario o tablero de control, asciende a 7 mm para la forma redonda y a sólo 4 mm para la cuadrada.

A través de diferencias sensibles al tacto se ofrece seguridad adicional para el accionamiento. La superficie de la tecla es cóncava y con esto se adapta a la forma del dedo. También es lo suficientemente grande como para poder accionarla sin problemas con el pulgar o inclusive con guantes. Las lámparas de señalización, en cambio, tienen la superficie convexa. Estas lámparas dan una indicación que es visible desde todos los lados. Además, SIGNUM 3SB3 se fabrica con un material de alta calidad, diseñado para que preserve la luminosidad, sea seguro al tacto y fácil de limpiar.



A Elemento de comando
B Placa frontal
C Soporte
D Bloque de contactos
E Portalámparas
F Soporte

Figura 6.1/5 Componentes de pulsadores y pulsadores luminosos SIGNUM 3SB3 con montaje sobre un frente



Distancia mínima (mm)	a	b
Para elementos de conexión (1 contacto) y portalámparas		
para fijación en placa frontal	30[1]	45
para montaje sobre placa de circuito impreso	30[1]	30[1]
Para elementos de conexión con 2 contactos para fijación en placa frontal	30[1]	65
Cuando se emplean soportes para fijación de placas de identificación		
12,5 x 27 mm	30[1]	45[2]
27 x 27 mm	30[1]	60

[1]) Para pulsadores hongo, parada de EMERGENCIA, pulsador presión - tracción, tener en cuenta que el diámetro del hongo es de 40 mm.
[2]) Para elementos de conexión con 2 juegos de contactos: 60 mm.

Figura 6.1/7 Dimensiones de montaje para pulsadores y lámparas de señalización SIGNUM 3SB3

Además, una identificación clara sustenta la seguridad del accionamiento de los aparatos.

Para esto, SIGNUM 3SB3 ofrece las siguientes posibilidades (Figura 6.1/8):

- Rotulado por medio de placas insertadas debajo de la superficie transparente de la tecla. El tamaño constructivo cuadrado ofrece más espacio para símbolos y texto.
- Rótulos inscriptos con láser. De esta manera, se "graban" los símbolos o textos sobre la tecla.

Ninguno de estos métodos necesita de espacio adicional en el frente del panel, y son ambos muy resistentes.

Además, es posible inscribir textos y describir detalles en las placas y los sistemas de identificación compuestos por placas rotuladoras y pernos de sujeción.

Debajo del aparato puede colocarse un soporte para rotular realizado en material plástico negro moldeado sobre el que se adhiere una inscripción. Este soporte se coloca en el momento del montaje, y la inscripción de identificación podrá ser ubicada luego.

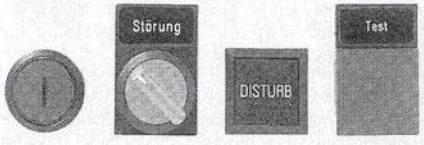


Figura 6.1/8
Tipos de placas de identificación para pulsadores y lámparas de señalización SIGNUM 3SB3

Las placas para rotulado presentan una amplia y confortable posibilidad de identificación. Después del montaje de los elementos de comando y señalización se colocan las placas a presión, con poca manipulación, por medio de grapas de fijación sobre el elemento de accionamiento (Figura 6.1/9). De esta manera se forma un plano de servicio uniforme y cerrado (Figura 6.9/10). Modificaciones o agregados a la inscripción pueden ser realizados en cualquier momento sin necesidad de desmontar el aparato de comando.

Clase de protección

Para pulsadores y lámparas de señalización en el panel frontal se alcanza la clase de protección IP 65 según las normas IEC 529 y DIN VDE 0470, de manera tal que pueden ser instalados en entornos desfavorables.

Montaje

Un puesto de mandos SIGNUM 3SB3 se conforma con un elemento pulsador o de señalización sobre el frente, como así también con un soporte para sujeción y bloques de contactos o portalámparas en la parte posterior (Figura 6.1/11). Todos estos componentes están diseñados de manera que una persona con un destornillador pueda montarlos en forma segura y sin posibilidad de girar sobre su eje.

La forma constructiva cuadrada se ajusta correctamente por medio de un recorte de sujeción también cuadrado.

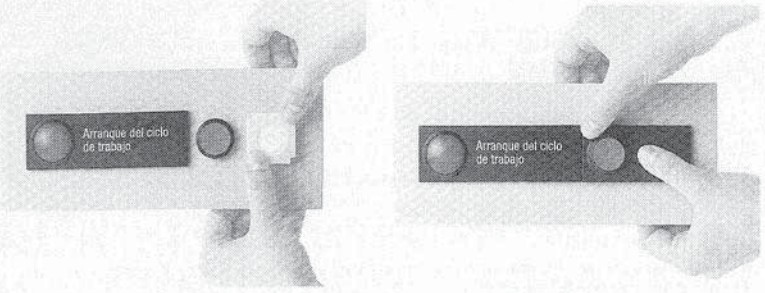


Figura 6.1/9 Sujeción de una placa de inscripción

Los bloques de contactos y portalámparas se fijan mediante una traba mecánica que encastra en el soporte. Esto garantiza una vinculación rápida, eficaz y libre de mantenimiento. Se pueden desmontar con la ayuda de un destornillador.

La conexión eléctrica se realiza por medio de tornillos. La acreditada tecnología SIGUT utilizada para estos fines, con sus bornes ya abiertos, tornillos imperdibles (con arandelas de retención) y entradas cónicas para los conductores, proporciona seguridad y ahorro de tiempo en la conexión.

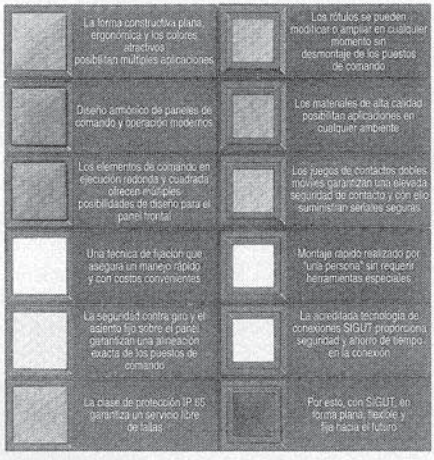


Figura 6.1/10
Pulsadores y lámparas de señalización con el sistema de inscripción SIGNUM 3SB3

Los bloques de conexión tienen un número de función, el soporte cuenta con el número de ubicación. De esta forma se obtiene una denominación de la conexión conforme con la norma DIN EN 50 013 (Figura 6.1/12). La identificación del aparato se logra por medio de una placa encastrable en el lado posterior del elemento de conexión o del portalámparas.

Las dimensiones modulares de montaje y la profundidad para los elementos de conexión incluida la placa de identificación son las siguientes:

	Dimensiones del módulo	Profundidad
• unipolar (por ejemplo, 1NA o 1NC):	30 mm×45 mm,	50 mm,
• zweipolig (por ejemplo, 1NA + 1NC):	30 mm×65 mm,	65 mm.

Los elementos de conexión y los portalámparas pueden tener espigas para soldadura en vez de tornillos. De esta manera, son adecuados para la conexión a placas de circuito impreso. El módulo mínimo es entonces de 30 x 30 mm.

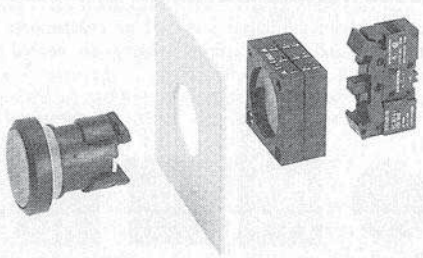


Figura 6.1/11
Elemento de comando SIGNUM 3SB3 para montaje en un panel frontal

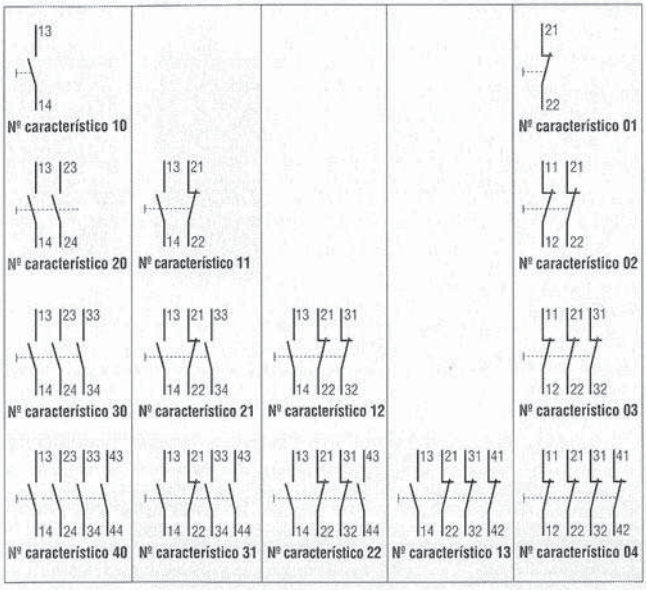


Figura 6.1/12
Número y ejecución de los contactos
Denominación de bornes según la norma DIN EN 50 013

La conexión con placas de circuito impreso permite el montaje automático y la soldadura por baño de ola, lográndose importantes reducciones de los tiempos de montaje.

Un soporte separador, que mantiene una distancia determinada entre el circuito impreso y el frente, ofrece una fijación segura a los elementos de conexión (Figura 6.1/13).

Una posición de comando puede ser equipada con hasta tres elementos de conexión o un portalámparas y dos elementos de conexión.

Seguridad de contacto

Los elementos de conexión poseen juegos de contactos dobles móviles, de tal manera que también con tensiones y corrientes reducidas, por ejemplo, 5 Vcc /1 mA, todavía suministran una elevada seguridad de contacto.

Una conducción forzada de los contactos NA y NC y el uso de materiales seleccionados para los contactos permiten alcanzar una vida útil mecánica muy prolongada que asciende a 10 millones de maniobras.

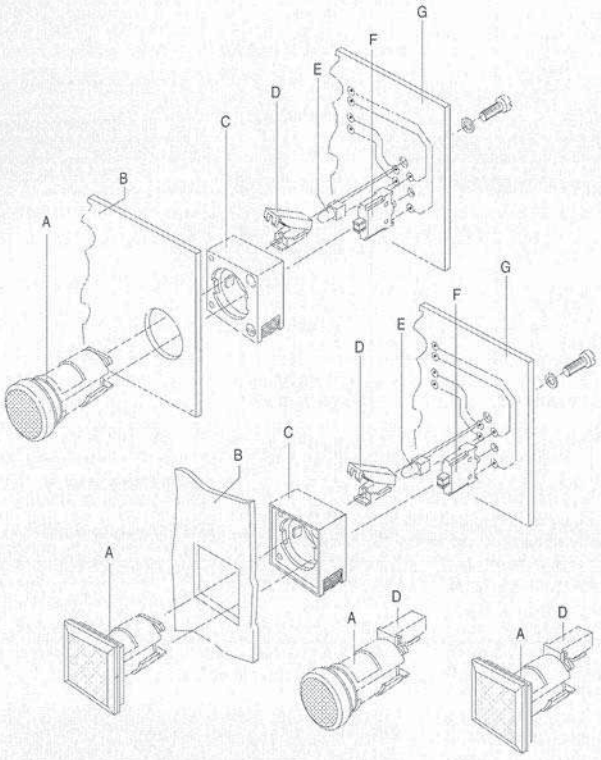
Las cámaras de conexión cerradas (IP 40) colaboran para proveer la elevada seguridad de contacto y la separación galvánica entre las cámaras permite trabajar con dos tensiones distintas en diferentes contactos del mismo elemento.

Los aparatos de interruptores de emergencia del programa SIGNUM están provistos de un dispositivo que impide maniobras maliciosas que puedan engañar al aparato (Ver también la Sección 1.5.2).

Cajas de pulsadores y lámparas de señalización

En caso de ser necesaria la separación de los pulsadores del armario o tablero, se cuenta con cajas de comando con características especiales. Estas cajas tienen que permitir el montaje de pulsadores y lámparas de señalización, tener una clara identificación de cada posición de comando y, además, ofrecer una elevada clase de protección.

A este efecto, la caja está moldeada en plástico y dispone de 1, 2, 3, 4 ó 6 posiciones de comando. En caso de ser necesario un número mayor de posiciones, se pueden unir varias cajas. Las cajas tienen un grado de protección IP 65, cumplen con los requerimientos del "aislamiento de protección" y además, resisten vapores y líquidos agresivos.



A Elemento de accionamiento
B Placa frontal
C Soporte
D Soporte separador de placa de circuito impreso
E Portalámparas
F Elemento de conexión
G Placa de circuito impreso

Figura 6.1/13
Componentes de los pulsadores SIGNUM 3SB3 para montaje sobre circuito impreso

Para la entrada de los conductores se cuenta con aberturas en la cara superior e inferior previstas para el montaje de prensacables Pg (Figura 6.1/14).

Figura 6.1/14
Caja de material plástico moldeado, clase de protección IP 65 con tres posiciones de comando

En estas cajas también se dispone de suficiente espacio para cablear en forma cómoda los elementos de conexión y portalámparas.

Para cajas de pulsadores y lámparas de señalización pueden utilizarse todos los elementos de la forma constructiva redonda con diámetro nominal de 22 mm. Además de los elementos unipolares para montar sobre la placa frontal, también se dispone de otros para montaje sobre el fondo de la caja.

Estos se encastran en la base de la caja; de esta manera, tienen un asiento firme sobre la base de la caja y, además, como los retienen los actuadores no requieren de otra medida especial de sujeción aunque sean sometidos a solicitaciones mecánicas extremas.

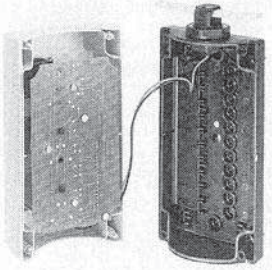


Figura 6.1/15
La caja abierta muestra el montaje de tres posiciones de comando con pulsadores, lámparas de señalización, módulo AS-i y placa de circuito impreso

Por cada posición de comando pueden colocarse como máximo tres elementos de conexión. La identificación de las funciones se realiza con rótulos autoadhesivos cuadrados.

SIGNUM 3SB3 y el sistema de comunicación AS-i

Los pulsadores y las lámparas de señalización de la línea SIGNUM 3SB3 en conjunto con una interfaz AS-i son aparatos con capacidad de comunicación que pueden utilizarse para el servicio en sistemas de "Interfaz – Actuador – Sensor" o AS-i (Ver también el Capítulo 5). La interfaz está conformada por el módulo de usuario AS-i 4E/4S para montaje sobre placa de circuito impreso. Con este módulo se puede interrogar el estado de hasta 4 elementos de conexión mecánicos (entradas) y comandar 4 portalámparas (salidas). Para la alimentación de las lámparas no es necesaria una fuente externa, ya que la energía se suministra por medio de la línea del sistema de comunicaciones AS-Interface.

Para el montaje sobre una placa frontal, las lámparas de señalización y los pulsadores necesarios, equipados con terminales para soldar, y el módulo de usuario AS-i 4E/4S, se sueldan a una placa de circuito impreso. En caso de necesitarse más de 4 entradas y 4 salidas, se podrán agregar, según el espacio disponible, otros módulos de usuario conectados a la placa de circuito impreso.

Para el montaje en cajas con dos y tres posiciones de comando, existe la posibilidad de incorporar el módulo AS-i de 4E/4S (Figura 6.1/15). En la caja para 4 y 6 posiciones de comando se pueden instalar 2 módulos de usuario. En este caso podrán colocarse, por ejemplo, cuatro perillas luminosas con tres posiciones de conexión, por lo cual se utilizan como máximo 8 entradas y 4 salidas.

Cuando en la caja se encuentra un pulsador de EMERGENCIA, según las normas vigentes, este debe ser cableado en forma convencional. Sin embargo, la señalización puede comunicarse por la red AS-i.

6.2 Fines de carrera e interruptores con mando por cable

6.2.1 Fines de carrera y fines de carrera de seguridad

Los interruptores de fin de carrera se instalan para determinar la posición de partes móviles de máquinas y de sistemas, y el punto final de su desplazamiento, los fines de carrera de seguridad se usan para la protección de personas y máquinas en líneas de producción y mecanizado o elaboración (Ver también la Sección 4.3.6).

Además, cada vez se los utiliza en mayor medida en conjunto con controladores de lógica programada o PLC's. La separación galvánica de los elementos de conexión permite trabajar con tensiones de distintos potenciales.

Los fines de carrera 3SE3 se suministran en las ejecuciones más variadas (Figura 6.2/1), equipados básicamente con los siguientes contactos:

- (1NA + 1NC) como contacto de acción instantánea,
- (1NA + 1NC, 2NA, 2NC) como contacto de acción normal,
- (1NA + 1NC) como contacto de acción normal con cruce.

Además, se podrán seleccionar distintas variantes de accionamientos para diferentes recorridos y elementos actuadores (Ver la Sección 4.3.6, Tabla 4.3/13). Las cajas podrán ser metálicas o de material plástico moldeado. Estas últimas cumplen con los requerimientos de "aislamiento de protección", se pueden usar en ambientes corrosivos (por ejemplo, con agua salada, vapores agresivos o similares) y además, son resistentes a la acción de agentes climáticos.

Los fines de carrera de seguridad con mandos separados sin retención se utilizan para supervisión en aplicaciones de protección móviles (Ver también la Sección 4.3.6.1).

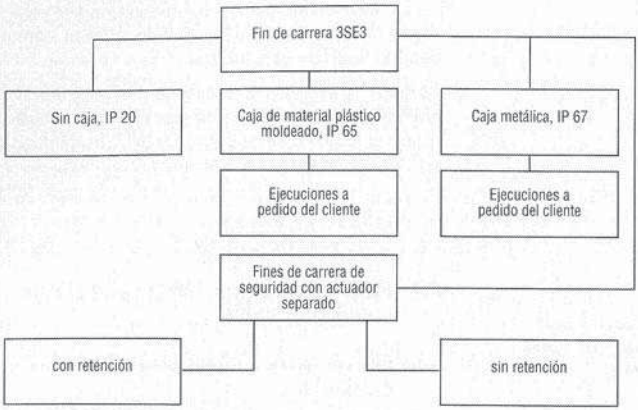


Figura 6.2/1
Diferentes ejecuciones de los fines de carrera 3SE3

Una ventaja es la protección de manipulación, que se asegura a través de múltiples actuadores codificados. Los fines de carrera con retención impiden en forma segura, por ejemplo, la apertura de rejas de seguridad y con esto el contacto con partes en movimiento de la máquina. La función de seguridad → se alcanza a través de la apertura forzosa de los contactos NC (normalmente cerrados), según las normas IEC 947–5-1–3 y DIN VDE 0660, Parte 200.

6.2.2 Interruptores de seguridad con mando por cable

Los interruptores de seguridad con mando por cable sirven, en especial, para la seguridad de personas que trabajan en máquinas o instalaciones de grandes dimensiones. El incremento de las medidas de seguridad para impedir accidentes hace indispensable el uso de interruptores de seguridad con mando por cable para, por ejemplo, el transporte de cargas en plantas siderúrgicas, en la industria minera, centrales eléctricas, en la industria maderera y otras.

Los interruptores de seguridad con mando por cable pueden ser usados, por ejemplo, en lugares muy peligrosos, como interruptores de parada de emergencia, con la ventaja de que frente a los convencionales pulsadores "hongo o golpe de puño" pueden ser alcanzados desde cualquier punto de riesgo del sistema. Por otra parte, también podrán usarse, por ejemplo, como "parada de cinta" en aplicaciones como cintas transportadoras.

Figura 6.2/2
Interruptor de seguridad con mando por cable 3SE7 en caja de material plástico moldeado

Figura 6.2/3
Interruptor de seguridad con mando por cable 3SE7 en caja metálica

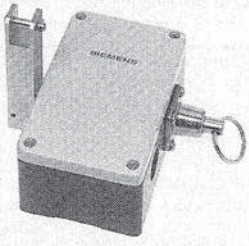


Figura 6.2/4
Interruptor de seguridad con mando por cable 3SE7 con palanca giratoria para accionamiento desde ambos lados

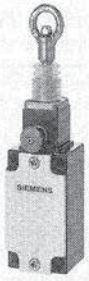


Figura 6.2/5
Interruptor de seguridad con mando por cable 3SE7 con enclavamiento

Tabla 6.3/1 Detectores de proximidad "BERO", resumen de tipos

BERO	Principio de funcionamiento	Material	Distancia	Salida
inductivo	Modificación de un campo electromagnético	Metales	0 a 75 mm	Binaria
capacitivo	Modificación de un campo electrostáticos	Cualquiera	0 a 20 mm	Binaria
óptico	Interrupción o reflexión de un haz de luz	Cualquiera	0 a 15 m	Binaria
ultrasonido (sonar)	Medición del tiempo propagación de las ondas de ultrasonido	Reflector de ondas	0,06 a 10 m	Binaria analógica

En la Sección 4.3.6.2 se describen criterios de selección, funcionamiento y datos técnicos, de los interruptores de seguridad con mando por cable 3SE de Siemens.

Los interruptores de seguridad con mando por cable 3SE7 se suministran en cajas metálicas o de material plástico según las normas DIN EN 50041 y DIN EN 40047 (Figuras 6.2/2 hasta 6.2/4). Básicamente, se diferencian dos ejecuciones de estos interruptores: para pequeñas longitudes del cable, es decir, hasta 25 m, se prefiere el uso de interruptores con tracción desde un lado, para longitudes mayores del cable, de hasta 50 m, son más convenientes los interruptores que admiten tracción desde ambos lados. Los interruptores de seguridad con mando por cable 3SE7, que admiten tracción de un lado, están equipados con 2 contactos de acción normal (1NA + 1NC) con cruce de contactos.

Los interruptores de seguridad con mando por cable 3SE7 accionados desde ambos lados poseen dos contactos de acción normal (1NA + 1NC) para cada dirección de accionamiento, sin cruce. Los accesorios necesarios para el montaje están funcionalmente coordinados con el interruptor (ver también la Sección 4.3.6.2).

Los interruptores de seguridad con mando por cable para parada de emergencia, de acuerdo con la norma EN 418 tienen un enclavamiento, que según el tipo de aparato, se desbloquea con un pulsador o un interruptor con llave (Figura 6.2/5).

Para instalaciones que sólo se utilizan para mando, hay interruptores de seguridad con mando por cable 3SE7 sin enclavamiento que, con frecuencia, se conectan directamente a un nivel de mando superior para realizar funciones sencillas, por ejemplo, "parada de cinta transportadora" en líneas de producción.

6.3 Detectores de proximidad BERO

Los interruptores de posición sin contacto mecánico y que tampoco contienen partes sujetas a desgaste mecánico, se denominan en las normas y disposiciones "detectores de proximidad" (También suelen denominarse "sensores de proximidad"). Estos dispositivos se denominan BERO en Siemens, acrónimo de la denominación en alemán "*Berührungsloser Endtaster mit Rückgekoppeltem Oszillator*", es decir, "fin de carrera libre de contacto mecánico con oscilador realimentado". Los sensores de Siemens utilizan diferentes principios funcionales y por ello se ofrecen detectores de proximidad inductivos, capacitivos, ópticos y por ultrasonido (Tabla 6.3/1).

Los detectores BERO se utilizan preferentemente cuando es necesario satisfacer elevados requerimientos de confiabilidad, exactitud en la posición de detección, vida útil, frecuencia de operación, velocidad de respuesta, etc.

6.3.1 Detectores de proximidad inductivos BERO

Los sensores BERO inductivos generan un campo alterno de alta frecuencia que emite por la "superficie activa" del aparato. Las dimensiones espaciales de este campo definen el alcance del BERO. Al acercarse un material que es buen conductor eléctrico y/o magnético, se modifica este campo. El sensor detecta esta variación y cambia el estado de su señal de salida.

Se dispone de detectores BERO inductivos con diferentes formas constructivas (Tabla 6.3/2) que se utilizan, por ejemplo, para posicionar y contar en instalaciones de clasificación o de transporte.

Tabla 6.3/2 Formas constructivas de los detectores de proximidad BERO inductivos

Forma constructiva		Distancias de detección, mm	Tipos de conexión
	Cilíndrico con espacio para conexiones, roscas M5, **M8**, M12, M18, M30	0,8 hasta 35	Cable, conector
	Cilíndrico liso con diámetros de 3, 4, 6,5, 8, 12, 18, 20 ó **34 mm**	0,6 hasta 20	Cable, conector, espacio para conexiones
	Forma cuadrada con espacio para conexiones 5 × 5 mm, 8 × 8 mm, 40 × 26 × 12 mm, 56 × 27 × 12 mm, **40 × 40 × 120 mm**, 77 × 60 × 41 mm, 100 × 80 × 41 mm	0,8 hasta 75	Cable, conector

También podrán utilizarse para detectar partes de máquinas que por razones técnicas, no pueden ser palpadas con actuadores convencionales, por ejemplo, en máquinas empaquetadoras automáticas, instalaciones de transporte, puertas, portones, rejas, accionamientos de regulación, cargadoras de plataformas, ascensores, etc.

Los detectores de proximidad BERO están a disposición para distintas exigencias con las siguientes características:

Detectores BERO para exigencias normales

- Rango de la tensión de alimentación: 15 a 34 Vcc,
- Salida:
  3 conductores, 1NA o 1NC,
  4 conductores, 1NA o 1NC,
- Frecuencia de conmutación: hasta 3000 Hz,
- Distancia de conmutación: según norma,
- Distancia de conmutación de trabajo: entre el 0 % y el 81 % del valor asignado.

Detectores BERO para exigencias normales (optimizados para PLC)

- Rango de la tensión de alimentación: 10 a 30 Vcc,
- Salida:
  2 conductores, 1NA,
- corriente residual y caída de tensión adecuadas para las entradas de los PLC
- Frecuencia de conmutación: hasta 1500 Hz,
- Distancia de conmutación: según norma,
- Distancia de conmutación de trabajo: entre el 0 % y el 81 % del valor asignado.

Detectores BERO para exigencias elevadas

- Rango de la tensión de alimentación:
  2 conductores 20 a 320 Vca/cc,
  3 conductores 10 a 65 Vcc,
- Salida:
  2 conductores, 1NA o 1NC,
  3 conductores, 1NA o 1NC,
- Frecuencia de conmutación: hasta 1200 Hz,
- Distancia de conmutación de trabajo: entre el 0 % y el 90 % del valor asignado.

Detectores BERO para condiciones climáticas extremas

- Rango de la tensión de alimentación:
  2 conductores de 20 a 320 Vcc/ca
  3 conductores de 10 a 30 Vcc o de 10 a 65 Vcc
  4 conductores de 10 a 30 Vcc,
- Salida:
  2 conductores, 1NA o 1NC,
  3 conductores, 1NA o 1NC,
  4 conductores, 1NA y 1NC,
- Frecuencia de conmutación: hasta 3000 Hz,
- Distancia de conmutación: según norma,

- Distancia de conmutación de trabajo: entre el 0 % y el 81 % del valor asignado.
- Clase de protección IP 68.

Detectores BERO con mayor distancia de conexión

- Rango de la tensión de alimentación: 10 a 30 Vcc o 10 a 65 Vcc,
- Salida:
  3 conductores, 1NA o 1NC,
- Frecuencia de conmutación hasta 1000 Hz,
- Distancia de conmutación hasta 3 veces la distancia indicada en la norma,
- Distancia de conmutación de trabajo: entre el 0% y el 81% del valor asignado.

Detectores BERO según normas NAMUR y DIN 19234

- Seguridad intrínseca, apto para uso en atmósferas explosivas,
- Rango de la tensión de alimentación: 5 a 25 Vcc (ampliable con aparato complementario),
- Salida: lazo de corriente de 2 conductores para conexión a aparato complementario,
- Frecuencia de conmutación: hasta 5000 Hz,
- Distancia de conmutación: según norma,
- Distancia de conmutación de trabajo: entre el 0 % y el 81 % del valor asignado.

Los aparatos complementarios separan galvánicamente el circuito de entrada del de salida y de la alimentación.

Detectores BERO para la industria automotriz

- Rango de la tensión de alimentación 10 a 30 Vcc o 10 a 65 Vcc
- Salida: 3 conductores, 1NA o 1NC,
- Adecuado a los requerimientos específicos de la industria automotriz.

Detectores BERO para AS-Interface

- Para la conexión directa a la red AS-i
- Salidas:
  - rango de conmutación
  - zona segura
  - supervisión de bobina

Detectores U BERO (sin factor de reducción)

- Rango de la tensión de alimentación: 10 a 65 Vcc
- Elevada resistencia a campos magnéticos
- Salida:
  3 conductores, 1NA
  4 conductores, 1NA y 1NC
- Frecuencia de conmutación hasta 3000 Hz
- La misma distancia de conmutación para todos los metales
- Mayor distancia de conmutación para tipos de diferente nivel
- Resistente a equipos de soldadura (es decir, elevada insensibilidad a campos magnéticos externos)

6.3.2 Detectores BERO capacitivos

Los detectores BERO capacitivos son sensores que trabajan sin contacto mecánico. Los materiales u objetos a detectar pueden ser conductores o no conductores de electricidad y, además, ser sólidos, líquidos o polvo. Estos materiales podrán ser, por ejemplo, vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, agua, cartón y papel. El detector BERO conmuta cuando el material está a una determinada distancia. Para elementos no conductores, la distancia de conmutación depende de la constante dieléctrica del material.

Los detectores BERO capacitivos con forma constructiva cilíndrica y cuadrada (Tabla 6.3/3) se utilizan, por ejemplo, para:

- Señalización del nivel de llenado en recipientes de material plástico o de vidrio.
- Control del llenado en embalajes transparentes.
- Aviso de corte de alambre en bobinadoras.
- Aviso de corte de cintas o flejes,
- Recuento de botellas.
- Control de los parámetros de cintas transportadoras.

6.3.3 Detectores BERO Sonar (detectores de proximidad por ultrasonido)

Los detectores BERO Sonar reconocen la presencia de objetos sin contacto físico ubicados a distancias comprendidas entre 0,06 y 10 m. El detector BERO emite impulsos de ultrasonido, cuando algún objeto refleja estos impulsos el aparato recibe un eco y lo convierte en una señal eléctrica. Los detectores BERO sólo trabajan en el aire y aplican el principio del tiempo de propagación del eco, es decir, se evalúa la diferencia de tiempos entre la emisión del impulso y la recepción del eco. Pueden detectar objetos de distinta forma, color, superficie y material.

Los materiales u objetos pueden ser sólidos, líquidos o polvo, pero tienen que reflejar el ultrasonido. Los

Tabla 6.3/3 Formas constructivas de los detectores de proximidad BERO capacitivos

Forma constructiva		Distancias de detección, en mm	Tipo de conexión
	Cilíndrico liso de 40 mm de diámetro	20	Espacio para conexiones
	Cilíndrico con roscas M18, **M30**	5 hasta 10	Cable, espacio para conexiones
	Forma cuadrada 30 x 20 x 8 mm, **40 x 40 x 114 mm**	5 hasta 20	Cable, conector, espacio para conexiones

detectores BERO Sonar encuentran su aplicación como sensores sin contacto mecánico en numerosos campos de la automatización. Estos aparatos pueden utilizarse en todos aquellos casos en los que deba evaluarse la distancia a un objeto en el aire, ya que no sólo detectan el objeto, sino que también pueden indicar y valorar la distancia absoluta que separa el objeto del detector. Los aparatos de la serie compacta III y la serie modular II compensan las variaciones de las condiciones ambientales (cambios en la temperatura), por lo cual alcanzan una mayor reproducibilidad (de hasta 1 mm).

Los detectores BERO Sonar de la serie compacta se suministran preparados para conectar, mientras que los de la serie modular necesitan una unidad de evaluación por cada sensor. Los aparatos de la serie modular II pueden parametrizarse en la unidad de evaluación, y los de las series compactas II y III lo hacen a través de una interfaz y una PC.

La unidad de evaluación de la serie modular II, en la cual se conectan tanto los sensores como el controlador, posee un display de cristal líquido (LCD), en el cual se pueden visualizar los valores de medición y los estados de la salida.

La Tabla 6.3/4 reproduce un resumen de la serie de detectores BERO Sonar.

Definiciones:

Zona de conmutación:
Cuando un objeto se encuentra en esta zona, que corresponde a una gama ajustable de distancias, conmuta el estado de la salida correspondiente. Los detectores BERO con dos salidas tienen dos zonas de detección ajustables.

Histéresis de conmutación:
Es la histéresis ajustable que media entre el punto de conexión y el de desconexión.

Zona de detección:
Comprende la gama ajustable de distancias en la que es posible detectar un objeto con características de reflexión definidas.

Función de conmutación:
En estos aparatos se puede seleccionar una salida NA (normal abierta) o NC (normal cerrada).

Formación del valor medio:
Se puede calcular el valor medio de un número ajustable de mediciones.

Función múltiplex:
Se pueden conectar varios detectores BERO en conjunto (en la serie modular, dos unidades y en la serie compacta, diez). En este caso, los impulsos de ultrasonido podrán ser emitidos en forma paralela o secuencial, para evitar la interacción entre sensores que trabajan en un espacio reducido.

Rango analógico:
Los valores analógicos inicial y final se pueden ajustar en forma independiente de la zona de conmutación.

Tabla 6.3/4 Resumen de la serie de detectores BERO Sonar

Serie	Zonas de detección m	Salidas	Compensación de temperatura	Parámetros ajustables (los más importantes)
Compacta 0	0,06 hasta 0,3 0,2 hasta 1,0	1 NA ó 0 a 10 V	no	Zona de conmutación
Compacta II	0,06 hasta 0,3 0,2 hasta 1,3 0,4 hasta 3,0 0,6 hasta 6,0	1 NA o 1 NC 2 NA o 2 NC	no	Zona de conmutación, Histéresis de conmutación, Zona de detección, Función conmutación, Formación del valor medio, Función múltiplex, Sensibilidad.
Compacta III	0,06 hasta 0,3 0,2 hasta 1,3 0,4 hasta 3,0 0,6 hasta 6,0 0,8 hasta 10,0	1 NA o 1 NC y 0 hasta 20 mA, 4 hasta 20 mA, 0 hasta 10 V	sí	Zona de conmutación, Histéresis de conmutación, Zona de detección, Rango analógico, Función analógica, Función conmutación, Formación del valor medio, Función múltiplex, Sensibilidad.
Compacta para AS-i	0,06 hasta 0,3 0,2 hasta 1,3 0,4 hasta 3,0 0,6 hasta 6,0	3 interruptores o analógica	sí	Zona de conmutación, Histéresis de conmutación, Zona de detección, Formación del valor medio, Función múltiplex, Sensibilidad.
Módulo II	0,06 hasta 0,3 0,2 hasta 1,3 0,4 hasta 3,0 0,6 hasta 6,0 0,8 hasta 10,0	2 inversores y 4 hasta 20 mA	sí	Zona de conmutación, Ampliación de la zona de detección, Histéresis de conmutación, Formación del valor medio, Rango analógico, Función múltiplex, Medición relativa, Medición de diferencias.

Tabla 6.3/5 Resumen de la serie de detectores ópticos Opto-BERO

Serie	Función	Alcance m	Salida	Tipo de conexión
3RG701 alcance normal	Emisor – sensor de luz por reflexión Barreras fotoeléctricas por reflexión Barreras fotoeléctricas directas BERO para fibra óptica	máx. 0,6 máx. 2,0 máx. 6,0 máx. 0,1	1 NA	Cable, conector
3RG701 mayor alcance	Emisor – sensor de luz por reflexión Barreras fotoeléctricas por reflexión Barreras fotoeléctricas directas BERO para fibra óptica Emisor – sensor de luz por reflexión con supresión de fondo	máx. 1,2 máx. 4,0 máx. 12,0 máx. 0,2 0,03 hasta 0,8	1 NA y 1 NC o 1 NA y reserva de función 1 NA y 1 NC	Cable, conector Conector
3RG702	Emisor – sensor de luz por reflexión Barreras fotoeléctricas por reflexión Barreras fotoeléctricas directas BERO para fibra óptica Emisor – sensor de luz por reflexión con supresión de fondo	máx. 2,0 máx. 6,0 máx. 15,0 máx. 1,5 0,2 hasta 2,0	1 NA y 1 NC o 1 NA y reserva de función 1 NA, 1 NC,	Cable, conector Conector

Función analógica:
Se puede seleccionar entre una característica analógica creciente o decreciente.

Sensibilidad:
Se puede ajustar la sensibilidad de recepción, para suprimir eventuales ecos parásitos.

Medición relativa:
El cero (0) relativo se puede ajustar a una distancia determinada. De esta manera, el nivel de llenado de un recipiente se podrá indicar directamente en la unidad de evaluación.

Medición de diferencias:
Valor de la diferencia entre las mediciones de dos sensores.

Ampliación de la zona de detección:
Esta característica permite que los detectores de la serie modular II puedan evaluar hasta tres zonas de detección.

6.3.4 Opto-BERO (detectores de proximidad ópticos)

Los detectores Opto-BERO trabajan con luz.

Básicamente, se diferencian tres principios de funcionamiento distintos (Tabla 6.3/5):

Emisores – sensores de luz por reflexión
La luz pulsada emitida por el diodo incide en un objeto de cualquier forma y color que la refleja en forma difusa. El sensor del Opto-BERO capta una parte de esta luz reflejada y cuando la magnitud es suficiente, se conmuta la salida. La distancia de trabajo que puede obtenerse depende del tamaño y del color del objeto, como así también del acabado de la superficie.

La distancia de trabajo puede modificarse dentro de amplios límites por medio de un potenciómetro incorporado.

Los emisores – sensores de luz por reflexión con supresión del fondo pueden detectar objetos hasta una

determinada distancia, y todo lo que se encuentre detrás se suprime. El nivel del foco puede modificarse a discreción. La supresión del fondo se obtiene mediante una adecuada constelación geométrica del emisor y del receptor o sensor. Esto significa que el enfoque necesario se realiza por medio de un sistema de lentes ajustables montado delante del emisor y del sensor.

Barreras fotoeléctricas por reflexión
Una lente enfoca el haz de luz pulsada emitido por el diodo y lo proyecta a través de un filtro de polarización hacia un reflector. Una parte de la luz reflejada alcanza al receptor a través de otro filtro de polarización. Los filtros se seleccionan y disponen de forma tal que sólo el haz luminoso reproducido por el reflector alcance al receptor, y no los otros haces de luz provenientes de diferentes objetos que se encuentran dentro del campo de radiación. Mediante la óptica se amplia el alcance de manera considerable. Un objeto que interrumpe el haz de luz proyectado por el emisor a través del reflector hacia el receptor origina una conmutación de la salida.

Barreras fotoeléctricas directas
Se componen de dos aparatos, un emisor y un receptor. El emisor se dispone de tal manera que la mayor parte posible del haz de luz pulsado emitido por su diodo incida sobre el receptor. Éste evalúa la luz recibida en forma tal que la puede distinguir de la luz ambiental o de otras fuentes luminosas del entorno. Una interrupción del haz de luz entre el emisor y el receptor origina la conmutación de la salida.

Estos tres principios de funcionamiento descriptos también pueden implementarse a través de Opto – BERO con fibras ópticas. El principio del funcionamiento de las fibras ópticas de vidrio o plástico es el mismo. Delante del emisor y del receptor se montan las fibras ópticas que constituyen una prolongación del "ojo" del Opto – BERO. Como las fibras ópticas tienen dimensiones muy pequeñas y son flexibles, permiten realizar con facilidad funciones de control en lugares cuyo acceso resultaría muy dificultoso para otros medios. Además, como no se transfiere ningún potencial eléctrico, pueden operar también sin cuidados especiales en lugares con peligro de explosión o donde se desarrollan elevados potenciales eléctricos y magnéticos (por ejemplo, en instalaciones de alta tensión o soldadura eléctrica). Por otra parte, el uso de fibras de diámetro reducido permite detectar objetos muy pequeños.

6.4 Aparatos de maniobra de baja tensión compatibles con señalizaciones y controles electrónicos

En la moderna tecnología de los controles industriales se reemplazan cada vez en mayor medida los sistemas de protección corrientes por otros electrónicos. Los circuitos auxiliares y de control de los aparatos de maniobra deben trabajar entonces en conjunto con equipos electrónicos. En comparación con los dispositivos que sólo operan con elementos electromecánicos, estas aplicaciones tienen requerimientos adicionales:

- ▷ Adecuado accionamiento del receptor de la señal con una tensión continua.
- ▷ Adaptación de la tensión asignada y rango de trabajo del receptor de la señal a los datos del sistema.
- ▷ Elevada seguridad de contacto del emisor de la señal (por ejemplo, contacto auxiliar) con bajas tensiones y corrientes, mientras se mantiene toda la potencia de ruptura a tensiones elevadas.
- ▷ Supresión o atenuación de sobretensiones dañinas que podrían originarse dentro o fuera del sistema.

6.4.1 Accionamiento compatible con el sistema

Existen básicamente tres posibilidades para operar contactores desde un sistema de control electrónico:

1. A través de salidas con semiconductores (transistores) para una tensión del sistema de 24 Vcc y para tensiones de hasta un máximo de 60 Vcc.
2. A través de salidas con otros semiconductores (triacs o tiristores) para tensiones de hasta 230 Vca y
3. A través de salidas con relés para tensiones de hasta 250 Vcc o Vca.

En la práctica se prefiere con frecuencia el uso de 24 Vcc por razones de seguridad y costos. Por este motivo, los receptores de la señal (por ejemplo, contactores o relés) deberían estar equipados con sistemas magnéticos de corriente continua. En comparación con otros métodos (accionamiento por corriente alterna, conexiones economizadoras de corriente continua), el accionamiento de corriente continua tiene las siguientes ventajas:

- ▷ Vida útil mecánica muy elevada ($15 \cdot 10^6$ hasta $30 \cdot 10^6$ maniobras).

- ▷ Corriente de atracción muy reducida y pendiente ascendente pequeña.
- ▷ Corriente de atracción = corriente de retención (corriente de mantenimiento).
- ▷ Pérdidas reducidas (por ejemplo, 1,2 W en elementos de acoplamiento para aplicaciones electrónicas, que corresponde a 50 mA con 24 Vcc),
- ▷ Libres de zumbido y con campos de dispersión reducidos.

Los accionamientos con un consumo de potencia demasiado elevado para ser comandados directamente por la salida de un PLC, podrán controlarse indirectamente a través de un módulo de acoplamiento (interfaz) (Figura 6.4/1)

Para esta función existen módulos de diseño especial, denominados elementos de acoplamiento (Ver también la Sección 4.4), que trabajan en un amplio rango de tensiones y con un reducido consumo de corriente. Por ejemplo, los acopladores a relé y optoacopladores 3TX7 004/3TX7 005 con el nuevo tamaño constructivo de doble nivel extremadamente angostos (Figura 6.4/2) como los elementos de acoplamiento 3TX4/3TX7 para contactores, tienen un consumo de sólo 0,5 W y trabajan correctamente con una gama de tensiones de 17 a 30 V.

Cuando se requieren más contactos auxiliares o mayor capacidad de ruptura, se dispone de variantes de los contactores auxiliares 3RH y contactores 3RT, que también satisfacen todas las exigencias requeridas de los elementos de acople como interfaz entre el nivel lógico y el de potencia.

Figura 6.4/1
Posibilidades de comandar contactores por medio de controles electrónicos.

6.4.2 Adaptación del campo de trabajo

La figura 6.4/6 muestra la gama de las tensiones usuales para sistemas de control electrónicos y bobinas de contactores. Según la norma DIN 19 240, de julio de 1985, la tensión de alimentación asignada de controles electrónicos de 24 Vcc comprende un rango de 20,4 hasta 28,8 Vcc. Si se considera una caída de tensión adicional de hasta 3 Vcc en el circuito de salida, entonces el sistema magnético del contactor debe trabajar correctamente con tensiones de entre 17,4 y 28,8 Vcc. Los contactores y elementos de acoplamiento de Siemens para controles electrónicos trabajan en forma segura desde 17 hasta 30 Vcc, lo que significa un rango de tensiones que abarca de $0{,}7 \cdot U_s$ hasta $1{,}25 \cdot U_s$ [1]. Si se comparan estos valores con el rango de 0,85 hasta 1,1 de U_s admitido por la norma DIN VDE 0660, Parte 102, se observa que el campo de trabajo es notablemente más amplio. En el diseño del sistema magnético se tuvo en cuenta tanto la excitación mínima requerida como la máxima temperatura admisible.

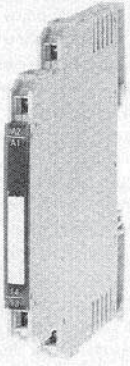


Figura 6.4/2
Acoplador de relés 3TX7 004, forma constructiva de dos niveles (con sólo 6,2 mm de ancho) y contactos en ambos niveles.

[1] U_s = tensión de alimentación asignada para control.

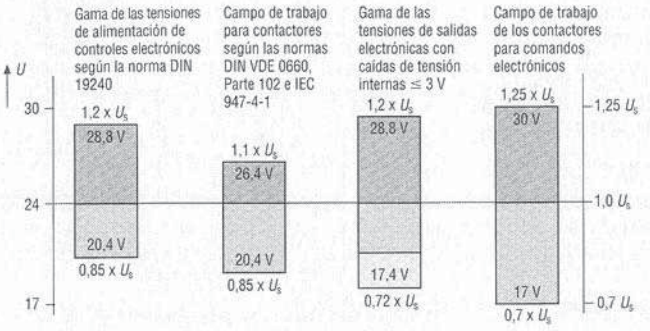


Figura 6.4/3
Gamas de tensiones utilizadas para controles electrónicos y accionamientos de contactores con tensión asignada de alimentación de $U_s = 24$ Vcc

6.4.3 Protección contra sobretensiones

Los controles electrónicos sólo trabajan en forma confiable cuando la "compatibilidad electromagnética" (EMC) entre los componentes de la instalación es la adecuada. Mientras que los requerimientos de los controles convencionales en relación con la compatibilidad electromagnética son relativamente reducidos, en los controles electrónicos, por sus bajos niveles de tensión, se deben tomar medidas de protección especiales contra influencias perturbadoras o destructivas.

Para suprimir o amortiguar sobretensiones se utilizan básicamente los siguientes componentes que se conectan en paralelo con la bobina del contactor:

- ▷ circuitos RC,
- ▷ circuitos RC-V con varistor integrado,
- ▷ diodos,
- ▷ varistores.

(En la Sección 4.3.3 se describe el funcionamiento de los dispositivos supresores o amortiguadores de sobretensiones).

Los dispositivos correspondientes se suministran en formas variadas. Los aparatos de maniobra para aplicaciones especiales en controles electrónicos o para éstos ya tienen, en parte, supresores integrados.

6.4.4 Confiabilidad de los contactos

Los aparatos de maniobra mecánicos convencionales tienen que comunicarse tanto entre sí como con sistemas electrónicos. Por esta razón, son muy diferentes los requerimientos de estos aparatos. La Figura 6.4/4 muestra los niveles típicos de las señales que se encuentran en sistemas de control.

Los sistemas de control convencionales se caracterizan por lo siguiente:

- ▷ Conexión / desconexión de corrientes relativamente grandes en circuitos óhmicos e inductivos y la presencia de arcos (bobinas magnéticas).
- ▷ Predominio del uso de 230 Vac como tensión de control.

Por esto, la construcción y naturaleza de los elementos de contacto se ven afectados, en especial, por factores relacionados con la vida útil y la potencia de ruptura.

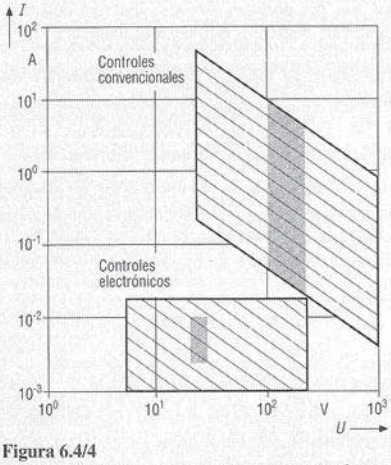


Figura 6.4/4
Niveles de señales para emisores y receptores de controles convencionales y electrónicos (la superficie gris indica los rangos preferidos)

Por otra parte, los circuitos de entrada de controles electrónicos se caracterizan por lo siguiente:

- ▷ Conexión / desconexión de circuitos óhmicos u óhmico–capacitivos con corrientes relativamente reducidas y sin arcos (filtros de entrada).
- ▷ Predominio de 24 Vcc como tensión de control.

En los aparatos de maniobra mecánicos utilizados aquí, dominan los factores relacionados con la confiabilidad de los contactos.

Realización de una elevada confiabilidad de contacto

El objetivo de toda solución constructiva debe ser mantener la conductividad de los contactos pese a la formación de capas extrañas y de polvo.

Algunas posibilidades esenciales para aumentar la confiabilidad de los contactos de aparatos de maniobra mecánicos son las siguientes:

- ▷ Elevadas fuerzas de contacto,
- ▷ forma de los contactos (presión superficial, estriado en cruz),
- ▷ contactos móviles con movimiento deslizante (que, sin embargo, origina mayor desgaste),
- ▷ interrupción simple en lugar de doble,
- ▷ conexión en paralelo de las vías de corriente (puentes de contactos dobles, redundancia),
- ▷ encapsulado de las cámaras de conexión de los aparatos.

Corrientes y tensiones mínimas

La determinación de la corriente y tensión mínimas con las cuales los aparatos de maniobra con contactos mecánicos trabajan en forma confiable, resulta muy dificultosa pero, no obstante, es posible derivar valores límites a partir de la naturaleza y las propiedades físicas de los contactos. Sin embargo, como estos procedimientos no siempre pueden tener en cuenta todas las condiciones de la práctica, los valores publicados podrán dar al usuario una falsa seguridad.

Dado que en la actualidad no existe un procedimiento universalmente aceptado, el siguiente método fue desarrollado por Siemens para evaluar la aptitud de los contactos que se usarán para los sistemas de control electrónicos.

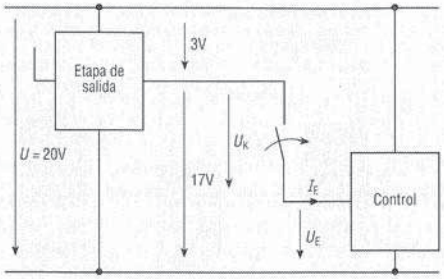


Figura 6.4/5
Distribución de tensiones y de corrientes de entrada para la determinación de la caída de tensión admisible (resistencia de contacto)

Se define como confiabilidad de un contacto a la probabilidad de que aparezca una condición de contacto tal que produzca una falla en el funcionamiento de un circuito de control (probabilidad de supervivencia de un contacto). La condición de contacto se describe por la resistencia de contacto admisible R_K cuando circula una corriente especificada.

Según la Figura 6.4/5, una falla de contacto aparece cuando la caída U_K en el punto de contacto es tal que la tensión de entrada de control U_E queda por debajo del nivel admisible:

$U_E = U - U_K < U_{E\,min}$.

Circuito de prueba para puntos de contacto en controles electrónicos

En la norma DIN 19 240 de julio de 1985 se determinan los siguientes valores límite para controles electrónicos que operan con 24 Vcc:

Tensión de alimentación: U = 20,4 hasta 28,8 V
Señal en nivel alto (H): U_E = 13 a 30,2 V, $I_E \leq 15$ mA,
Señal en nivel bajo (L): U_E = −3 a +5 V.

El valor de servicio típico para PLC's SIMATIC S5 es el siguiente:

U_E = 24 V, I_E = 8,5 mA.

La caída de tensión en la etapa de salida puede ser de 2 a 3 V.

Como las funciones de enclavamiento se programan dentro del sistema electrónico, por lo general, sólo se tiene un punto de contacto entre la etapa de salida

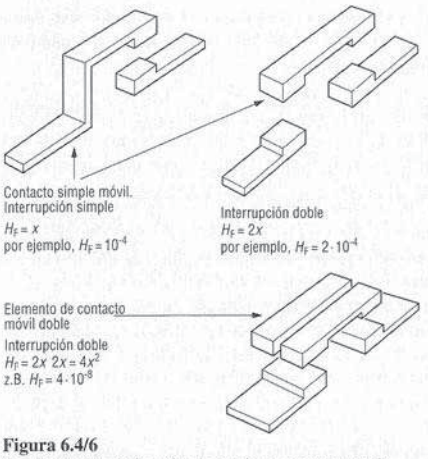


Figura 6.4/6
Configuración de las vías de corriente en aparatos de maniobra

electrónica y la siguiente entrada. Por lo tanto, en el peor de los casos puede presentarse la constelación representada en la Figura 6.4/5.

Con los datos típicos antes mencionados podrán obtenerse los siguientes valores de servicio para el lugar de contacto:

Corriente de entrada: $I_E = \frac{13\,V}{24\,V} \cdot 8{,}5\,mA,$

$$I_E = 4{,}6\,mA;$$

resistencia de contacto admisible:

$$R_K = \frac{17\,V - 13\,V}{4{,}6\,mA} = 870\,\Omega.$$

Para el circuito de prueba se determinaron los siguientes valores (redondeados):

$U_{prueba} = 17\,V,$

$I_{prueba} = 5\,mA,$

$R_{K\,adm} = 800\,\Omega$

Evaluación de los resultados de las mediciones

La frecuencia de error de contacto H_F se define como el número de errores de contacto que se producen en un número determinado de conexiones y referida a este último. De esta manera, se evalúa una gran cantidad de vías de corriente y, por lo tanto, los valores publicados representan medias estadísticas (es decir, la probabilidad de falla de un contacto).

Cuando, por ejemplo, se suministra un valor de la frecuencia de error de contacto $H_F = 2 \cdot 10^{-8}$, significa que en 10^8 (100 millones) conexiones sólo se sobrepasó el valor de la resistencia de contacto admisible en dos oportunidades. En la práctica este resultado puede ser formulado de la manera siguiente:

> No se espera ninguna falla de contactos en un largo período de servicio (independiente del número de conexiones realizadas). Las fallas de contacto no se producirán en términos de una probabilidad por unidad de tiempo; podrán acumularse al principio o al final del tiempo de servicio. También debe tenerse en cuenta una cierta tolerancia individual.

Características constructivas

La Figura 6.4/6 muestra tres ejemplos de vías de corriente de un aparato de maniobra.

Cuando la frecuencia de falla de contacto H_F de un contacto simple con interrupción también simple es x, entonces un contacto simple con interrupción doble tendrá $H_F = 2x$, dado que hay dos puntos de contacto conectados en serie.

Si en cambio se conectan dos contactos simples con interrupción doble en paralelo, se obtiene como resultado $H_F = 2x \cdot 2x = 4x^2$.

Estos resultados son válidos en condiciones ideales (por ejemplo, la misma presión de contacto en todos los puntos comprendidos, movimiento ilimitado de los contactos, independencia de las fallas de contacto en el puente doble). Una medida extremadamente efectiva para aumentar la confiabilidad de contacto

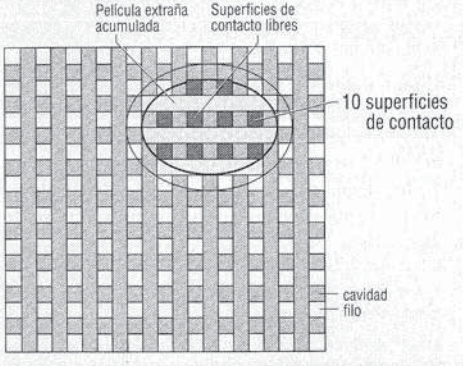


Figura 6.4/7 Estriado cruzado en contactos simples

es el estriado cruzado (Figura 6.4/7). Una gran cantidad de lugares de contacto y al mismo tiempo elevada presión de contacto, hace que el estriado cruzado sea muy eficaz para evitar la formación de películas extrañas que, en la actualidad, son la principal causa de fallas de contacto.

Los contactos con estriado en cruz alcanzan frecuencias de fallas de contacto $H_F \leq 10^{-8}$.

Con cuál de los principios constructivos se alcanza la confiabilidad de contacto óptima en un determinado aparato de maniobra, depende entre otros factores, de la vida útil requerida, la frecuencia de maniobras y la potencia de ruptura.

En los circuitos auxiliares y de control de los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens se utilizan con éxito todas las variantes.

Confiabilidad de contacto en aplicaciones electrónicas

Contactores auxiliares, contactos auxiliares de contactores para maniobrar motores

Aquí se utiliza tanto el principio de los puentes móviles de contactos dobles como también los contactos simples con estriado cruzado.

En ambas versiones se alcanza una elevada confiabilidad de contacto. En los ensayos realizados se obtuvieron frecuencias de fallas de contacto $H_F \leq 10^{-8}$, esto significa 1 error cada 100 millones de maniobras.

En estos ensayos se tomaron como base las condiciones fijadas para controles electrónicos (17 V tensión continua y 5 mA).

Estos valores son válidos para contactos auxiliares, tanto los integrados dentro del contactor como los bloques de contactos auxiliares encastrables sobre el aparato.

En los bloques de contactos auxiliares de montaje lateral, la frecuencia de fallas de contacto varía entre 10^{-6} y 10^{-8}.

Pulsadores 3SB

Los contactos móviles están formados por dos vías de corriente paralelas que se posicionan de manera independiente una de la otra frente a los contactos fijos (elemento de contacto doble móvil con interrupción doble). Además, estos aparatos tienen un buen encapsulado.

Durante los ensayos no se verificaron fallas de contacto; la frecuencia de falla de contacto es entonces $H_F < 10^{-8}$. Los elementos de contacto de los pulsadores 3SB se utilizan también, cada vez en mayor medida, como emisores de señales en controles electrónicos con niveles de tensión de 5 V. Por este motivo, se registró y clasificó la caída de tensión en los contactos con valores diferentes (5 Vcc, 1 mA, es decir 5 mW) en lugar de los habituales para las pruebas. Con esto se puede determinar la frecuencia media de fallas de contacto H_F^*, en la que se sobrepasa la máxima caída de tensión admisible U_K^*, calculada sobre la base de los datos de entrada de la etapa de control electrónico considerada. La figura 6.4/8 muestra una relación típica. Para $U_K^* \geq 0{,}8$ V se tiene una frecuencia de falla de contacto $H_F^* < 10^{-8}$. El incremento de H_F^* para valores de caída de tensión admisible pequeños señala un incremento del efecto producido por las películas extrañas en los contactos.

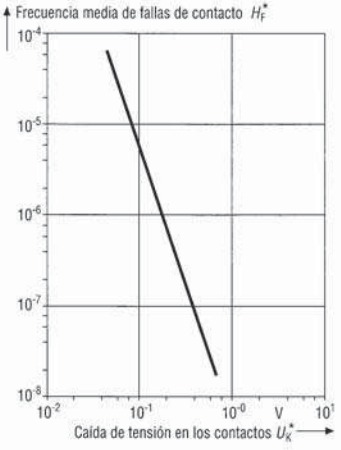


Figura 6.4/8
Frecuencia media de fallas de contacto H_F^* para pulsadores 3SB en función de la caída de tensión admisible en contactos U_K^* (circuito de prueba: 5 Vcc, 1 mA)

Contactos auxiliares de interruptores automáticos 3VU para la protección de motores

Los interruptores de potencia para protección de motores fueron diseñados para un número medio de conexiones y una reducida frecuencia de maniobras, de manera tal que el perjuicio ocasionado por desgaste sólo tiene una importancia secundaria. Por eso se usa aquí una vía de corriente bien encapsulada con interrupción simple.

En cada operación los puntos inferiores de los contactos auxiliares se desplazan y de esta manera aseguran una elevada confiabilidad de contacto también con pequeñas tensiones y corrientes, como las que se presentan en los comandos electrónicos.

Interruptores auxiliares para interruptores automáticos 3VF1

Estos interruptores también se utilizan para un número pequeño de operaciones y baja frecuencia de maniobras. Tienen contactos simples móviles con doble interrupción. Una carcasa bien encapsulada impide la entrada de suciedad. La frecuencia de fallas de contacto es $H_F < 2{,}7\ 10^{-8}$, esto significa que no se esperan fallas aun durante largos períodos de servicio.

Detectores de proximidad electrónicos BERO

Estos sensores trabajan sin contactos mecánicos: los circuitos electrónicos utilizados tienen una confiabilidad de contacto y duración útil probable muy elevadas. Las dificultades en el servicio, si es que se presentan, se deben a la falta de observancia de las especificaciones del entorno, por ejemplo, humedad ambiente, o al incumplimiento de los límites fijados, por ejemplo, al exceder la longitud admisible de los cables cuando se utiliza corriente alterna (ver el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens).

7 Manejo y mantenimiento de los aparatos de maniobra

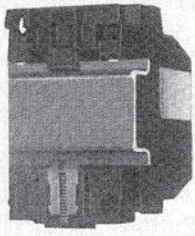
7.1 Fijación

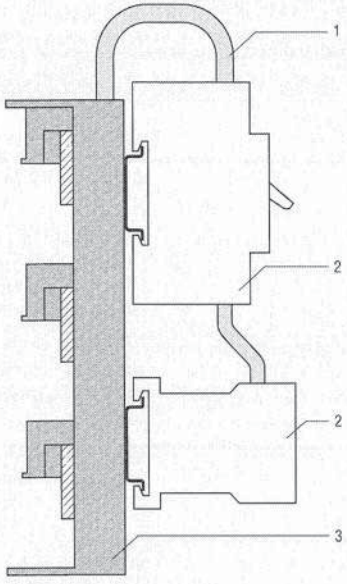
7.1.1 Medios auxiliares para el montaje

La fijación de los aparatos de maniobra se facilita considerablemente mediante el uso de diversos medios auxiliares:

▷ *Fijación por encastre*, para un montaje rápido sobre rieles de fijación normalizados (Figura 7.1/1 a). Este sistema garantiza una fijación segura y firme, aun después de un servicio prolongado. (Para los aparatos pequeños se emplean rieles de fijación según la norma DIN EN 50022 de 35 mm de ancho, y para los aparatos de mayor tamaño, rieles de fijación de acuerdo con la norma DIN EN 50023 de 75 mm de ancho.

Un eventual desmontaje del aparato resulta sencillo mediante el uso de una herramienta normal como, por ejemplo, un destornillador, o en el caso de los diseños más recientes, sólo es necesario ejercer una presión con la mano para vencer la presión de un resorte integrado.





1 Conductores de interconexión
2 Aparatos montados
3 Adaptador

a) Fijación sobre riel DIN

b) Fijación sobre una terna de barras colectoras

Figura 7.1/1
Fijación rápida sobre riel y adaptador para sistema de barras colectoras

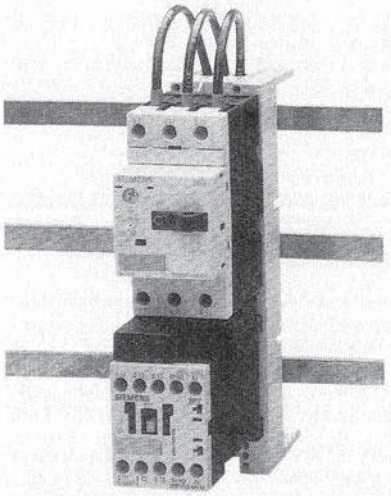


Figura 7.1/2
Fijación de aparatos de maniobra con adaptadores para barras colectoras:
salida a consumidor libre de fusibles 3RA para 5,5 kW, 400 V, formada por un interruptor automático (guardamotor) 3RV y un contactor 3RT

▷ *Adaptador para sistemas de barras colectoras.* Estos adaptadores permiten montar los aparatos directamente sobre las barras colectoras con el ahorro de espacio consiguiente (Figura 7.1/1 b). De esta manera, se obtienen simultáneamente la fijación mecánica y la conexión eléctrica. Los adaptadores pueden estar diseñados para el montaje de aparatos específicos, o ser montados en fábrica como, por ejemplo, en el caso de los seccionadores bajo carga con fusibles, tipo 3NP4. Los adaptadores "flexibles", en cambio, tienen uno o dos rieles de 35 mm normalizados de fijación rápida para encastrar los aparatos. Esto los hace especialmente apropiados para el montaje de arrancadores sin fusibles formados por interruptor automático (guardamotor) y contactores. La conexión eléctrica a los aparatos de maniobra se efectúa mediante cables previamente montados (Figuras 7.1/1 b y 7.1/2) o módulos de conexión, que vinculan el interruptor automático (guardamotor) y el contactor tanto eléctrica como mecánicamente (ver la Sección 3.8.4). En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se suministra más información.

▷ *Aparatos enchufables* (Figura 7.1/3). En este sistema, los zócalos de conexión se montan y conectan en el armario o tablero de maniobras. En ellos se insertan los interruptores automáticos compactos (MCCB) 3VF3 a 3VF6, mediante cuchillas de contacto. Un perno de disparo en la parte posterior del interruptor asegura que el interruptor sólo pueda ser insertado o extraído cuando sus contactos principales están abiertos. Para los interruptores automáticos compactos 3VF6 y 3VF7 en ejecución extraíble también se puede suministrar un bastidor adicional para facilitar esta operación.

▷ Ejecuciones extraíbles para interruptores automáticos 3WN.

La ejecución extraíble está compuesta por el bastidor y el interruptor automático mismo. El bastidor (Figura 7.1/4) contiene los contactos receptores de las vías principales de corriente, los de los circuitos auxiliares, el accionamiento por husillo para la inserción y los interruptores auxiliares indicadores de la posición del interruptor en el bastidor.

En el interruptor 3WN están montadas las cuchillas de seccionamiento de las vías principales de corriente y los conectores automáticos de los circuitos auxiliares.

▷ Un enclavamiento mecánico impide todo desplazamiento del interruptor en el bastidor cuando sus contactos principales están cerrados.

Los interruptores automáticos 3WN tienen tres posiciones diferentes en el bastidor:

- Posición de servicio
  Las cuchillas de seccionamiento de los circuitos principales y los conectores de los circuitos auxiliares se encuentran conectados.
- Posición de prueba
  Las cuchillas de seccionamiento de los circuitos principales se encuentran desconectadas, los conectores de los circuitos auxiliares, por el contrario, están conectados.
- Posición de seccionamiento
  Las cuchillas de seccionamiento de los circuitos principales y los conectores de los circuitos auxiliares se encuentran desconectados.

Una cuarta posición está prevista para inspección y mantenimiento. En la "posición de mantenimiento", el interruptor automático se encuentra "seccionado" sobre los rieles de soporte y fuera del frente del armario o tablero.

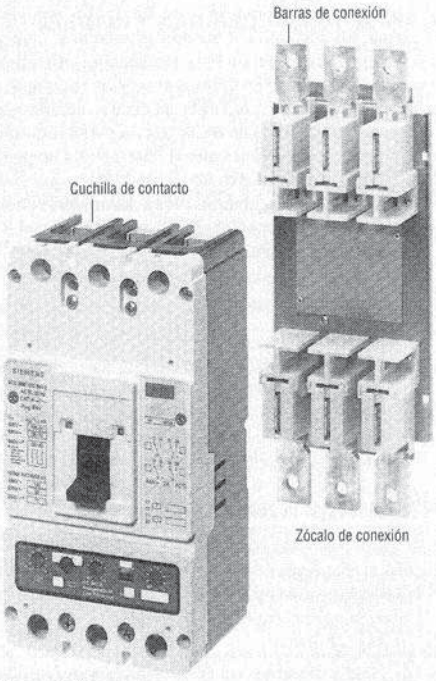


Figura 7.1/3
Interruptor automático 3VF enchufable con zócalo de conexión

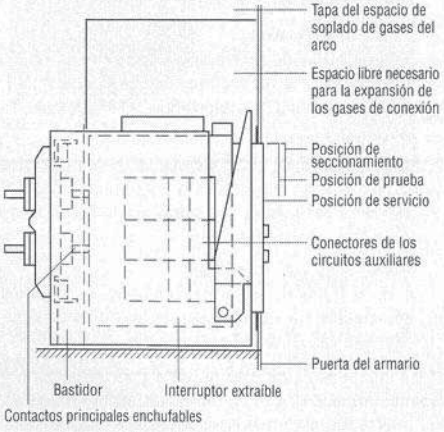


Figura 7.1/4
Interruptor automático 3WN, ejecución extraíble

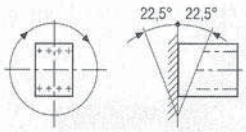


Figura 7.1/5
Posiciones de servicio admisibles, ejemplo de un contactor 3RT

7.1.2 Posiciones de servicio

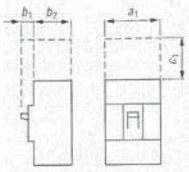
Al realizar el montaje de los aparatos de maniobra o sus combinaciones, deben tenerse en cuenta las posiciones de servicio admisibles de los mismos. Esta información se encuentra en la documentación de los aparatos (catálogos, instrucciones de servicio o placa de características).

Los datos técnicos e indicaciones correspondientes como, por ejemplo, vida útil, capacidad de ruptura, etc. sólo serán válidos cuando los aparatos están montados de acuerdo con las especificaciones de las posiciones de servicio admisibles.

7.1.3 Espacios libres necesarios para la expansión de los gases de conexión

Cuando se desconectan corrientes, se producen arcos cuya intensidad depende del trabajo de desconexión, es decir, de la corriente y de la tensión. Los arcos se extinguen en las cámaras apagachispas. Los gases que se producen son expulsados de estas cámaras con presiones elevadas, o sea, salen de los aparatos de maniobra. Para evitar que los gases de extinción de arco produzcan descargas, es necesario mantener una cierta distancia entre las aberturas de salida de los gases y las partes conductoras de tensión o puestas a tierra de la instalación. Estas distancias de seguridad también deben respetarse cuando arriba o detrás del aparato de maniobra se encuentren montados otros aparatos de maniobra o barras colectoras y estos elementos continúen con tensión después de la desconexión del aparato en cuestión. Las distancias también deben mantenerse, aunque podrán ser menores, con respecto a las partes aislantes como, por ejemplo, las placas separadoras para que los gases de extinción puedan liberarse sin obstáculos.

En la documentación de los aparatos respectivos se indican los espacios mínimos (ver también la figura 7.1/6) que deben mantenerse libres para cada uno de ellos (según el caso, en función de la tensión de servicio).



Tipo	a_1	b_1	b_2	c_1
3VF3	105	15	86	86
3VF4	105	17	104	127
3VF5	140	18	104	164
3VF6	210	33	104	156
3VF7	210	43	140	100
3VF8	394	76	230	76

Distancias mínimas a las partes adyacentes conectadas a tierra, o a las partes conductoras de tensión no aisladas. Dentro del espacio de soplado de los gases del arco deben aislarse los conductores desnudos.

Figura 7.1/6
Indicación del espacio libre necesario (c_1) para el soplado de los gases de desconexión de interruptores automáticos (Ejemplo: Interruptor automático tripolar 3VF.)

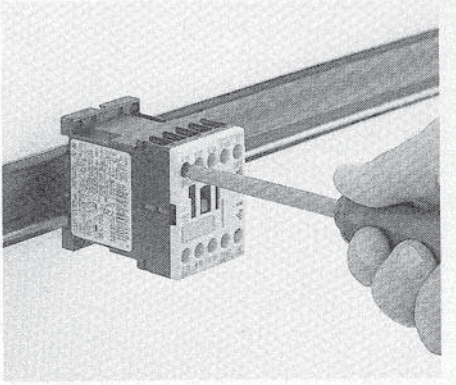


Figura 7.2/1
Aparato de maniobra con la técnica de conexión SIGUT

En algunos aparatos debe preverse además un espacio libre para el desmontaje de las cámaras apagachispas.

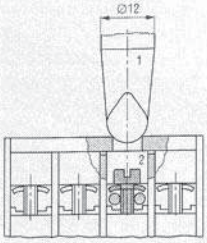
7.2 Conexión

7.2.1 Técnica de conexión SIGUT

La técnica de conexión SIGUT (SIGUT: abreviatura de la expresión en alemán que sintetiza esta técnica: Siemens, bornes de conexión abiertos con tornillos imperdibles y entrada cónica para conductores) ofrece una serie de ventajas a los aparatos de maniobra utilizados en circuitos auxiliares o en circuitos principales de corrientes nominales reducidas. (Ver también la figura 7.2/1).

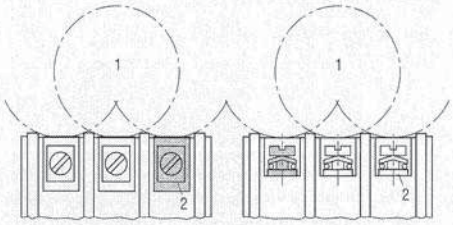
La técnica de conexión SIGUT significa:

- ▷ *Una conexión mecánica y eléctrica segura mediante tornillos de conexión con arandelas de presión o bornes tipo marco.* La seguridad de funcionamiento se mejora aún más por salientes en las arandelas de presión y por las estrías en los bornes tipo marco que favorecen la fijación de los conductores al punto de conexión. Los conductores utilizados podrán ser así unifilares, multifilares sencillos o de hilos finos, con o sin terminal (según DIN 46228) en sus extremos.
- ▷ *Puntos de conexión abiertos.* Sólo se requiere introducir el conductor y luego, ajustar los tornillos.
- ▷ *Tornillos imperdibles.* Es un detalle pequeño que, sin embargo, evita fastidios innecesarios. No hace falta apretar los tornillos de los bornes que no están en uso para prevenir la pérdida de los mismos.
- ▷ *Introducción de los cables en huecos cónicos,* con puntos de conexión diseñados en forma de cámaras con topes para los conductores. Esto facilita la introducción de los conductores que quedan en la posición y profundidad correctas.
- ▷ *Guías para destornilladores,* que permiten el empleo de destornilladores mecánicos. Con esto se evita la fatiga y se asegura que los tornillos siempre queden apretados en forma uniforme.
- ▷ *Marcaciones inequívocas en los aparatos:* Evitan en gran medida los errores de conexión. Todos los puntos de conexión están marcados con números ordinales y de función de acuerdo con las normas DIN EN 50011 y 50012, de fácil lectura, cuya asignación es inequívoca y clara. Los aparatos en sí tienen rótulos de denominación con fijación por encastre.
- ▷ *Protección contra contacto accidental de las partes conductoras de tensión.* Los tornillos y puntos de conexión se encuentran dentro de una cavidad de los aparatos que los hace seguros ante el contacto de los dedos o el dorso de la mano, según la norma DIN VDE 0106, Parte 100. Así también se satisfacen de manera sencilla las exigencias de la "Berufsgenossenschaft", VBG4 (Asociación de Profesionales de Alemania), ver también la Sección 1.4.1.2.



1 Dedo de pruebas según la norma DIN VDE 0470, Parte 1
2 Parte de contacto peligroso

Figura 7.2/2
Seguridad contra contacto accidental de los dedos



1 Esfera con 50 mm de diámetro
2 Parte de contacto peligroso

Figura 7.2/3
Seguridad contra contactos del dorso de la mano

Seguridad contra contactos accidentales de los dedos

Los dispositivos eléctricos deben ser "seguros contra contactos accidentales de los dedos" en las cercanías (30 mm de distancia) de un elemento de accionamiento (Figura 7.2/2). Las partes, cuyo contacto sea peligroso, no deben poder tocarse con el "dedo de pruebas" (ver también la Sección 1.4.1.2).

Seguridad contra contactos accidentales del dorso de la mano

Además de la zona segura contra contactos accidentales de los dedos alrededor de un elemento de accionamiento, se exige que los aparatos eléctricos sean "seguros contra contactos accidentales del dorso de la mano" en una zona que abarca una distancia de 30 a 100 mm. No se admite que las partes, cuyo contacto sea peligroso, puedan ser tocadas con una esfera de 50 mm de diámetro (Figura 7.2/3). Esto también es válido para aparatos que sean montados en las puertas de los armarios o tableros (ver también la Sección 1.4.1.2).

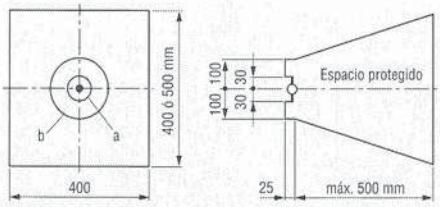


Figura 7.2/4
Zona segura contra contacto accidental de los dedos (a), y del dorso de la mano (b), así como espacio protegido para el accionamiento (medidas en mm)

Espacio de protección

En la norma DIN VDE 0106, Parte 100, el espacio de protección se define como aquél en el que tiene que introducirse la mano para alcanzar los elementos de accionamiento. Este espacio se debe mantener libre de partes de contacto peligroso. En caso de que partes de esta naturaleza se encuentren en dicho espacio, se deben ofrecer, como mínimo, seguridad contra contactos del dorso de la mano. La forma de este espacio de protección se estipuló en conformidad con la ergonomía del ser humano y depende de la posición que hay que adoptar para maniobrar (de pie o de rodillas) y de la posición, tamaño y forma del elemento de accionamiento (Figura 7.2/4).

Los aparatos de maniobra con técnica de conexión SIGUT o con bornes tipo marco son seguros contra contactos accidentales de los dedos y el dorso de la mano, por lo cual pueden emplearse dentro del espacio de protección sin coberturas adicionales de los bornes.

7.2.2 Terminales enchufables planos

Para el cableado de los circuitos de mando y principales de potencia reducida, se desarrolló y extendió rápidamente hace algunos años, una técnica que permite confeccionar mazos de cables con terminales planos (Fast-On) en sus extremos, los cuales pueden conectarse rápidamente sin herramientas (Figura 7.2/5). Según el tipo de conexión, se pueden enchufar en las diferentes ejecuciones de aparatos, manguitos terminales planos de los tipos B 6,3 ó B 2,8, según las normas DIN 46245 y 46247.

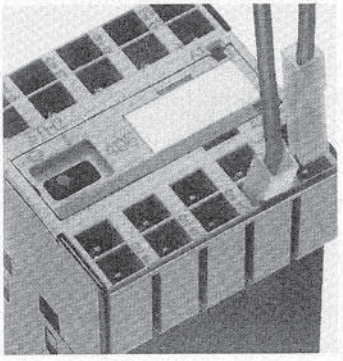


Figura 7.2/5
Contactor auxiliar con terminales enchufables planos de 2,8 × 0,8 mm

Las guías para los manguitos terminales B 2,8 facilitan la inserción y aseguran una conexión firme y duradera entre el terminal y el manguito.

Todas las partes conductoras de los aparatos con terminales planos están protegidas contra contactos accidentales. Los conectores planos se encuentran montados en cavidades en el cuerpo del aparato. Cuando se emplean manguitos terminales aislados, los aparatos ofrecen seguridad contra contactos accidentales de los dedos, según especifica la norma DIN VDE 0106, Parte 100.

En la Sección 7.2.4 se describe la técnica libre de tornillos de uso más difundido en la actualidad.

7.2.3 Bornes tipo marco

En los aparatos con corriente nominal más elevada, los bornes tipo marco ofrecen facilidades de conexión y protección contra contactos accidentales similares a los brindados por la técnica de conexión SIGUT y sin que se requieran placas de cubierta adicionales.

En comparación con las conexiones por barras terminales, los bornes tipo marco ahorran los terminales para cables y tiempo de montaje. Por ejemplo, los bornes tipo marco permiten realizar las conexiones principales de los contactores 3RT103. – 3RT104. y 3TF44 a 3TF50 con los extremos de dos conductores sin terminales; las secciones de estos conductores incluso podrán ser diferentes.

También los interruptores automáticos de las series 3V permiten la conexión de conductores de cobre sin terminales crimpeados o soldados. Para los interruptores de estas series se dispone además, de elementos de conexión para barras y juegos de pernos para la conexión por la parte posterior.

7.2.4 Conexión libre de tornillos

Como alternativa a las técnicas de conexión descriptas en las secciones 7.2.1 y 7.2.2 se dispone de la técnica libre de tornillos a resortes (Cage Clamp). Esta técnica, también conocida como "conexión por jaula" se emplea en borneras con éxito desde hace años.

Los nuevos aparatos de maniobra de baja tensión de la generación SIRIUS 3R tienen, para las conexiones principales hasta 12 A y las conexiones auxiliares y de mando, bornes con la técnica de conexión libre de tornillos a resortes. Para cada punto de conexión se dispone de dos bornes de 2 × 2,5 mm^2.

El borne con conexión por resortes en jaula permite conectar los siguientes tipos de conductores:

- ▷ Conductor macizo (alambre),
- ▷ Cable multifilar sencillo o de hilos finos, con o sin terminal.

Además, las conexiones accesibles desde el frente permiten disminuir las distancias entre filas de aparatos con el consiguiente incremento de la densidad de montaje.

Los conductores con secciones de entre 0,08 y 2,5 mm^2 se pueden conectar de manera sencilla y sin complicaciones (Figura 7.2/6).

La conexión libre de tornillos por resortes en jaula ofrece las siguientes ventajas:

- ▷ La presión de contacto del resorte se ajusta a cada sección de conductor especifica.
- ▷ El conductor se comprime en forma compacta y plana contra la barra de conexión.
- ▷ No es necesario considerar un par de apriete, como en el caso de las conexiones a tornillo.

  De esto resulta:
  - Los conductores no se aflojan.
  - No es necesario volver a apretar los tornillos,
  - El conductor no se desconecta del borne.
- ▷ La elevada presión del resorte provee gran resistencia a vibraciones y golpes.
- ▷ Una construcción especial de la abertura para los conductores y del resorte de presión en la jaula permite realizar la conexión de conductores con y sin terminal.

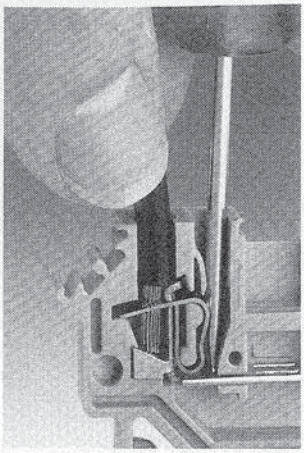


Figura 7.2/6
Conexión libre de tornillos, sencilla y sin problemas

7.3 Operación

El accionamiento y operación de los aparatos de maniobra (se exceptúan los aparatos de mando, tales como fines de carrera de accionamiento mecánico, detectores de proximidad (BERO), pulsadores y botones de accionamiento manual, etc. así como los actuadores neumáticos e hidráulicos) se realiza por lo general, de manera manual, motorizada o electromagnética. Electromagnéticamente se accionan, por ejemplo, los contactores y relés. La gran ventaja que ofrecen estos aparatos es la operación a distancia.

Los interruptores automáticos, seccionadores bajo carga y seccionadores fusibles se operan, en la mayoría de los casos, in situ por medios manuales. El accionamiento motorizado de estos aparatos se emplea para fines de comando a distancia y cuando se aplican pares muy elevados.

7.3.1 Operación manual

En los seccionadores fusibles bajo carga o en los listones seccionadores fusibles bajo carga, las tapas portafusibles forman una unidad mecánica con los soportes de los cartuchos fusibles, y las cuchillas de los mismos, toman la función de contactos principales. El operador realiza el movimiento de cierre de abajo hacia arriba y el movimiento de apertura de arriba hacia abajo. (Ver la Tabla 7.3/1 "Clasificación de las operaciones" según la norma EN 60447).

En los interruptores automáticos y en los seccionadores bajo carga con accionamiento manual, los accionamientos están integrados en los aparatos, o se los puede montar o vincular posteriormente.

Se puede diferenciar entre:

- manivela o empuñadura rotativa,
- palanca basculante,
- palanca bastón o accionamiento de estribo,
- accionamientos con acumulador de energía.

En los accionamientos con acumuladores de energía, se tensa previamente un resorte mediante una palanca manual o un motor, el resorte se activa por un medio mecánico (desbloqueo por botón) o electromecánico durante la operación del aparato.

Para todos los elementos de operación, además de una clara indicación de la posición de conexión, debe considerarse un gran número de exigencias según la clase de uso específico. Así, por ejemplo, para interruptores de emergencia se prescribe siempre un accionamiento rojo y una placa de señalización amarilla (normas DIN EN 60204-1, VDE 0113 parte 1 e IEC 73).

Los interruptores principales deben poder bloquearse mediante candados en la posición de "desconectado", sus accionamientos tienen que encontrarse entre 0,6 y 1,9 m sobre el nivel del piso (DIN EN 60204-1, VDE 0113, Parte 1). El bloqueo con candados de un interruptor en la posición de "desconectado" no se debe poder eludir o engañar para cerrar el aparato por otros medios.

En el caso del montaje de los accionamientos de interruptores en las puertas (ver accionamientos manuales giratorios con acoplamiento a puertas 8UC6 en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens), un bloqueo de la puerta tiene que impedir que la misma pueda abrirse cuando el interruptor está en la posición de "conectado". Sin embargo, aquí es admisible que personal calificado esté habilitado para eludir el bloqueo y abra la puerta para realizar, por ejemplo, trabajos de ajuste y control (Ver las normas DIN EN 60204-1 y VDE 0113, Parte 1).

Los accionamientos a palanca sólo pueden operarse manualmente hasta determinados valores del par de giro o vuelco. Para los interruptores que superan estos valores, existen prolongaciones enchufables para la palanca. Otra posibilidad que se usa también

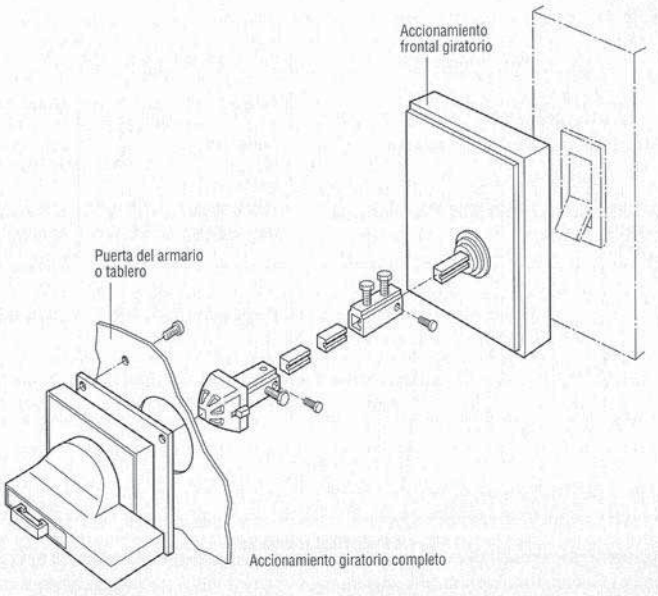


Figura 7.3/1
Accionamiento frontal giratorio para montaje sobre el interruptor, que convierte el movimiento de la palanca en rotativo, y acople para puerta

en los acoplamientos para puertas, son los accionamientos que montados sobre el interruptor convierten el movimiento de la palanca en rotativo (Ver la figura 7.3/1).

Sentido del mando y disposición de los actuadores

La maniobra deseada se debe realizar con rapidez y seguridad por medio de la operación de los actuadores de un aparato de maniobras. En la norma EN 60447, 1993 se fijan los requerimientos correspondientes:

- Clasificación de las operaciones y los estados finales resultantes (Ver la Tabla 7.3/1).
- Clasificación de los estados finales (Ver la Tabla 7.3/2).
- Ejemplos de las direcciones del movimiento (Ver la Tabla 7.3/3).

7.3.2 Accionamiento motorizado, motorizado con acumulación de energía, magnético

Los accionamientos motorizados y los magnéticos se utilizan para mando a distancia, los motorizados con acumulación de energía para mando a distancia y sincronización.

Accionamientos sin acumulación de energía

- Accionamientos motorizados para la conexión y desconexión como, por ejemplo, en interruptores automáticos compactos 3VF y seccionadores bajo carga 3KE.
- Accionamientos motorizados sólo para conexión como, por ejemplo, en interruptores automáticos abiertos 3WN y en vacío 3WS. La desconexión se realiza mediante bobinas de apertura por tensión o por mínima tensión.
- Accionamientos magnéticos para la conexión y la desconexión como, por ejemplo, en interruptores automáticos (guardamotores) 3VU13.

Tabla 7.3/1 Clasificación de las operaciones y los estados finales resultantes

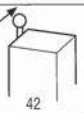
Tipo de actuador	Tipo de operación		Dirección de la operación	
			Grupo 1	Grupo 2
Volante manual, manivelas, botones rotativos, etc.	Movimiento rotativo		En sentido horario ↷	En sentido antihorario ↶
Manijas, palancas, pulsadores con movimiento alternativo, etc. con un movimiento esencialmente lineal	Movimiento vertical		Desde abajo hacia arriba ↑	Desde arriba hacia abajo ↓
	Movimiento horizontal	Derecha – Izquierda	Hacia la derecha →	Hacia la izquierda ←
		Hacia adelante – hacia atrás	Alejándose del operador ⊗	Acercándose al operador ⊙

Tabla 7.3/2 Clasificación de los estados finales

Tipo de estado	Estado final resultante	
	Grupo 1	Grupo 2
Modificación de alguna magnitud física (tensión, intensidad de corriente, potencia, velocidad, frecuencia, temperatura, intensidad luminosa, etc.)	Creciente	Decreciente
Modificación de la condición	Conectar Arrancar Acelerar Cerrar un circuito eléctrico[1)] Encender	Desconectar Parar Frenar Abrir un circuito eléctrico[2)] Apagar
Movimiento de un objeto o vehículo que se comanda en relación con sus ejes.	Hacia arriba Hacia la derecha Hacia adelante	Hacia abajo Hacia la izquierda Hacia atrás
Movimiento referido al operador.	Alejándose del operador	Acercándose al operador

[1)] y apertura del correspondiente circuito de puesta a tierra, si es que están combinados
[2)] y cierre del correspondiente circuito de puesta a tierra, si es que están combinados

Tabla 7.3/3 Ejemplos de las direcciones del movimiento

Movimientos rotativos		11	12	13	14	15
Movimientos verticales		21	22	23	24	25
Movimientos horizontales	Derecha - izquierda	31	32	33	34	35
	Hacia adelante hacia atrás	41	 42	43	44	

Para la desconexión también se pueden utilizar bobinas de apertura por tensión o por mínima tensión.

Accionamientos con acumulador de energía y dispositivo de cierre

(por ejemplo, interruptores automáticos 3WN y 3WS)

- Accionamientos motorizados para cargar el resorte de conexión; la conexión a distancia se realiza mediante una bobina de cierre. Para la desconexión aquí también se utilizan bobinas de apertura por tensión o por mínima tensión.

  Los interruptores automáticos con accionamiento motorizado, acumulador de energía y dispositivos de cierre se pueden utilizar para sistemas de sincronización.

7.4 Medidas para facilitar los trabajos de reemplazo, control y mantenimiento

Una condición previa importante para reducir el trabajo de mantenimiento, es la selección correcta de los aparatos de maniobra, cuyas vidas útiles mecánica y eléctrica deben corresponder a los requerimientos de servicio de la instalación.

La vida útil eléctrica es, por lo general, menor que la mecánica. Básicamente, esto es válido tanto para contactores como para interruptores. Por lo tanto, siempre que ello sea rentable, en estos aparatos es posible reemplazar los contactos y las cámaras apagachispas; en esta operación se valorizan las facilidades ofrecidas para realizar el reemplazo con rapidez. Por ejemplo, la selección de un contactor cuya vida útil eléctrica de los contactos iguala a su vida útil mecánica o la aceptación de varios cambios de contactos depende de los costos (ver las secciones 3.3.3, 3.7.3 y 3.7.7).

En el caso de los interruptores automáticos 3WN, tras la apertura de un cortocircuito es recomendable controlar el estado de los contactos y las cámaras apagachispas y verificar si pueden continuar en servicio. En las respectivas instrucciones de servicio se encuentran las recomendaciones correspondientes.

Los aparatos de maniobra que aplican la técnica del vacío, tienen una vida útil eléctrica muy prolongada y, por lo tanto, requieren de muy poco mantenimiento. Los tubos de contacto al vacío de los contactores 3TF68/69 y de los interruptores automáticos 3WS1 no requieren mantenimiento en toda su vida útil.

Las siguientes medidas facilitan las tareas de reemplazo, control y mantenimiento:

- ▷ Fijación rápida.
- ▷ El montaje de los bloques de contactos auxiliares de los contactores se realiza por encastre (sin herramientas).
- ▷ Ejecuciones enchufables.

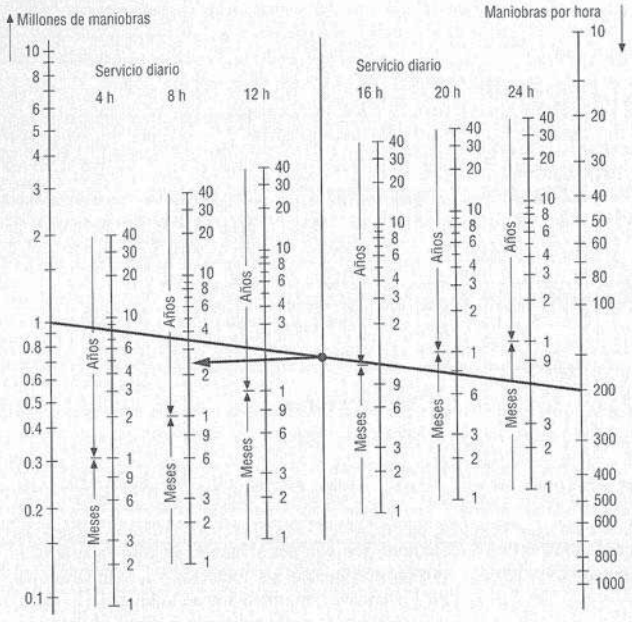


Figura 7.5/1
Nomograma con un ejemplo para determinar la vida útil de contactos con 250 días de trabajo al año y un servicio diario de 4, 8, 12, 16, 20 y 24 horas (ver también la Sección 10.8). Cuando se trabajan 365 días por año en lugar de los 250 tomados como base, debe multiplicarse por 0,68 el tiempo total de servicio que suministra el nomograma.

- ▷ Placas de identificación de los aparatos, que permiten asignar los mismos a sus vías de corriente, en especial, en armarios o tableros de comando de gran envergadura.
- ▷ Pulsadores de prueba en los relés de sobrecargas térmicos o electrónicos.
- ▷ Ejecuciones extraíbles con posiciones de servicio, prueba, seccionamiento y mantenimiento.
- ▷ Funciones de prueba en los disparadores por sobreintensidad electrónicos de interruptores automáticos 3WN, implementadas como autocontrol interno o con el uso de un equipo de pruebas, incluso con el aparato montado.
- ▷ Control del estado de funcionamiento de los fusibles NH instalados en los seccionadores bajo carga con fusibles, mediante un interruptor automático especial o por medios electrónicos (ver la Sección 4.7).

  Protección integral del motor por medio de termistores instalados dentro del motor y sus correspondientes relés de disparo (ver la Sección 3.4.3.6).

7.5 Control y criterios de evaluación del estado de contactos de los contactores de corriente alterna

La vida útil de los contactos se puede determinar, en meses y años, con cierta exactitud sobre la base de las condiciones de servicio existentes (Figura 7.5/1). Además, cuando los usuarios requieren un cálculo más exacto de la vida útil de los contactos y para la selección de los contactores, disponen del programa de selección "ELLE" (acrónimo de las palabras que en alemán significan vida útil eléctrica), que funciona con PC compatibles con el estándar AT, por ejemplo, el PCD-4T de Siemens.

El programa "ELLE" permite seleccionar contactores en función de la potencia a maniobrar, la categoría de servicio y la vida útil.

El programa guía al usuario por medio de menús de diálogo y, por lo tanto, no son necesarios conocimientos especiales para su uso.

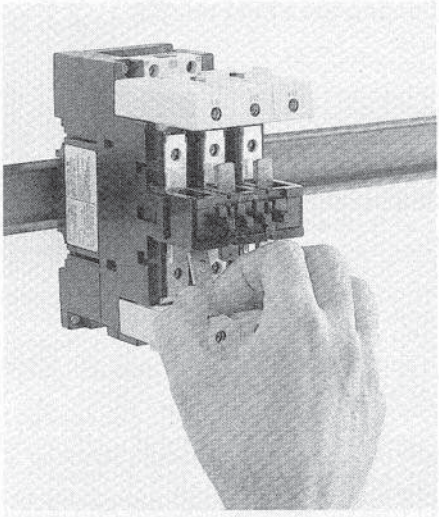


Figura 7.5/2
El cambio de contactos en un contactor SIRIUS es muy sencillo

Antes de ingresar los datos podrá imprimirse un formulario de entradas, en el que se indican el desarrollo del programa y los datos de servicio necesarios.

Como resultado se obtiene una selección de contactores con indicación de la vida útil de sus contactos en número de maniobras, años y meses, así como la cantidad de contactos de repuesto necesarios. Esta información puede ser impresa e identificada con un título y fecha.

De esta manera se pueden seleccionar en forma sencilla y rápida los contactores para los tipos de aplicación mas dispares.

Cada cierto tiempo deberían realizarse inspecciones de rutina, dado que en la práctica y por diferentes motivos, la vida útil real alcanzada puede ser mayor o menor que la determinada teóricamente.

Los motivos no son sólo tolerancias; con frecuencia es imposible prever todas las condiciones de servicio de las que depende la vida útil de los contactos.

Las inspecciones que podrán realizarse durante las pausas en el servicio, aumentan la confiabilidad del servicio de una instalación y evitan costosos tiempos de parada por averías de la planta.

La comprobación visual también es necesaria después de una falla como, por ejemplo, un cortocircuito. Debe tenerse en cuenta que, según las normas DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660, Parte 102) o IEC 947-4-1, en caso de cortocircuito, los contactos de un contactor pueden quedar soldados.

En los contactores que operan motores de 15 kW/ 400 V o mayores, el estado de los contactos se controla fácilmente con el aparato desconectado. Después de destornillar dos tornillos, se puede remover la cámara apagachispas. No es necesario quitar las conexiones de los conductores a los contactos. El control visual permite determinar si se deben reemplazar los contactos (Figura 7.5/2).

El personal de mantenimiento debe saber cómo evaluar la capacidad de los contactos para permanecer en servicio. Sería erróneo, por ejemplo, reemplazar contactos por el sólo hecho de que los arcos de las maniobras los llenaron de hollín y erosionaron su superficie. Estas son consecuencias totalmente normales del servicio y sólo se causarían gastos innecesarios si se reemplazaran dichos contactos en perfecto estado de funcionamiento.

En la práctica, la posibilidad de seguir utilizando un contacto depende únicamente del volumen del material de contacto restante sobre el portacontactos.

8 Instalaciones de maniobra y de distribución para baja tensión

8.1 Generalidades

Las instalaciones de maniobra y de distribución para baja tensión se emplean como eslabones de unión entre los equipos de generación (generadores), transporte (cables, líneas aéreas) y conversión (transformadores) de energía eléctrica, y los consumidores, tales como los motores, las válvulas electromagnéticas y los aparatos de calefacción, alumbrado y climatización (para las normas correspondientes, ver también la Sección 1.3).

La figura 8.1/1 ofrece un panorama del programa completo de armarios o tableros (cuadros) de maniobra y distribución de Siemens, e incluye los correspondientes sistemas de mando.

Los criterios de selección mostrados en esta figura para los distribuidores radiales, lineales y domiciliarios se resumen en los cuatro campos siguientes:

Corrientes:

- ▷ corrientes asignadas de las barras colectoras,
- ▷ corrientes asignadas de la alimentación,
- ▷ corrientes asignadas de las salidas/derivaciones,
- ▷ resistencia o estabilidad ante cortocircuitos en las barras colectoras,

Protección e instalación:

- ▷ clase de protección,
- ▷ medida de protección,
- ▷ tipo de instalación,
- ▷ número de paneles frontales de operación,
- ▷ material del armario,
- ▷ condiciones ambientales.

Montaje de los aparatos:

- ▷ con fijación rápida por encastre sobre riel DIN o con tornillos,
- ▷ fijo,
- ▷ en módulos retirables,
- ▷ en módulos extraíbles.

Aplicación:

- ▷ Diez posibilidades distintas de aplicación.

En la mayoría de los casos, los tableros de maniobra y de distribución se denominan de acuerdo con la función que desempeñan en la planta del operador. Las distintas formas constructivas no tienen características diferenciadas estrictas. En el ejemplo de una red de baja tensión industrial, para facilitar la definición, se emplean sólo las dos expresiones "armario o tablero principal" y "distribuidor secundario" (Figura 8.1/2).

8.1.1 Armario o tablero principal, distribuidor secundario

El armario o tablero principal se alimenta directamente con un transformador por cada sección de barras colectoras. Los distribuidores para motores, iluminación, calefacción, climatización, comando, etc., conectados al armario o tablero principal, pertenecen a los distribuidores secundarios.

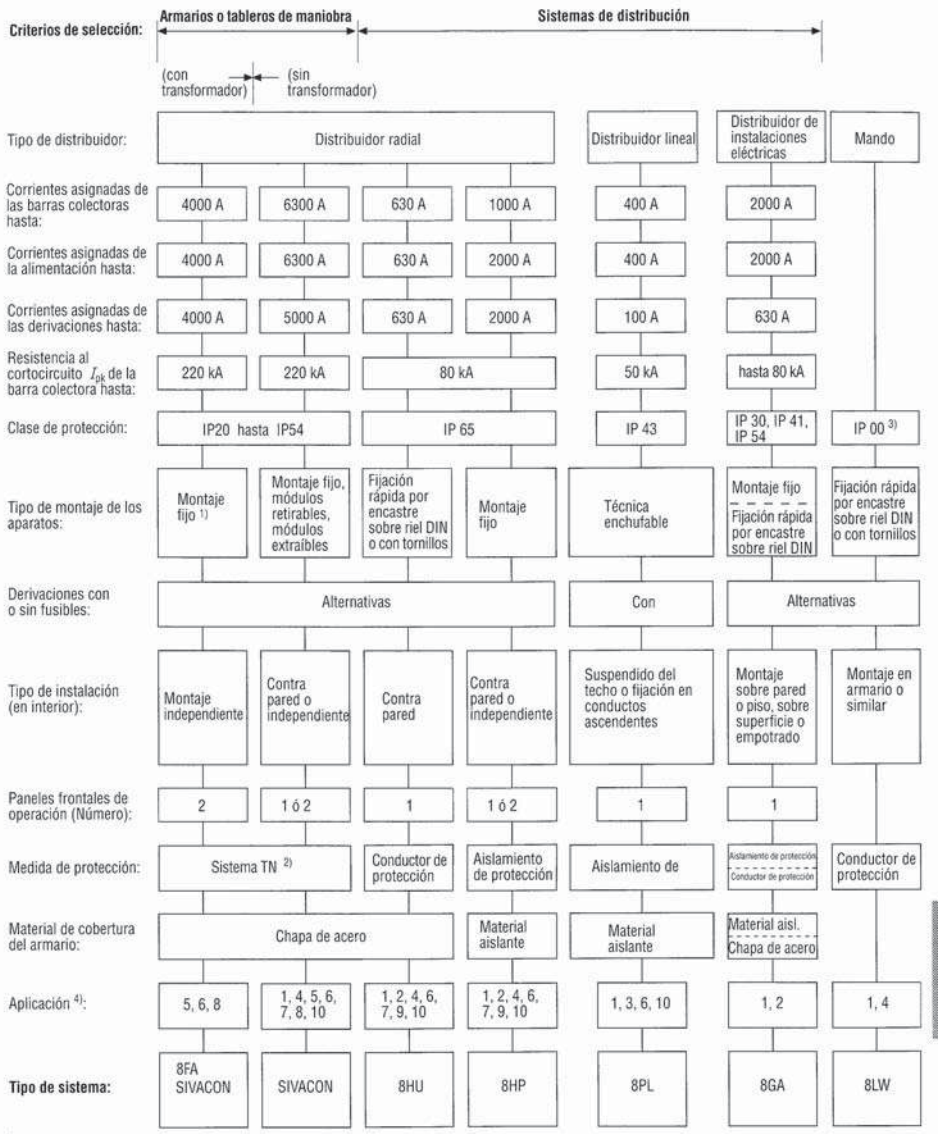
Subestación compacta S con transformador

La combinación de un armario o tablero principal con su transformador de alimentación y los aparatos de maniobra del lado de alta / media tensión – por lo general, seccionadores bajo carga con fusibles HH para 24 kV – se denomina subestación compacta S con transformador. En estas estaciones, todos los equipos eléctricos, tanto del lado de alta como de baja del transformador, e incluso éste, se interconectan con barras y cables cortos, para conformar una unidad compacta que se instala en el centro de consumo o punto central de la demanda de energía eléctrica.

Los armarios o tableros principales y las distribuciones secundarias pueden subdividirse a su vez en "distribuciones radiales" y "distribuciones lineales".

Distribuidor radial

Se denominan distribuidores radiales (Figura 8.1/3) todos los armarios o tableros de maniobra y distribución que desde un "punto" central distribuyen la energía eléctrica a partir de cables y líneas en forma radial a los consumidores alejados. Los aparatos de



1) Interruptores automáticos de alimentación, en forma opcional extraíbles
2) Sistema TN: puesta a tierra directa de un punto de la red. El cuerpo está conectado directamente con el centro de la estrella, unido a tierra, a través de un conductor PE y/o PEN (ver la Sección 1.4.2)
3) Vale la clase de protección del armario/caja
4) 1 Distribuidor para iluminación y fuerza motriz. 2 Distribuidor de instalación. 3 Distribuidor lineal. 4 Mando. 5 Compensación de potencia reactiva. 6 Distribuidor industrial. 7 Centro de control de motores. 8 Armario o tablero principal. 9 Distribuidor principal. 10 Distribuidor secundario

Figura 8.1/1 Criterios para la selección de armarios o tableros de maniobra, de distribución y de comando

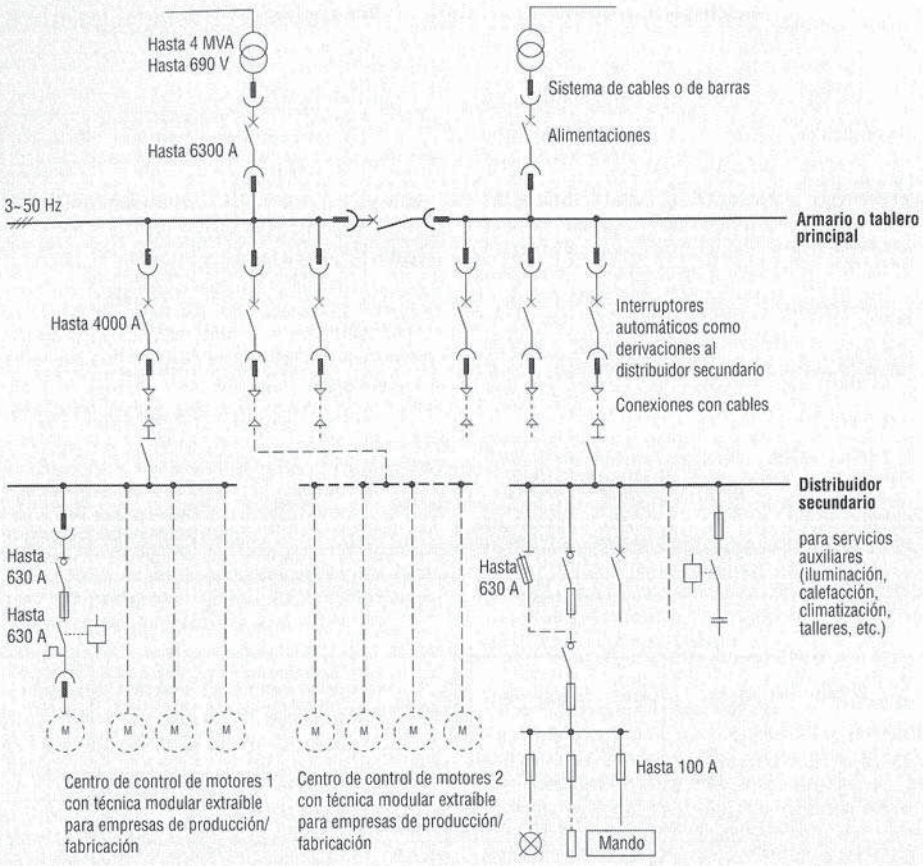


Figura 8.1/2
Ejemplo de una red de baja tensión en una planta industrial

maniobra, protección y medida necesarios se encuentran centralizados en el armario o tablero de maniobra o bien en el distribuidor.

Distribuidor lineal

Mediante los distribuidores lineales se transporta la energía eléctrica a través de distancias mayores, con barras colectoras encapsuladas (también denominadas blindobarras), hasta la proximidad inmediata de los consumidores. Éstos se conectan a las barras colectoras mediante cajas de derivación con fusibles y tramos cortos de cables o conductores de derivación. Los distribuidores lineales (distribuidores de barras con derivaciones de formato y ubicación variables), abastecen con energía eléctrica a puestos de trabajo, máquinas etc., en centros fabriles y laboratorios de gran extensión.

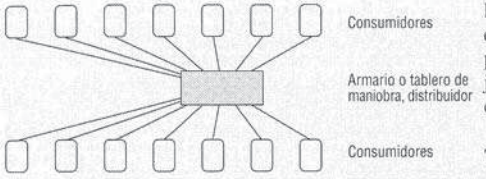


Figura 8.1/3
Representación esquemática de un distribuidor radial

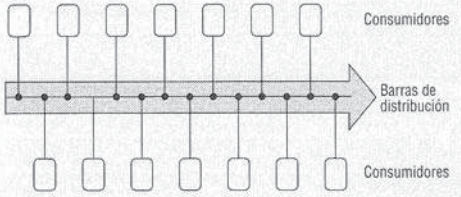


Figura 8.1/4
Representación esquemática de un distribuidor lineal

Las derivaciones pueden disponerse prácticamente en cualquier lugar del tramo de las barras colectoras, por lo que los distribuidores lineales ofrecen ventajas, en especial, para el caso de consumidores que cambian con frecuencia de ubicación.

Tableros de comando

Mientras que los distribuidores radiales y lineales se emplean en forma exclusiva para la distribución de energía eléctrica, los comandos de todos los aparatos se encuentran dentro de un armario común, desde el cual se comandan las funciones eléctricas de las máquinas de fabricación o de procesamiento.

8.1.2 Formas constructivas

Disposiciones y normas

Las normas y disposiciones EN 60 439 Parte 1 (VDE 0660 Parte 500)/04.94, "Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión – combinaciones homologadas y parcialmente homologadas" constituyen a nivel alemán y europeo, la base para el

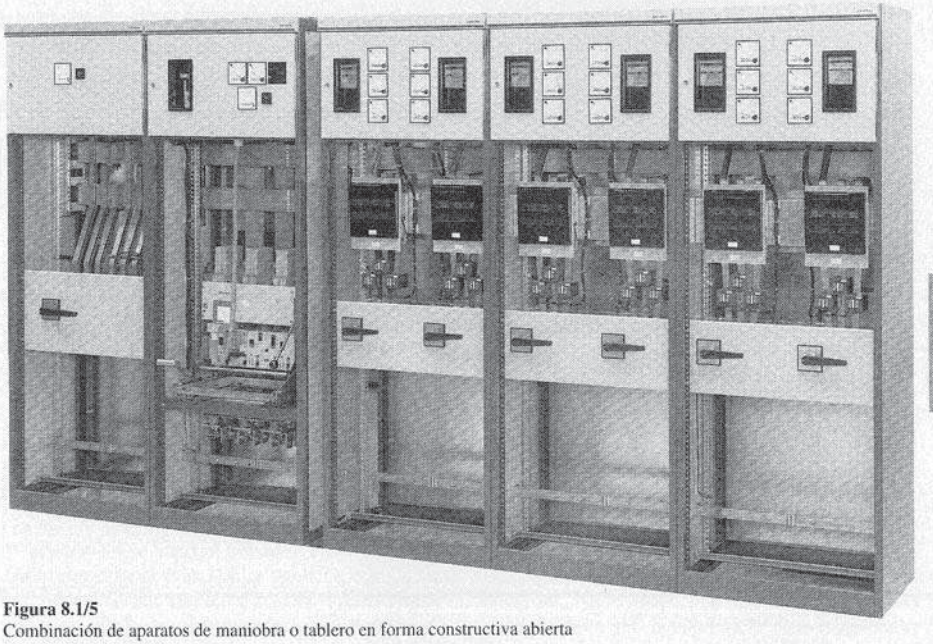


Figura 8.1/5
Combinación de aparatos de maniobra o tablero en forma constructiva abierta

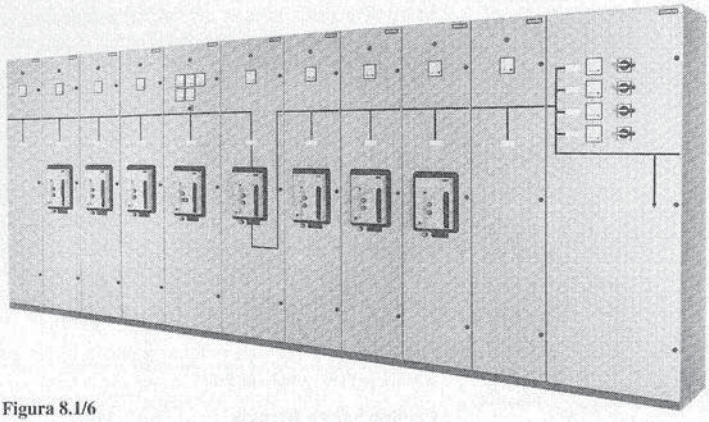


Figura 8.1/6

Combinación de aparatos de maniobra o tablero en forma constructiva cerrada

desarrollo, la fabricación y el ensayo de los armarios o tableros de maniobra y distribuidores que los fabricantes construyen bajo su propia responsabilidad.

Estas normas y disposiciones describen diferentes formas constructivas y contienen directivas para su instalación (ver también la Sección 1.3.1).

Forma constructiva abierta

En la forma constructiva abierta (Figura 8.1/5), las partes que en servicio están bajo tensión, tales como las barras colectoras principales, las barras de distribución, los aparatos de maniobra, los bornes y los cables, quedan accesibles al contacto directo desde todas las direcciones, porque el bastidor en que se montan los aparatos no dispone de ninguna cubierta. Los tableros o cuadros de maniobra y los distribuidores de esta ejecución sólo pueden instalarse en recintos cerrados de uso exclusivo para equipos eléctricos. En la actualidad, esta forma constructiva sólo se emplea en forma aislada por las exigencias que las asociaciones profesionales imponen a los operadores de instalaciones y equipos eléctricos (Disposiciones para la Prevención de Accidentes 4, VBG 4, ver la Sección 1.4.1.2).

Forma constructiva con cubierta frontal

A diferencia de la forma constructiva abierta, las de cubierta frontal tienen en el frente una protección contra contacto directo de las partes que en servicio conducen tensión. Sin embargo, los otros lados no tienen protección y, por lo tanto, es posible que se produzca un contacto accidental con las partes que se hallan bajo tensión. Por eso, también se las debe instalar en recintos cerrados y exclusivos para equipos eléctricos. Por las razones antes expuestas, el empleo de la forma constructiva con cubierta frontal es poco usual.

Forma constructiva cerrada

La forma constructiva cerrada (Figura 8.1/6) todos los lados tienen una cubierta de forma tal que se impide el contacto con las partes que en servicio conducen tensión (clase de protección mínima: IP2X). Se admite su instalación en recintos de acceso general. En la mayoría de los casos, los tableros o cuadros de la forma constructiva cerrada tienen casi siempre una altura que supera los 1000 mm (altura normalizada 2200 mm) y están formados por varios armarios (o secciones). Hasta 4 armarios constituyen una unidad de transporte.

En la actualidad, la forma constructiva que más se utiliza es la cerrada, porque entre todas las formas constructivas ofrece características óptimas para el usuario desde el punto de vista de la protección de las personas y de los equipos.

En la mayoría de las aplicaciones se emplean puertas con la misma altura que los armarios, tal como puede verse en la figura 8.1/6. Cuando se utilizan apara-

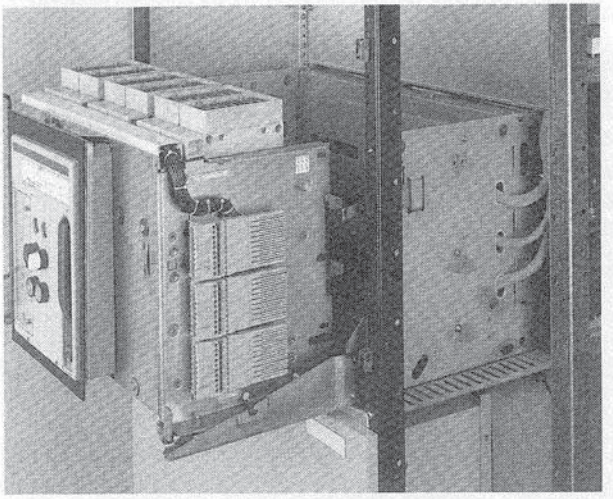


Figura 8.1/7
Módulo intercambiable extraíble

tos o módulos extraíbles, los armarios suelen dividirse en compartimientos con puertas individuales (en algunos casos, también para equipos fijos).

Forma constructiva con módulos extraíbles

Se denomina módulo extraíble a una unidad constructiva intercambiable que agrupa a varios aparatos cableados entre sí, formando una unidad funcional.

El módulo extraíble puede llevarse a una posición, en la cual se obtiene una distancia de seccionamiento como la exigida en la norma DIN VDE 0660, Parte 107 para los seccionadores. En esta posición, el módulo queda unido en forma mecánica con el bastidor o armario.

La forma constructiva con módulos extraíbles (Figura 8.1/7) siempre se emplea en armarios con forma constructiva cerrada. Además, se la subdivide en compartimientos individuales para cada módulo intercambiable (derivación, alimentación o acoplamiento), con lo cual, esta forma ofrece la máxima seguridad para la operación y las personas.

Forma constructiva de cajas

Los distribuidores construidos con cajas (Figura 8.1/8) individuales de material aislante o chapa de acero, están formados por cajas unidas rígidamente entre sí, con partes y aparatos eléctricos tales como barras colectoras, fusibles, interruptores y contactores. El cerramiento impide el contacto con partes que en servicio están bajo tensión. Debido a ello, estos distribuidores pueden instalarse en recintos de trabajo de acceso general.

Cuando se utilizan cajas con el grado de protección adecuado (como mínimo, IP 55) y, además, se instala un techo protector, también se pueden ubicar estos distribuidores a la intemperie, en contraposición con los distribuidores descriptos en los párrafos anteriores.

8.1.3 Criterios de selección

La forma constructiva y las dimensiones de una combinación de aparatos de maniobra se determinan, en primer lugar, sobre la base de las corrientes asignadas de la alimentación, de las derivaciones y de las barras colectoras.

De acuerdo con la figura 8.1/1, las combinaciones de aparatos de maniobra se subdividen en "armarios o tableros de maniobra" y "sistemas de distribución".

Armarios o tableros de maniobra

En lo esencial, los armarios o tableros de maniobra se caracterizan por los aspectos siguientes:

- ▷ elevada capacidad de conducción de corriente de los equipos eléctricos, hasta 6 300 A,
- ▷ elevada resistencia o estabilidad ante cortocircuitos, hasta 220 kA valor de cresta,

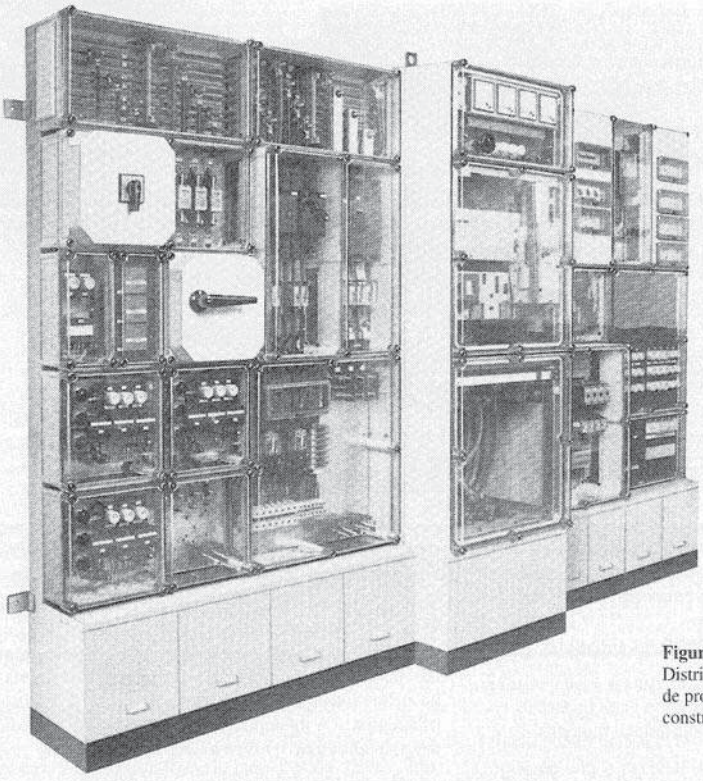


Figura 8.1/8
Distribuidor 8HP con aislamiento de protección, de la forma constructiva en cajas

- ▷ clase de protección de los armarios, desde IP 20 hasta IP 54,
- ▷ chapa de acero como material de cerramiento,
- ▷ altura de 2200 mm,
- ▷ posibilidades de montaje de los aparatos: fijo, módulos retirables o en módulos extraíbles.

Entre los armarios o tableros de maniobra ocupa una posición especial el tipo 8FA SIVACON señalado en la figura 8.1/1. Mientras que todos los demás armarios o tableros de maniobra y los distribuidores sólo comprenden los equipos eléctricos de baja tensión, el tablero (cuadro) de maniobra SIVACON debe considerarse como la parte de baja tensión de la subestación compacta con transformador 8FA, que se compone de una parte de media / alta tensión de 12 ó 24 kV, con seccionadores bajo carga para alimentaciones en anillo o radiales y un transformador con una potencia asignada de hasta 2500 kVA.

Sistemas de distribución

Los sistemas de distribución tienen las características siguientes:

- ▷ corrientes asignadas de los equipos eléctricos incorporados de hasta unos 2000 A,
- ▷ una resistencia o estabilidad ante cortocircuitos de hasta 80 kA valor de cresta,
- ▷ clases de protección de hasta IP 65,
- ▷ diferentes materiales de cerramiento (por ejemplo, material aislante o chapa de acero),
- ▷ altura de las cajas individuales, por lo general, < 1000 mm,
- ▷ el montaje de los aparatos se hace, casi siempre, en forma fija.

Para la elección del tipo armario de maniobras o de distribución adecuado para un caso concreto, debe procederse según los "criterios de selección" expuestos en la figura 8.1/1, que al final de la tabla conducen casi en forma automática a un tipo de sistema apropiado.

Resistencia al cortocircuito

La corriente de cortocircuito (corriente asignada de breve duración I_{cw}, corriente máxima asimétrica de cortocircuito o de choque I_{pk}) en el lugar de instalación del armario o tablero de maniobra, o bien del distribuidor, o sea, entre el transformador de alimentación por un lado y los consumidores conectados a través de cables por el otro, no debe superar los valores de resistencia o estabilidad ante el cortocircuito indicados por el fabricante del producto.

De acuerdo con la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500), el fabricante puede indicar la resistencia al cortocircuito de la manera siguiente:

- ▷ por la corriente asignada de breve duración admisible máxima en los terminales de entrada de la combinación de aparatos de maniobra, con dispositivo de protección contra cortocircuitos incorporado en el alimentador,
- ▷ por la resistencia a la corriente asignada de breve duración y a la corriente asignada de choque,
- ▷ por la corriente asignada de cortocircuito asimétrica con indicación de los datos característicos del aparato de maniobra limitador de corriente.

Para una combinación de aparatos de maniobra con varias alimentaciones que no pueden operar simultáneamente, se puede indicar la resistencia al cortocircuito para cada una de estas alimentaciones.

Pero si existen varias alimentaciones que pueden operar al mismo tiempo, o la combinación de aparatos de maniobra posee una alimentación y una o varias derivaciones para máquinas rotantes de gran potencia que pueden alimentar al cortocircuito, la resistencia al cortocircuito de la combinación de aparatos de maniobra se debe determinar e indicar sobre la base de los valores individuales de las corrientes de cortocircuito permanentes suministrados por el usuario.

Si no se tienen estos valores, debe efectuarse un cálculo de las corrientes de cortocircuito según las pautas de la norma DIN VDE 0102, 01.90. El cálculo se simplifica si se usa el formulario para el cálculo de corrientes de cortocircuito o el programa para PC KUBS (ver las secciones 2.1.2 a 2.1.5).

Clase de protección

En dependencia del lugar de instalación del armario de maniobra o de distribución y las condiciones ambientales del sitio, se debe elegir una ejecución que ofrezca la protección necesaria contra el contacto y la entrada de cuerpos extraños y del agua (normas DIN 40 050, EN 60529 o IEC 529). En las secciones 1.5.6 y 8.4.7 se suministra un listado de las clases de protección y de los requisitos impuestos al cerramiento de un equipo eléctrico.

Según la norma DIN VDE 0100, Parte 731, los armarios o tableros de maniobra y de distribución con una clase de protección IP 2X sólo se pueden instalar en "recintos cerrados para equipos eléctricos".

La ejecución de los armarios o tableros de maniobra y de distribución instalados en recintos de acceso general tiene que ofrecer protección contra el contacto directo o indirecto con las partes que conducen tensión durante el servicio, es decir, la clase de protección debe ser, como mínimo, IP 2X. Todas las formas constructivas descriptas cumplen con este requisito.

Materiales de armarios o de cubiertas

En determinadas ejecuciones de los sistemas de distribución (para corrientes asignadas en barras colectoras de hasta 1250 A), existe la posibilidad de elegir entre cerramientos metálicos y de material aislante.

Cerramientos de material aislante

Los cerramientos de material aislante ofrecen una gran resistencia a la corrosión y una mayor protección contra el contacto. Además, estos sistemas de distribución (8HP, 8GA y 8PL) cumplen con la medida de protección: "aislamiento de protección" según las normas DIN VDE 0660, Parte 500 y DIN VDE 0100, Parte 410.

Cerramientos metálicos

En esta ejecución, los cerramientos o cubiertas, así como las partes portantes de la estructura, son de metal. Todas las partes metálicas de armarios o tableros y en los distribuidores correspondientes, están protegidas contra la corrosión mediante un tratamiento protector superficial de alta calidad. Por lo tanto, no requieren de ningún tratamiento posterior ni mantenimiento durante el servicio, a menos que sufran algún daño.

La superficie de la mayor parte de los cerramientos de los armarios o tableros de maniobra está cubierta

por una pintura epoxi en polvo, duradera y extremadamente resistente a los daños mecánicos.

Medidas de protección

Todas las combinaciones de aparatos de maniobra deben tener una construcción tal que ofrezcan la protección requerida contra el contacto accidental de partes bajo tensión y que, en caso necesario, se las pueda incluir en una de las medidas de protección contra tensiones de contacto elevadas, determinadas por la norma DIN VDE 0100, Parte 410.

La aplicación de las medidas de protección requeridas se describió en la Sección 1.4

Montaje, accesibilidad, vías de acceso

Para que en todos los casos se pueda elegir una forma constructiva rentable para una instalación de maniobra o un distribuidor, se deberían verificar en la planta del operador las condiciones de montaje y de accesibilidad, así como controlar las posibilidades de entrada y comparar los diferentes sistemas, antes de comenzar con la construcción, y tomar una decisión cuando se tenga un panorama completo.

Se deberán determinar los criterios siguientes:

Lugar de montaje:

- ▷ Locales de servicio con acceso general,
- ▷ locales de servicio para equipos eléctricos,
- ▷ locales cerrados de servicio para equipos eléctricos.

Tipo de montaje:

- ▷ Sobre el piso, adosado a una pared,
- ▷ sobre el piso, independiente dentro del local,
- ▷ fijación adosado a la pared, en un conducto montante o en un nicho del muro,
- ▷ suspendido del techo,
- ▷ fijo sobre un bastidor de soporte.

Tipo de accesibilidad:

- ▷ Operación por uno o dos lados,
- ▷ trabajos de conexión de cables y de modificaciones,
- ▷ trabajos de revisión en las barras colectoras, montaje superior de las barras o por la parte posterior.

Dimensiones dadas de instalación:

- ▷ Altura, ancho y profundidad.

Vías de acceso:

- ▷ Altura y ancho de las puertas de entrada,
- ▷ dimensiones de ascensores y/o montacargas,
- ▷ dado el caso, capacidad de carga de las grúas.

Condiciones ambientales

Cuando se realiza la selección y el proyecto, deben tenerse en cuenta: la temperatura ambiente, las condiciones climáticas y la altitud de montaje, porque estos factores influyen en la capacidad de carga de todos los equipos eléctricos de servicio. Fuertes cambios de temperatura y humedad ambiente, así como el montaje a la intemperie tienen una notable influencia en la ejecución de las combinaciones de aparatos de maniobra (por ejemplo, clase de protección, techo de protección, medidas climáticas, calefacción, etc.).

Tipo de montaje de los aparatos

Los aparatos de maniobra, mando y supervisión podrán montarse en forma fija sobre paneles o bastidores, o sobre módulos enchufables de una combinación de aparatos de maniobra. De esta forma, se definen, por ejemplo, las posibilidades de reemplazo de los aparatos en caso de falla, así como las de reequipamiento de una combinación de aparatos de maniobra en servicio.

Requerimientos especiales

Eventuales requerimientos especiales demandarán acuerdos adicionales entre el fabricante y el operador. Entre estos requerimientos especiales cabe mencionar, por ejemplo, la protección contra explosiones, contra atmósferas agresivas, diseño antisísmico o cargas inducidas similares.

8.2 Instalaciones de maniobra de baja tensión en ejecución estándar

8.2.1 Introducción

Aplicación

Las instalaciones de maniobra para intensidades de la corriente asignada de hasta unos 6 300 A se utilizan, en especial, en tableros principales de plantas industriales, en centrales eléctricas, refinerías, grandes edificios, así como en clínicas y hospitales, es decir, en todos aquellos lugares donde existe una gran demanda de energía eléctrica.

Diseño de la red

En este tipo de proyectos resulta adecuado subdividir la red industrial en un "tablero principal"

("Power Center"), cuyos interruptores de alimentación, derivación y acoplamiento longitudinal son sólo interruptores automáticos y distribuidores secundarios conectados a continuación. Esta división ofrece las ventajas siguientes:

- ▷ La instalación principal de maniobra se ubica en la cercanía inmediata de los transformadores de alimentación. Los cables o las barras de interconexión con estos transformadores se pueden mantener muy cortas.
- ▷ Los interruptores automáticos utilizados para la alimentación, las salidas y el acoplamiento podrán ser de una única forma constructiva con corrientes asignadas de 630 hasta 6300 A.
- ▷ Cuando los interruptores automáticos se instalan en ejecución extraíble, se puede prescindir, en comparación con la disposición fija, de un seccionador por cada interruptor automático.
- ▷ La alimentación doble combinada con el acoplamiento longitudinal, abierto en servicio normal, permite, en caso de producirse una avería en la alimentación, la conmutación a la segunda entrada de todas las distribuciones secundarias subsiguientes. Esto reduce los tiempos de parada e incrementa el grado de disponibilidad de todos los consumidores.
- ▷ Eventualmente y según la carga a la que se encuentran sometidos los transformadores, puede ser necesario efectuar un rechazo o limitación de la carga de consumidores.
- ▷ Las distribuciones secundarias se ubican en el centro de los consumidores; de esta manera se obtienen conexiones cortas entre estas distribuciones y los consumidores.
- ▷ Debido a la mayor longitud de los cables o barras de conexión entre el armario o tablero principal y las distribuciones secundarias, pueden utilizarse en estas últimas, barras colectoras, barras de los armarios y aparatos con menor resistencia ante cortocircuitos.

Alimentación con barras y cables

Cuando los armarios o tableros se encuentran en la proximidad inmediata de los transformadores, deben analizarse las posibles ventajas de una alimentación a través de canales de barras blindados (blindobarras). El acceso de las barras al armario o tablero se podrá realizar, como en el caso de los cables, desde la parte inferior o, a través de módulos adicionales, desde la parte superior. En este análisis debe considerarse que, por ejemplo, para un transformador de 2 MVA y unos 3000 A de corriente asignada con 400 V, se deben fijar y conectar en la sección de alimentación hasta 14 cables en paralelo con una sección de 240 mm^2 por cada conductor de fase. El montaje con cables tiene, por lo tanto, costos considerablemente mayores.

Salidas y tendido de cables

Las salidas, por lo general, se conectan mediante cables. Según las distancias y en función de la caída de tensión y de las corrientes a transportar, a partir de unos 250 A, también podrán utilizarse aquí cables en paralelo.

Por lo general, los cables salen por la parte inferior. En el piso inferior se instalan bandejas de cables suspendidas del techo para el tendido de los cables. En naves industriales de planta única sin sótanos, con frecuencia, se utilizan canales de cables o entrepisos, donde con una altura libre del orden de medio metro se pueden tender en forma sencilla, ordenada y clara todos los cables. Al proyectar y realizar el montaje de los canales de cables y pisos técnicos, deben respetarse los radios de curvatura admisibles para la conexión de los cables.

Pasillos de operación y mantenimiento

El proyecto de los pasillos de operación y de mantenimiento se tiene que realizar según las indicaciones de la norma DIN VDE 0100, Parte 729 (Figura 8.4/1). En caso de tableros con aparatos de maniobra extraíbles, en especial, cuando se trata de aparatos para corrientes fuertes y, por lo tanto, de grandes dimensiones, debe tenerse en cuenta que para reemplazar estos aparatos haya suficiente espacio en el pasillo enfrente de este tablero (con respecto a los elementos que puedan encontrarse enfrente como, por ejemplo, una pared, otros tableros, máquinas u otros elementos similares) para el personal y los eventuales medios de transporte y elevación necesarios para realizar el montaje (ver también la Sección 1.4.4).

Seccionamiento de la alimentación

Cuando varios transformadores alimentan las mismas barras colectoras o varias secciones de barras colectoras (vinculadas mediante interruptores de acoplamiento), debe preverse una posibilidad de separación adicional entre el interruptor de alimentación y la barra colectora para poder independizar este interruptor en caso de requerirse una revisión o de producirse una avería.

Para esto se tienen las posibilidades siguientes:

- ▷ utilizar un interruptor de potencia extraíble (hasta 6300 A),

- ▷ montaje de un seccionador normal o bajo carga (hasta 3 000 A),
- ▷ disposición de bases portafusibles y fusibles NH con dispositivos separadores (hasta 1 250 A),
- ▷ disposición de seccionadores fusibles bajo carga con dispositivos separadores (hasta 630 A).

La primera de las posibilidades mencionadas no sólo ahorra costos, sino también volumen en el armario o tablero y es la solución que con mayor frecuencia se adopta para el seccionamiento. Lo mismo puede decirse para los acoplamientos longitudinales con interruptores automáticos entre dos secciones de barras colectoras.

Acoplamiento longitudinal

La función de los acoplamientos longitudinales es la de limitar la potencia de cortocircuito de una alimentación con varios transformadores a la correspondiente a un único transformador. La condición para esto es que el "servicio normal" del armario o tablero se desarrolle con el interruptor de acoplamiento abierto.

Este acoplamiento se utiliza además para suministrar energía eléctrica, aunque sea en parte, a los consumidores conectados afectados por una falla de la alimentación de red. Para esto se debe cerrar el interruptor de acoplamiento.

Acoplamiento transversal

Para la interconexión de cada uno de los conjuntos de barras colectoras de los armarios o tableros adosados por sus partes posteriores, o instalados en doble frente, también se pueden utilizar seccionadores bajo carga o interruptores automáticos. Una interconexión de esta naturaleza se denomina "acoplamiento transversal".

Seccionamiento de las salidas

Las diferentes salidas también se deberían poder separar de las barras colectoras o de campo en forma sencilla para efectuar trabajos de reemplazo, revisión y mantenimiento. En la mayoría de los casos, se podrán utilizar para esta función los fusibles NH sobre las bases correspondientes o seccionadores fusibles bajo carga que, de todas maneras, ya se prevén para la protección contra cortocircuitos. No cabe duda de que la forma más segura y cómoda para que el personal de servicio pueda realizar los trabajos de mantenimiento e inspección se da, cuando el aparato se puede extraer completamente de su cubierta de la manera sencilla y sin complicaciones que ofrece la técnica constructiva con módulos extraíbles.

Sistemas de barras colectoras

Los armarios o tableros principales tienen en la mayoría de los casos un sistema de cuatro barras colectoras con las tres correspondientes a las fases L1, L2 y L3 ubicadas en forma escalonada en la parte superior del armario o en la parte posterior a media altura de la celda y la cuarta, la del conductor PE o PEN, colocada en la parte inferior del armario. En caso necesario, en los sistemas de barras colectoras horizontales, así como en las barras verticales de campo o en las barras para los módulos enchufables, también podrá montarse una quinta barra aislada correspondiente al conductor neutro.

Material utilizado para las barras colectoras

En la actualidad, para las barras de los armarios o tableros se utiliza, por lo general, cobre electrolítico con una resistencia F30. El uso de aluminio y aluminio recubierto con cobre ahora sólo tiene una importancia secundaria.

Identificación de las barras colectoras

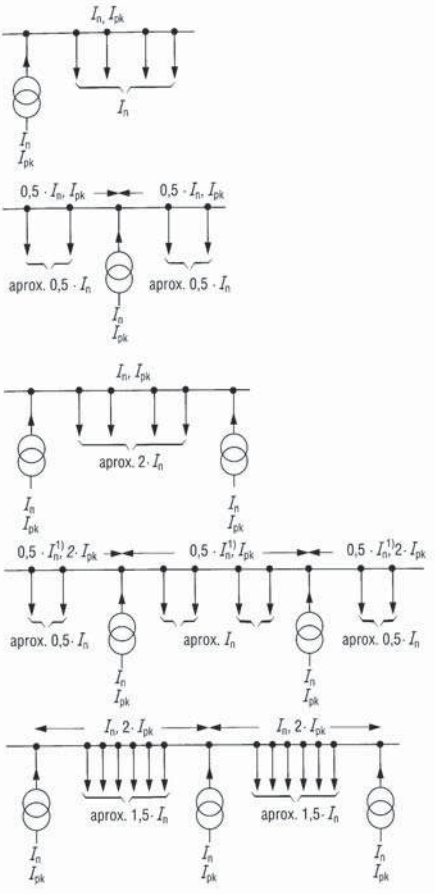
Las barras colectoras de las fases se identifican una vez por campo con tiras autoadhesivas resistentes al calor con la inscripción L1, L2 y L3 y la barra de protección con una tira de las mismas características y color amarillo y verde.

Capacidad de carga de las barras colectoras

Las especificaciones del fabricante para cada producto son las que, exclusivamente, determinan la capacidad de carga en servicio normal de las barras colectoras (corriente asignada o corriente asignada de servicio) o ante corrientes de cortocircuitos (capacidad térmica y dinámica) de los armarios o tableros fabricados de acuerdo con la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500). Los valores consignados en catálogos, hojas de datos u otras publicaciones fueron determinados por ensayos en campos de prueba o extrapolación, dentro del marco de los ensayos de tipo según las especificaciones del VDE.

Las corrientes asignadas y de cortocircuito de las barras colectoras tienen diferentes valores, según el tipo de armario o tablero, y dependen de los factores siguientes:

- ▷ La posición de montaje en los armarios,
- ▷ la relación entre los distintos conductores,
- ▷ la sección del material utilizado para los conductores,
- ▷ la resistencia mecánica del material utilizado para los conductores,



a) Una única alimentación lateral

b) Una única alimentación central con una distribución casi simétrica de los consumidores

c) Dos alimentaciones laterales

d) Dos alimentaciones centrales con una distribución casi simétrica de los consumidores

e) Una alimentación central y otras dos laterales

I_n Corriente asignada del transformador

I_{pk} Corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) (valor de cresta) a través del transformador conectado a una red con potencia de cortocircuito ilimitada

[1] Cuando los transformadores están en servicio al mismo tiempo y las barras colectoras no están subdivididas

Figura 8.2/1
Subdivisión de la carga en las barras colectoras según la disposición de loa alimentadores

- ▷ las distancias entre los soportes,
- ▷ las posibles influencias térmicas de otros equipos eléctricos de servicio.

Sección de la barra PE

La barra PE, montada en forma conductiva con el bastidor se debe proyectar con la sección adecuada para derivar en forma segura las eventuales corrientes de cortocircuito que puedan producirse.

Las secciones de las barras de protección deben respetar, como mínimo, los valores indicados en la Tabla 1.4/3 de la Sección 1.4.2.1. Para las conexiones de conductores de protección "internos" (conductores de protección a cuerpos que por su fijación no pueden integrarse en la medida de protección), tienen que aplicarse las indicaciones de la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500).

Tabla 8.2/1
Corrientes asignadas y de cortocircuito de transformadores trifásicos con potencias asignadas de 50 a 3150 kVA y tensiones asignadas de 400 y 525 V, 50 Hz

Potencia asignada del transformador S_{nT}	Tensión asignada 400 V, C. A.			Bemessungsspannung 525 V, AC		
	Corriente asignada I_n	Tensión asignada de cortocircuito:		Corriente asignada I_n	Tensión asignada de cortocircuito:	
		$u_{kr}=4\%$ [1]	$u_{kr}=6\%$ [2]		$u_{kr}=4\%$ [1]	$u_{kr}=6\%$ [2]
		Corriente de cortocircuito I_k [3]			Corriente de cortocircuito I_k [3]	
kVA	A	A (ef.)	A (ef.)	A	A (ef.)	A (ef.)
50	72	1805	1203	55	1375	916
100	144	3610	2406	110	2750	1833
200	288	7220	4812	220	5500	3667
250	360	9025	6015	275	6875	4583
315	455	11375	7583	346	8660	5775
400	578	14450	9630	440	11000	7333
500	722	18050	12030	550	13750	9166
630	910	22750	15160	693	17320	11550
800	1156	28900	19260	880	22000	14666
1000	1444	36100	24060	1100	27500	18330
1250	1805	45125	30080	1375	34375	22916
1600	2312	57800	38530	1760	44000	29333
2000	2890	72250	48170	2205	55075	36660
2500	3613	90325	60210	2750	68825	45880
3150	4550	113800	75870	3470	86725	57820

[1] Según las normas DIN 42 500 y 42 503, para potencias asignadas de 50 a 630 kVA
[2] Según la norma DIN 42 511, para potencias asignadas de 100 a 1600 kVA
[3] Cuando el lado de alta del transformador se conecta a una red rígida, $I_k \approx I_k''$ (ver la Sección 2.1.2)

Sección de la barra PEN

Para la sección de la barra PEN se tienen las mismas premisas que para las barras de protección. Sin embargo, y dado el caso, deben tenerse en cuenta corrientes asimétricas mayores.

Consideraciones prácticas demuestran que la barra PEN debe tener una sección del orden del 25% de la sección de las barras de las fases. Cuando se utilizan rectificadores con limitación de la corriente en redes con puesta a tierra, deben usarse conductores de protección con una sección similar a la de los conductores de fase del secundario.

Disposición de la alimentación

La disposición física de la(s) alimentación(es) dentro de un tablero (cuadro) desempeña una función importante en el diseño de las barras colectoras. En la figura 8.2/1 se representan diferentes disposiciones de la(s) alimentación(es) y las salidas con las correspondientes solicitaciones. En esta figura se muestran alimentaciones con dos y más transformadores sin divisiones de las barras interconectadas por acoplamientos longitudinales. Sin embargo, esta disposición sería recomendable desde el punto de vista de los costos de adquisición (aparatos de servicio con menor resistencia al cortocircuito y capacidad de ruptura) y de la seguridad del servicio (menores daños en el caso de falla).

Motores como consumidores, aumento de la corriente de cortocircuito

Cuando las salidas de un tablero suministran energía eléctrica a grandes motores, ante una falla éstos incrementan la corriente de cortocircuito. Esta característica debe tenerse en cuenta cuando se diseñan las barras colectoras. Se recomienda realizar el cálculo de las corrientes de cortocircuito con el formulario impreso representado en la Sección 2.1.5.

Corrientes asignadas y de cortocircuito de transformadores

En la Tabla 8.2/1 se suministran los valores de las corrientes asignadas y de cortocircuito (para tensio-

Tabla 8.2/2
Valores preferidos del factor n para determinar la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) con diferentes valores eficaces de la corriente permanente de cortocircuito

Valor eficaz de la corriente permanente de cortocircuito kA	Factor de potencia cos φ	Factor n
a 5	0,7	1,5
> 5 a 10	0,5	1,7
>10 a 20	0,3	2,0
>20 a 50	0,25	2,1
>50	0,2	2,2

nes de cortocircuito u_{kr} del 4 y 6 %) de transformadores trifásicos con potencias asignadas de 50 a 3150 kVA y tensiones asignadas de 400 y 525 V en los bornes de estos transformadores, datos útiles para el diseño de los tableros.

Cuando se requieren los valores para transformadores de igual potencia asignada y una tensión asignada de 690 V se dividirán por 1,73 ($= \sqrt{3}$), los datos de la corriente asignada y de cortocircuito para 400 V.

La relación entre el valor eficaz de la corriente asignada de cortocircuito I_{cw} y la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) I_{pk} (valor de cresta) para los armarios o tableros según la norma DIN EN 60439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500) está dada, salvo que el usuario indique otra cosa, por el "Factor n". Si se multiplica el valor eficaz con este factor (Tabla 8.2/2), se obtiene la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) I_{pk} (valor de cresta de la primera semionda de la corriente de cortocircuito incluida la componente de corriente continua, ver también la Sección 2.1.2).

La asignación del factor de potencia cos φ a los valores de las corrientes corresponde a las condiciones que se establecen en la mayoría de las veces. Cuando en determinados casos, por ejemplo, en las cercanías de grandes transformadores, se verifiquen condiciones más severas, el fabricante y el cliente deberán establecer acuerdos especiales.

8.2.2 Armarios o tableros SIVACON

Requerimientos

Las modernas instalaciones eléctricas industriales y para grandes edificios se planifican y construyen de acuerdo con requerimientos de rentabilidad, flexibilidad, seguridad y confiabilidad. Por lo tanto, las instalaciones de maniobra y distribución para baja tensión también deben satisfacer estos requerimientos.

El armario o tablero para baja tensión SIVACON cumple con estos requerimientos tal como se detalla a continuación:

▷ Rentabilidad
- Construcción de acuerdo con un esquema de módulos determinado y numerosos componentes normalizados en gran medida, que permiten realizar una producción racionalizada en series industriales.
- Sólo se aplican los módulos y componentes necesarios para la función requerida. De esta manera se pueden eliminar aparatos y combinaciones de componentes innecesarios para la construcción y sólo se incorporan los requeridos para dicha función.
- El proyecto se realiza y adapta según los requerimientos específicos del servicio, en un tiempo mínimo mediante procedimientos de ingeniería asistidos por PC y de acceso directo del asesor.

▷ Flexibilidad
- Diferentes técnicas de montaje de los aparatos permiten utilizarlos como "Power Center", tableros principales y secundarios, así como Centros de Control de Motores.
- Módulos de aparatos y de campo orientados a las necesidades y, por ende, fácilmente adaptables a los cambios del servicio.
- Dentro del campo de maniobra se pueden combinar las diferentes unidades funcionales en forma libre.

▷ Seguridad y confiabilidad
- Sólo se utilizan módulos normalizados con certificado de tipo.
- Ensayos de tipo y unitarios de acuerdo con la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500 y la Publicación IEC 439-1).
- Completos ensayos de calidad ofrecen un aseguramiento continuo de la calidad (norma ISO 9001).

Construcción

Los armarios o tableros SIVACON se pueden utilizar con los fines siguientes:

- ▷ "Power Center hasta 6300 A,
- ▷ Tablero principal hasta 4000 A,
- ▷ Centro de control de motores y distribuidor secundario hasta 2500 A.

La técnica modular en cada celda y en el diseño de toda la instalación permite adaptar en forma óptima los tableros SIVACON a todos los requerimientos.

Todos los armarios tienen las mismas dimensiones exteriores, característica importante para una planificación y proyecto racional de los locales de servicio.

Compartimientos funcionales

Los armarios se subdividen de manera amplia en compartimientos funcionales fijos (Figura 8.2/2).

En cada uno de los compartimientos funcionales se tienen posibilidades de diseño de acuerdo con los requerimientos. Los grados de libertad se fijan de la forma requerida para las diferentes funciones. El campo para los aparatos tiene siempre las mismas dimensiones y fue diseñado para permitir un proyecto libre en la medida más amplia con el objeto de lograr una adaptación individual a los requerimientos del operador.

Así, en forma independiente de la posición de las barras colectoras y de la profundidad de la celda, podrán combinarse todas las unidades funcionales de la manera requerida y, dado el caso, intercambiarse.

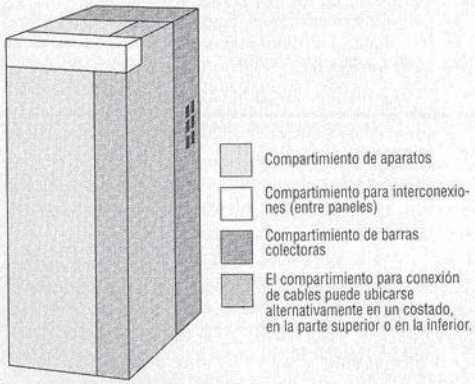


Figura 8.2/2
Compartimientos funcionales de un armario

Estructura modular y paneles

La estructura modular de SIVACON ofrece múltiples posibilidades de combinación, inclusive para el caso de componentes con ejecuciones diferentes.

El campo para los aparatos está formado por diez módulos de 175 mm cada uno (175 mm = 1 M). Este campo podrá subdividirse con paneles intermedios de acuerdo con las dimensiones de los módulos para obtener compartimientos de 1 M hasta 10 M.

Esta subdivisión interior podrá realizarse hasta la forma 4 según la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500) / 04.94 (Figura 8.2/3).

Esta forma especial de diseño permite alcanzar una densidad de montaje muy elevada, por ejemplo, hasta 40 módulos enchufables por armario.

Técnicas de montaje

Las posibilidades de diseño del campo para los aparatos se orientan por las técnicas de montaje siguientes:

- ▷ Interruptores automáticos,
- ▷ módulos extraíbles,
- ▷ montaje fijo,

que determinan, en primer lugar, las características de rentabilidad, así como el grado de adaptabilidad.

Interruptores automáticos

Las instalaciones de maniobra de baja tensión para grandes demandas de energía eléctrica (los así denominados "Power Center") tienen múltiples salidas a las que se conectan, por lo general, numerosos distribuidores principales y secundarios, así como consumidores de gran potencia. De esta manera, deben satisfacer requerimientos especiales en lo que hace a su seguridad de funcionamiento y para preservar a las personas, tales como los que se mencionan a continuación:

- ▷ Las funciones "alimentación", "acoplamiento" y "salida" deben estar disponibles de manera confiable durante largos períodos.
- ▷ Los procedimientos de mantenimiento y de control sólo deben requerir tiempos cortos de parada.

Las siguientes características de los interruptores automáticos y sus módulos satisfacen estos exigentes requerimientos:

- ▷ Compartimientos funcionales con separación segura para:

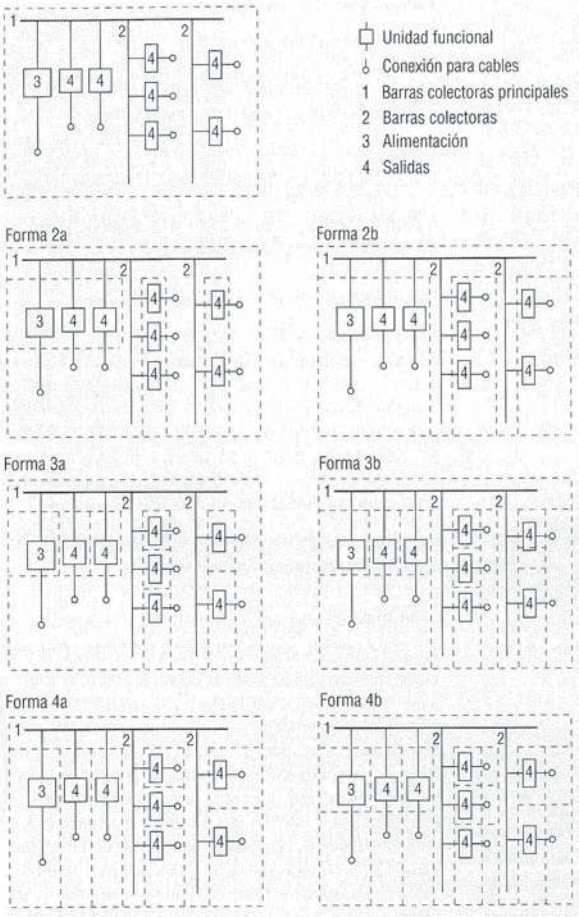


Figura 8.2/3
Formas de las subdivisiones internas según la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500)

- Aparatos de maniobra,
- aparatos auxiliares e instrumentos de medición,
- conexión de cables o barras.

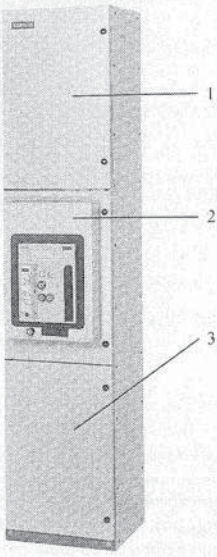
▷ Separación lateral completa hacia los compartimientos adyacentes por medio de armarios construidos con chapas enterizas.

▷ Interruptores automáticos con posición de prueba (test) y de seccionamiento con la puerta cerrada.

▷ Dimensiones de los compartimientos diseñadas para los distintos tamaños constructivos de los interruptores automáticos, por ejemplo, 400 mm de ancho para 1600 A y 600 mm para 2500 A (Figura 8.2/4).

▷ Capacidad para el uso de interruptores automáticos con intensidades de las corrientes asignadas de 630 a 6300 A.

▷ Compartimientos con dimensiones generosas para ubicar aparatos auxiliares y aplicar diferentes técnicas de conexiones.



1 Compartimiento para aparatos auxiliares
2 Interruptor automático extraíble
3 Compartimiento para conexión de cables

Figura 8.2/4
Armario SIVACON con interruptor automático 3WN de 1600 A, superficie ocupada: 400 × 500 mm

Los interruptores automáticos de la serie constructiva 3WN de Siemens cubren toda la gama de corrientes asignadas que abarca de 630 hasta 6 300 A.

Estos interruptores ofrecen las siguientes ventajas:

- ▷ Libre elección de la dirección de alimentación sin limitación de los datos técnicos.
- ▷ Elevada resistencia a la corriente de breve duración para una protección contra cortocircuitos con selectividad en el tiempo hasta 500 ms.
- ▷ Protección contra cortocircuitos con control breve de selectividad (ZSS), es decir, selectividad plena con tiempos de retardo muy breves (50 ms).
- ▷ El uso de una pantalla LCD permite representar las corrientes de servicio sin requerir de un amperímetro ni de transformadores de intensidad adicionales.
- ▷ Indicación y operación a puerta cerrada.
- ▷ El uso de un interruptor de puesta a tierra 3WN permite eliminar costosos dispositivos de puesta a tierra y cortocircuito utilizados habitualmente para fines de protección durante los trabajos de mantenimiento.

Compartimiento para aparatos auxiliares

El compartimiento para aparatos auxiliares es un panel separado asignado al interruptor automático que incluso ofrece suficiente espacio para un gran volumen de controles y aparatos secundarios.

Con unas pocas operaciones manuales se puede separar el módulo de aparatos auxiliares del módulo de potencia, y de esta forma, cuando deban realizarse trabajos de adaptación al modificarse las condiciones de servicio, se los podrá efectuar fuera del armario.

Compartimiento para conexión de cables

Las dimensiones del compartimiento para conexión de cables se adaptan a la corriente asignada del interruptor y permiten realizar las conexiones en forma sencilla, tanto para cables como para barras. Este procedimiento permite reducir de manera drástica los tiempos de montaje y, además, la separación de un compartimiento hacia los adyacentes ofrece una protección adicional para el personal de montaje.

La acometida de los cables o las barras podrá realizarse desde la parte inferior o superior.

Módulos extraíbles

Para el funcionamiento de instalaciones técnicas y el equipamiento de centrales eléctricas, plantas industriales, hospitales y edificios de oficinas, se debe disponer de energía eléctrica cuando sea necesario y en el volumen adecuado. Como los requerimientos del servicio cambian en forma continua, por ejemplo, por modificaciones en la demanda de potencia motriz o el agregado de nuevos consumidores, la instalación de baja tensión debe poseer una flexibilidad muy elevada. El sistema de instalaciones de maniobra SIVACON ofrece esta flexibilidad por medio de una técnica de módulos extraíbles diseñada sobre la base de consideraciones ergonómicas (Figura 8.2/5).

La técnica de módulos extraíbles SIVACON asegura un manejo sin problemas. Sólo requiere de tiempos de montaje muy breves y permite obtener una elevada disponibilidad de la instalación durante el servicio.

Esta técnica de módulos extraíbles ofrece al operador las ventajas siguientes:

- ▷ Posición de prueba y de seccionamiento a puerta cerrada,
- ▷ máxima densidad de montaje con mínima superficie necesaria para el montaje (hasta cuarenta derivaciones por armario),

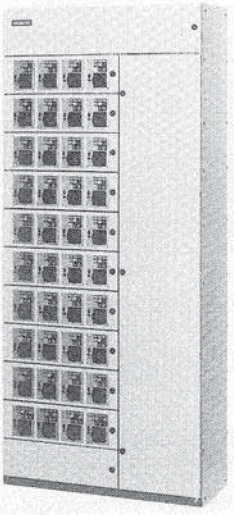


Figura 8.2/5
Armario SIVACON con módulos extraíbles

- ▷ superficie de mando uniforme para todos los módulos extraíbles,
- ▷ tramos de seccionamiento visibles en el lado de alimentación y de salidas,
- ▷ movimiento suave de los módulos extraíbles que permite desplazarlos con facilidad sin que sea necesario vencer fuerzas de inserción,
- ▷ sencilla adaptación de las salidas a consumidores para adecuarlas a características variadas del servicio sin necesidad de desconectar el armario.

Dimensiones de los módulos extraíbles.

Los módulos se diseñan sobre la base de la unidad modular de 175 mm. Por lo tanto, su altura podrá variar entre 1 y 4 M de acuerdo con las funciones requeridas y la potencia del consumidor conectado (hasta un máximo de 630 A).

Módulos extraíbles con una altura de 1 M se pueden suministrar con un ancho que abarca todo el compartimiento de aparatos con un tamaño constructivo 1 para intensidades de la corriente de hasta 125 A. También se dispone de módulos del tamaño constructivo ½ y ¼ (con un ancho de un medio y un cuarto del que tiene el compartimiento de aparatos, que se usan para consumidores pequeños como, por ejemplo, electroválvulas, actuadores eléctricos, motores de potencia fraccionaria, etc., con corrientes asignadas de hasta 3,5 A.

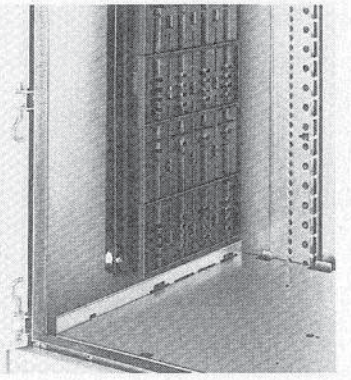


Figura 8.2/6
Sistema de barras para módulos extraíbles con protección contra arcos, embutidas en el lado izquierdo del armario

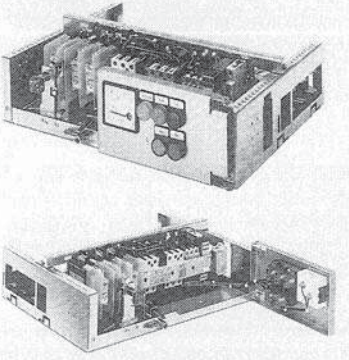


Figura 8.2/7
Módulo extraíble tamaño constructivo 1 para accionamiento con inversión de marcha de hasta 37 kW en 400 V ~. Abajo: módulo portainstrumentos rebatido

Sistema de barras para módulos extraíbles

El sistema de barras para módulos extraíbles ofrece protección contra arcos, estas barras están embutidas en cubiertas de dos piezas de material aislante con separación de fases (Figura 8.2/6).

Esta forma de montaje asegura protección en el ensayo con el dedo de pruebas de las barras bajo ten-

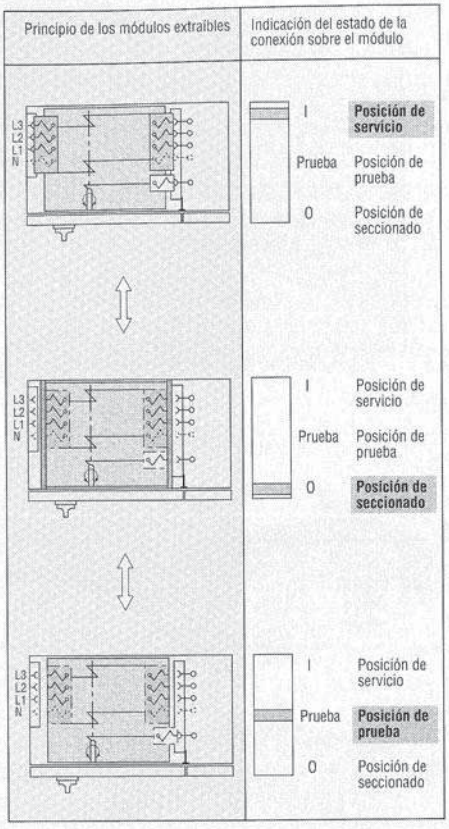


Figura 8.2/8
Principio de los módulos extraíbles: sistema de contactos de seccionamiento con puerta cerrada

sión sin que se requieran cubiertas adicionales (por ejemplo, "Shutter"). Este sistema de barras podrá ser tripolar o tetrapolar, se monta en forma vertical y se ubica en el lateral izquierdo del armario.

Construcción de los módulos extraíbles

Los módulos extraíbles presentan una operación y manejo uniformes para todos los tamaños constructivos y ofrecen seguridad aumentada en el servicio diario.

Todas las partes, incluidos los contactos enchufables, se encuentran dentro del contorno del módulo. De esta forma se evita en gran medida cualquier daño que pueda producirse aun fuera del armario.

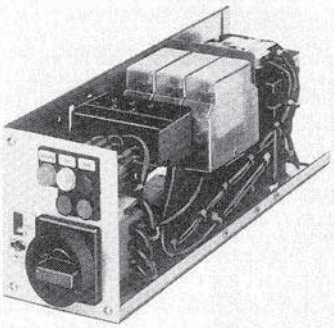


Figura 8.2/9
Módulo extraíble, tamaño constructivo ¼, 15 kW con contactor directo.

En la figura 8.2/7 se representa un módulo extraíble del tamaño constructivo 1.

El diseño especial de los contactos seccionadores permite adoptar la "posición de prueba" y la "posición de seccionamiento" sin que deba moverse de su posición el módulo extraíble. Por lo tanto, durante estas operaciones se mantiene la clase de protección de la instalación (Figura 8.2/8). El tramo de seccionamiento visible y una clara indicación del estado de la conexión posibilitan un funcionamiento y operación seguros.

A la "posición de servicio" o de "prueba" siempre se pasa a través de la "posición de seccionamiento".

Interruptor principal con capacidad para maniobrar motores, enclavamiento de la puerta

Cada módulo posee un interruptor principal con capacidad para maniobrar motores (es decir, conectar de 6 a 8 · I_n) y características del seccionador. En los módulos de los tamaños 1 a 4, el accionamiento del interruptor principal a través de un enclavamiento de la puerta asegura que sólo pueda abrirse la puerta del panel cuando el interruptor principal está desconectado.

En el caso de los módulos de los tamaños ¼ y ½, el accionamiento del interruptor principal se encuentra montado dentro de la cubierta frontal de los módulos. Estas cubiertas a su vez constituyen la tapa frontal de los módulos en el armario. Por lo tanto, en estos módulos no se tienen puertas de los paneles (Figura 8.2/9).

Protección contra errores operativos

La protección contra errores operativos impide el desplazamiento de los contactos de seccionamiento cuando el interruptor principal está cerrado (Figura 8.2/10).

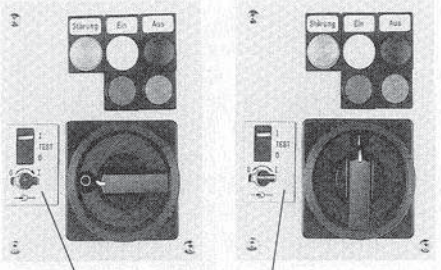


Figura 8.2/10
Protección contra errores operativos de un módulo extraíble tamaño ¼.

Una vez abierto el interruptor principal, el módulo extraíble queda sin tensión y se suprimen la protección contra errores operativos y el enclavamiento de la puerta.

Los módulos extraíbles de la instalación de maniobras de baja tensión SIVACON ofrecen una doble seguridad al personal que la opera por medio de las siguientes características:

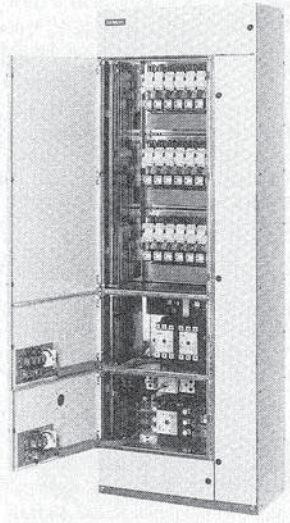


Figura 8.2/11
Armario SIVACON con montaje fijo

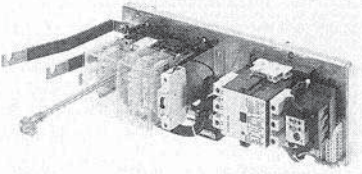


Figura 8.2/12
Unidad funcional modular con protección directa por fusibles, de 45 kW

- ▷ Interruptor principal con características separadoras, enclavamiento de puerta y la protección contra errores operativos,
- ▷ sistema de contactos separadores con una posición de seccionamiento tanto en la entrada como en la salida del módulo para que puedan realizarse los trabajos de mantenimiento con seguridad.

Modificación de los módulos extraíbles

La modificación de los módulos extraíbles es muy sencilla y con ello permite convertirlos de un tamaño constructivo a otro para adaptar rápidamente la instalación de maniobra a otros requerimientos del servicio o a condiciones variables.

Las placas adaptadoras con cableado integrado también permiten realizar reformas en módulos extraíbles de los tamaños ¼ y ½ sin que deba desconectarse el armario.

Compartimiento para conexión de cables

La conexión de los cables se realiza en un compartimiento de diseño ergonómico ubicado sobre un lateral del armario. En este compartimiento también se tienen las borneras auxiliares para el cableado de los conductores de mando y las barras colectoras de la tensión de mando.

Montaje fijo

Existen numerosas aplicaciones en las que no se requiere un reemplazo de los componentes bajo condiciones de servicio porque interrupciones breves del servicio no representan pérdidas de costos emergentes, como sucede, por ejemplo, en las instalaciones eléctricas de edificios.

En estos casos, las medidas siguientes hacen que el montaje fijo (Figura 8.2/11) ofrezca una rentabilidad mayor, así como gran seguridad con suficiente flexibilidad:

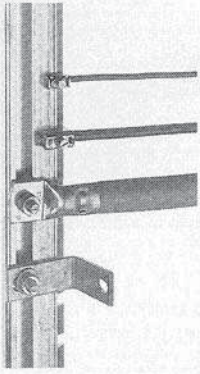


Figura 8.2/13
La barra universal de campo permite conectar terminales de cables, borneras y otras barras

- ▷ Unidades funcionales modulares con posibilidades arbitrarias de combinación.
- ▷ El reemplazo de las unidades funcionales se realiza sin problemas con la instalación sin tensión.
- ▷ Las barras universales ubicadas lateralmente hacen que se requieran tiempos breves de interrupción del servicio para realizar modificaciones.
- ▷ Los módulos aditivos permiten realizar una subdivisión de acuerdo con los requerimientos hasta conformar el panel.

Unidades funcionales modulares

Las unidades funcionales modulares permiten obtener un montaje flexible y a la vez con costos convenientes, en especial, cuando deban realizarse modificaciones o adaptaciones requeridas por el servicio para obtener nuevas características acordes con los consumos conectados (Figura 8.2/12). En las unidades funcionales no sólo se pueden equipar libremente los portamódulos con aparatos o combinaciones de aparatos, estas unidades también se pueden combinar sin restricciones dentro del armario.

En el montaje de los módulos funcionales en el armario, en primer lugar se los engancha dentro de aberturas existentes y se los atornilla con el armario.

Este sistema de soporte hace que el montaje pueda realizarlo con facilidad una única persona.

Módulos aditivos

Se dispone de diferentes módulos aditivos para satisfacer requerimientos de seguridad o de confortabilidad individual, entre los que cabe mencionar los siguientes:

- ▷ Placas para la subdivisión interior entre unidades funcionales.
- ▷ puertas individuales para los compartimientos funcionales que eventualmente se formaron por dicha subdivisión,
- ▷ cubiertas aislantes para conexiones o partes conductoras de energía eléctrica.

Barra universal de campo

La barra universal de campo (Figura 8.2/13) ofrece múltiples posibilidades, con lo cual simplifica la conexión de cables, conductores y barras. De esta forma, se podrá realizar, donde se la requiera, la conexión de un módulo funcional o de un aparato sin tener que perforar las barras. Una vez que se abre el armario, quedan a la vista las conexiones que, por lo tanto, podrán verificarse fácilmente. Después de retirar la cubierta de protección transparente se tiene un buen acceso a las conexiones de la barra de campo y podrá realizarse con rapidez cualquier trabajo de modificación o ampliación.

Aparatos de maniobra con forma de listones

Aparatos de maniobra con forma de listones permiten ahorrar espacio en las salidas de cables de un panel y se destacan, en especial, por su construcción compacta (Figura 8.2/14).

Estos listones poseen contactos enchufables del lado de la alimentación. Se suministran para salidas de cables de hasta 630 A.

La construcción modular permite realizar con rapidez un reequipamiento o un reemplazo de los listones bajo condiciones de servicio. Para esto, se ubican en la parte posterior del panel barras de campo verticales con protección contra contacto accidental y aberturas para las derivaciones.

Compartimiento para conexión de cables

El compartimiento para cables con un ancho variable de hasta 400 mm se ubica lateralmente a la izquierda del armario, y con los soportes de cables de altura variable facilita el montaje y la fijación de los cables de salida.

Figura 8.2/14
Seccionador bajo carga con fusibles y contactos enchufables en el lado de la alimentación

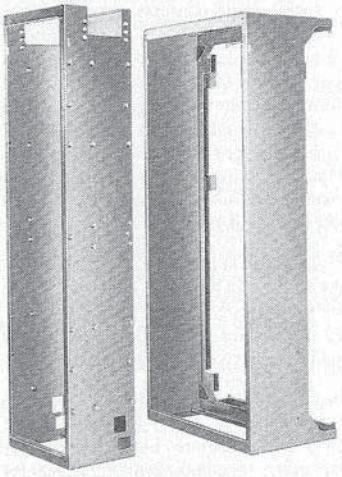


Figura 8.2/15
Bastidores para armarios SIVACON con paredes de chapa de acero

Bastidor y cubiertas

Los bastidores de los armarios SIVACON se ejecutan con chapa de acero enteriza y con ello ofrecen una separación segura entre cada armario.

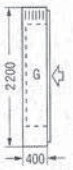
La construcción de los bastidores se ejecuta con la tecnología del remachado libre de mantenimiento, de forma tal que se elimina todo trabajo posterior de soldadura, atornillado o ajuste (Figura 8.2/15). Un sistema de agujeros modulares preparados para posibles ampliaciones aseguran tanto facilidades de montaje para los aparatos eléctricos de los tableros como para el equipamiento posterior de nuevos grupos funcionales que puedan requerirse.

Protección contra la corrosión, terminación superficial

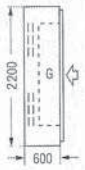
Todas las partes de chapas de acero utilizadas tienen un tratamiento de galvanizado por medio del procedimiento Sendzimir que asegura largos años de protección contra la corrosión y correctas interconexiones de tierra entre las diferentes unidades.

Sobre las chapas del recubrimiento se aplica pintura en polvo color gris claro (RAL 7032) para obtener una protección superficial adecuada y conferir a la instalación de maniobra un sobrio aspecto industrial.

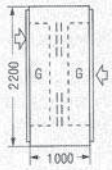
Las bisagras de las puertas se fijan al bastidor y permiten una apertura con un ángulo de 120°.



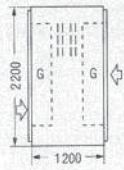
Posición del sistema principal de barras colectoras:
Arriba
Intensidad de la corriente en las barras colectoras:
I_n hasta 2500 A, I_{cw} hasta 50 kA
Montaje: sobre pared o independiente
Acometida de cables: desde la parte inferior
Aplicación:
Distribuidor para salidas a motores
Distribuidor secundario



Posición del sistema principal de barras colectoras:
En la parte posterior (abajo y/o arriba)
Intensidad de la corriente en las barras colectoras:
I_n hasta 4000 A, I_{cw} hasta 100 kA
Montaje: sobre pared o independiente
Acometida de cables: desde la parte superior y/o inferior
Aplicación:
Distribuidor principal/secundario o salidas integradas a motores



Posición del sistema principal de barras colectoras:
En el centro (arriba y/o abajo)
Intensidad de la corriente en las barras colectoras:
I_n hasta 4000 A, I_{cw} hasta 100 kA
Montaje: independiente con doble frente
Acometida de cables: desde la parte inferior y/o superior
Aplicación:
Distribuidor principal/secundario o distribuidor para salidas integradas a motores en ejecución de doble frente



Posición del sistema principal de barras colectoras:
En el centro arriba
Intensidad de la corriente en las barras colectoras:
I_n hasta 6300 A, I_{cw} hasta 100 kA
Montaje: independiente con doble frente
Acometida de cables: desde la parte inferior
Aplicación:
Power Center

Dimensiones en mm
G Compartimiento para montaje de aparatos
Frente para operación
Barras colectoras

Figura 8.2/16
Variantes en la ejecución de instalaciones de maniobra para baja tensión SIVACON con diferentes posiciones del sistema de barras colectoras principales

Dispositivos de cierre con resorte evitan en forma confiable la apertura indeseada de las puertas y al mismo tiempo posibilitan un equilibrio sin riesgos de una sobrepresión interior ocasionada por un arco. Además, en las chapas del techo se previeron tapas aliviadoras de sobrepresión interior.

Sistema principal de barras colectoras

El sistema principal de barras colectoras con perfil rectangular para intensidades de la corriente asignada de hasta 6 300 A se puede montar en forma variable (Figura 8.2/16) y se compone de los tres conductores de las fases (L1 hasta L3), así como de los conductores PE y N o PEN. Un segundo sistema de barras, por ejemplo, la "barra segura" se puede adicionar en cada tablero.

Maniobra tetrapolar

En los casos de aplicación en los que deben maniobrarse los cuatro polos de algunos consumidores o funciones, también podrá suministrarse el sistema principal de barras colectoras en ejecución tetrapolar.

Disposición de armarios en el sistema SIVACON

Los armarios de interruptores automáticos, módulos extraíbles o fijos se pueden disponer adyacentes en la secuencia requerida si se respeta la posición de las barras principales. En este caso, con una alineación frontal y posterior se tiene la misma profundidad para todos los armarios.

Las tres ejecuciones también permiten una disposición con doble frente.

Las múltiples posibilidades de diferentes combinaciones que admiten los armarios componentes de un tablero aseguran una disposición de acuerdo con las funciones requeridas.

En la Tabla 8.2/3 se resumen los datos técnicos más importantes de las instalaciones de maniobra para baja tensión SIVACON.

8.2.3 Armarios SIVACON para subestaciones compactas S con transformador

Las subestaciones compactas 8FA con transformador impregnado y encapsulado en resina GEAFOL se utilizan en todos aquellas instalaciones en las que por razones económicas se debe llevar la alimentación de alta tensión hasta los centros de consumo de energía eléctrica (distribución descentralizada en grandes edificios, depósitos, plantas industriales, talleres, etc.).

Para la alimentación de los consumidores de energía eléctrica en los centros de consumo se requieren armarios de instalaciones de maniobra de baja tensión SIVACON (ver también la Sección 8.2.2), diseñadas especialmente para su montaje adosado a la celda del transformador de la subestación compacta S del tipo 8FA y que, con su construcción compacta y variable se adaptan, en especial, al reducido espacio que, por lo general, queda disponible en los centros de demanda de energía eléctrica.

La figura 8.2/17 muestra la instalación de una subestación compacta S con transformador del tipo 8FA en una planta industrial y en la figura 8.2/18 se representan los circuitos unifilares compuestos por unidades modulares estandarizadas con aprobación de tipo.

Los catálogos correspondientes de Siemens suministran información detallada de los módulos de alta tensión y de los transformadores impregnados y encapsulados en resina, así como las diferentes celdas para estos transformadores.

Armarios

La instalación de maniobra de baja tensión de la subestación compacta S con transformador se puede componer con armarios de chapa de acero equipados en el frente o en la parte posterior con diferentes aparatos de baja tensión de acuerdo con los requerimientos del centro de demanda de energía eléctrica.

La ejecución de los armarios corresponde a la ya descripta en la Sección 8.2.2 para la instalación de maniobra de baja tensión SIVACON.

Se dispone de los siguientes armarios:

- ▷ Panel o compartimiento de alimentación o de salida con interruptores automáticos con montaje fijo o módulos extraíbles.
- ▷ Panel o compartimiento de salida con seccionadores fusibles bajo carga o interruptores para circuitos de potencia con fusibles (Figura 8.2/19).
- ▷ Panel o compartimiento de bancos de condensadores conmutables y regulador electrónico para la compensación centralizada de la energía reactiva.

Seguridad en la operación

Los interruptores automáticos se pueden maniobrar a puerta cerrada sin riesgo para el personal de operación.

Los seccionadores fusibles bajo carga o los interruptores para circuitos de potencia con fusibles de las

Tabla 8.2/3
Datos técnicos principales de la instalación de maniobra de baja tensión SIVACON

Normas y disposiciones	DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500) IEC 439–1 DIN VDE 0106, Parte 100 DIN VDE 0110 para distancias disruptivas y de aislamiento DIN IEC 17 D (Sec) 141 VDE 0660, Parte 508 para el ensayo del comportamiento ante fallas internas (arcos)		
Tensiones asignadas Distancia disruptiva Tensión asignada de impulsos Categoría de sobretensión (Caso A, campo inhomogeneo) Distancia de aislamiento Tensión asignada Grado de ensuciamiento Tensión asignada de aislamiento U_i Tensión asignada de servicio U_e	 8 kV III 1000 V 3 1000 V hasta 690 V		
Barras colectoras principales horizontales Corriente asignada I_n Corriente asignada de choque I_{pk} Corriente asignada de corta duración I_{cw}	 hasta 6300 A hasta 220 kA hasta 100 kA		
Barras de acople, para módulos extraíbles y de campo	Interruptores automáticos	Módulos extraíbles	Montaje fijo
Corriente asignada I_n Corriente asignada de choque I_{pk} Corriente asignada de corta duración I_{cw}	hasta 6300 A hasta 220 kA hasta 100 kA	1000 A 110 kA 50 kA	2000 A 110 kA 50 kA
Corriente asignada I_n de los aparatos Interruptores automáticos Salidas de cables Salidas a motores	 hasta 6300 A hasta 800 A hasta 630 A		
Clase de protección según las normas DIN 40 050, EN 60529 ó IEC 529	IP 20 hasta IP 54		
Tratamiento superficial (Capa de pintura según la norma DIN 43656) Componentes del bastidor Chapas de cierre Puertas Color (estándar)	 Galvanizado Sendzimir / pintura en polvo Galvanizado Sendzimir / pintura en polvo Pintura en polvo Gris RAL 7032		
Dimensiones de los armarios (Dimensiones preferidas según la norma DIN VDE 41 488) Altura mm Ancho mm Profundidad Disposición con un frente mm Disposición con doble frente mm Power Center mm	 2200 400, 500, 600, 800, 1000 400, 600 1000 1200		

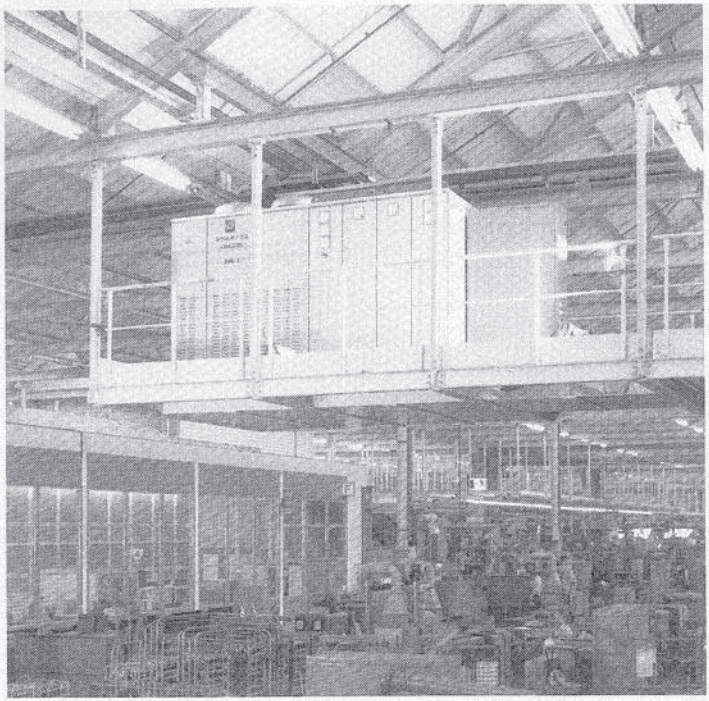


Figura 8.2/17
Subestación compacta S con transformador impregnado y encapsulado en resina instalada en el entrepiso de una nave de producción industrial.

salidas que se tienen que maniobrar después de abrir la puerta del compartimiento, tienen las protecciones necesarias contra contacto accidental.

Las barras verticales, las barras de acoplamiento y las conexiones de los aparatos tienen el recubrimiento protector contra contacto accidental que fija la norma DIN VDE 0106, Parte 100.

Las barras colectoras ubicadas en el centro de los compartimientos también tienen la protección contra contacto accidental correspondiente.

Descarga de sobrepresiones

Los dispositivos de cierre con resorte de las puertas evitan en forma confiable la apertura indeseada de las mismas y al mismo tiempo posibilitan la descarga sin riesgos de una sobrepresión interior ocasionada por un arco. Además, en las chapas del techo se previeron tapas que permiten descargar toda sobrepresión interior.

Ensayos de protección ante arcos

Las disposiciones constructivas para las "Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologados", tales como la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500) o las Publicaciones IEC pertinentes, no prevén ensayo(s) de arcos.

Sin embargo, se realizaron los ensayos pertinentes de la norma DIN IEC 17 D (Sec) 141 (VDE 0660, Parte 508), para proteger al personal operativo o a las personas que eventualmente se encuentren en las cercanías de la subestación y ofrecerles el máximo de seguridad. En los ensayos realizados se verificó el cumplimiento de los criterios 1 a 5.

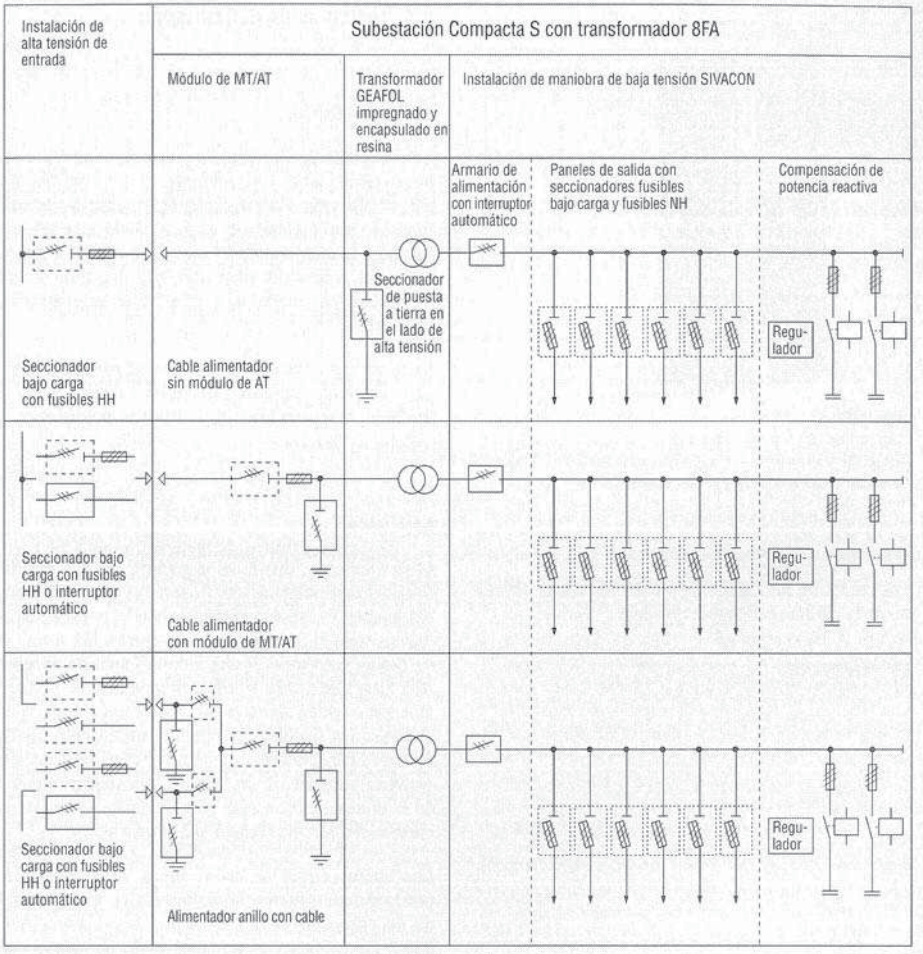


Figura 8.2/18
Esquemas unifilares básicos de subestaciones compactas S con transformador, tipo 8FA

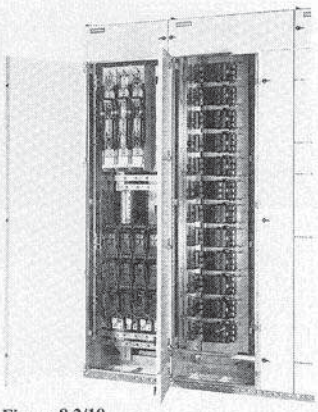


Figura 8.2/19
Compartimientos con salidas equipadas con:
Izquierda: Listones con seccionador bajo carga y fusibles
Derecha: Seccionador fusible bajo carga 3NP5

Acometida de cables

Los cables de las salidas se pueden llevar al tablero desde la parte superior o la inferior.

Datos técnicos

Los datos técnicos de la instalación de maniobra de baja tensión SIVACON se suministran en la Sección 8.2.2.

8.3 Sistemas de distribución

Aplicaciones

Los sistemas de distribución permiten construir tableros principales y secundarios que, en primer lugar, se utilizan en las instalaciones eléctricas de edificios. Con alimentadores de hasta 2000 A se los utiliza para la distribución de energía eléctrica a través de barras colectoras adaptadas a la demanda y con los aparatos de maniobra y protección adecuados en cada salida.

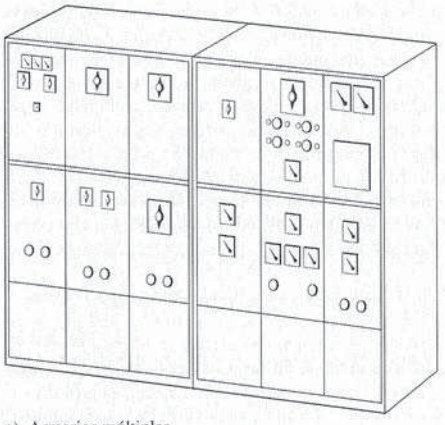
De la misma forma estos módulos se pueden utilizar para construir tableros de control, derivaciones a motores, disposiciones para efectuar mediciones e instalar medidores.

Ejecución

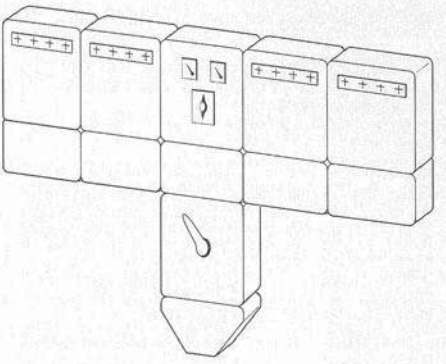
Los sistemas de distribución están formados por diferentes componentes como ser: las partes del encapsulado o revestimiento, las bandejas correspondientes para el montaje de los aparatos, los sistemas de barras colectoras y una amplia gama de accesorios. Con frecuencia, se ofrecen módulos de montaje que comprenden aparatos de uso reiterado como, por ejemplo, los fusibles. Un módulo uniforme a través de todo el sistema permite realizar una construcción variable adaptada a los respectivos requerimientos de la aplicación concreta en el lugar de montaje incluso con diferentes tamaños de armarios.

Los componentes de los sistemas de distribución, por lo general, fueron homologados en ensayos tipo de acuerdo con la norma DIN EN 60 439 (VDE 0660, Parte 500) y el armado puede realizarse con herramientas de mano normales en forma rápida y sencilla. No se requieren costosos dispositivos de taller y ensayos. El proyecto y los cálculos necesarios también resultan relativamente sencillos, sobre una base sistémica de los "módulos de distribución" y la selección de los componentes por medio del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Los sistemas de distribución se ejecutan con diferentes formas constructivas: armarios, armarios múltiples y cajas múltiples (Figura 8.3/1). El material utilizado para el revestimiento podrá ser chapa de acero o material aislante.



a) Armarios múltiples



b) Cajas múltiples

Figura 8.3/1
Ejemplos de sistemas de distribución

8.3.1 Sistema de distribución 8HP en cajas de material aislante

Aplicación

El sistema de distribución 8HP en cajas de material aislante se utiliza en todos aquellos lugares donde se requiera una elevada clase de protección (IP65), medidas de protección como "aislamiento de protección", características anticorrosivas y resistencia absoluta a los agentes atmosféricos, una amplia resistencia a los agentes químicos o una construcción muy compacta. Otras razones y, por lo tanto, ventajas que ofrece el sistema son las siguientes:

- Adaptación sencilla la demanda de energía eléctrica,
- ampliaciones y modificaciones sencillas de realizar,
- adaptación sencilla al espacio disponible en el lugar de montaje,
- construcción y disposición claras. Además, se dispone de tapas transparentes de policarbonato resistente a los golpes (Makrolon).

Ejecución

Cinco cajas de material aislante (Poliester reforzado con fibra de vidrio) con tamaños constructivos coordinados entre si constituyen la base del sistema de distribución 8 HP. Estas cajas se pueden montar adyacentes entre sí en cualquier posición (Figura 8.3/2). Las tapas podrán ser transparentes (policarbonato / Makrolon) u opacas (poliester reforzado con fibra de vidrio).

La profundidad estándar de montaje es de 147 mm, para aparatos con dimensiones mayores, se podrá aumentar la profundidad con tapas altas para las cajas de los tamaños constructivos 2 y 2,5, así como con marcos intermedios sobrepuestos para las cajas de los tamaños constructivos 3 y 4. Las cajas y tapas opacas se provén en color gris RAL 7035. Se suministran sistemas de barras colectoras previstos para corrientes asignadas de 250, 400, 630 y 1000 A. Las alimentaciones podrán ser de hasta 1800 A y las salidas de hasta 800 A.

El programa de accesorios de fácil montaje comprende: placas de montaje, soporte de aparatos y módulos de montaje con bases portafusibles DIAZED, NEOZED y NH, aparatos para montaje sobre riel DIN (por ejemplo, interruptores cortacircuitos automáticos/termomagnéticos, dispositivos de protección contra corrientes de defecto), así como seccionadores fusibles e interruptores automáticos. Para los interruptores automáticos se cuenta además con cajas que contienen un conjunto de montaje y un accionamiento giratorio con acople de puerta incorporado. Por lo tanto, sólo se necesita fijar el interruptor seleccionado. Los seccionadores bajo carga con o sin fusibles se suministran completamente montados.

Otros accesorios como, por ejemplo, bastidor de soporte y recubrimiento para el compartimiento de cables, así como numerosas homologaciones de acuerdo con la

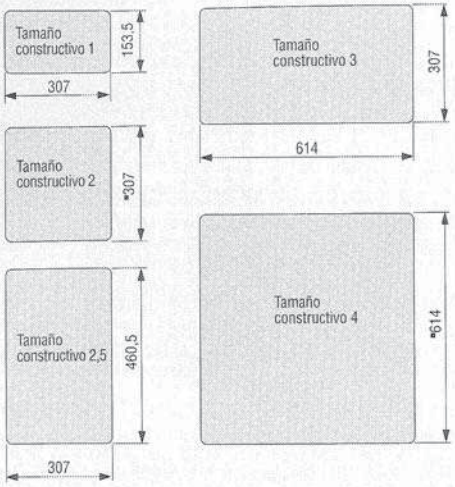


Figura 8.3/2
Tamaños constructivos de las cajas del sistema de distribución 8HP

norma DIN EN 60 439 (VDE 0660, Parte 500), según UL, ensayos de choque (Oficina Federal para la Protección Civil de Alemania), ensayos antisísmicos, ensayos de comportamiento en fuego de instalaciones mineras (Planta piloto de la mina Tremonia), aseguran un campo de aplicaciones multifacéticas.

El proyecto se facilita con la plantilla de dibujo y el programa para PC, SIPUK-CAD.

8.3.2 Sistema de distribución 8 HU en cajas de chapa de acero

Aplicación

Las cajas de chapa de acero del sistema de distribución 8HU se pueden utilizar como cajas individuales o formando conjuntos que integran un sistema completo.

Con los juegos de montaje del sistema de distribución 8HP, los aparatos montados sobre placas o rieles DIN y barras colectoras de hasta 630 A se pueden construir distribuciones principales y secundarias, así como tableros de mando, en especial, para su uso bajo condiciones de servicio extremas (industria pesada).

Ejecución

Se suministran cajas con seis tamaños constructivos diferentes (Figura 8.3/4). Las cajas soldadas de chapa de acero de 2,5 mm de espesor son muy robustas y el tratamiento superficial de esta chapa con una capa final de pintura de polvo y color gris azulado RAL 7031 la hacen resistente a la corrosión atmosférica. Las cajas con clase de protección IP 65 se suministran completamente cerradas, con aberturas en dos laterales opuestos o en las caras laterales, así como en la base y en la cara superior. Las tapas se fijan con tornillos, pero también se suministran con bisagras y cierre a tornillos o con cierre rápido con cerradura (Figura 8.3/5).

En la parte inferior de la caja se tienen dos rieles C de 20 × 8 mm soldados que permiten fijar placas de montaje con tuercas móviles, rieles de soporte o módulos de montaje (accesorios del sistema de distribución 8HP). La profundidad de montaje con placa colocada es de 125 mm y para las cajas de los tamaños constructivos 34 y 36, de 225 mm.

Los seccionadores bajo carga de hasta 630 A y seccionadores bajo carga con fusibles de hasta 400 A, se suministran con manija giratoria y acople de puerta montados en la caja. Se prevén pasacables para la entrada de cables con un diámetro exterior de hasta 60 mm y con o sin prensacables. Se podrán montar barras colectoras de hasta un máximo de 630 A.

Las múltiples posibilidades de combinación que ofrece el sistema 8HU, la amplia gama de equipamiento en combinación con su robustez, hacen que se lo utilice en las aplicaciones más variadas de las empresas y plantas industriales.

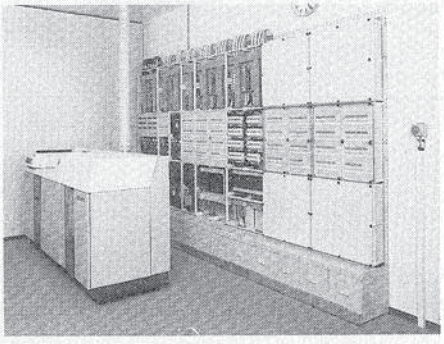


Figura 8.3/3
Distribuidor en cajas de material aislante 8HP y compartimiento de cables cerrado instalado en un edificio de oficinas

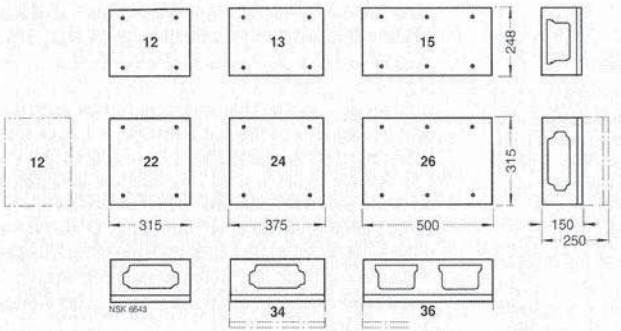


Figura 8.3/4
Tamaños constructivos 12 a 36 y dimensiones exteriores de las cajas del sistema de distribución 8HU

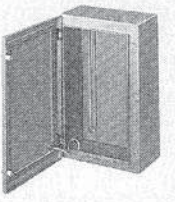


Figura 8.3/5
Caja de tamaño constructivo 13 con tapa abisagrada

8.3.3 Sistemas adaptadores para barras colectoras

Aplicación

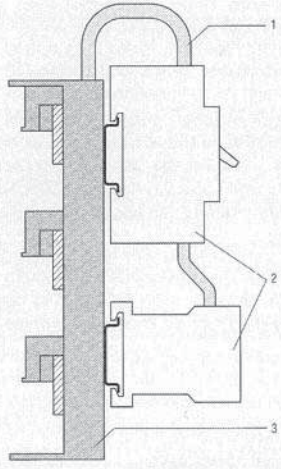
En los tableros se utilizan las barras colectoras para transportar y distribuir la corriente eléctrica hacia las diferentes derivaciones. Antes de cada una de las salidas o de los grupos de salidas se conecta, por lo general, un dispositivo de protección (fusibles o interruptor automático) de acuerdo con los valores asignados del circuito o del consumidor correspondiente. Un adaptador para barras colectoras permite, en una única operación, fijar mecánicamente los aparatos sobre estas barras y conectarlos en forma eléctrica.

Este adaptador permite reducir en gran medida el espacio requerido dentro del armario, los materiales necesarios, así como el tiempo necesario para el montaje y el cableado. Los adaptadores no sólo admiten el montaje de los dispositivos de protección, también se pueden fijar derivaciones completas para motores (interruptor automático y contactor) u otras combinaciones de aparatos (Figura 8.3/6).

Ejecución

El sistema adaptador para barras colectoras 8US 1, además de los componentes para los tramos de barras colectoras con una distancia de 40 y 60 mm entre sus centros, también ofrece los adaptadores, los soportes para los aparatos y todos los accesorios para la adaptación de los aparatos sobre estas barras.

En la selección de las barras colectoras debe tenerse en cuenta que en los sistemas con 40 mm de distancia entre los centros de las barras, éstas se montan planas una al lado de la otra y de esta forma se limita el ancho de las barras (separación de aire entre los terminales de conexión) y con esto se restringe la carga admisible de las barras (Tabla 8.3/1). Por lo tanto, con esta separación de barras se podrán montar, como máximo, interruptores automáticos 3VF3 con una intensidad de la corriente asignada de 200 A y seccionadores fusibles bajo carga 3NP42 de 250 A.



1 Conductores de conexión
2 Aparatos montados
3 Adaptador

Figura 8.3/6
Vista lateral de un adaptador para barras colectoras con aparatos montados

Tabla 8.3/1
Corrientes permanentes de barras colectoras, Cu-E desnudo, con una temperatura del aire de 35 °C, de acuerdo con la norma DIN 43671

Dimensiones de las barras	Sistema	Corriente permanente con una temperatura de las barras de: 65 °C	85 °C	105 °C
		Schienentemperatur		
mm	mm	A	A	A
12 × 5	40+60	188	248	295
15 × 5	40+60	222	293	349
20 × 5	60	274	362	430
25 × 5	60	327	432	513
30 × 5	60	379	500	595
12 × 10	60	302	398	474
20 × 10	60	427	564	670
30 × 10	60	573	756	900
T-Profil	60	795	1050	1250
I-Profil	60	1020	1345	1600

Con el sistema que tiene 600 mm de separación entre centros de barras y perfiles rectangulares de 30 × 10 mm de Cu podrán circular 500 A y con perfiles especiales, más de 1000 A para 65 °C de temperatura en estas barras.

Por lo tanto, con este sistema de barras se podrán montar como máximo interruptores automáticos con una intensidad de la corriente asignada de hasta 250 A y seccionadores bajo carga y seccionadores fusibles bajo carga de 630 A. Como es natural, también podrán montarse zócalos portafusibles DIAZED y NEOZED tripolares. Una ventaja especial ofrecen los aparatos de la nueva serie constructiva SIRIUS por su ancho reducido y su relación precio/prestaciones muy conveniente.

Sin embargo, la principal aplicación la representan las derivaciones a motores. En estas salidas el usuario tiene la posibilidad de realizar la combinación de los diferentes componentes y aparatos que necesite o adquirir al fabricante las unidades adaptadoras completamente cableadas (Figura 8.3/7).

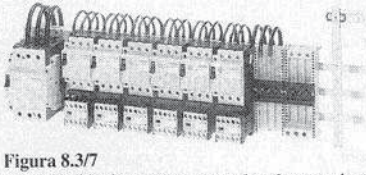


Figura 8.3/7
Combinación de aparatos montada sobre un adaptador y conectada al circuito principal

Una bornera seccionable con conector de 7 polos permite realizar con rapidez el reemplazo en servicio que se requiera de una derivación completa a motor. Una vez que se desconectó el interruptor automático se puede separar el conector enchufable y seccionar de la combinación de aparatos los tres conductores principales y cuatro de control. Después de efectuar el reemplazo de la derivación al motor se vuelve a enchufar el conector para restablecer las conexiones (Figura 8.3/8).

Las ventajas más importantes que ofrece al usuario el sistema de adaptadores para barras colectoras son las siguientes:

- Economía de espacio, materiales y tiempo.
- Montaje racional con componentes prearmados.
- Menores gastos para ensayos y controles.
- Contactos seguros, potencia de pérdidas menor y menos posibilidades de fallas.
- Disposición clara.
- Sencillo reemplazo de las derivaciones completas.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se suministran detalles técnicos para la selección.

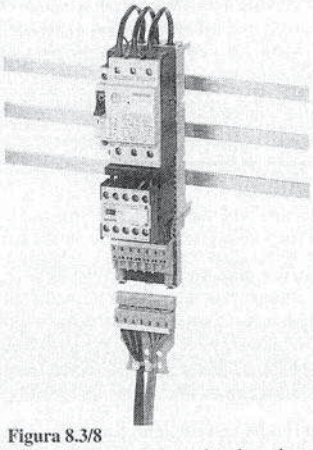


Figura 8.3/8
Derivación a motor montada sobre adaptador con bornera seccionable para los cables de salida

8.3.4 Sistema de distribución por barras con revestimiento de material aislante, 8PL (Sistema L)

Aplicación

Los sistemas de distribución por barras con revestimiento de material aislante (también denominadas blindobarras), se utilizan, por lo general, en disposición horizontal para suministrar energía eléctrica a equipos de fabricación en naves de producción de las industrias de la construcción de máquinas, automotriz, de elaboración de la madera, del papel y textil, así como en locales de producción de la industria de procesamiento de alimentos y talleres, salas de ensayos, laboratorios, exposiciones y ferias (Figura 8.3/9).

En disposición vertical también se los utiliza como columna montante en edificios elevados destinados a fines específicos, de oficinas, para viviendas, etc., para suministrar energía eléctrica a los armarios de medidores y a los distribuidores de los diferentes pisos.

A las cajas de derivación del sistema de distribución se conectan, por ejemplo, las máquinas, los motores y equipos eléctricos que, debido a cambios periódicos del programa de fabricación, se reagrupan o cambian de posición.

Por otra parte, estos distribuidores también se utilizan como alimentadores directos de los tableros de distribución de las instalaciones eléctricas.

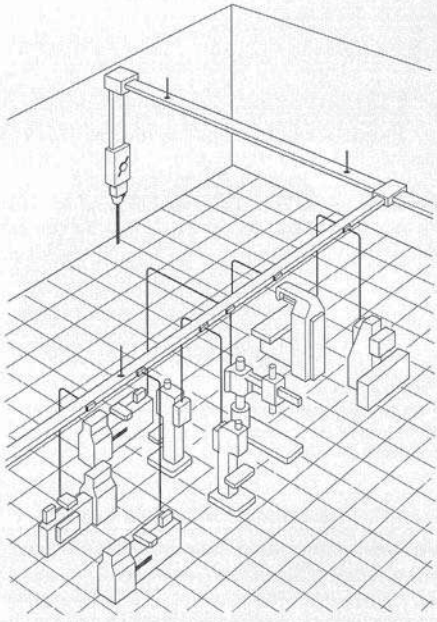


Figura 8.3/9
Sistema de distribución por barras con revestimiento de material aislante como alimentador de diferentes máquinas herramienta

Ejecución

Los distribuidores de barras se construyen como combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas y con homologación parcial de acuerdo con la norma DIN EN 60 439-1/-2 (VDE 0660, Partes 500 y 502). Además, deben corresponder, en especial, a la Publicación 439-1/-2 de la IEC. El montaje tiene que realizarse según las indicaciones de la norma DIN VDE 0100, Parte 520 y las especificaciones del fabricante.

Su construcción es tal que el sistema de barras colectoras fijadas dentro de un conducto de material aislante tienen en toda su longitud numerosas aberturas dispuestas para montar en forma segura cajas de salidas para realizar las derivaciones correspondientes.

El amplio programa de componentes comprende, entre otros, tramos de barras de tipos aprobados, uniones de tramos, piezas terminales, cajas de acometida, de reducción, de dilatación (compensación), cajas de salidas con diferente equipamiento y numerosos accesorios como soportes para fijar luminarias y distintas ejecuciones de estribos de soporte para los tramos. Las cajas de salidas podrán equiparse con el bus *instabus* EIB para operar consumidores o para conectar las luminarias (Figura 8.3/10).

El programa se completa con mamparos cortafuego acordes con el sistema y de tipos aprobados según la norma DIN 4102. Cuando los distribuidores de barras atraviesan diferentes secciones cortafuegos, por ejemplo, pasan por paredes o techos resistentes al fuego, deben satisfacer los requerimientos de las disposiciones de protección contra incendios emitidas por las autoridades competentes y estar comprendidas en planos generales aprobados por estas autoridades.

Por ello, los mamparos cortafuego acordes con el sistema se diseñan, como mínimo, para una clase de re-

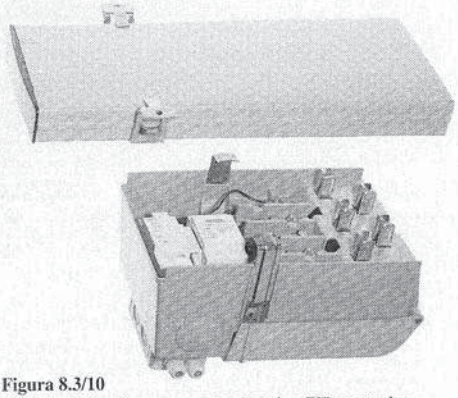


Figura 8.3/10
Caja de derivación con aparatos *instabus* EIB montados para controlar, por ejemplo, una instalación de iluminación conectada a la salida

sistencia al fuego S90 según la norma DIN 4109. Es decir, el manparo cortafuego resiste durante 90 minutos un fuego de acuerdo con las condiciones del ensayo sin que se forme humo o se eleve la temperatura sobrepasando los límites admisibles en los componentes del sistema ubicados en la sección protegida.

Los componentes se suministran como módulos que se ensamblan y montan rápida y fácilmente en obra. La posibilidad de montar en los tramos con una única dimensión, barras de cobre para intensidades de la corriente asignada de 160, 250 y 400 A, representa una gran ventaja porque permite utilizar un único programa de cajas de derivación para todas las barras y de esta forma se aprovecha el sistema con mayor libertad y flexibilidad.

Los ensayos de tipo según la norma DIN EN 60439-1 (VDE 0660, Parte 500) certifican el cumplimiento de determinados requerimientos fijados en las disposiciones para los ensayos para el tipo seleccionado del sistema de distribución por barras.

Estos ensayos se realizan a pedido del fabricante sobre muestras del sistema de distribución por barras y se determinan o comprueban los valores o características siguientes:

- Cumplimiento de las temperaturas límite admisibles,
- Rigidez dieléctrica,
- Resistencia al cortocircuito,
- Continuidad del conductor de protección,
- Cumplimiento de las especificaciones de distancias de fuga y de aislamiento,
- Confiabilidad de la función y de la resistencia mecánica,
- Verificación de la clase y el tipo de protección indicadas,
- Resistencia efectiva y reactancia admisibles,
- Durabilidad y resistencia a la corrosión en atmósfera normal.

Los sistemas 8PL ofrecen las ventajas siguientes:

▷ Seguridad en su calidad de combinación de aparatos de maniobra homologado.

▷ Libertad y flexibilidad en la disposición, cambios de lugar y requipamiento de máquinas.

▷ Su elevada calidad, aislamiento de protección y cajas de derivación con fusibles y enclavamiento brindan una durable seguridad funcional y en el servicio, así como reemplazo de fusibles sin tensión.

▷ Disposición clara de los conductores.

▷ Dimensiones mínimas para la máxima transferencia de corriente.

▷ Peso reducido.

▷ En atmósfera normal no requieren mantenimiento.

▷ Elevada densidad de conexión.

▷ El montaje y desmontaje de las cajas de derivación se realiza en forma rápida, confiable y sin riesgos. La operación puede efectuarse con una mano.

▷ Para tres diferentes intensidades de la corriente de barras se utiliza un único programa de cajas de derivación.

▷ Mamparos cortafuegos incombustibles.

8.3.5 Sistemas de barras 8PU

Los sistemas de barras se utilizan para la interconexión de los tableros de baja tensión y los transformadores o entre tableros en reemplazo de cables conectados en paralelo.

El sistema de barras 8PU (blindobarras) se ofrece en dos variantes: con ducto de chapa de acero y en ejecución con revestimiento de resina colada, que podrán acoplarse entre sí con facilidad para aplicaciones de interior y exterior.

Las clases de protección fueron diseñadas para las exigencias máximas. La ejecución con ducto de chapa de acero cumple con las especificaciones de la clase de protección IP 42 y con el agregado de juntas adicionales en la unión de los tramos de barras, alcanza la clase IP 54 según las normas DIN VDE 0470–1 e IEC 529 para uso en interiores. La clase de protección que ofrece la versión con revestimiento de resina es la IP 54 para aplicaciones en interiores y con el agregado de una junta en la unión de los tramos de barras, alcanzan la clase IP 66 para uso en exteriores.

La disposición de las barras de cobre que ambas ejecuciones (número de conductores: 3, 3 $\frac{1}{2}$, 4 ó 5) es la de una construcción "sandwich" compacta con una separación eléctricamente segura con 5 capas de aislante entre las barras y de tres capas contra el encapsulado metálico o del recubrimiento de resina colada.

Este principio constructivo ofrece un considerable ahorro de espacio y al mismo tiempo una gran resistencia ante cortocircuitos y máxima estabilidad.

La disposición en la secuencia L1-L2-L 3-N-PE de las barras permite cancelar en gran medida los campos magnéticos que se producen en el servicio. De esta forma se reduce a un mínimo la reactancia y la caída de tensión en las barras de cobre sólo depende de su resistencia óhmica.

Con esta construcción se obtiene una caída inferior al 2% de la tensión asignada de servicio por cada 100 m de tramos de barras. El sistema de barras 8PU fue diseñado para aplicaciones en redes de baja tensión de hasta 750 V, 50–60 Hz e intensidades de la corriente asignada de servicio de 500 a 7500 A.

El sistema de barras, como combinación de aparatos de baja tensión homologada, satisface las determinaciones de las normas DIN EN 439–1 (VDE 0660, Parte 500), IEC 439–1 e IEC 439–2. Además, cumple con las disposiciones de seguridad de la "Directiva de la CE para Equipos Eléctricos" según la "Declaración de Conformidad Europea".

El sistema de barras 8PU dispone de un amplio programa de componentes que posibilita su adaptación a las más variadas características constructivas de las salas de tableros y de transformadores.

Este programa comprende, entre otros componentes, los siguientes:

- ▷ para las líneas:
  tramos rectos de barras, paquetes para conexión de barras, cajas de dilatación, elementos de unión,
- ▷ para cambios de dirección:
  ángulos planos, de canto, Z, curvas, paquetes de barras en T,
- ▷ para montaje adosado a paredes, techos y sobre piso:
  soportes para suspención del techo, fijación a las paredes y sobre pisos: Piezas de fijación y sujeciones rígidas, suspensiones elásticas o deslizantes,
- ▷ para paso de muros y de techos:
  pasamuros y pasos de techos, cortafuegos,
- ▷ para conexión de transformadores:
  placas–bridas, conexiones planas y de dilatación,
- ▷ para la conexión a tableros:
  barras macizas de conexión.

El catálogo I 2.36 "Stromschienensystem 8PU" (Sistemas de barras 8PU), suministra descripciones detalladas de los componentes, informaciones técnicas, dimensiones e indicaciones para realizar el proyecto.

En la figura 8.3/11 se representa un ejemplo de la interconexión entre un transformador y un tablero de baja tensión por medio de un sistema de barras y la figura 8.3/12 muestra un esquema con la disposición de los componentes necesarios.

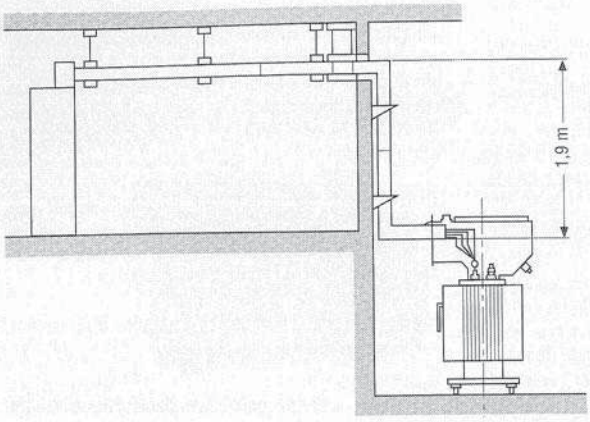
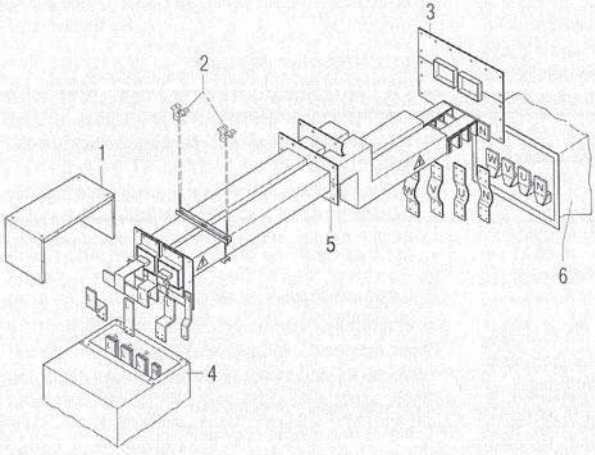


Figura 8.3/11
Ejemplo de una conexión entre un transformador en baño de aceite y un tablero (cuadro) de baja tensión por medio de un sistema de barras 8PU recubiertas con resina colada



1 Tapa de unión
2 Soporte para fijación suspendida
3 Placa cierre de brida
4 Acometida a tablero (cuadro) de baja tensión
5 Pasamuros
6 Caja-brida de conexiones en el transformador

Figura 8.3/12
Componentes del sistema de barras 8PU con recubrimiento de resina colada para la interconexión entre un transformador en baño de aceite y un tablero (cuadro) de baja tensión

8.3.6 Sistemas constructivos para montaje de mandos, tipo 8LW y 8LV

Aplicación

El sistema de unidades de montaje 8LW/8LV permite construir en forma racional paneles de mandos convencionales, por ejemplo, para máquinas herramienta o manufactureras, trenes de transferencia o líneas automáticas, bastidores para protecciones e instalaciones similares. Las dimensiones de los componentes de este sistema llegan hasta 1000 mm de ancho y 2000 mm de altura. El uso de componentes para fijación rápida permite utilizar los bastidores preferentemente para la construcción de controles y mandos con, por ejemplo, un gran número de pequeños contactores y guardamotores, contactores auxiliares, relés y fusibles. La característica principal de estos sistemas es una construcción rentable que incluye los aparatos y el cableado correspondientes.

Los sistemas constructivos 8LW y 8LV están formados por piezas prefabricadas para el montaje de paneles de control, bastidores de protecciones e instalaciones abiertas de maniobra.

El montaje dentro de armarios con las dimensiones adecuadas, permite alcanzar grados de protección mayores (figuras 8.3/13 y 8.3/14).

Ejecución

La Tabla 8.3/2 muestra las partes básicas de ambos sistemas formadas por 3 chapas portaaparatos adecuadas para armarios con 600, 800 y 900 mm de ancho, así como diferentes anchos y alturas útiles.

Sistema de unidades de montaje 8LW

El sistema modular 8LW fue diseñado, en primer lugar, para su montaje en armarios del sistema 8MF. Para esto se utilizan portaaparatos de chapa de acero galvanizada por el procedimiento Sendzimir de 2 mm de espesor con soportes espaciadores soldados que se pueden fijar directamente a los laterales del bastidor del armario 8MF (Figura 8.3/15). Los separadores permiten obtener un espacio libre entre la chapa de soporte de los aparatos y el plano de montaje para tender los conductores de interconexión y facilitar el cableado.

Cuando en una línea sólo deban montarse aparatos encastrables sobre riel de 35 mm según la norma DIN EN 50 022, podrá obtenerse una solución rentable con placas ranuradas remachadas y soportes espaciadores atornillados.

En el caso que en la citada línea se deban montar aparatos con fijación rápida por encastre y otros con montaje por medio de tornillos, se podrán utilizar rieles normalizados de 35 mm atornillados sobre las chapas portaaparatos.

Las principales características del sistema de unidades de montaje 8LW son las siguientes:

- Componentes con un ancho útil de montaje coordinado con el sistema de armarios 8MF.
- Para el montaje de los elementos dentro de los armarios del sistema 8MF no se requiere ningún bastidor de soporte adicional.
- Las chapas portaaparatos con soportes espaciadores soldados se fijan directamente a los listones laterales del bastidor del armario 8MF.
- Los rieles DIN EN 50 022 de 35 mm con placas ranuradas remachadas y soportes separadores atornillados, ofrecen una solución económica para fijar todos los aparatos encastrables.
- El montaje y el cableado de los aparatos se realizan en el armario.

Sistema de unidades de montaje 8LV

El sistema modular 8LV fue diseñado para su montaje en todos los sistemas de armarios y, por lo tanto, no depende del ancho previsto para la fijación en el interior de estos armarios (Figura 8.3/16).

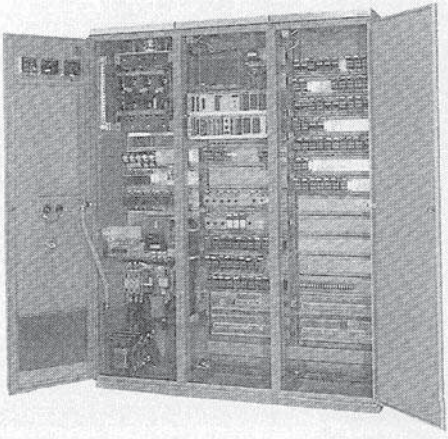


Figura 8.3/13
Tablero de mando conformado con componentes del sistema 8LW, vista frontal con cableado

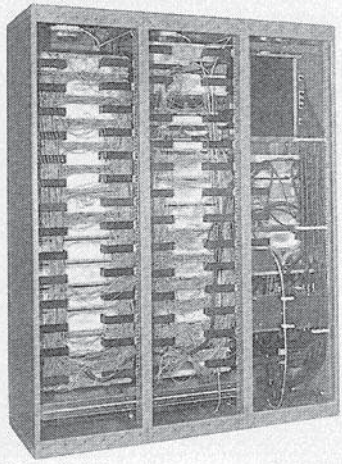


Figura 8.3/14
Tablero de mando conformado con componentes del sistema 8LW, vista posterior con cableado

Tabla 8.3/2
Anchos y alturas de montaje útiles de las chapas portaaparatos en los sistemas constructivos 8LW y 8LV

Sistema de unidades de montaje	Ancho útil (nominal) mm	Altura constructiva mm
8LW	530, 730, 830	60, 80, 100, 120, 160, 200
8LV	550, 750, 850	60, 80, 100, 120, 140, 160

Un panel de control se puede armar y cablear en el banco de trabajo del taller, con portaaparatos de chapa de acero (2 mm de espesor) galvanizada con el procedimiento Sendzimir, que se fijan con separadores y tornillos M 8 × 55 a dos perfiles verticales. El módulo armado de este modo se monta luego en el armario. El amplio espacio que conforman los separadores y los perfiles permite tender con comodidad los conductores de las interconexiones.

Sobre los portaaparatos se pueden atornillar tanto rieles DIN de 35 como de 75 mm y, por lo tanto, no sólo se podrán fijar aparatos por medio de tornillos, sino también utilizar el método del encastre rápido sobre riel.

Se dispone de módulos adicionales para el montaje de los componentes del sistema 8LV en los armarios del sistema 8MF.

Las principales características del sistema 8LV son las siguientes:

- Se pueden montar en los armarios de cualquier sistema.
- No dependen del ancho de montaje interior del armario.
- Los paneles de control se pueden armar en el banco de trabajo, fuera del armario.
- Estos componentes se montan en los armarios del sistema 8MF con partes adicionales.

Ambos sistemas de unidades de montaje ofrecen además las ventajas siguientes:

▷ Montaje sencillo, requieren poco espacio.

▷ Los aparatos se pueden fijar con tornillos o por encastre sobre riel.

▷ Los conductores se sostienen con placas ranuradas insertables o fijas.

▷ Permiten el uso de conductores flexibles prearmados.

▷ La falta de restricciones en el cableado hace que "una persona" pueda realizar un "montaje rápido" desde el frente.

▷ Las chapas portaaparatos y los diferentes separadores aseguran un amplio espacio disponible para el cableado.

Cableado:

En ambos sistema de unidades de montaje se utilizan preferentemente conductores flexibles prearmados. Estos conductores del tipo HO5V-K y HO7V-K (NYAF) se cortan a medida con máquina y se les colocan terminales con o sin manguitos de material plástico.

Estos conductores preconfeccionados se suministran en las secciones y longitudes siguientes:

Secciones: 0,5 – 0,75 – 1 – 2,5 mm^2

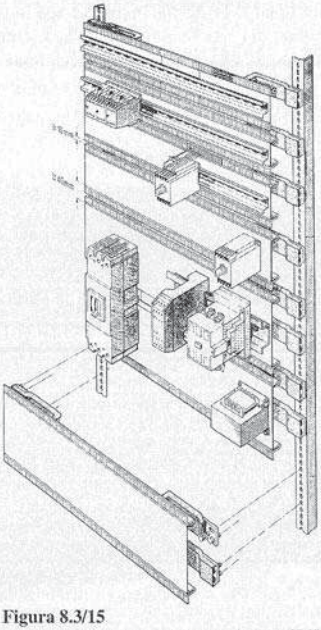


Figura 8.3/15
Panel de mando armado con el sistema 8LW para su montaje en armarios del sistema 8MF

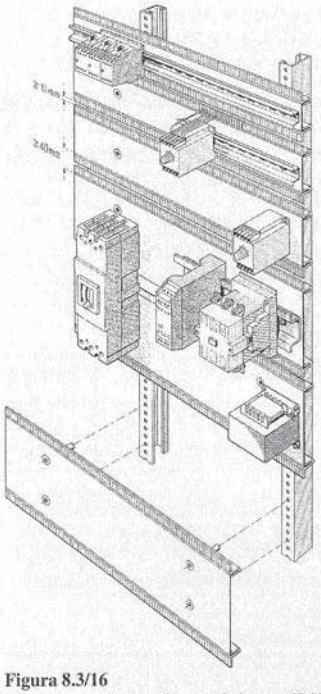


Figura 8.3/16
Panel de mando armado con el sistema 8LV para su montaje en cualquier tipo de armario

longitudes: 0,3 – 0,5 – 0,8 – 1,0 – 1,3 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 m.

Los conductores con secciones mayores se cortan directamente de los rollos respectivos.

En los bordes de las chapas portaaparatos se colocan placas ranuradas de material plástico moldeado elástico para proteger el aislamiento de los conductores y al mismo tiempo, sujetarlos.

La separación entre los ejes de las ranuras entre lengüetas es de 5 mm y de esta forma coincide con la menor separación de los bornes de conexión de la mayoría de los aparatos de maniobra como contactores auxiliares, relés de tiempo y también de las borneras componibles.

En las ranuras entre las lengüetas podrán fijarse hasta dos conductores de la misma sección de 0,75 a 2,5 mm^2. Para los conductores de 4 y 6 mm^2 se deberá romper, en cada caso, una lengüeta.

Los conductores con secciones ≥ 10 mm^2 se fijan al panel de mandos con abrazaderas de cinta.

Las conexiones de los conductores multifilares se deberán fijar para evitar que se apliquen esfuerzos inadmisibles sobre los extremos de estos conductores.

En los bordes de las chapas portaaparatos se colocan las placas ranuradas que cumplen con todas estas funciones y también soportan los conductores.

Una vez conectados los aparatos o cuando se cablearon los conductores flexibles preconfeccionados, se colocan las longitudes sobrantes detrás de las chapas portaaparatos (Figura 8.3/18).

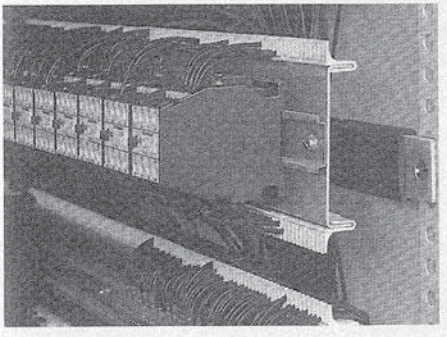


Figura 8.3/17
Compartimiento vertical para cableado, formado por medio de soportes separadores

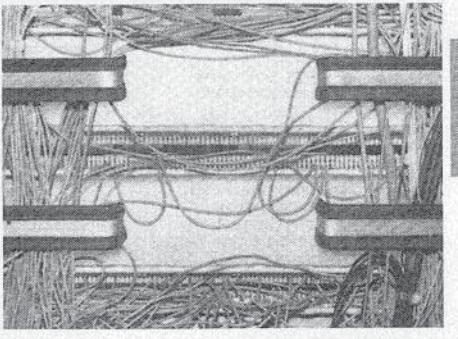


Figura 8.3/18
Cableado en la parte posterior de un panel de mandos

8.3.7 Sistemas de armarios 8MF y 8MC para tableros (cuadros) de maniobras, distribución y mandos

Los sistemas de armarios 8MF y 8MC (figuras 8.3/19 y 8.3/20) se diseñaron para el montaje de aparatos eléctricos y electrónicos de baja tensión y se aplican en los siguientes campos de la industria o el diseño de edificios para oficinas:

- Sistemas de mando y regulación.
- Electrónica (sistema de montaje en 19").
- Electrónica de potencia.
- Sistemas de maniobra.
- Sistemas de procesamiento de datos.
- Sistemas de conmutación.
- Sistemas electromédicos.

Ambos sistemas de armarios se suministran en las siguientes medidas estándar:

- altura: 1 800, 2 000 y 2 200 mm
- ancho: 600, 800, 900 y 1 200 mm
- profundidad: 400, 600 y 800 mm.

Cuando se requieren otras dimensiones, se podrán fabricar armarios cuyas medidas pueden variar en pasos de 100 mm dentro de los márgenes siguientes:

- altura: de 800 hasta 2 400 mm
- ancho: de 400 hasta 1 400 mm
- profundidad: de 300 hasta 1 200 mm.

Sistema de armarios 8MF

El sistema de armarios 8MF, es el más rígido en su tipo, se arraigó firmemente en numerosos campos de aplicación por esta estabilidad, y por su gran flexibilidad constructiva, posibilidades de ampliación y su módulo básico de 20 mm de múltiple aplicabilidad.

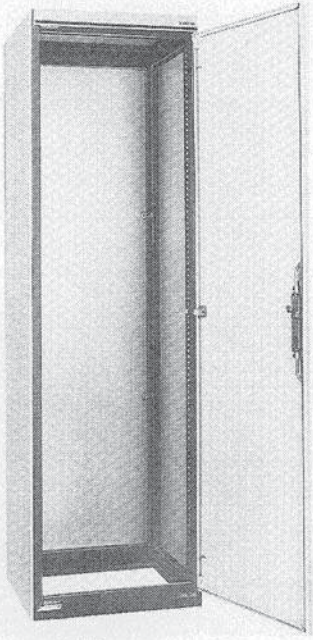


Figura 8.3/19
Sistema de armarios estándar 8MF para montaje independiente, una puerta

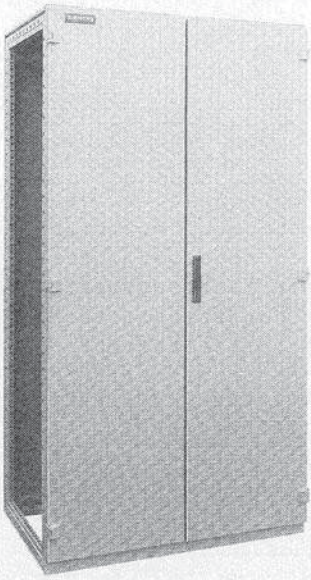
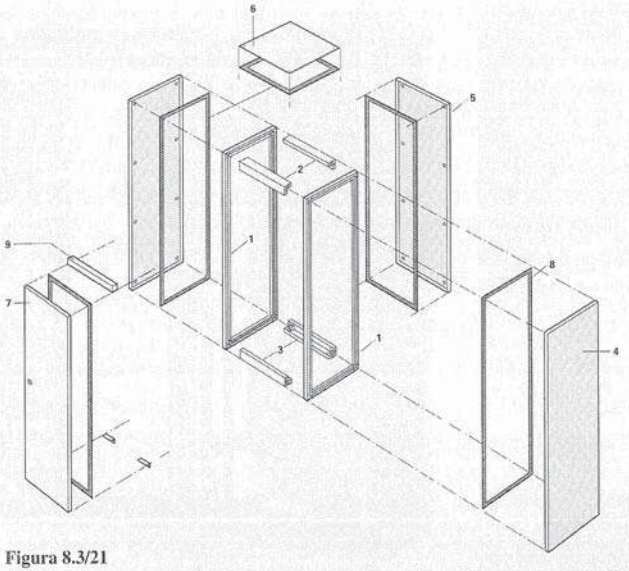


Figura 8.3/20
Sistema de armarios estándar 8MC para montaje formando una fila, dos puertas



1 Bastidor lateral
2 Travesaños superiores
3 Travesaños inferiores
4 Panel lateral
5 Panel posterior
6 Chapa de techo
7 Puerta
8 Junta selladora (burlete) (IP 54)
9 Perfil superior de identificación

Figura 8.3/21
Construcción de un armario 8MF para montaje independiente (Clase de protección IP 54)

Ejecución

Cada armario 8MF, tal como muestra la figura 8.3/21, está formado por las partes que componen el bastidor en una construcción soldada/atornillada, las chapas de cierre lateral, fondo, techo y una puerta.

El bastidor se compone de dos armazones laterales soldados y cuatro travesaños atornillados (2 superiores y 2 inferiores). En la figura 8.3/22 puede observarse el detalle de la unión de un travesaño con el armazón lateral.

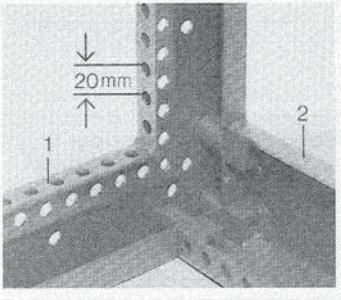


Figura 8.3/22
Detalle del ángulo inferior de un armario 8MF atornillado

Piezas de ajuste aseguran que el bastidor siempre se arme y atornille con los armazones perpendiculares y en la medida prefijada.

Para el armado no se requieren dispositivos o plantillas especiales, por lo tanto, esta operación puede realizarse sin inconvenientes en la planta del usuario. El bastidor se diseña para soportar toda la capacidad de carga del armario. Se podrán realizar montajes con hasta unos 500 kg de peso en el gancho de la grúa y en obra se admiten montajes adicionales de hasta unos 200 kg. Los armarios se podrán suministrar con cáncamos para el transporte. Cada travesaño inferior posee dos perforaciones con un diámetro de 14 mm para fijar el armario al piso.

Los bastidores laterales tienen dos líneas de agujeros desplazados 90° con una separación entre centros de 20 mm. En los travesaños superiores e inferiores también se dispone de una línea de agujeros de fijación. Esta disposición de agujeros permite realizar montajes en cualquiera de los tres planos del armario. Una línea de agujeros en el bastidor lateral con 100 mm de separación permite fijar al mismo las chapas laterales o unir los armarios entre sí. La puerta se puede colocar o retirar con facilidad moviendo el perno de la bisagra.

Las puertas con bisagras embutidas abren con un ángulo de unos 180° en la versión de montaje independiente y unos 150° en el caso de los armarios dispuestos en fila.

Sobre la puerta podrá fijarse un perfil de aluminio cepillado, una característica distintiva del sistema, que se utiliza para disponer rótulos adicionales correspondientes al armario en cuestión.

El sistema 8MF ofrece las características siguientes:

- ▷ Máxima rigidez lograda por medio de perfiles de 2,5 mm en los bastidores y 4 mm en los travesaños.
- ▷ Clase de protección: IP 40 o IP 54, puede modificarse con posterioridad.
- ▷ Montaje individual o en fila.
- ▷ Se suministran armados o desarmados.
- ▷ La versión desarmada ocupa un volumen muy reducido en el depósito.
- ▷ Su gran gama de variantes se adapta a todas las aplicaciones individuales requeridas.
- ▷ Se pueden suministrar en una versión especial antisísmica.

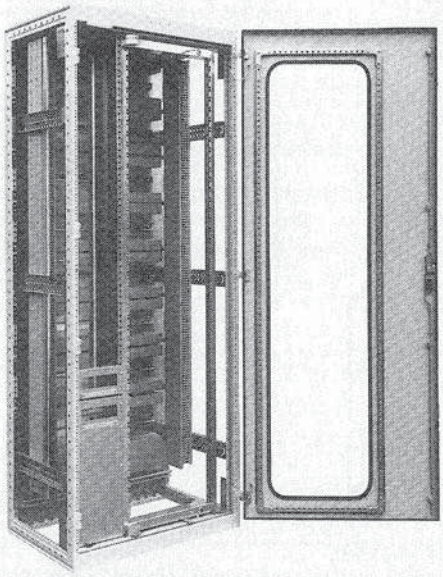


Figura 8.3/23
Armario 8MC con su estructura mecánica completa

Sistema de armarios 8MC

El sistema de armarios 8MC constituye una versión completamente métrica con una modularidad de 25 mm según la norma DIN 43 355. Además, cumple con las disposiciones de todas las normas alemanas e internacionales válidas para sistemas de montaje métricos.

Los armarios del sistema 8MC se suministran con sus partes mecánicas completamente montadas sin aparatos ni cableado o en una versión en la que el usuario monta fácil y rápidamente los componentes eléctricos/electrónicos que requiera para su aplicación, elegidos de un variado programa de partes. En la figura 8.3/23 se representa un armario 8MC con su estructura mecánica completa.

Ejecución

El armario 8MC para montaje en fila consta de un bastidor soldado, una chapa de cierre posterior, otra de techo y una puerta. Cuando el armario se utiliza en forma individual se requieren dos chapas adicionales para el cierre lateral.

El bastidor soldado está formado por perfiles especiales de canto, tanto en los bastidores laterales como en los travesaños (Figura 8.3/24).

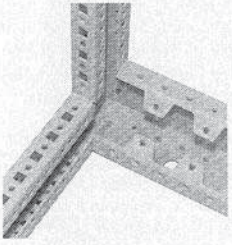


Figura 8.3/24
Ángulo soldado del bastidor formado por perfiles especiales

El galvanizado de los perfiles del bastidor y el recubrimiento posterior del bastidor completo, así como de los elementos de cierre del armario con pintura en polvo aseguran una elevada protección contra la corrosión. Los perfiles poseen diferentes series de perforaciones (con módulo de 25 mm) que permiten fijar los componentes en todos los planos. Por ejemplo, una serie de agujeros cuadrados para el montaje de componentes del sistema así como otra serie de agujeros pasantes preparados para el uso de tornillos con rosca cortante (autorroscantes) habituales en automatización.

Estas posibilidades de fijación permiten que se reduzcan los tiempos de montaje e incluso que "una persona" realice el montaje hasta de partes de grandes dimensiones.

Las puertas estándar del sistema de armarios 8MC giran sobre bisagras exteriores y abren con un ángulo de 180°. Las puertas se pueden proveer con un bastidor de refuerzo formado por perfiles rectangulares huecos con líneas de agujeros para tornillos autorroscantes en todo su contorno que permiten fijar los componentes.

El diseño de las paredes laterales es tal que se encuentran dentro de las dimensiones del bastidor, es decir, el ancho del armazón es igual al ancho nominal del armario.

El sistema 8MC ofrece las características siguientes:

- ▷ Robusto bastidor de perfiles especiales soldados con diferentes series de agujeros en todos los planos de fijación.
- ▷ Montaje de todos los componentes con tornillos autorroscantes.
- ▷ Los tornillos autorroscantes también aseguran la conexión de puesta a tierra de todos los componentes.
- ▷ Puerta enteriza que cubre todo el ancho y el alto del armario.
- ▷ Montaje individual o varios armarios en línea formando un tablero.
- ▷ Clase de protección IP 40 o IP 55.
- ▷ Amplio programa de componentes y accesorios.

El sistema de armarios 8MC se suministra en versión estándar y también en ejecuciones especiales.

Ejecución EMC

Medidas adicionales permiten convertir el sistema de armarios 8MC en una ejecución que cumple con los requerimientos de compatibilidad electromagnética (EMC), según la Directiva 89/336/EWG de la CEE o la ley alemana correspondiente (EMV-Gesetz) (ver también la Sección 1.6.3).

Estos armarios con compatibilidad electromagnética conforman tableros blindados a la radio frecuencia (RF) para montaje de módulos o componentes eléctricos y electrónicos.

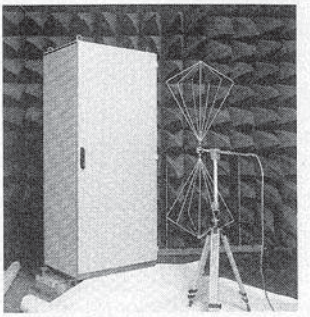


Figura 8.3/25
Medición de la atenuación del blindaje de un armario 8MC en ejecución con compatibilidad electromagnética en una sala de mediciones absorbente

En este caso el bastidor y los elementos del revestimiento se suministran niquelados. De esta manera los componentes montados se integran dentro del blindaje. La parte visible, es decir, el revestimiento exterior de los armarios se suministra pintado.

Las puertas, los paneles laterales y el posterior tienen una protección especial contra RF y las chapas del techo se fijan al bastidor con varios tornillos adicionales. Eventuales ranuras de ventilación también se proveen con una protección contra RF. La atenuación que suministra el blindaje de los armarios 8MC en ejecución con compatibilidad electromagnética se mide en una sala absorbente hermética a la RF (Figura 8.3/25). La curva de la atenuación en función de la frecuencia de esta clase de armarios se representa en la figura 8.3/26. Dicha curva se subdivide en dos zonas, a la izquierda la atenuación frente a la incidencia de fenómenos magnéticos (campo H) y a la derecha, la de los fenómenos eléctricos (campo E).

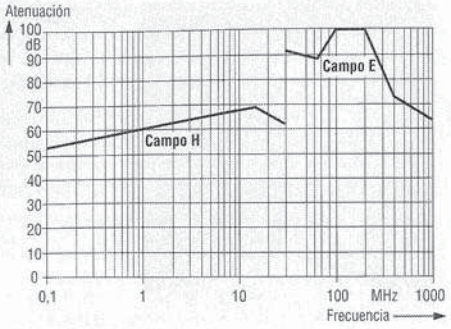


Figura 8.3/26
Atenuación en función de la frecuencia en los armarios 8MC, ejecución con compatibilidad electromagnética

8.3.8 Distribuidores para instalaciones

Se subdividen en distribuidores para montaje fijo y transportables.

Entre los distribuidores de montaje fijo se encuentran los pequeños, para fijación adosados a la pared y para montaje sobre el piso, así como para distribución de cables y para la instalación y conexión de contadores. Entre los distribuidores transportables están los que se utilizan para suministrar energía eléctrica en obras civiles, ferias y parcelas de "camping" (Figura 8.3/27).

Se utilizan, en conformidad con su tipo de construcción, como distribuidores principales y secundarios para suministrar energía eléctrica a consumidores en viviendas, edificios administrativos, centros comerciales e industriales, en mercados y ferias, así como en obras y en lugares de "camping". Personal calificado debe realizar el proyecto y el montaje de estas distribuciones. Para realizar este proyecto se debe conocer la aplicación y en lo posible disponer de un plano eléctrico general del mismo. En caso de mandos, se necesita además, el plano de control o funcional.

Las siguientes normas son relevantes:

- Norma DIN VDE 0603 "Distribuidores para instalaciones y montaje de contadores con tensiones a tierra de hasta 250 V".
- Normas DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Partes 500 y 504) "Combinaciones de aparatos de maniobra para baja tensión" y EN 60 439–3, "Distribuidores para instalaciones", por ejemplo, distribuidores 8HP en cajas de material aislante.
- Norma DIN VDE 0660, Parte 501, 02.92, "Exigencias especiales para distribuidores destinados a obras civiles".
- Norma DIN VDE 0660, Parte 503 "Armarios para distribución de cables".
- Norma DIN VDE 0100 "Montaje de instalaciones de fuerza motriz".
- Norma DIN VDE 0110 "Coordinación del aislamiento para dispositivos de servicio eléctricos en instalaciones de baja tensión".
- Norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1) "Normas para equipos eléctricos de máquinas industriales" – Requerimientos generales – así como
- las normas nacionales, regionales o internacionales correspondientes como, por ejemplo, las condiciones técnicas de conexión TAB publicadas por las compañías distribuidoras de energía eléctrica de Alemania.
- Norma DIN 43 871 "Distribuidores pequeños para instalaciones con aparatos de hasta 63 A".
- Norma DIN 43 870 "Armarios para contadores".
- Norma DIN 43 880 "Aparatos de instalación para montaje incorporado".

La Tabla 8.3/3 muestra un resumen de las distintas clases de distribuidores y sus datos técnicos.

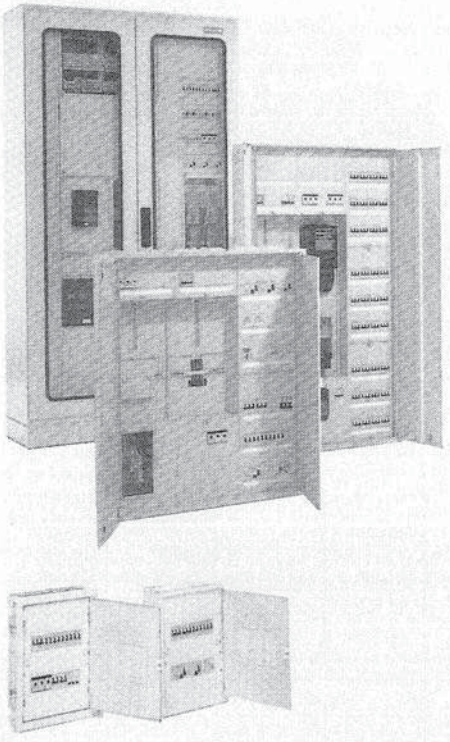


Figura 8.3/27
Diferentes clases de distribuidores para instalaciones

8.3.8.1 Distribuidores pequeños 8GB

Los distribuidores pequeños 8GB se utilizan en numerosas aplicaciones como distribuciones secundarias en las instalaciones eléctricas de edificios para diferentes aplicaciones. Su reducida profundidad permite utilizarlos tanto en edificios para viviendas como para fines determinados y, por lo general, se montan en las cercanías de los centros de consumo conectados a continuación de los armarios de contadores, del tablero principal de distribución o del distribuidor de piso.

Para el equipamiento se utilizan aparatos del tipo "N" u otros con una profundidad constructiva de 70 mm según la norma DIN 43 880, con fijación rápida por encastre sobre riel 35 × 7,5 de acuerdo con la norma DIN EN 50 022. La distancia entre rieles debe ser de 125 mm según la norma DIN EN 43 871.

Los aparatos para instalaciones tienen un ancho modular y sobre cada riel pueden montarse equipos hasta un ancho de doce divisiones modulares (de 18 mm cada una).

Si se agranda el recorte en la cubierta de protección contra contactos accidentales se podrá ampliar el espacio disponible hasta catorce divisiones modulares. Este amplio espacio disponible permite montar los aparatos en la combinación requerida, por ejemplo, interruptores diferenciales (por corriente de defecto) e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos).

Los distribuidores de la serie "N" con una profundidad de montaje de sólo 70 mm pueden empotrarse en paredes de ladrillos de poco espesor según la norma DIN 105 para el montaje de los aparatos del sistema "N" (por ejemplo, interruptores diferenciales (por corriente de defecto) "N", interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) "N" y fusibles NEOZED "N").

Según el campo de aplicación, se dispone de las siguientes ejecuciones en la clase de protección 2 (aislamiento de protección): distribuidores con una hasta cuatro filas de aparatos para empotrar, para montaje adosados a la pared y con cubierta para paredes de ladrillos y huecas de una, dos y hasta tres hileras (Figura 8.3/28).

Todos los distribuidores poseen amplios espacios para la conexión de conductores y para el cableado según la norma DIN 43 871, algunas variantes incluso tienen suficiente lugar detrás de los rieles para realizar las interconexiones de los conductores.

Grandes superficies disipadoras del calor proveen una adecuada evacuación de la potencia de pérdidas de los aparatos montados en su interior. Para cada circuito se dispone de bornes N y PE.

Las cajas se fabrican con poliestireno de alto impacto ignífugo de color blanco RAL 9010. La ejecución para empotrar cumplen con el ensayo del alambre incandescente con una temperatura de 650 °C y la versión para montaje sobre revoque, 750 °C. Los modelos para paredes huecas resisten el mismo ensayo con una temperatura de 960 °C.

Las cajas para empotrar en paredes de construcciones prefabricadas se realizan con poliestireno resistente a una temperatura de 100 °C.

Todos los distribuidores pequeños (con la única excepción de los de cubierta) se equipan con una puerta de chapa de acero galvanizada y con recubrimien-

Tabla 8.3/3
Resumen y datos técnicos de los sistemas de armarios de distribución de Siemens

	Distribuidores para montaje fijo					Distribuidores transportables	
Denominación/tipo	Distribuidores N pequeños, cajas 8GB	Distribuidores de pared STAB, 8GD	Distribuidores para montaje sobre piso SIKUS, 8GA	Sistema universal SIPRO, armarios de contadores, armarios de distribución	Armarios de distribución para cables 8MB	Distribuidores para obras, armarios 8MM2	Distribuidores para "camping", armarios 8MM6
Corriente asignada	63 A	400 A	2000 A	400 A	1000 A	630 A/ 390 kW	40 A
Normas DIN VDE	0603	0660 T, 504 y T, 500	0660 T, 504 y T, 500	0603	0660 T, 503	0612	0660 T, 503
Norma dimensional	DIN 43 871	DIN 43 870	DIN 43 870	DIN 43 870	DIN 43 629	DIN 43 868	DIN 43 629
Norma de los aparatos	DIN 43 880	DIN 43 880	DIN 43 880	DIN 46 857	DIN 43 623	DIN 43 880	DIN 43 880
Profundidad del tipo constructivo							
empotrado	70 85 mm	130 y 220 mm	–	210 mm	–	–	–
sobre revoque	73 85 mm	160 y 220 mm	250 480 600 mm	210 mm	320 335 mm	360 480 mm	330 mm
de cubierta	74 85 mm	–	–	–	–	–	–
pared hueca	71 mm	–	–	–	–	–	–
Montaje sobre piso	–	–	si	si	si	si	si
Grado de protección según la norma DIN 40050	IP 30	IP 30, 41, 54	IP 30, 41, 54	IP 31, 54	IP 43, 54	IP 43, 54	IP 43
Clase de protección	II	I y II	I y II	II	I y II	I y II	I y II
Tamaño constructivo	–	–	–	–	0 hasta 3	–	–
Ancho de los compartimientos en módulos de 250 mm cada uno	1	1 hasta 5	2 hasta 5	1 hasta 5	–	–	–
Filas de aparatos (rieles DIN EN 50022) por ancho del compartimiento	1 hasta 4	3, 6 y 9	15	Como distribuidor 5 hasta 9	–	–	–
Divisiones (TE)[1] por ancho del compartimiento	12 hasta 48	12 hasta 108	180	108	–	–	–

[1] 1 TE $\triangleq$ 18 mm

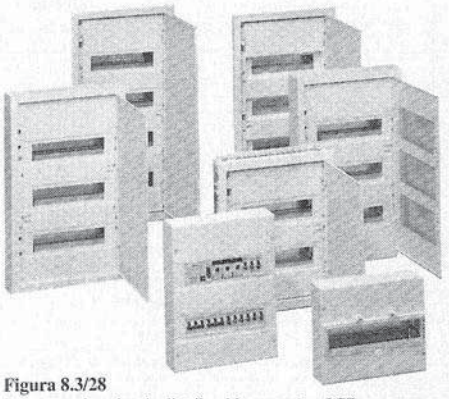


Figura 8.3/28
Programa de cajas de distribución pequeñas 8GB.

to de pintura en polvo color blanco RAL 9010 para incrementar la protección mecánica sin merma del aislamiento de protección.

Los distribuidores de cubierta se suministran con o sin puerta y en el primer caso podrá optarse entre una puerta opaca color blanco o una transparente color humo topacio. A los distribuidores que se suministran sin puerta se les podrá colocar en el momento que sea necesario una puerta. Para esto se puede suministrar el conjunto complementario correspondiente. Las puertas, a su vez, pueden equiparse con una cerradura. Todas las ejecuciones de distribuidores pequeños de Siemens fueron ensayadas de acuerdo con la norma DIN VDE 0603 y llevan el símbolo VDE. La versión para empotrar se divide en tres partes: la caja para empotrar propiamente dicha, con bornes N/PE, el portaaparatos "N" con cubierta de protección contra contactos accidentales y el marco con la puerta de chapa de acero. La cavidad de la empuñadura es amplia y posee un cierre magnético. Con posterioridad podrá montarse aquí un dispositivo de cierre.

Cuando la caja no queda empotrada verticalmente se podrá compensar la posición del portaaparatos y del marco de la puerta por medio de una fijación con agujeros alargados.

Adaptadores para la interconexión vertical y horizontal de las cajas para empotrar y para paredes huecas permiten agrupar varios distribuidores en todas las direcciones.

El portaaparatos "N" también puede montarse en los distribuidores UP con 85 mm de profundidad, de esta forma se obtiene un gran espacio para el cableado detrás de los rieles. En el caso que requiera informaciones más detalladas de este sistema, solicitamos que consulte el catálogo I 2.1 de Siemens.

8.3.8.2 Sistemas distribuidores STAB para montaje sobre pared y SIKUS para montaje sobre piso, tipos 8GD y 8GA

Los distribuidores para montaje sobre pared STAB y los para montaje sobre piso SIKUS se utilizan como distribuciones principales y secundarias con corrientes de hasta 400/2000 A. Los mismos responden al principio constructivo modular de acuerdo con las normas DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500) y DIN VDE 0660, Parte 504 y se suministran montados y ensayados como combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas o con homologación parcial. Según la clase de distribuidor, la ejecución para montaje sobre pared se conforma con los componentes del sistema: cajas, conjuntos para montaje en el interior de la misma y accesorios. La ejecución para montaje sobre piso se compone de: cajas, cajas para interconexiones, bastidor de zócalo, conjuntos para montaje en el interior de las cajas y accesorios. Para la construcción de distribuidores individuales se pueden suministrar los componentes del sistema con la ventaja que con un reducido número de partes se ejecutan numerosas variantes de distribuidores y equipamiento. Los conjuntos para montaje en el interior de la caja se utilizan tanto para las versiones de pared como de piso.

El programa de los distribuidores comprende tanto ejecuciones para empotrar como para montaje sobre la pared o sobre piso.

Las cajas (Figura 8.3/29) se suministran en diferentes clases de protección (IP 30, IP 41 e IP 54) y medidas de protección (clase 1, conexión de conductor de protección y clase 2, aislamiento de protección).

Todas las cajas se fabrican sobre la base de un módulo de 250 mm de ancho y 375 mm de altura. Las dimensiones interiores de las cajas comprenden de 1 a 5 módulos, tanto en el ancho como en la altura. Los compartimientos de las mismas permiten el montaje de todos los conjuntos, barras colectoras, aparatos de maniobra de baja tensión y otros elementos de la instalación. Se utilizan conjuntos para montaje en el interior de las cajas con fijación tipo "boca de cerradura" o por encastre sobre rieles DIN según la norma EN 50 022 con separaciones entre filas de 125 o 150 mm. Además se dispone de otros componentes individuales como, por ejemplo,

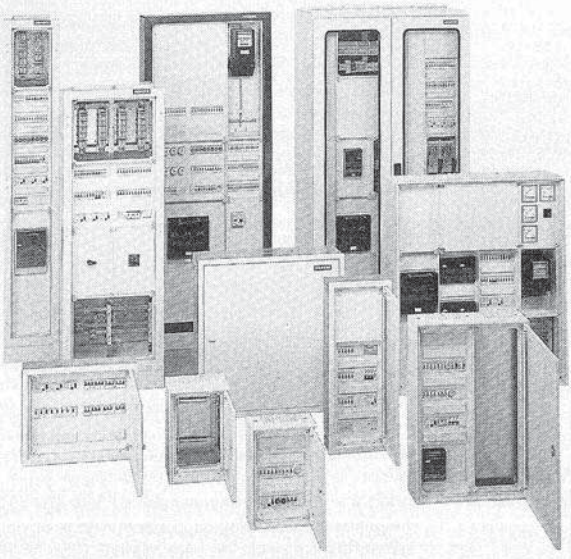


Figura 8.3/29
Sistema de armarios de distribución SIKUS para montaje sobre piso.

portaborneras, soporte para montaje profundo, placas de montaje, así como cubiertas de compartimientos para los diferentes aparatos de maniobra de baja tensión e instalación. Las partes individuales y los conjuntos para montaje se diseñaron de forma tal que para su instalación alcanza con un destornillador.

Todas las cajas de los distribuidores pertenecientes a las clases de protección 1 y 2 se construyen con chapa de acero galvanizada electrolíticamente y recubierta por pintura en polvo de color gris RAL 7035. Los distribuidores de pared STAB con aislamiento de protección poseen además un revestimiento interior con perfil de material plástico. Los distribuidores para montaje sobre piso SIKUS de material plástico (poliuretano celular integral) se suministran en color negro grafito RAL 9011.

Las ejecuciones con puerta de chapa de acero tienen un cierre giratorio o de barras con doble paletón y traba en tres puntos. Ambas clases de cierre también se pueden reemplazar posteriormente por diferentes variantes de cerraduras.

Las cubiertas de los compartimientos de poliéster sin componentes halógenos, reforzado con fibra de vidrio tienen cierres rápidos que pueden abrirse o cerrarse girando 90° un pestillo. Su diseño es tal que se las utiliza para diferentes profundidades (35 y 70 mm) y con sólo dos cubiertas se cubren cuatro profundidades diferentes de montaje.

Para cerrar diferentes aberturas de la caja se provee una amplia gama de bridas.

Sistema distribuidor de pared STAB, 8GD

Las cajas de distribuidores de pared STAB se suministran en las dimensiones consignadas en la Tabla 8.3/4 y podrán utilizarse para el montaje de aparatos para instalaciones de hasta 400 A.

Las ejecuciones para empotrar con una profundidad de 130 mm y las para montaje adosado a la pared con una profundidad de 160 mm utilizan la misma fijación para todos los conjuntos de montaje (una sujeción angular sencilla). Se los utiliza, por lo general, para el montaje en serie de conjuntos compuestos por portaaparatos y cubiertas para los compartimientos. Las ejecuciones para empotrar y para montaje adosado a la pared, con una profundidad de 220 mm, en cambio, tienen en el interior de las cajas un larguero de soporte para el montaje combinado de conjuntos serie e individuales que contiene el programa STAB.

El programa de conjuntos de montaje tiene una multiplicidad tal que para instalar un aparato de maniobra de baja tensión se dispone de diferentes elemen-

Tabla 8.3/4
Tamaños constructivos y dimensiones de los distribuidores de pared STAB en ejecución de chapa de acero, clases de protección 1 y 2

Distribuidor para empotrar							Distribuidor para montaje adosado a la pared	
				Con caja para empotrar	Sin caja para empotrar			
Dimensiones nominales (interiores) $h \times A$ mm	Profundidad mm	Tamaño constructivo de la caja		Dimensiones exteriores $h \times A \times P$[2] mm	Dimensiones del nicho $h \times A \times P$ mm	Dimensiones del nicho $h \times A \times P$ mm	Dimensiones exteriores $h \times P$[1] mm	Profundidad mm
375×250	130 220	H1 B1		461×336 ×136/226	475×350 ×140/230	445×320 ×140/230	451×300	160 220
375×500	130 220	H1 B2		461×586 ×136/226	475×600 ×140/230	445×570 ×140/230	451×550	160 220
375×750	130 220	H1 B3		461×836 ×136/226	475×850 ×140/230	475×820 ×140/230	451×800	160 220
375×1000	130 220	H1 B4		461×1086 ×136/226	475×1100 ×140/230	445×1070 ×140/230	451×1050	160 220
375×1250	130 220	H1 B5		461×1336 ×136/226	475×1336 ×140/230	445×1320 ×140/230	451×1300	160 220
750×250	130 220	H2 B1		836×336 ×136/226	850×1350 ×140/230	820×320 ×140/230	826×300	160 220
750×500	130 220	H2 B2		836×586 ×136/226	850×600 ×140/230	820×570 ×140/230	826×550	160 220
750×750	130 220	H2 B3		836×836 ×136/226	850×850 ×140/230	820×820 ×140/230	826×800	160 220
750×1000	130 220	H2 B4		836×1036 ×136/226	850×1100 ×140/230	820×1070 ×140/230	826×1050	160 220
750×1250	130 220	H2 B5		836×1336 ×136/226	850×1350 ×140/230	820×1320 ×140/230	826×1300	160 220
1125×250	220	H3 B1		1211×336 ×226	1225×350 ×230	1195×320 ×230	1201×300	220
1125×500	220	H3 B2		1211×586 ×226	1225×600 ×230	1195×570 ×230	1201×550	220
1125×750	220	H3 B3		1211×836 ×226	1225×850 ×230	1195×820 ×230	1201×800	220
1125×1000	220	H3 B3		1211×1086 ×226	1225×1100 ×230	1195×1070 ×230	1201×1050	220
1125×1250	220	H3 B5		1211×1336 ×226	1225×1350 ×230	1195×1320 ×230	1201×1300	220

[1] Inclusive bridas para fijación de conductores
[2] $h \times A \times P$ = altura × ancho × profundidad

tos que permiten realizar distintas variantes de montaje. Así, por ejemplo, para el montaje de dos seccionadores fusibles bajo carga se tienen los siguientes conjuntos:

- ▷ Montaje sobre portaaparatos con placas entre dos rieles DIN,
- ▷ montaje por encastre sobre un riel DIN,
- ▷ montaje por contacto sobre barras colectoras.

Los distribuidores para empotrar tienen un marco ajustable para cubrir bordes desparejos, al igual que anclajes robustos para su fijación en los nichos y podrán suministrarse con o sin cajas para empotrar de chapa de acero galvanizada y clases de protección 1 y 2.

Todas las puertas tienen listones interiores con perforaciones que permiten montar posteriormente lámparas de señalización y que, además, se pueden incorporar en la medida de protección existente por medio de un bulón de cobre.

Sistema de distribuidores para montaje sobre piso SIKUS, 8GA

El sistema de distribuidores para montaje sobre piso SIKUS, ofrece a los instaladores y constructores, distribuciones de grandes dimensiones, con facilidades para el montaje y cableado para corrientes de alimentación de hasta 2000 A y máxima estabilidad ante corrientes de choque de hasta $i_p < 80$ kA.

El bien diseñado sistema modular, permite ofrecer diferentes formas constructivas y dimensiones de los armarios que se adaptan a todos los requerimientos.

Los armarios se suministran en las versiones siguientes:

- ▷ Desmontados como conjunto de piezas en un paquete que ahorra espacio de almacenaje,
- ▷ premontados como un práctico armario vacío,
- ▷ con equipamiento parcial como armario de taller preparado para el montaje,
- ▷ como armario terminado completamente equipado y precableado.

Con la estructura modular se tiene la ventaja de obtener numerosos tamaños de cajas. El programa comprende, en especial, para el montaje sobre piso, una serie de bastidores adaptados a los diferentes tamaños constructivos de los armarios (zócalos de 100 mm), así como, compartimientos para interconexiones de 275 mm de altura. Para ampliar el espacio de conexiones superior también se ofrecen las cajas para interconexiones correspondientes con 475 mm de altura (Figura 8.3/30).

La chapa posterior desmontable, facilita ventajosamente el cableado desde el contrafrente del armario. La profundidad del armario se puede seleccionar entre 250, 480 y 600 mm de acuerdo con los aparatos de instalación y maniobra que se deban montar (Figura 8.3/31). Los conjuntos de montaje homologados y terminados en fábrica, así como los tramos de barras colectoras, podrán instalarse en forma rápida y sin someter a esfuerzos adicionales a la caja utilizando una gran gama de robustos largueros y sólidos soportes que, además, ofrecen la máxima seguridad para el montaje de los aparatos de maniobra y de instalación.

8.3.8.3 Sistema universal SIPRO de armarios para contadores, distribución de contadores, distribuidores para montaje sobre pared y piso

Las empresas distribuidoras suministran energía eléctrica para consumo domiciliario, explotaciones agropecuarias, industrias y otros consumidores. Para poder conectarse a la red local de la compañía distribuidora, cada cliente debe contar con una acometida domiciliaria que suministra esta compañía y una instalación de acuerdo con las disposiciones locales vigentes, con armario de contadores y dispositivos de medición instalados por un profesional matriculado en dicha compañía. Además, se debe tener en cuenta la reglamentación vigente para los clientes de tarifa, fijada por las empresas distribuidoras de energía eléctrica.

Para evitar dificultades en la autorización de conexión por parte de estas empresas, es conveniente que antes de comenzar con la planificación y el montaje del armario para contadores, se coordinen estas actividades y se defina el lugar físico de montaje en conjunto con el instalador electricista y el inspector responsable de la empresa distribuidora de energía eléctrica.

Por otra parte, para conformar la tarifa correspondiente, el cliente tiene la obligación de informar a la compañía proveedora de energía eléctrica de todos los consumidores que instalará al igual que cualquier modificación posterior que realice. En correspondencia, en el armario de contadores deberán preverse lugares de reserva para posibles ampliaciones futuras. El sistema universal SIPRO de Siemens ofrece una amplia gama de armarios para contadores, distribuciones de contadores, distribuidores, así como arma-

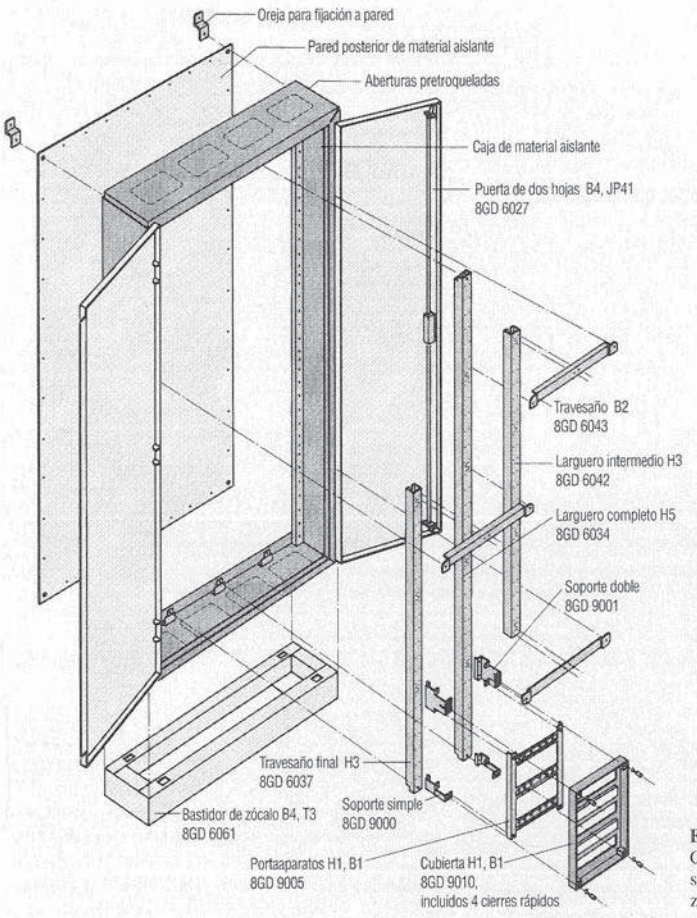


Figura 8.3/30
Componentes básicos del sistema SIKUS con bastidor de zócalo.

rios de montaje sobre piso para el suministro de energía eléctrica en edificios de viviendas e industrias.

El sistema universal SIPRO se suministra en cinco formas diferentes de acuerdo con las especificaciones TAB de las empresas distribuidoras de energía eléctrica de Alemania y los requerimientos de los clientes:

1. Armarios vacíos y separados, conjuntos para montaje rápido y elementos para el equipamiento,
2. Armarios vacíos y separados, conjuntos para montaje rápido equipados con los elementos correspondientes,
3. Armarios vacíos y separados, conjuntos para montaje rápido completamente equipados con los elementos correspondientes y precableados,
4. Armarios con equipamiento parcial (armarios con conjuntos para montaje rápido de contadores, inclusive espacios vacíos para equipamiento opcional, compartimientos de contadores o de distribución) y los paquetes de equipamiento que fijan las compañías distribuidoras,
5. Armarios completos equipados y precableados.

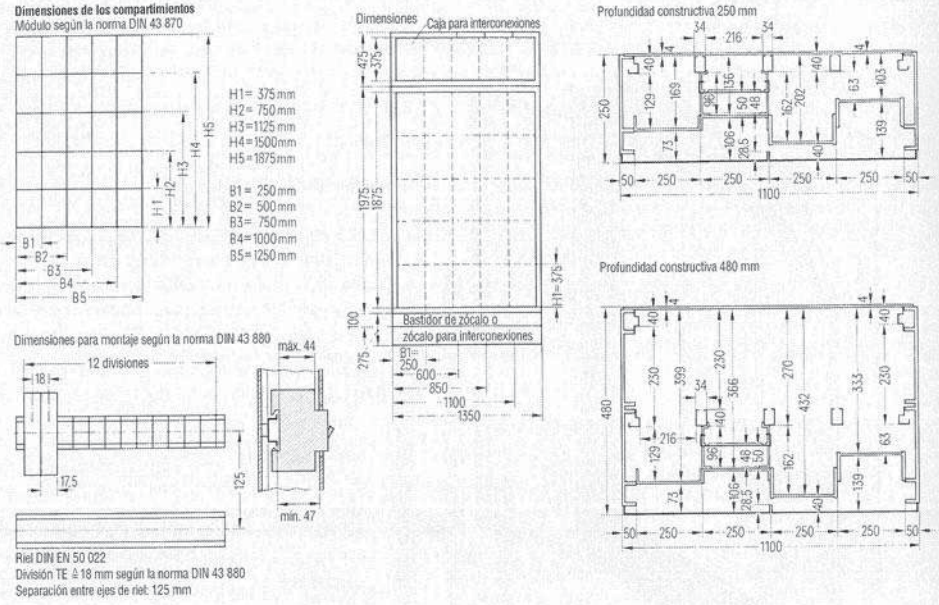


Figura 8.3/31
Dimensiones modulares, de montaje, de las cajas y profundidades constructivas de los distribuidores SIKUS para montaje sobre piso

Estructura del sistema

El sistema universal SIPRO se fabrica e instala de acuerdo con las normas DIN VDE 0603, DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500), DIN VDE 0660, Parte 504 S correspondientes. Lleva grabado el símbolo VDE, distintivo de seguridad. Sólo se suministra *una* ejecución para empotrar, montaje adosado a pared y con empotrado parcial que, sin embargo, se ofrece con las dimensiones siguientes:

- ▷ 4 alturas: 900, 1050, 1200 y 1350 mm
- ▷ Anchos con 1 a 5 módulos de 250 mm cada uno.

Todos los armarios se construyen con aislamiento de protección (clase 2). El grado de protección con puerta simple es de IP 31 (protección contra cuerpos extraños de 2,5 mm de diámetro y gotas de agua), en el caso de puerta hermética esta protección se eleva a IP 54 (protección contra polvo y salpicaduras de agua).

Cada armario esta formado por perfiles de material plástico reforzados con rieles metálicos unidos por esquineros y una pared posterior y puertas de chapa de acero soportadas por bisagras de montaje rápido.

Los refuerzos en las puertas incrementan la robustez de las mismas y protegen a los elementos montados contra posibles daños. Las superficies de las puertas se recubren con pintura en polvo de color gris claro RAL 7030 y confieren al armario un aspecto neutral. Los perfiles de material plástico tienen dos ranuras perfiladas paralelas en el interior del armario para fijar los conjuntos de montaje rápido y las cubiertas de los aparatos del compartimiento superior e inferior para conexiones. El montaje de estos conjuntos se realiza de manera muy rápida insertando los pernos de montaje en la ranura perfilada inferior. Luego se rebaten en el armario y se fijan definitivamente por medio de dos tornillos imperdibles de rosca rápida en la parte superior del armario. El montaje de las cubiertas de los aparatos en el compartimiento superior e inferior de conexiones se realiza de manera más rápida y sencilla con el mismo principio y un único tornillo.

Los compartimientos de conexiones inferiores pueden ampliarse adosando cajas de conexiones precintables que facilitan el montaje de grandes secciones de cables y conductores. Los perfiles laterales en la

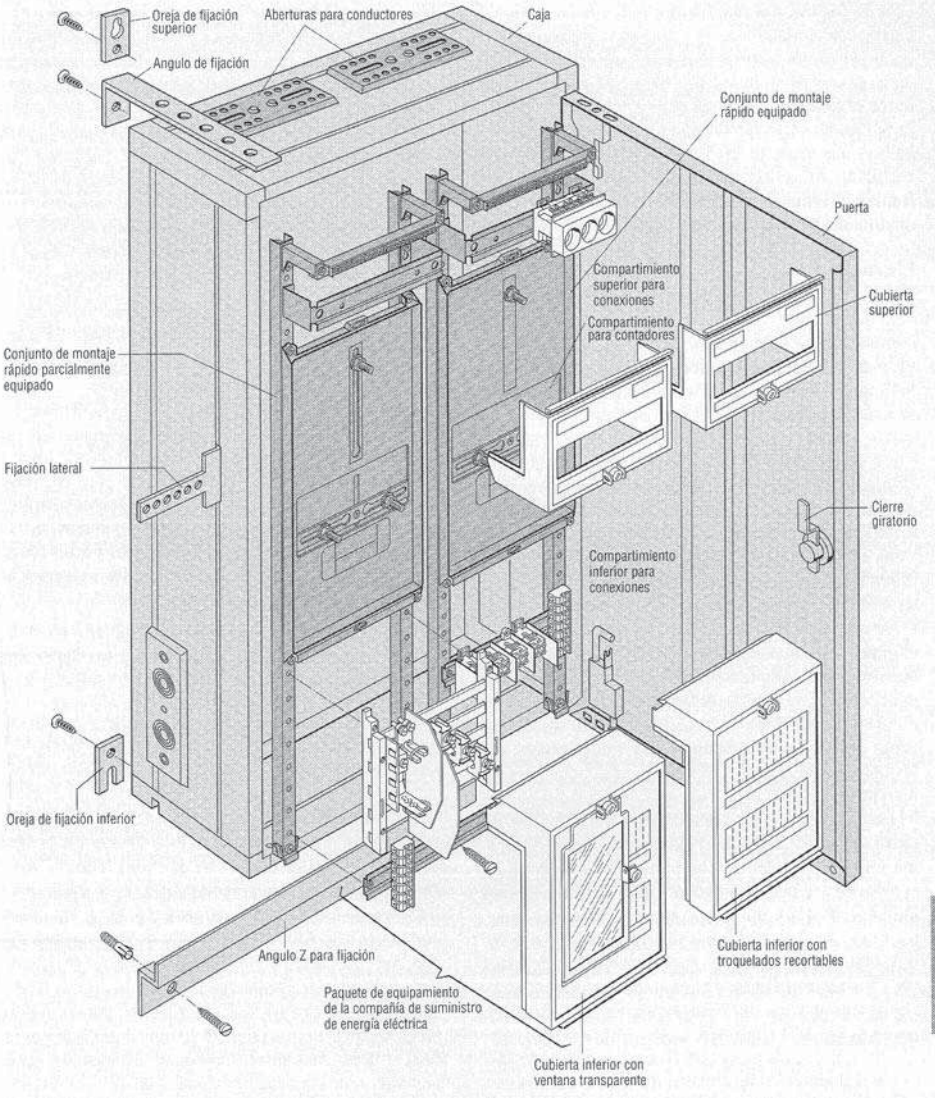


Figura 8.3/32
Armario para contadores SIPRO con conjuntos de montaje rápido y paquetes de equipamiento de las compañías distribuidoras de energía eléctrica

caja de conexiones también permiten el montaje de barras colectoras, bases portafusibles NH y las borneras correspondientes. Las cajas adosadas ofrecen un amplio espacio para las conexiones y, sobre todo, un montaje ampliado de aparatos por medio de conjuntos de montaje rápido. Estas cajas se instalan debajo de las cajas de los armarios de contadores con bastidores de zócalo integrantes del sistema y transforman el armario para montaje adosado a pared en un armario para montaje sobre piso.

El acreditado principio de construcción de los armarios SIPRO con los conjuntos de montaje rápido para el equipamiento de los aparatos divididos en los compartimientos de conexiones inferior, de contadores y de conexiones superior permite satisfacer todos los requerimientos de las compañías de suministro de energía eléctrica.

Los conjuntos de montaje rápido tienen una estructura modular, están conformados por dos travesaños de perfil U unidos por un portaaparatos con la bornera N/PE y la placa portacontadores. Los perfiles de estos travesaños poseen agujeros roscados que permiten realizar el equipamiento con una amplia gama de aparatos. En el compartimiento inferior de conexiones podrán montarse los conjuntos de montaje exigidos por las compañías distribuidoras de energía eléctrica, que comprenden los elementos de montaje para tramos de barras colectoras, bornes para los conductores principales, seccionadores fusibles bajo carga NH, bases portafusibles NH, interruptores, interruptores automáticos, bornes para conductores de mando, etc. En el compartimiento intermedio se realiza el montaje de los contadores o interruptores de tarifa sobre las placas portacontadores según la norma DIN 43 870. En el compartimiento superior de conexiones se encastran sobre rieles según la norma DIN EN 50 022 todos los aparatos de instalación autorizados por las compañías distribuidoras, como ser interruptores diferenciales (por corriente de defecto) "**N**", fusibles NEOZED "**N**" e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) "**N**", así como borneras N/PE (Figura 8.3/32).

Los instaladores profesionales utilizan armarios con equipamiento parcial, una forma de suministro en la que los mismos están equipados con conjuntos de montaje rápido con precableado completo y los paquetes requeridos por las compañías distribuidoras de energía eléctrica. Una vez en obra, estos armarios sólo requieren la colocación en el lugar correspondiente y las conexiones respectivas.

Estos armarios también pueden utilizarse como distribuidores o para funciones especiales, para lo cual se los equipará con los aparatos de instalaciones, transformadores de intensidad de las compañías distribuidoras y aparatos de comunicaciones. Para esto se suministran conjuntos de montaje rápido y partes individuales como placas de montaje, perfiles y las correspondientes cubiertas. En estos casos también podrá procederse de acuerdo con el principio de montaje descripto en el que el cableado de los conjuntos de montaje rápido se realiza fuera del armario y luego se los instala en el interior del armario.

8.3.8.4 Armarios 8MB y 8MM, distribuidores de cables y para conexiones de contadores, montaje intemperie

Este tipo de armarios para la distribución de cables y contadores se utilizan cuando no se dispone de los locales para las conexiones de energía eléctrica en zonas alejadas, edificios de viviendas, instalaciones para el tiempo libre y vacaciones o en lugares públicos, instalaciones deportivas, ferias o exposiciones y otros casos similares. Para las compañías distribuidoras de energía eléctrica ofrecen las ventajas siguientes:

- La instalación, la modificación, el acceso y la posterior lectura de los contadores no dependen de la presencia y autorización del propietario u operador de los terrenos o edificios.
- Las instalaciones eléctricas públicas como, por ejemplo, las de iluminación de calles, las de seguridad para el tránsito y semáforos, así como instalaciones para ferias y exposiciones pueden conectarse, incluso por períodos cortos, a la red general de suministro sin requerir grandes gastos para el montaje.

El programa comprende, subdivididos por aplicación y equipamiento, armarios de poca y gran profundidad con alturas de 850 y 1100 mm, así como anchos de 465, 590, 785, 1115 y 1445 mm con y sin zócalo. Estos armarios aptos para montaje a la intemperie se fabrican con poliéster reforzado con fibra de vidrio del tipo 833,5 según la norma DIN 16913 con el procedimiento SMC ("*S*hett-*M*oulding-*C*ompound"). Estos armarios cumplen con las especificaciones de la norma DIN VDE 0660, Parte 503, fueron homologados y llevan el símbolo VDE. Además, existen diferentes series constructivas y ejecuciones que abarcan desde el armario integral (la caja y el zócalo conforman una unidad) hasta el sistema modular (la caja y el zócalo se componen de piezas individuales que se encastran y atornillan) (Figura 8.3/33). En el diseño se prestó especial aten-

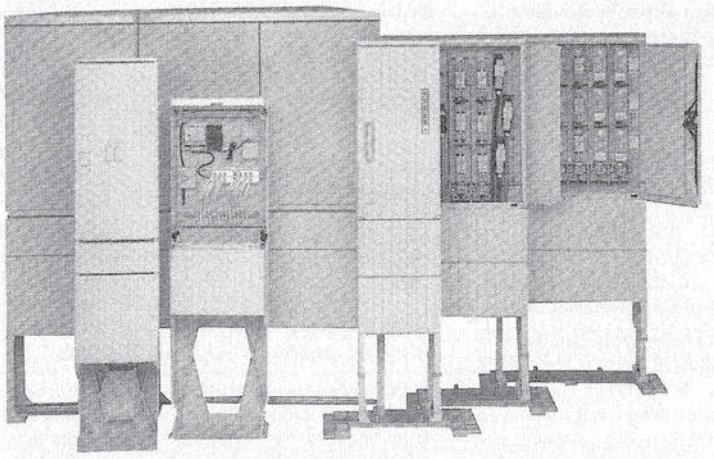


Figura 8.3/33
Familia de armarios para distribución de cables.

ción a una adecuada ventilación entre el zócalo y el armario, así como debajo del techo. Todos los canales de ventilación tienen forma de laberinto, de forma tal que se impide la penetración de cuerpos extraños dentro del armario. Las placas frontales tienen cierres rápidos y de esta manera permiten realizar sencilla y rápidamente el reemplazo de partes dañadas del armario. El colorante (color gris piedra RAL 7035) impregna completamente todas las partes fabricadas con moldeo por compresión. Los techos se recubren además con una pintura poliuretánica de dos componentes resistente a la radiación UV. De esta forma se logra que los armarios puedan utilizarse en lugares en los que imperan condiciones atmosféricas extremas. La superficie exterior de estos armarios tiene una textura tal que impide pegar carteles o anuncios no autorizados.

Los armarios con reducida profundidad (sólo 222 mm) se aplican, con preferencia, en sendas angostas. Se ofrece un revestimiento completo del armario para zonas arenosas (desérticas), las costas de los mares y alta montaña.

La alimentación se realiza a través de cajas de conexiones domiciliarias con clase de protección IP 54 y fusibles NH tamaño 2 hasta 355 A según la norma DIN 43 627, Parte 2. Los contadores, los relojes conmutadores y los receptores para mando a distancia por audiofrecuencia se ubican en cajas de material plástico con cubiertas transparentes y clase de protección IP 54. Además, se dispone de suficiente lugar para montar aparatos de maniobra delante del contador o para una derivación para el cliente, detrás del mismo, en los que se conectarán, por ejemplo, fusibles DIAZED o NEOZED hasta 63 A, cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) N, interruptores incorporados o aparatos similares.

Cuando el suelo en la zona de la instalación tenga una elevada humedad, se rellena el fundamento de los armarios hasta la altura de los rieles para fijación de cables con piedras de arcilla expandida (conocidas de los hidrocultivos) o arena seca, para evitar una posterior condensación en el interior de estos armarios.

Por razones de seguridad se prevé un punto de rotura controlada en la zona del zócalo de los armarios para prevenir roturas en dicho zócalo y evitar costosos trabajos en tierra ante una eventual rotura. La placa base del zócalo se fabrica con material reciclado y se vincula con los pies del zócalo del armario por medio de dos garras de montaje rápido.

La clase de protección de los armarios de distribución de cables y de conexión de contadores es de IP 43 de acuerdo con la norma DIN 40 050. Las puertas se fijan a los laterales del armario por medio de robustas bisagras con perno y tienen fuertes dispositivos que traban en tres puntos. Luego, si se lo requiere, se podrá colocar un dispositivo de cierre doble.

8.4 Indicaciones para el proyecto de instalaciones de maniobra, distribuciones y mandos de baja tensión

8.4.1 Generalidades

Para poder suministrar energía eléctrica a los consumidores de un edificio de viviendas, de oficinas, o una planta industrial se deben tener en todos los nodos de la red instalaciones de maniobra de baja tensión (distribuidores o tableros de mando), diseñadas para que satisfagan los requerimientos de servicio sobre la base de las condiciones imperantes en el sitio de montaje y para que operen, protejan y supervisen tanto a los consumidores como a los cables y conductores conectados.

El operador de la instalación define, dado el caso en concordancia con el fabricante, las condiciones de servicio y de entorno locales y, además, suministra todos los datos eléctricos de la instalación de maniobra o distribuidor y de la red en ese sitio para que se pueda proyectar en cada nodo de la red una instalación técnicamente óptima con los precios más favorables.

Condiciones ambientales y de montaje

Los siguientes aspectos son, en particular, importantes para el proyecto:

- ▷ Esfuerzos mecánicos.
- ▷ Clases de protección según las normas DIN 40 050, EN 60 529 e IEC 529: protección contra contactos accidentales, así como contra entrada de polvo y agua.
- ▷ Temperatura ambiente y condiciones climáticas.
- ▷ Ambiente corrosivo.
- ▷ Tipo de montaje y fijación (por ejemplo, montaje independiente o fijación sobre la pared).
- ▷ Construcción abierta, distribuidores en armarios, en cajas o de barras.
- ▷ Tapas o puertas, dado el caso, transparentes.
- ▷ Dimensiones máximas admisibles para el transporte y montaje en el sitio previsto de los armarios, celdas o cajas de la instalación de maniobra, el distribuidor o el panel de mando.
- ▷ Tendido de los cables (canales de cables, bandejas portacables).
- ▷ Dado el caso, revestimiento del zócalo.
- ▷ Acometidas y salidas de cables (abajo/arriba).
- ▷ Montaje de los aparatos (fijos, extraíbles o unidades enchufables para reemplazo rápido).

Medidas contra la condensación de agua

Cuando los distribuidores con el grado de protección IP 55 o IP 65 (Sistema de distribución 8 HP) se instalan a la intemperie y en lugares con una humedad relativa elevada y cambios fuertes de temperatura, resulta aconsejable instalar compensadores de clima en la parte inferior de los armarios para evitar condensación de agua en el interior de los mismos.

Sin embargo, estos compensadores de clima en la parte inferior de un distribuidor deben instalarse de forma tal que no puedan penetrar chorros de agua en el armario a través de los mismos. Para ello se colocan, por ejemplo, chapas deflectoras en el exterior delante de las aberturas de los compensadores.

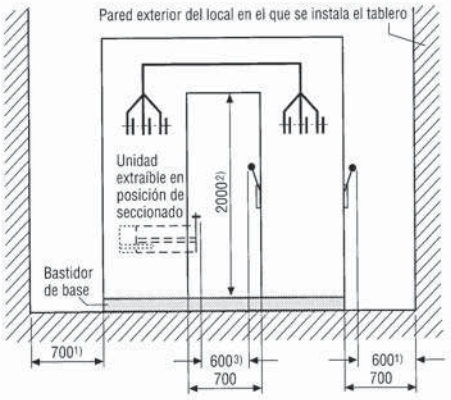
A pesar de estos compensadores, si se alcanza el punto de rocío puede producirse condensación en el interior de los armarios. Para evitar este efecto, podrá instalarse en el interior de los armarios un calefactor de potencia reducida conectado en servicio permanente.

Tipo de montaje, accesibilidad

Para poder seleccionar el tipo constructivo más económico, antes de fijar las medidas de la obra civil a desarrollar, deberían compararse las características distintivas de los tableros (cuadros) eléctricos y distribuciones, para luego tomar las correspondientes decisiones. Tales características son, por ejemplo las siguientes:

- ▷ Ejecución abierta o cerrada (tipo de los locales de trabajo).
- ▷ Instalación autoportante: montaje independiente en el local, adosado a la pared o en el nicho de una pared.
- ▷ Instalación no autoportante: para fijación a la pared, a un bastidor o en el nicho de una pared.
- ▷ Tipo de accesibilidad, por ejemplo, para montaje, mantenimiento y operación.
- ▷ Dimensiones constructivas (altura, profundidad).
- ▷ Indicaciones relacionadas con la obra civil.

En la figura 8.4/1 se muestran los anchos mínimos de los pasillos. Cuando los tableros (cuadros) tienen puertas que sólo se abren en sentido contrario a la dirección de la ruta de escape, tienen que aplicarse las dimensiones indicadas en la figura 8.4/1 para la distancia de la puerta abierta a la pared exterior del local de instalación o al siguiente tablero (Ver también la Sección 1.4.4).



1) Dimensiones mínimas que deben respetarse para realizar el *montaje* de la instalación de maniobra (En coincidencia con las disposiciones de la norma DIN VDE 0101, para los "pasillos de montaje" detrás de tableros (cuadros) cerrados será admisible un ancho de 500 mm).
2) Altura de paso mínima debajo de obstáculos, por ejemplo, revestimientos con una clase de protección mínima de IP 2X.
3) Sólo en el ámbito de los elementos de operación de los aparatos de maniobra o unidades extraíbles en posición de prueba o seccionamiento.

Figura 8.4/1
Anchos mínimos de los pasillos para instalaciones de maniobra de baja tensión con clase de protección ≥ IP 2X según la norma DIN EN 60 529 (VDE 0471, Parte 1).

Instalación a la intemperie

Los distribuidores instalados a la intemperie deben preservarse de la radiación solar directa, mediante un techo protector. Todas las partes que, de por sí no son resistentes a la corrosión, deben protegerse con recubrimientos de alta calidad para que los distribuidores puedan prestar servicio en sitios con atmósfera industrial.

Para más detalles, ver la Sección 8.4.7 "Clases de protección, condiciones climáticas y del medio ambiente".

Condiciones y datos eléctricos

Para el proyecto debería disponerse de un diagrama unifilar y en el caso de sistemas de control, de un diagrama funcional. También deben conocerse las siguientes condiciones y datos eléctricos:

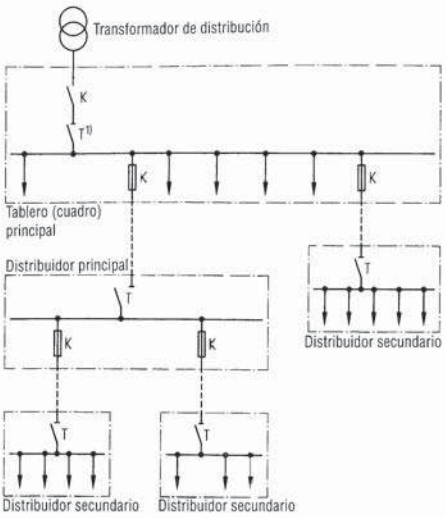
- ▷ Normas y disposiciones nacionales, extranjeras o internacionales correspondientes, por ejemplo, normas DIN EN, DIN VDE, EN, IEC, NEMA, UL, etc.
- ▷ Medidas de protección aplicables (Ver la Sección 1.4) como, por ejemplo, aislamiento de protección, protección mediante desconexión o aviso.
- ▷ Tipo o forma de la red.
- ▷ Tensión asignada de servicio y frecuencia de la red.
- ▷ Barras colectoras: intensidad de la corriente, número de conductores (3, 4 ó 5 barras).
- ▷ Corriente de cortocircuito en el lugar de montaje.
- ▷ Posición de acometida de los cables alimentadores (por la parte superior, inferior, o un lateral)
- ▷ Tipo, sección y número de cables y conductores.
- ▷ Posición de los cables de salida de las derivaciones (por la parte superior, inferior o un lateral), sección y número de los conductores.
- ▷ Número de salidas e informaciones relacionadas con los aparatos conectados (contactores, interruptores automáticos, fusibles, etc.). Potencia asignada, corriente asignada o de servicio, margen de ajuste de los disparadores térmicos, etc.
- ▷ En las salidas con aparatos de control, indicación de la tensión de control y frecuencia, así como la posición de los aparatos de mando.
- ▷ Dado el caso, factor de simultaneidad y de carga de las salidas o del distribuidor.

Cuanto más claras y completas sean estas informaciones, tanto mayor será la rapidez y seguridad con la que se encuentra la solución más adecuada para cada aplicación.

Una vez que el proyectista disponga de los datos antes indicados, podrá seleccionar el tablero de maniobra o de distribución económica y técnicamente óptimo para la aplicación prevista. Para lograrlo puede emplear una matriz de decisiones que incluye una serie de criterios de selección, los cuales orientan de manera obligatoria hacia el tipo correcto de tablero o distribución. En la figura 8.1/1 se muestra una matriz de este tipo referida al programa de tableros y distribuciones descritos en las Secciones 8.2 y 8.3.

Resistencia (estabilidad) a los cortocircuitos

La corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito I_k'' en el lugar de montaje no debe ser mayor que el valor indicado para la resistencia (estabilidad) de los tableros (cuadros) eléctricos y de las distribuciones. Esta exigencia también puede satisfacerse conectando delante un elemento de protección limitador de la corriente.



K Dispositivo de protección contra sobreintensidades en alimentadores y distribuidores conectados a continuación o aguas abajo.
T Dispositivo seccionador en el alimentador.

Figura 8.4/2
Disposición de aparatos de protección contra sobreintensidades y de seccionamiento en las instalaciones de maniobra y distribuidores.

En las Secciones 2.1.3 y 2.1.5 se suministran indicaciones para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en el lugar de montaje.

Dispositivos de protección de los alimentadores en caso de sobreintensidades

Por lo general, resulta conveniente que los dispositivos de protección contra cortocircuitos necesarios para asegurar los tableros (cuadros) eléctricos y los distribuidores que se conecten delante de los cables alimentadores, de forma tal que éstos también queden protegidos por los mismos. Luego, dentro del tablero (cuadro) eléctrico o del distribuidor, en el circuito alimentador, por lo general, sólo se necesita un dispositivo seccionador (por ejemplo, un seccionador o un interruptor). Para los sistemas de control, según la norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1), se necesita un interruptor principal; para todas las aplicaciones restantes, la decisión con respecto a la protección y el seccionamiento se toman sobre la base del grado de seguridad deseado y aspectos económicos.

En las redes de baja tensión siempre se requieren los tiempos de desconexión más breves posibles. Por eso, no se recomienda que un único dispositivo, por ejemplo, un interruptor automático o fusibles HH en el lado de alta tensión del transformador, asuma la protección y desconexión en caso de cortocircuito. Los fusibles o interruptores automáticos en el lado de baja tensión siempre ofrecen una mejor protección por sus menores tiempos de reacción.

La figura 8.4/2 muestra la disposición de los elementos de protección contra sobreintensidades en los alimentadores y en los distribuidores conectados a continuación. En la misma figura también se indica la disposición de los aparatos seccionadores en estos alimentadores.

Protección de derivaciones y aparatos incorporados contra sobrecargas y sobreintensidades

Además de los puntos de vista antes mencionados, en los tableros (cuadros) eléctricos y distribuidores deben tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

▷ Protección contra sobrecargas y sobreintensidades en los cables de salida, para lo cual deben seleccionarse los fusibles adecuados en función de la sección de los cables, según la norma DIN VDE 0100, Parte 430 (Ver también la Sección 10.3).

▷ Protección contra sobreintensidades para los aparatos montados en el tablero, que debe impedir que una eventual corriente de cortocircuito sobrepase uno de los siguientes valores asignados de los aparatos de maniobra:

- capacidad de ruptura asignada (por ejemplo, interruptores automáticos para la protección de motores o guardamotores),
- solicitación dinámica (por ejemplo, en el caso de las corrientes de cortocircuito superiores a 50 kA, valor eficaz),
- resistencia a la soldadura de contactos (por ejemplo, en contactores, contactores auxiliares, etc.),
- capacidad de carga térmica (por ejemplo, en el caso de los relés de sobrecarga).

Protección contra contactos directos

La protección contra contactos directos de partes bajo tensión puede obtenerse mediante las características siguientes (ver las normas DIN VDE 0100, Parte

410, DIN VDE 0106, Parte 1 y DIN EN 60 439, Parte 1 / VDE 0660, Parte 500):

- ▷ aislamiento de las partes bajo tensión,
- ▷ uso de cubiertas o envolventes, (como mínimo, IP 2X) o
- ▷ instalación de las ejecuciones no protegidas (IP 00, IP 10) en locales eléctricos cerrados (o, dado el caso, en armarios) de acuerdo con las disposiciones de la norma DIN VDE 0100.

La norma DIN VDE 0100, Parte 410 indica que en los distribuidores instalados en locales de acceso general, las "cubiertas que protegen las partes metálicas bajo tensión contra contactos directos", sólo se podrán retirar con la ayuda de una herramienta (una llave se considera una herramienta). La Sección 1.4.1 contiene informaciones adicionales al respecto.

Indicaciones especiales para aparatos eléctricos de maniobra

El empleo de "tapas de cierre rápido" que pueden quitarse sin ayuda de herramientas, sólo serán admisibles, con excepción de su empleo en locales eléctricos cerrados, en cajas de distribución que poseen una cubierta aislante interna como protección contra contactos accidentales con piezas bajo tensión, por ejemplo, en cajas de fusibles. Como los fusibles de una instalación suelen sustituirse durante el servicio, resulta conveniente montar los contactores y los fusibles correspondientes en cajas separadas. Las cajas de los fusibles se podrán equipan con tapas de cierre rápido, no así las cajas con los contactores.

Protección contra contacto indirecto

La protección contra contacto indirecto comprende a todas las medidas que, además del aislamiento básico normal, se aplican para evitar que ante una falla del aislamiento las personas o los animales útiles puedan recibir una descarga eléctrica excesiva al tocar el cuerpo de aparatos eléctricos de maniobra o que estos aparatos mantengan una tensión de contacto excesiva (ver también la Sección 1.4.2).

Aislamiento de protección

Cuando se deban instalar tableros (cuadros) eléctricos o distribuciones con aislamiento de protección, debe prestarse atención a que en ningún caso el aislamiento de protección, incorporado durante la fabricación, sea atravesado por piezas metálicas conductoras, tales como ejes de interruptores, boquillas metálicas para cables, tornillos, etc.

Las partes metálicas inactivas dentro del aislamiento de protección, tales como chapas de base y carcazas de aparatos, no deben conectarse en ningún caso al conductor PE o PEN, aún cuando posean un borne de conexión PE.

Cuando las tapas o puertas pueden abrirse sin llaves ni herramientas, todas las partes internas de metal deben colocarse detrás de una cubierta de material aislante con el grado de protección IP 2X. Estas cubiertas sólo podrán quitarse con herramientas.

Las cajas de material aislante ofrecen una amplia protección contra la corrosión y liberan de trabajos de mantenimiento. (Ver también la Sección 1.4.3).

Cajas metálicas

Las cajas y las partes metálicas de la estructura portante, por lo general, reciben un tratamiento superficial de alta calidad como protección contra la corrosión. Las partes metálicas de los tableros (cuadros) eléctricos y distribuidores, con excepción de aquéllas con aislamiento de protección, deben integrarse en una medida de protección con conductor PE.

Demanda de espacio para el montaje

Al proyectarse tableros (cuadros) eléctricos y distribuidores, en especial en el caso de distribuciones con cajas, debe preverse, además del espacio necesario para los aparatos, suficiente lugar para cubrir los aspectos siguientes:

- ▷ la distancia disruptiva entre las partes bajo tensión y la caja,
- ▷ la disipación del calor producido por los aparatos,
- ▷ el espacio para la expansión y deionización de los gases que eventualmente puedan producirse durante el proceso de desconexión de los arcos eléctricos en los aparatos de maniobra,
- ▷ el cableado,
- ▷ la conexión de los cables de acometida y de salida (espacio para las conexiones).

Por lo tanto, los aparatos no deben disponerse en ningún caso de forma tan compacta como en teoría lo permiten las dimensiones externas propias de los mismos y las internas de las cajas o armarios.

Bajo determinadas circunstancias deben considerarse limitaciones para uso de un aparato en una caja o armario que, de acuerdo con las indicaciones del fabricante del aparato resulten, por ejemplo, en lo que respecta a la corriente asignada y la capacidad de ruptura.

Calentamiento

El calor que producen las pérdidas propias de los aparatos se disipa por medio de la circulación libre del aire cuando se los monta en distribuidores abiertos. Cuando estos aparatos de maniobra se montan en cajas o armarios, la disipación del calor se produce a través del intercambio térmico entre la superficie de la caja o armario y el aire circundante. Para la disposición de los aparatos debe tenerse en cuenta el calor que los mismos generan.

Cuando los aparatos se ubican demasiado cerca los unos de los otros y el armario tiene un volumen reducido (o superficie para disipar calor) puede resultar insuficiente para eliminar el calor generado por la potencia de pérdidas. Esto explica la reducción de la corriente asignada que se verifica para numerosos aparatos montados en cajas o armarios.

Las instalaciones de maniobra, los distribuidores y los paneles de mando de Siemens se proyectan para prestar servicio con sus corrientes asignadas plenas a una temperatura ambiente de 35 °C. Para temperaturas ambiente mayores, puede ser necesario reducir la intensidad de la corriente asignada de servicio o la corriente permanente de los aparatos. Para aplicaciones bajo estas condiciones deben tenerse en cuenta las indicaciones correspondientes de los fabricantes.

Como regla empírica puede decirse que cuando la temperatura aumenta en 1 °C, la corriente permanente del aparato tiene que reducirse en el 1 %.

En la Sección 8.4.6 se suministran mayores detalles sobre el tema "Climatización de armarios de maniobra y mando".

Espacios para conexiones

El espacio disponible en el interior y en el exterior de los armarios o cajas para realizar la conexión de los cables de salida resulta importante para un desarrollo racional de los trabajos de conexión después del montaje de los tableros (cuadros) eléctricos y distribuidores.

Un armario (o caja) pequeño puede parecer ser muy económico en el momento de la adquisición; sin embargo, debido al escaso espacio de conexión disponible, tanto el primer montaje como las ampliaciones posteriores podrán llegar a ser tan costosas, que la ventaja económica inicial obtenida se pierde completamente. Por lo tanto, al seleccionar tableros (cuadros) eléctricos y distribuidores se debe prever suficiente espacio para la conexión de los cables que entran a los armarios. Cuando los cables tienen una sección grande, también tiene que preverse espacio suficiente para separar los diferentes conductores del cable. Como orientación puede decirse que la longitud del espacio de conexión debe ser, como mínimo, de cuatro a seis veces el diámetro exterior de cada conductor.

Exigencias especiales

Deben tenerse en cuenta exigencias especiales que puedan presentarse, por ejemplo, protección contra explosión, atmósferas agresivas, sacudidas o vibraciones. También puede exigirse un conductor de protección (PE) especial continuo en toda la instalación. Estas y otras exigencias especiales deberán acordarse en forma adicional y la ejecución se realizará de conformidad con las normas vigentes.

8.4.2 Instalaciones de maniobra de baja tensión SIVACON

Siemens dispone de un procedimiento computarizado guiado por menú para realizar el proyecto de las instalaciones de maniobra de baja tensión SIVACON.

En este procedimiento se utiliza el método del diálogo para ingresar los datos técnicos de la instalación de maniobra definidos por el usuario o proyectista, se procede a la conformación de las diferentes unidades funcionales y se disponen los elementos en los distintos campos o celdas. El programa también elabora en forma automática toda la documentación requerida para realizar la oferta y ejecutar el pedido (Figura 8.4/3).

Antes de realizar el proyecto de una instalación de maniobra de baja tensión SIVACON se aconseja determinar y fijar las siguientes características esencia-

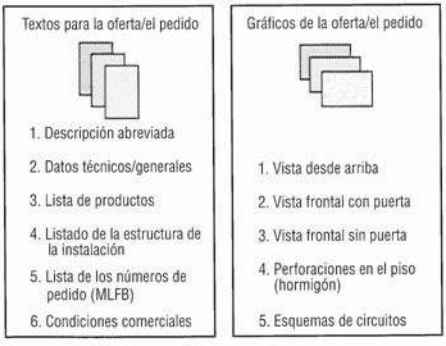


Figura 8.4/3
Documentación elaborada por el procedimiento computadorizado para el proyecto de las instalaciones SIVACON.

les y realizar un esquema de la disposición de las unidades funcionales y de las celdas:

- Sistema y tensión de la red.
- Potencia asignada del transformador, relación de transformación, tensión de cortocircuito.
- Condiciones del entorno: características de la obra civil, atmósfera, temperatura ambiente, altitud de montaje.
- Clase de protección.
- Condiciones de transporte.
- Tipo de alimentación (dado el caso, características del interruptor y de los dispositivos de protección).
- Características de montaje de las unidades funcionales: fijo, unidades extraíbles, modular enchufable.
- Requerimientos de seguridad (subdivisión interna, seguridad ante arcos, construcción antisísmica).
- Datos técnicos de las salidas a los consumidores (lista de motores, de otros consumos).
- Posición de las barras colectoras en los armarios o cajas (arriba, abajo).
- Disposición de los alimentadores, acoplamientos, salidas de motores y cables.
- Vista frontal de los armarios o celdas a prever.
- Clase de disposición (con uno o dos frentes, montaje independiente, adosado a la pared, etc.)
- Disposición de la instalación, superficies para el montaje, dado el caso, cuando la instalación es del tipo de doble frente, vista desde arriba (planta).

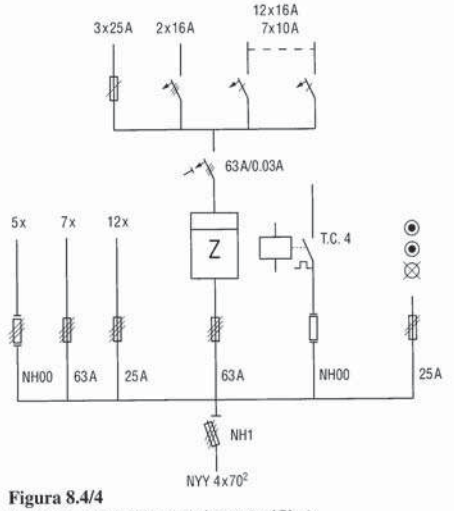


Figura 8.4/4
Esquema general de conexiones (unifilar).

- Partes, unidades funcionales, celdas de reserva.
- Plazos (para presentar la oferta, para el suministro, etc.).

8.4.3 Sistemas de distribución

El proyecto de los sistemas de distribución con el principio constructivo de cajas modulares comienza, sobre la base del plano unifilar (Figura 8.4/4), con la determinación de la alimentación y el diseño de las barras colectoras. La alimentación debe estar localizada, siempre que esto sea posible, en el centro del distribuidor para que la carga pueda distribuirse en forma equilibrada hacia ambos lados. A continuación se diseñan las barras colectoras según la intensidad de la corriente y la posición del alimentador. Los mayores consumidores deberían ubicarse tan cerca del alimentador como sea posible. Estas medidas permiten obtener una solución rentable para todo el distribuidor.

El tamaño y número de las cajas en las que se montan los aparatos que se conectan a las barras colectoras define la longitud de las mismas. Estos aparatos son, por lo general, los que limitan la corriente como, por ejemplo, interruptores automáticos, seccionadores fusibles bajo carga o fusibles.

Los aparatos requeridos para las derivaciones de los consumidores como, por ejemplo, contactores, interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos), dispositivos de medición y contadores, igual que los bornes de las salidas, pueden montarse en una segunda o tercer línea de cajas. Salidas de las barras colectoras a las derivaciones de consumidores podrán atravesar otras cajas, siempre que la sección de los conductores no supere los 50 mm^2 (Figura 8.4/5).

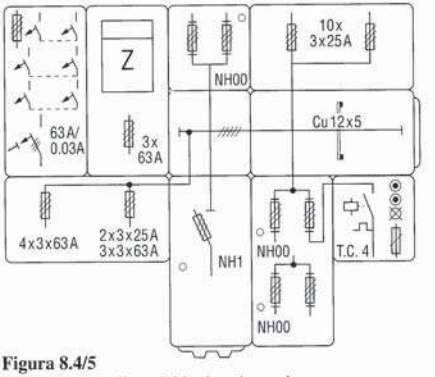


Figura 8.4/5
Esquema de la disposición de cajas y elementos.

Resulta práctico disponer las cajas para fusibles o interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) sobre las de las barras colectoras cuando los aparatos quedan al alcance de la mano para que el operador pueda maniobrarlos con comodidad. Los instrumentos de medición, contadores, aparatos de mando y señalización, así como interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) que deban operarse se ubicarán en una posición tal que se encuentran dentro del alcance visual (altura de montaje entre 1,2 y 2,0 m).

Si se tienen en cuenta aspectos económicos y no existen razones en sentido contrario, resultan más convenientes las cajas grandes con varios módulos de montaje que un número mayor de cajas pequeñas.

Durante el proyecto del tablero distribuidor se debe prever suficiente espacio para las conexiones de los cables y conductores entrantes y salientes, en especial, cuando las secciones para conectar los aparatos son $\geq 50\ mm^2$. También se tiene que tener esta precaución con secciones menores cuando las conexiones se hacen a través de borneras.

Como es natural, también deben tenerse en cuenta la predeterminación o las posibilidades de tendido de los cables y conductores en el lugar de montaje. Por ejemplo, en el caso que los cables y conductores entrantes y salientes no pueden tenderse hacia arriba y abajo, sino sólo es admisible llevarlos por un canal de cables en el piso, podrá modificarse de manera considerable la longitud de las barras colectoras. En un caso como el señalado debería analizarse la posibilidad de tender los cables salientes detrás del distribuidor (en el espacio que media entre el distribuidor y la pared) para llevarlos en la dirección requerida.

Para que este aspecto también se incluya en un proyecto exacto, se debe conocer el espacio disponible en el lugar del montaje. Las numerosas posibilidades de variación que ofrece el montaje de los distribuidores conformados por el sistema de cajas múltiples permite adaptarlo ventajosamente a espacios reducidos en el proyecto.

El trazado a mano de los esquemas de disposición de cajas y elementos del sistema 8HP se facilita con las plantillas para proyecto. Además, el programa de PC, SIPUK-CAD que ofrece Siemens permite realizar los planos de los circuitos y de borneras, así como cálculos de las listas de partes.

8.4.4 Sistema de unidades de montaje 8LW y 8LV para paneles de mando

Los aparatos se seleccionan sobre la base de los diagramas de conexión y la lista de partes.

Para dibujar los planos de disposición se tienen, hojas impresas para el proyecto, en las cuales los aparatos se representan con la ayuda de plantillas (ver la Sección 9.12).

Los planos elaborados de esta manera se emplean como planos de taller, ya que representan exactamente la disposición y la demanda de espacio de los aparatos.

Cuando se elaboran los planos de disposición, el punto de instalación de los aparatos no debe elegirse sólo por su correspondencia eléctrica sino, en lo posible, se las tiene que subdividir en secciones de mando y de potencia.

Los aparatos pesados deben montarse sobre los soportes inferiores de los tableros y, en el caso de tableros anchos, lo más cerca posible de un travesaño del bastidor.

Los aparatos que disipan calor, como rectificadores, transformadores, etc. tienen que ubicarse, en lo posible, en la parte superior del tablero, para que no eleven la temperatura de los demás aparatos.

8.4.5 Distribuidores para instalaciones

Para la planificación rápida y efectiva de los diferentes programas de distribuidores para instalaciones, los fabricantes de instalaciones de maniobra de baja tensión y distribuidores, las oficinas de proyecto, los usuarios, clientes y otros, cuentan con los siguientes medios auxiliares (ver también la Sección 9.12):

- ▷ Elaboración rápida de ofertas asistida por PC, así como procesamiento de pedidos con cómputo a partir de los planos de disposición de aparatos y diagramas eléctricos.
- ▷ Programas de cálculo de cortocircuitos, protección selectiva ("back-up") y determinación de la selectividad (KUBS plus), para la selección asistida por PC de interruptores automáticos y determinación de las secciones de conductores y barras colectoras.
- ▷ Software para PC, programa ERNA 90 para la determinación del calentamiento de combinaciones de aparatos de maniobra.
- ▷ Bloques de planificación y diseño.
- ▷ Catálogos y listas.

8.4.6 Climatización para armarios de maniobra y de mando

8.4.6.1 Generalidades

La temperatura ambiente, la humedad, el tipo y volumen de la suciedad en el aire, determinan el clima ambiental de una instalación eléctrica. Este clima, el lugar de montaje, la clase de servicio y la potencia de las pérdidas efectivamente disipada afectan de diferente forma el diseño de una instalación eléctrica:

- ▷ La instalación se debe sobredimensionar.
- ▷ Aumenta la tasa de fallas de los componentes electrónicos.
- ▷ Se intensifican las señales de corrosión.
- ▷ Los materiales plásticos envejecen con mayor rapidez.
- ▷ Se produce condensación de agua y se reduce la resistencia de aislamiento.
- ▷ Se puede formar moho.

De aquí pueden resultar que:

- ▷ la instalación requiere enfriamiento,
- ▷ la instalación requiere calefacción,
- ▷ se debe secar el aire en la instalación.

Las medidas que se deben tomar dependen de las siguientes condiciones establecidas del entorno:

- ▷ La clase de protección de la instalación.
- ▷ La diferencia ΔT admisible entre la temperatura exterior y la interior.
- ▷ La humedad admisible.
- ▷ El espacio disponible.
- ▷ La potencia de pérdidas efectiva.
- ▷ Los costos del mantenimiento.
- ▷ El precio.

Estos problemas se pueden resolver con las medidas siguientes:

- ▷ Por conducción de calor y convección naturales, las que en realidad, sólo producen un autoenfriamiento reducido de la instalación.
- ▷ Ventiladores con filtro en lugares donde el clima ambiental no representa un problema.
- ▷ Intercambiadores de calor para un enfriamiento reforzado con un grado de protección IP 54 y un clima ambiental problemático.
- ▷ Equipos de refrigeración, los cuales a su vez secan el aire de la instalación y lo enfrían a una temperatura menor que la del medio ambiente.
- ▷ Aparatos de calefacción, para calentar el aire y para disminuir la humedad relativa.

En la Tabla 8.4/1 se presenta un resumen de los métodos para eliminar el calor generado en el interior de los armarios eléctricos.

Para el cálculo de las medidas que se deben aplicar para eliminar el calor generado en el interior de los armarios, se tienen que considerar los aspectos siguientes:

1. El valor de la *potencia de pérdidas* P_V (en W) producida por los aparatos incorporados en los armarios.
2. La *temperatura en el interior del armario* T_i admisible, en K
3. La *temperatura ambiente* máxima $T_{umáx.}$ que actúa sobre el armario, en K
4. La *diferencia de temperaturas* admisible $\Delta T = T_i - T_{umáx.}$, en K
5. La superficie eficaz de enfriamiento del *armario* A_2, en m^2
6. El *coeficiente de transmisión del calor k*

$$k = 2 \text{ a } 5 \ \frac{W}{m^2 K}.$$

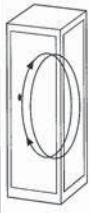
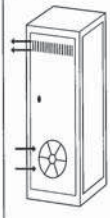
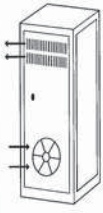
El coeficiente de transmisión del calor k es un valor que varía de un caso a otro y cuya determinación es dificultosa. Este coeficiente depende en gran medida de la diferencia de temperaturas entre el armario y el medio ambiente, así como de la clase de evacuación de calor empleada, por ejemplo, del ventilador y de la velocidad con la que impulsa el aire. De esta forma no debería considerarse un valor constante. Sin embargo, en las tablas de la sección de proyectos se tomo como base un valor constante para simplificar el cálculo. El mismo es el siguiente:

$k = 5 \ \frac{W}{m^2 K}$ para enfriamiento con intercambiadores de calor,

$k = 2 \ \frac{W}{m^2 K}$ para enfriamiento con ventiladores

Tanto para cajas o armarios cerrados como para aquéllos con rejillas de ventilación sin aireación forzada, el cálculo de la superficie eficaz de enfriamiento de la caja o armario, el cálculo de la potencia

Tabla 8.4/1 Resumen de los métodos para evacuar el calor del interior de los armarios de maniobra y mando

	Armario abierto	Armario cerrado				
Ejecución	Con aberturas de ventilación	Completamente cerrado	Completamente cerrado con ventilador seccional	Intercambiador de calor con circuito interior y exterior separados	Ventilación por corriente de aire con ventilador provisto de filtro	Equipo refrigerador con circuito interior y exterior separados
Esquema de principio (la representación no es vinculante para la ejecución). Dimensiones del armario: 2000×600×600 mm (h×A×P)						
El calor se elimina en su mayor parte por: (no se considera la radiación)	Convección natural con aberturas de ventilación	Conducción de calor	Conducción del calor (La circulación forzada del aire evita que se acumule calor en algunos puntos)	Intercambio de calor entre el aire interior caliente y el exterior frío. Circulación forzada del aire interior	Disipación forzada del aire caliente interior por acción de(l) ventilador(es) y aspiración de aire exterior frío	Enfriamiento del aire interior por la acción del refrigerador según el principio frigorífico con circulación forzada del aire interior
Potencia de pérdidas P_V[1]	Sobretemperatura en la parte superior del armario: 20 K					Temperatura en el armario: 10 K debajo de la temperatura ambiente
En montaje independiente se pueden disipar (P_2)	hasta unos 700 W	hasta unos 260 W	hasta unos 360 W	hasta unos 1700 W	hasta unos 2700 W[2]	hasta unos 4000 W
Reducción de la potencia de pérdidas a disipar con montaje en fila	hasta el 10%	hasta el 20%	hasta el 20%	hasta el 10%	hasta el 10%	hasta el 5%
Utilizable en atmósfera agresiva	No	Si	Si	Si	No	Si
con polvo	No	Si	Si	Si	sólo si se supervisan los filtros	
Con humedad	No	Si	Si	Si	No	Si
Clase de protección	hasta IP 20	hasta IP 54	hasta IP 54	IP 54	hasta IP 54	IP 54
Temperaturas en el armario de maniobras	>temperatura ambiente	>temperatura ambiente	>temperatura ambiente	>temperatura ambiente	>temperatura ambiente	Temperatura interior regulable entre +25 y 40 °C

[1] Estos valores sólo valen para armarios de maniobra y armarios con mandos convencionales y circulación natural de aire. En el caso de armarios con módulos electrónicos y una circulación libre de aire del 25 al 50 % debe preverse una reducción del 10 al 15 % de la potencia de pérdidas a disipar.
[2] Hasta unos 1400 W con filtro muy fino.

de pérdidas disipable, así como la sobretemperatura en el interior de la caja o armario se realiza en conformidad con la norma DIN VDE 0660, Parte 507.

Siemens utiliza programas de PC especiales para realizar los cálculos de este tipo.

Disipación del calor en armarios con aberturas

Convección natural con ventilación por corriente de aire

La disipación del calor se produce básicamente por efectos térmicos naturales del sistema cuando el aire exterior circula a través del armario. Para esto, el armario debe tener perforaciones en su chapa superior o contar con un techo ventilado.

Cuando el armario tiene un piso cerrado (por ejemplo, con chapa de acero), deben preverse filas de ranuras de ventilación en la parte inferior de la puerta o de la chapa posterior.

Disipación del calor en armarios cerrados

Convección natural

La disipación del calor sólo se produce a través de las superficies libres del armario y es, por lo tanto, reducida. Para mejorar la disipación de calor, se pueden instalar los armarios separados 0,5 m de la pared (Clase de protección: IP 40 o IP 54).

Circulación forzada por ventilador

La circulación forzada por ventilador evita una acumulación de calor en la parte superior de armario. Por lo general, se trata de que el ventilador dirija el flujo de aire hacia los componentes. Con esto también se evitan los "nidos de calor" localizados. La circulación del aire conduce el calor en forma uniforme hacia las paredes del armario, lo que en conjunto mejora la disipación de calor.

Para calcular la potencia de pérdidas P_2 disipable se puede emplear el método indicado en la norma DIN VDE 0660, Parte 507.

Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor trabajan con dos circuitos de aire independientes. Un ventilador fuerza la circulación del aire caliente en el interior del armario dirigiéndolo de arriba hacia abajo contra las aletas del intercambiador de calor. En el exterior del armario trabaja un ventilador forzando la circulación de aire en dirección opuesta. De esta manera, a causa de la diferencia de temperaturas entre el interior y exterior del armario, se produce un flujo de calor hacia el exterior. La circulación del aire también evita la acumulación de calor en determinados puntos de los armarios que satisfacen los requerimientos del grado de protección IP 54.

Para el cálculo aproximado de la potencia disipable de pérdidas por medio del intercambiador de calor, puede emplearse la fórmula aproximada siguiente:

en esta expresión los términos tienen el significado siguiente:

$P_2 = \Delta T\,(q + k \cdot A_3)$.

q Potencia del intercambiador de calor en W/K

A_3 Superficie efectiva de enfriamiento del armario A_2 en m^2, descontada la superficie de montaje del intercambiador de calor.

Ventilación forzada por medio de ventiladores con filtro

El ventilador con filtro aspira aire frío del medio ambiente y lo fuerza a través del armario. Las partículas de suciedad que contiene el aire quedan en su mayoría retenidas en el filtro. Se emplean filtros de salida cuando un techo perforado del armario o separado del cuerpo del mismo no puede garantizar la clase de protección requerida (IP 20 a IP 54).

Para el cálculo aproximado de la potencia disipable de pérdidas puede emplearse la fórmula siguiente:

$$P_2 = \frac{V \cdot \Delta T}{3,1} + k \cdot A_2 \cdot \Delta T \text{ (en W)}.$$

V Caudal del ventilador en m^3/h.

Con filtros muy finos se reducen en un 50 % los valores de la potencia disipable de pérdidas indicados en la Tabla 8.4/1.

Aparatos refrigeradores

Los aparatos refrigeradores trabajan con el principio de las máquinas frigoríficas, con temperatura regulada entre +25 y 40 °C con circuitos de aire separados para el interior y el exterior de los armarios. La ventilación del circuito del medio refrigerante y sus equipos conexos origina al mismo tiempo una circulación forzada del aire en el interior del armario. Para el cálculo aproximado de la potencia de pérdidas que el aparato de refrigeración puede disipar se podrá emplear la fórmula aproximada siguiente:

$P_2 = Q + k \cdot A_2 \cdot \Delta T$ (en W).

Q Potencia refrigeradora del aparato, en W

En contraposición con otras medidas para disipar el calor, los aparatos refrigeradores permiten llevar la temperatura en el interior del armario a valores menores que la temperatura ambiente. Por lo tanto, pueden presentarse valores negativos de ΔT.

El cálculo para seleccionar el aparato adecuado que permita disipar el calor generado en el interior de un armario para una aplicación definida tiene que incluir el balance térmico del sistema.

Para esto se tienen que determinar y sumar las pérdidas de todos los dispositivos de servicio (aparatos, barras colectoras, cables, etc.), con los factores de la simultaneidad y de la carga de servicio asignada correspondientes. También deben conocerse los valores de la temperatura ambiente, de la temperatura admisible en el interior del armario y de la superficie libre del mismo.

Con estos datos y con la Tabla 8.4/1, puede determinarse el aparato adecuado para disipar el calor de las pérdidas en el interior del armario.

8.4.6.2 Intercambiador de calor 8ME78..

Campo de aplicación

Los intercambiadores de calor 8ME78.. de Siemens (Figura 8.4/6) se emplean para disipar el calor de las instalaciones eléctricas con una clase de protección IP 54. Los dos circuitos de aire separados son herméticos entre sí y, por lo tanto, la instalación permanece protegida del clima exterior. Los intercambiadores de calor se adaptan, en especial, para instalaciones montadas en ambientes con condiciones ambientales muy desfavorables.

Principio de funcionamiento

Los intercambiadores de la serie 8ME78.. trabajan según el principio aire – aire con dos circuitos, el interior y el exterior, separados en forma hermética entre sí.

El ventilador del circuito de aire interno aspira el aire caliente interior en la parte superior del armario, y lo fuerza a través de los canales de enfriamiento del intercambiador de calor. Estos canales conforman una gran superficie separadora (Figura 8.4/7). En la parte inferior del armario se vuelve a introducir el aire enfriado. El ventilador del circuito exterior aspira aire frío y lo fuerza en dirección opuesta a la interna contra los canales de enfriamiento para volver a liberar el aire en la parte superior. A causa de la diferencia de temperatura entre las dos corrientes de aire que circulan en sentido opuesto en ambas caras de la superficie de grandes dimensiones que las separa, se forma un flujo de calor desde la corriente de aire interior hacia la exterior. En este sistema la temperatura en el interior del armario siempre es mayor que la del exterior.

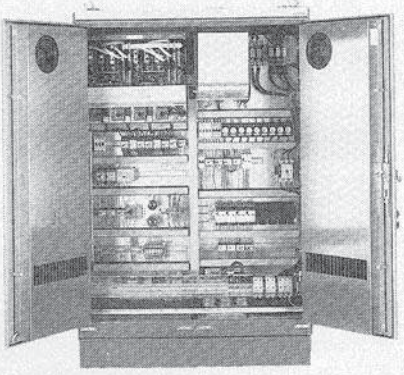


Figura 8.4/6
Intercambiador de calor 8ME78.., montado en el interior de las puertas de un armario 8MF.

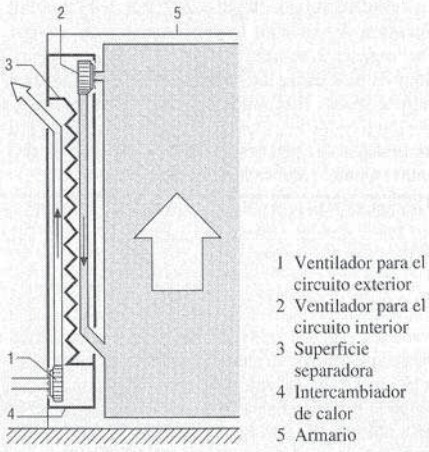


Figura 8.4/7
Funcionamiento de un intercambiador de calor.

Propiedades y características

Las propiedades y características especiales del intercambiador de calor son las siguientes:

- ▷ dos circuitos de aire separados, herméticos entre sí, que trabajan bajo el principio de contracorrientes.
- ▷ Clase de protección IP 54.
- ▷ Posibilidad de montaje en la cara interna y externa de una puerta, así como sobre la pared posterior o lateral del armario,
- ▷ Reducida profundidad constructiva, sólo 111 mm.
- ▷ Peso reducido, 16 kg como máximo.
- ▷ Canales de refrigeración accesibles en toda la longitud facilitan su limpieza.
- ▷ Corriente de aire guiada en forma óptima.
- ▷ Superficie de separación de material plástico, autoextinguible, poco inflamable, resistente a los ácidos débiles, las bases, los alcoholes, las grasas, los aceites, el dióxido de azufre, el ácido sulfhídrico, los óxidos de nitrógeno y el amoníaco.
- ▷ Rango de temperaturas: de −20 a +65 °C.
- ▷ Posibilidades de llevar la conexión en cualquier dirección.
- ▷ Una única conexión eléctrica para ambos ventiladores.
- ▷ Tensión de servicio: 115, 240 V C.A. 50/60 Hz o 24 V C.C.

Proyecto

La potencia específica q necesaria del intercambiador de calor se calcula con la fórmula siguiente:

$$q = \frac{P_V}{\Delta T} - k \cdot A_2 \quad (\text{en W/K}).$$

En la que las expresiones significan lo siguiente:

P_V Potencia instalada de pérdidas, en W

ΔT diferencia de temperaturas admisible entre el interior y el exterior del armario, en K

$$k = 5\,\frac{\text{W}}{\text{m}^2\,\text{K}}$$

A_3 Superficie eficaz de enfriamiento del armario A_2 en m^2, descontada la superficie de montaje del intercambiador de calor.

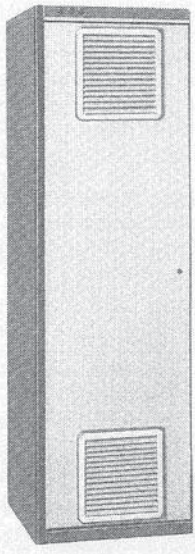


Figura 8.4/8
Armario 8MF con ventilador y salida de aire, ambos con filtro.

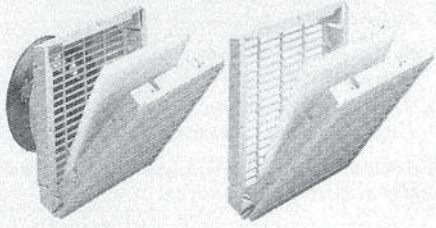


Figura 8.4/9
Ventilador 8MR31.. (izquierda) y salida de aire (derecha), ambos se muestran abiertos y con filtro.

8.4.6.3 Ventilador con filtro 8MR31..

Campo de aplicación

Los ventiladores con filtro 8MR31.. se emplean para evacuar el calor de los armarios con clase de protección IP 20 a IP 54 (Figura 8.4/8). La protección contra agua sólo se logra con el ventilador en posición vertical. Estos ventiladores son adecuados, en especial, como un medio de refrigeración económico en lugares con clima ambiental sin problemas.

Principio de funcionamiento

El ventilador con filtro aspira el aire más frío del medio ambiente (Figura 8.4/9, izquierda), y lo fuer-

za a través del armario El filtro retiene la mayor parte de las partículas de suciedad que contiene la corriente de aire. La temperatura en el interior del armario depende de la potencia de pérdidas en su interior y del caudal del aire de enfriamiento. Los filtros de salida (Figura 8.4/9, derecha) se emplean cuando en los armarios un techo levantado o chapas perforadas en el mismo no garantizan el grado de protección requerido. La convección natural de aire en el interior del armario se puede aprovechar cuando en la parte inferior del mismo se monta un ventilador con filtro y en la parte superior, un filtro para el aire de salida.

Propiedades y características

Las propiedades y características especiales de los ventiladores con filtro son las siguientes:

- ▷ Carcasa de material termoplástico autoextinguible (UL 94 VO).
- ▷ Las rejillas delante del filtro permiten reemplazarlo durante el servicio.
- ▷ Rango de temperatura: de –10 a +55 °C.
- ▷ Filtro estándar contra polvo >5 µm (grado de separación: 92 %).
- ▷ Filtro muy fino + filtro estándar contra polvo >0,5 µm (grado de separación: 96 %).
- ▷ Tensiones de servicio: 115 y 230 V C.A. 50/60 Hz.

Proyecto

La potencia específica q del ventilador se calcula con la fórmula siguiente:

$$q = \frac{P_V}{\Delta T} - k \cdot A_2 \quad \text{(en W/K)}.$$

En la que las expresiones significan lo siguiente:

P_V Potencia instalada de pérdidas, en W

ΔT diferencia de temperaturas admisible entre el interior y el exterior del armario, en K

$$k = 2\ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\,\text{K}}$$

A_2 Superficie eficaz de enfriamiento del armario en m^2.

8.4.6.4 Aparato refrigerador 8MR4

Campo de aplicación

Los aparatos refrigeradores 8MR4 se utilizan para enfriar y secar con eficacia el aire en el interior de armarios estancos al polvo (grado de protección IP 54) equipados con aparatos electromecánicos y, en especial, con módulos electrónicos.

Estos aparatos se suministran en ejecución compacta para montaje sobre el techo o las paredes laterales de un armario o en versión plana (con una profundidad de sólo 135 mm) para montaje sobre puerta o pared lateral y puerta.

Diferentes tamaños constructivos con distintas capacidades frigoríficas permiten utilizar estos aparatos en casi todas las aplicaciones, incluso en climas subtropicales.

En la figura 8.4/10 se representa un aparato refrigerador en ejecución compacta y en la 8.4/11 otro en versión plana.

Principio de funcionamiento

Los aparatos refrigeradores 8MR4 (Figura 8.4/12) funcionan bajo el principio de la máquina frigorífica (Ciclo de Carnot) y regulan la temperatura interior en forma independiente de la exterior.

Dos circuitos completamente separados (exterior/circuito de licuación e interior/circuito de vaporización) impiden el ensuciamiento del interior del armario. El compresor tiene un montaje amortiguador de vibraciones, de forma tal que no transmiten estas vibraciones a los aparatos montados en el interior del armario. La regulación de la temperatura la provee un termos-

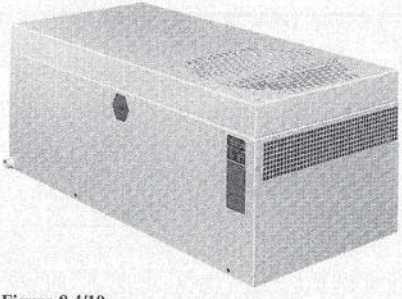


Figura 8.4/10
Aparato refrigerador en ejecución compacta.

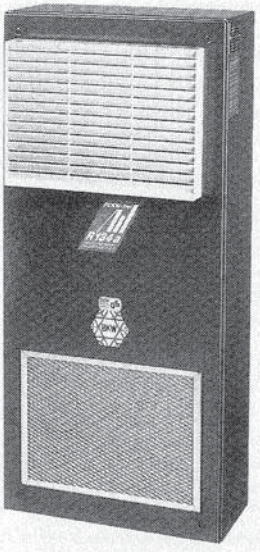


Figura 8.4/11
Aparato refrigerador 8MR4 en ejecución plana.

tato. Un sensor en la entrada de aire del circuito vaporizador registra la temperatura en el interior del armario. Una comparación con el valor prefijado de la temperatura conecta el aparato refrigerador. La temperatura se ajusta en fábrica a +35 °C. Si se requiere otro valor de temperatura dentro del rango de +25 y +40 °C, se puede ajustar el tornillo de regulación del termostato con un destornillador.

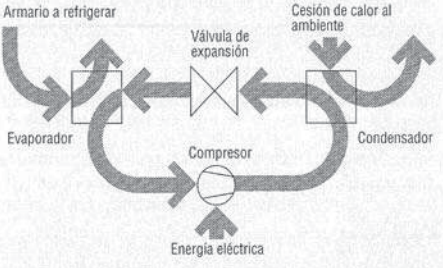


Figura 8.4/12
Esquema del funcionamiento de un aparato refrigerador 8MR4.

Propiedades y características

Las propiedades y características especiales de los aparatos de refrigeración son las siguientes:

- ▷ La temperatura interior de los armarios se regula a un valor ajustable comprendido entre +25 y 40 °C (ajuste de fábrica: 35 °C).
- ▷ Dos circuitos de aire separados.
- ▷ Clase de protección IP 54.
- ▷ Aviso de falla cuando la temperatura en el armario supera un valor prefijado.
- ▷ El circuito de aire externo se puede proteger contra la suciedad con un filtro (opcional).
- ▷ Tensiones de servicio 230 ó 400 V C.A. 50 Hz y 460 V C.A. 60 Hz.
- ▷ Cable de conexión, mínimo 2 m de longitud.

Proyecto

La capacidad frigorífica Q del aparato refrigerador se calcula con la fórmula siguiente:

$$Q = P_V - k \cdot A_3 \cdot \Delta T \quad \text{(en W)}.$$

En la que las expresiones significan lo siguiente:

P_V Potencia instalada de pérdidas, en W

$$k = 5\ \frac{\text{W}}{\text{m}^2\,\text{K}}$$

A_3 Superficie eficaz de enfriamiento del armario A_2, deducida la superficie de montaje del aparato refrigerador, en m^2.

ΔT diferencia de temperaturas admisible entre el interior y el ambiente que rodea el armario, en K.

8.4.6.5 Aparato calefactor 8MR2

Campo de aplicación

Los aparatos calefactores 8MR2 calientan el aire dentro de los armarios y con esto reducen la humedad, protegen contra la condensación de agua y proporcionan una temperatura mínima dentro del armario.

Principio de funcionamiento

El calor generado por el calefactor 8MR2 se cede al ambiente interior del armario por convección natural en el caso de la versión con disipador con aletas de aluminio o carcasa de chapa de acero (para el umbral de la puerta), así como con convección forzada por

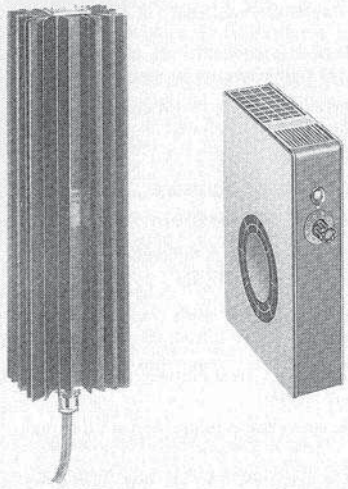


Figura 8.4/13
Aparatos calefactores 8MR2.
a) Calefactor con disipador con aletas de aluminio
b) Calefactor con ventilador

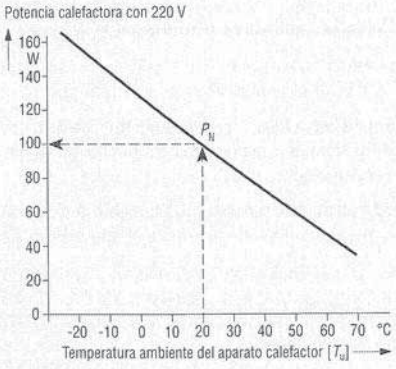


Figura 8.4/14
Potencia calefactora P_N de los aparatos 8MR2 en función de la temperatura ambiente.

ventilador. En la figura 8.4/13 se representan las diferentes ejecuciones del aparato calefactor 8MR2.

Como calefactores se emplean elementos PTC de cerámica. Como estos elementos tienen resistencias con un coeficiente de temperatura positivo, la potencia que ceden varía en función de la temperatura del ambiente que los rodea (Figura 8.3/14). De esta forma se logra, en un rango determinado, una autorregulación de temperatura dentro del armario.

En el caso de los calefactores en versión con ventilador se regula la temperatura ambiente por medio de un termostato (ajuste: de + 10 a 50 °C)

Propiedades y características

Las propiedades y características especiales de los aparatos de calefacción son las siguientes:

- ▷ Potencia calefactora cedida, variable en función de la temperatura ambiente.
- ▷ Temperatura de servicio: – 20 a + 60 °C; con ventilador, – 10 a + 50°C.
- ▷ Grado de supresión de interferencias: K (con aparato calefactor y convección natural), N (con ventilador).
- ▷ Cable de conexión: aislamiento de silicona (con aparato calefactor y convección natural); aislamiento de goma (ventilador) 3 × 0,75 mm^2, 0,3 m de longitud.
- ▷ Tensiones de servicio: aparato calefactor con convección natural 115 hasta 265 V C.A. 50/60 Hz; con ventilador 230 V C.A. 50/60 Hz.

Proyecto

Para evitar la condensación de agua debe tenerse dentro del armario una temperatura, como mínimo, 5 °C mayor que la ambiente.

La potencia calefactora P_H del aparato cuando la instalación no está en servicio se calcula con la fórmula siguiente:

$P_V = k \cdot A_2 \cdot \Delta T$ (en W).

En cambio, la potencia calefactora P_H requerida cuando la instalación está en servicio se calcula con la fórmula siguiente:

$P_V = k \cdot A_2 \cdot \Delta T - P_V$ (en W).

En estas expresiones los términos significan lo siguiente:

A_2 Superficie eficaz de enfriamiento del armario, en m^2.

$k = 3 \dfrac{\text{W}}{\text{m}^2\,\text{K}}$

ΔT diferencia de temperaturas admisible entre el interior y el ambiente que rodea el armario, en K

P_V Potencia de pérdidas eficaz, en W.

8.4.7 Clases de protección, condiciones climáticas y del medio ambiente

El polvo y el agua, las condiciones climáticas (clima en el interior, exterior de los ambientes, así como a la intemperie) y otras condiciones del servicio y el entorno se consideran influencias del medio ambiente en el sitio de instalación.

Tanto los proyectistas como los usuarios consideran con frecuencia que las instalaciones de maniobra y los distribuidores con un elevado grado de protección, por ejemplo, IP 65, "Protección contra la entrada de polvo y contra chorros de agua desde todas las direcciones" se pueden instalar en exteriores sin tomar medidas adicionales. Estas personas se encuentran con una gran sorpresa cuando comienzan los problemas de funcionamiento de los aparatos incorporados, los armarios y las cajas no soportan las solicitaciones o cuando abren una puerta o tapa y sale agua de la caja. De aquí surgen cuestiones como: ¿Qué significan los grados de protección? ¿En qué medida suministran información sobre la aptitud de los tableros y distribuidores para que se los pueda instalar a la intemperie?

Clases de protección

Las clases de protección IP podrían denominarse "Clases de protección para el servicio", porque su función es, por una parte, garantizar la seguridad del personal de servicio contra contactos accidentales con partes bajo tensión y por la otra, proteger los dispositivos de servicio incorporados contra polvo y agua, en tanto la incidencia de los elementos proviene de los procesos técnicos o de trabajo. Por lo tanto, no comprenden los esfuerzos que se producen cuando los equipos se instalan a la intemperie sin tomar medidas adicionales. El ensayo de la comprobación de la protección contra agua sólo prevé una instalación en interiores bajo condiciones climáticas relativamente constantes en el sitio de instalación. Por esto pueden presentarse graves consecuencias a causa de una ventilación faltante, por ejemplo, cuando un distribuidor con alto grado de protección se instala a la intemperie.

Las clases de protección IP se describen en las normas DIN VDE 0470–1, EN 60 529 e IEC 529, al igual que los grados de protección que se deben alcanzar.

Estas clases se caracterizan por dos letras IP (abreviatura de *I*nternational *P*rotection) invariables y dos números que definen los grados de protección. En la Tabla 8.4/2 se suministra un resumen de las definiciones y descripciones correspondientes a los números.

La primera cifra característica del número indica la protección contra contactos accidentales directos de partes peligrosas y la entrada de cuerpos sólidos extraños, la segunda, la protección contra la entrada de agua.

Condiciones climáticas

Los tableros, las distribuciones y los paneles de mando, además de las influencias originadas en la tecnología del proceso, se encuentran sometidos a las influencias climáticas provenientes del lugar en el que se realiza la instalación y, por lo tanto, se las debe considerar durante el diseño, fabricación y montaje de los equipos eléctricos.

Las influencias climáticas son las siguientes:

- ▷ la radiación solar,
- ▷ las temperaturas elevadas,
- ▷ las temperaturas bajas,
- ▷ la humedad ambiente elevada,
- ▷ la lluvia, la nieve y el viento.

Las temperaturas elevadas tienen una influencia especial sobre las instalaciones eléctricas (incluso cuando las produce la radiación solar), así como el efecto combinado de una elevada humedad ambiente y fuertes fluctuaciones de la temperatura.

Las definiciones de diferentes climas que dan las normas son las siguientes:

Clima de interiores es el correspondiente a los locales y recintos construidos de manera tal que los objetos en su interior se encuentran protegidos en gran medida de las influencias del clima al aire libre.

Nota:

El clima en el interior de estos ambientes puede variar en forma significativa por la acción de fuentes de calor o humedad, por polvo e influencias químicas, por ejemplo, por la presencia de personas, animales o plantas, así como por instalaciones de calefacción o de aire acondicionado.

Clima de exteriores es el que se tiene en lugares dispuestos de forma tal que los objetos en su interior están protegidos contra la incidencia solar directa y contra precipitaciones atmosféricas, así como, en caso necesario, contra el viento, pero por lo demás, están expuestos al aire libre.

Clima al aire libre es aquél que afecta a los objetos que se encuentran a la intemperie.

Tabla 8.4/2
Descripción abreviada y definición de los grados de protección IP de acuerdo con las normas DIN VDE 0470–1, EN 60 529 e IEC 529.

Cifra	1ª cifra característica		2ª cifra característica	
	Descripción abreviada	Definición	Descripción abreviada	Definición
0	Sin protección	–	Sin protección	–
1	Protección contra acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños ≥ 50 mm de diámetro.	Debe quedar suficiente distancia entre la sonda de acceso, una esfera de 50 mm de diámetro, y las partes peligrosas. La sonda de objeto, una esfera de 50 mm de diámetro, no debe penetrar completamente [1].	Protección contra goteo de agua.	Las gotas caen verticales, las mismas no deben tener efectos dañinos
2	Protección contra acceso a partes peligrosas con un dedo. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños ≥ 12,5 mm de diámetro.	Debe quedar suficiente distancia entre el dedo articulado de pruebas, con 12 mm de diámetro, 80 mm de largo y las partes peligrosas. La sonda de objeto, una esfera de 12,5 mm de diámetro, no debe penetrar completamente [1].	Protección contra goteo de agua cuando la carcasa tiene una inclinación de hasta 15°.	Las gotas caen verticales, las mismas no deben tener efectos dañinos cuando la carcasa se inclina un ángulo de hasta 15° con respecto a la vertical.
3	Protección contra acceso a partes peligrosas con una herramienta. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños ≥ 2,5 mm de diámetro.	Una sonda de acceso con 2,5 mm de diámetro no debe poder penetrar. La sonda de objeto, con 2,5 mm de diámetro, no debe penetrar de ningún modo [1].	Protección contra agua pulverizada.	El agua pulverizada no debe tener efectos dañinos cuando la carcasa se inclina un ángulo de hasta 60° con respecto a la vertical.
4	Protección contra acceso a partes peligrosas con un alambre. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños ≥ 1 mm.	Una sonda de acceso con 1,0 mm de diámetro no debe poder penetrar. La sonda de objeto, con 1,0 mm de diámetro, no debe penetrar de ningún modo [1].	Protección contra salpicaduras de agua.	El agua salpicada en cualquier dirección contra la carcasa no debe tener efectos dañinos.
5	Protección contra acceso a partes peligrosas con un alambre. Protección contra el polvo.	Una sonda de acceso con 1,0 mm de diámetro no debe poder penetrar. No se impide completamente la entrada de polvo, pero el volumen de polvo que ingrese no debe ser tal que se perjudique el adecuado funcionamiento o se afecte la seguridad.	Protección contra chorros de agua	Los chorros de agua que inciden en cualquier dirección contra la carcasa no deben tener efectos dañinos.

[1] La sonda de objeto no debe poder penetrar por las aberturas hasta la profundidad de su diámetro completo.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 8.4/2
Continuación

Cifra	1ª cifra característica		2ª cifra característica	
	Descripción abreviada	Definición	Descripción abreviada	Definición
6	Protección contra acceso a partes peligrosas con un alambre. Estanco al polvo.	Una sonda de acceso con 1,0 mm de diámetro no debe poder penetrar. Se impide la entrada de polvo.	Protección contra chorros de agua a presión.	Los chorros de agua que a presión inciden en cualquier dirección contra la carcasa no deben tener efectos dañinos.
7			Protección contra inmersión pasajera.	El agua no debe penetrar en un volumen tal que produzca efectos dañinos cuando la carcasa se sumerge en forma pasajera en agua bajo condiciones normalizadas de presión y tiempo.
8			Protección contra inmersión permanente.	El agua no debe penetrar en un volumen tal que produzca efectos dañinos cuando la carcasa se sumerge en forma permanente en agua bajo condiciones acordadas entre el fabricante y el usuario. Es de hacer notar que estas condiciones deben ser más difíciles que las de la cifra característica 7.

Salvo que se indique lo contrario, los tableros, distribuidores y paneles de mando de Siemens se diseñan, construyen y suministran para su instalación en un ambiente con el clima característico de interiores.

Incidencia de la radiación solar

Los tableros, las distribuciones y los paneles de mando que se instalan en el exterior sin protección alguna, se ven afectados por la incidencia de la radiación solar directa. Esto puede provocar un sobrecalentamiento inadmisible de los aparatos montados dentro de los mismos.

Por lo tanto, básicamente siempre se recomienda proteger con un techo o armario los tableros, las distribuciones y los paneles de mando de la radiación solar directa.

En todo caso, se deben instalar "compensadores de clima" en la parte inferior de las distribuciones. Su funcionamiento se explicará en la página siguiente.

Humedad elevada en combinación con fuertes fluctuaciones de la temperatura ambiente

Cuando los tableros y las distribuciones con una clase de protección IP 65 prestan servicio a la intemperie, en lugares con humedad elevada y fuertes fluctuaciones de la temperatura ambiente, el aumento de esta temperatura también calienta el aire en el interior de los armarios que se expande y escapa a través de las juntas hacia el exterior. Si la temperatura ambiente baja, se produce una depresión en la caja y se aspira aire externo. El vapor de agua del aire se condensa en las paredes interiores de la caja. Cuando se repite este proceso de calentamiento y enfriamiento, se puede acumular un gran volumen de agua. Como medidas contra este efecto se recomiendan las siguientes:

- ▷ Instalar tubos compensadores del clima.
- ▷ Suministrar una calefacción interna.

Humedad elevada en combinación con temperatura ambiente constante

Cuando la humedad ambiental en el lugar de instalación es elevada se puede condensar agua en el caso de

servicio intermitente, aunque la temperatura ambiente permanezca casi constante, si en el interior de los armarios varía la temperatura, a causa de la potencia de pérdidas producida por los aparatos de maniobra, mando y control montados dentro de los mismos. Eso puede ocurrir, por ejemplo, en el caso de un distribuidor que alimenta bombas (servicio intermitente), instalado en las casetas de los pozos donde se tiene una humedad ambiente elevada y temperaturas casi constantes.

Para esta clase de servicio se deben prever compensadores de clima y una calefacción interna, para forzar un intercambio de aire entre el interior y el exterior del armario, y lograr una temperatura constante en el interior del armario.

Medidas contra las influencias climáticas

Montaje protegido

Los tableros (cuadros) eléctricos, las distribuciones y los paneles de mando, incluso si tienen una clase de protección IP elevada, no se deben instalar a la intemperie sin protección. Siempre se requieren medidas adicionales para protegerlos de la radiación solar directa, de las precipitaciones y del viento. Esto se podrá lograr mediante la construcción de techos protectores o el montaje en armarios de protección (Figura 8.4/15). Estos techos deben tener dimensiones suficientemente grandes para asegurar la protección; en algunos casos será necesario prever paredes laterales y posteriores.

Compensadores de clima

Cuando las condiciones climáticas son extremas, básicamente se aconseja el empleo de compensadores de clima. (Figura 8.4/16). Estos son uniones roscadas Pg, que en lugar de la junta de goma tienen inserto una malla, a través de la cual se posibilita el intercambio de aire entre el interior del armario y el medio ambiente. Estos compensadores también evitan la acumulación de agua condensada, porque la misma puede salir a través de los mismos. Los compensadores de clima se instalan en la parte inferior de los armarios.

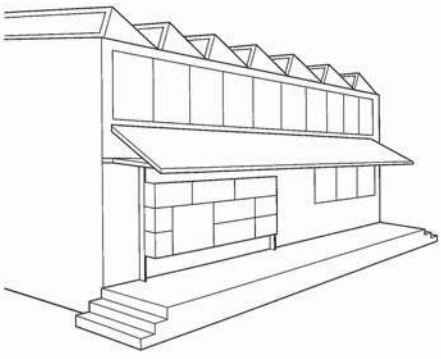
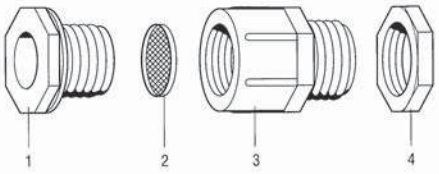


Figura 8.4/15
Posible instalación de un distribuidor debajo de un techo de protección existente.



1 Tapón roscado abierto 3 Cuerpo de conexión con rosca doble
2 Malla 4 Tuerca

Figura 8.4/16
Despiece de un compensador de clima.

Calefacción interna

Cuando la temperatura ambiente fluctúa fuertemente en lugares con elevada humedad (clima tropical), debería impedirse la condensación de agua por medio de calefactores que se instalan en el interior de los armarios. Los calefactores mantienen una temperatura uniforme en el interior de los armarios. Para esto pueden emplearse resistencias de calefacción o calefactores para tableros (Ver la Sección 8.4.6.5).

Los calefactores para armarios se suministran con potencias que varían entre 10 y 400 W.

Protección contra la corrosión

Cuando en el lugar de instalación de los tableros se tienen condiciones ambientales extremas, por ejemplo, clima marino o atmósferas con agentes químicos agresivos, resulta conveniente consultar con el fabricante de los equipos y, de ser necesario, acordar medidas adicionales, por ejemplo, la aplicación de pintura de protección resistente a la corrosión.

8.4.8 Compensación de potencia reactiva

8.4.8.1 Conceptos básicos

Numerosos consumidores eléctricos toman de la red, no sólo potencia activa aprovechable, sino también potencia reactiva que, por ejemplo, en los motores y

transformadores provee magnetización, y en los equipos rectificadores, potencia reactiva de conmutación o de control.

El transporte de la potencia reactiva es antieconómico, porque no es posible convertirla en otra clase de energía. A continuación se tratarán los principios generales de la compensación de la corriente reactiva, la instalación práctica del equipamiento de compensación y la compensación en redes con consumidores alimentados por rectificadores.

La relación entre la potencia activa P y potencia aparente S se representa mediante el coseno del ángulo φ, (denominado factor de potencia) (Figura 8.4/17):

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}.$$

El ángulo φ es idéntico al desfasaje que se tiene entre los vectores de la corriente y la tensión.

La potencia reactiva Q que debe compensarse se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad \text{(en kvar)}.$$

Un condensador de igual potencia Q_c compensaría esta potencia reactiva, y llevaría el factor de potencia (cos φ) a 1.

En la práctica no es usual llevar el cos φ a 1 mediante la conexión de condensadores, porque cuando se producen fluctuaciones de carga y debido a la inercia de reacción

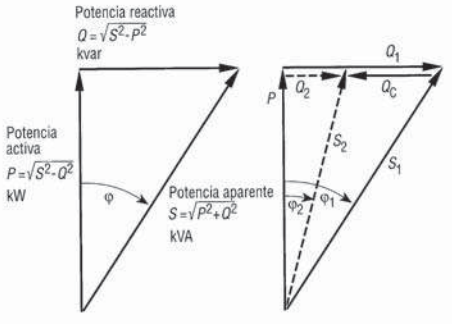


Figura 8.4/17
Factor de potencia como relación de las potencias activa y aparente

del regulador se podría tener una sobrecompensación. Por lo general, las empresas prestatarias del servicio eléctrico indican a que valor debe ser llevado el cos φ.

La potencia necesaria de los condensadores Q_c se puede calcular en función de los valores de la tangente con la siguiente fórmula:

$$Q_c = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$

(Ver también la Sección 8.4.8.4, Proyecto).

Para la compensación de un motor de corriente continua con rectificador, con par motor constante, se tiene lo siguiente:

$$Q_c = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot P_{dn} \, (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2).$$

(Ver también en la Sección 8.4.8.6, Cálculo de la potencia de un condensador para la compensación de un accionamiento de corriente continua con par motor constante.)

La figura 8.4/18 muestra un cuadro general de la selección de condensadores y reguladores para la compensación del factor de potencia en redes eléctricas, aun cuando éstas contengan armónicas.

8.4.8.2 Tipos de compensación

En redes eléctricas, en las cuales se conectan y desconectan consumidores inductivos (por ejemplo, motores), el factor de potencia (cos φ) varía con cada maniobra. Las empresas prestatarias del servicio eléctrico exigen a sus clientes que la relación entre la potencia activa P y la potencia aparente S consumidas no supere un valor preestablecido.

Elección del tipo de compensación más conveniente

Para decidir si al compensar a cada uno de los consumidores es más conveniente hacerlo con unidades fijas de condensadores o con un equipamiento centralizado regulable, deben tenerse en cuenta tanto consideraciones económicas como de la técnica de instalaciones. Las unidades reguladoras para la compensación centralizada tienen un costo mayor por unidad de potencia. Pero se debe considerar que en la mayoría de las instalaciones los consumidores no se conectan todos al mismo tiempo y, por lo tanto, con frecuencia, es suficiente si se instala una potencia capacitiva de menor valor.

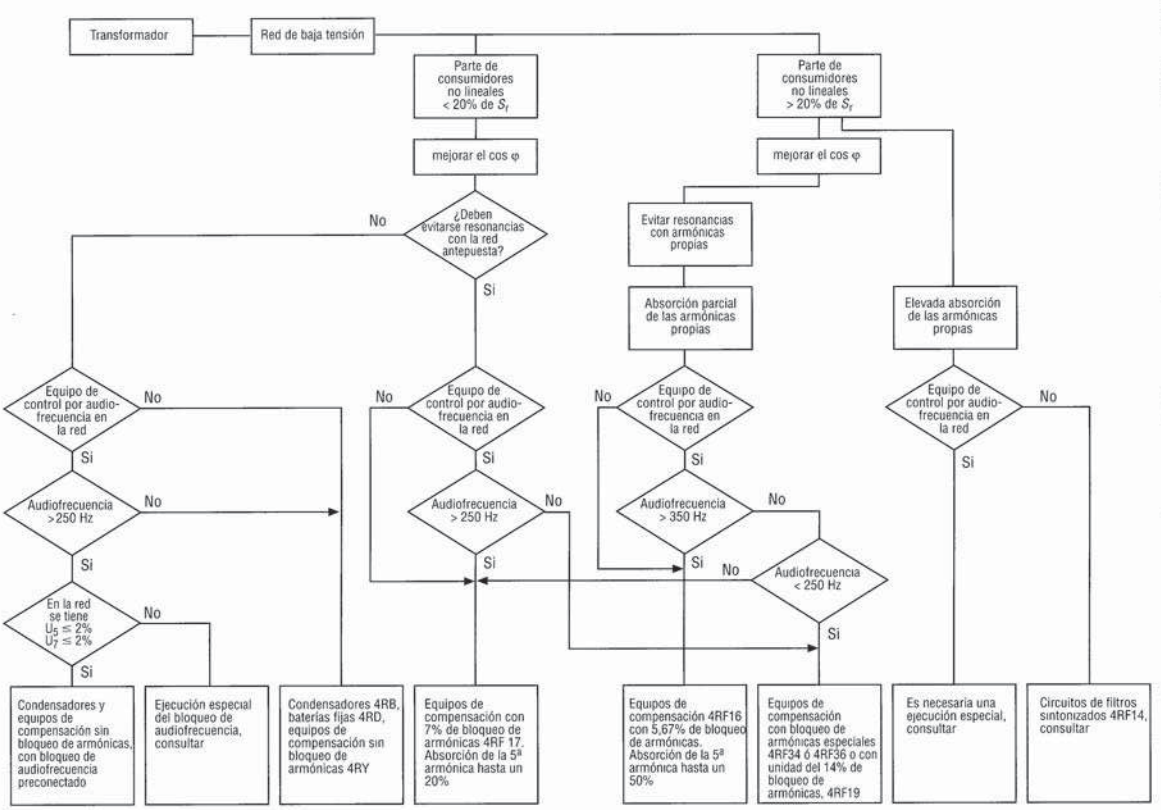


Figura 8.4/18
Esquema de selección para condensadores, equipos de regulación, bloqueos de audiofrecuencia y circuitos de filtro

Compensación individual

En la compensación individual, los condensadores se conectan directamente a los bornes de cada uno de los consumidores y junto con ellos se conectan a un aparato de maniobra común (Figura 8.4.19).

Una compensación individual es conveniente para grandes consumidores con potencia constante conectados durante largos períodos.

Tiene la gran ventaja de que circula una corriente menor por los cables de acometida a los consumidores.

Con frecuencia, los condensadores pueden conectarse directamente a los bornes de cada uno de los consumidores y, por lo tanto, se conecta y desconecta simultáneamente el conjunto con el mismo aparato de maniobra.

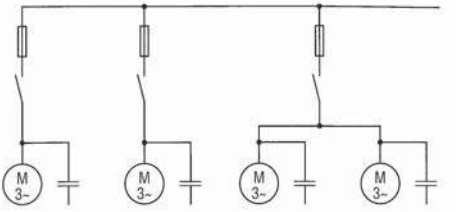


Figura 8.4/19
Compensación individual

Compensación por grupos

En la compensación por grupos, el equipamiento de compensación se asigna a un grupo de consumidores. Estos consumidores pueden ser motores o bien lámparas fluorescentes que se conectan a la red en conjunto por medio de un contactor o interruptor automático (Figura 8.4.20).

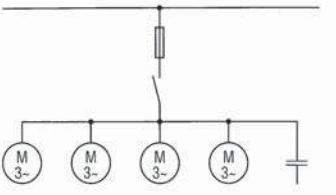


Figura 8.4/20
Compensación por grupos

Compensación centralizada

Para la compensación centralizada se emplean, por lo general, unidades automáticas de regulación de energía reactiva, las que se conectan directamente a un cuadro o tablero principal o secundario de distribución (Figura 8.4.21). Esto es muy conveniente cuando se trata de instalaciones, donde se tiene conectado a la red un gran número de consumidores, con diferentes potencias y tiempos de conexión variables.

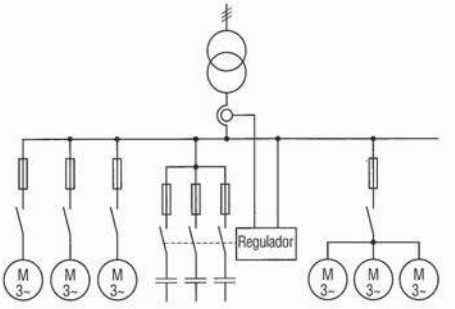


Figura 8.4/21
Compensación centralizada

Una compensación centralizada tiene, además, otras ventajas como, por ejemplo:

- ▷ El equipo de compensación es fácilmente controlable debido a su posición central.
- ▷ Es relativamente sencillo realizar un montaje posterior del equipamiento, o su eventual ampliación.
- ▷ La potencia reactiva suministrada por los condensadores se ajusta por pasos al requerimiento de potencia reactiva de los consumidores.
- ▷ Con frecuencia, en función del factor de simultaneidad, la potencia reactiva capacitiva a instalar es menor que en el caso de una compensación individual.

Los equipos de regulación de Siemens con potencias de salida superiores a los 25 kvar (Figura 8.4.22) no producen en la red picos de corriente de conexión, dado que los contactores de los condensadores no se conectan al mismo tiempo. El relé de salida del regulador sólo conecta a uno de estos contactores, y los demás serán accionados con retardo de tiempo por medio de contactos auxiliares. Es decir, no se conectarán 100 kvar simultáneamente, sino se conectarán una tras otro, cuatro pasos de 25 kvar.

Mediante dispositivos de descarga (reactancias o resistencias de descarga), se logra una descarga total

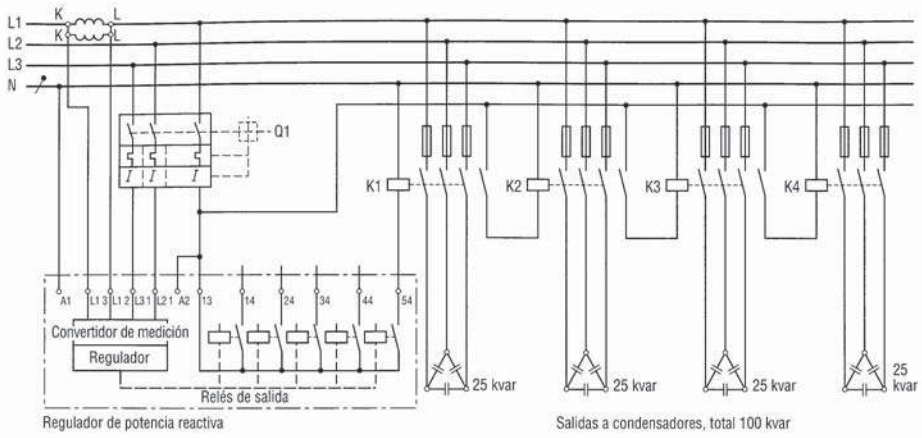


Figura 8.4/22
Ejemplo de la conexión de 100 kvar mediante una salida del regulador

del condensador en menos de 10 s, con lo que se puede asegurar que ningún condensador a medio descargar será conectado nuevamente a la red.

Una nueva conexión de un condensador parcialmente descargado provocaría, en caso de oposición de fases, picos de corriente de conexión mayores, los cuales solicitan más que lo normal a los contactores y condensadores.

8.4.8.3 Compensación de energía reactiva de motores trifásicos asincrónicos y transformadores

Cuando se diseñan instalaciones puede asumirse, como regla general, que los consumidores trabajan con un factor de potencia promedio de cos $\varphi = 0{,}7$. Para compensar a cos $\varphi = 0{,}9$ será necesaria una potencia reactiva compensadora Q_c, de aproximadamente el 50% de la potencia activa instalada, es decir:

$Q_c = 0{,}5 \cdot P$.

La potencia reactiva capacitiva necesaria para mejorar el factor de potencia, en dependencia del cos φ existente, se puede calcular con ayuda de la Tabla 8.4/3.

Ejemplo

Un factor de potencia existente de cos $\varphi_1 = 0{,}76$ debe mejorarse hasta alcanzar un valor de cos $\varphi_2 = 0{,}90$.

Según la Tabla 8.4/3 resulta que para cada kW de potencia activa instalada deben conectarse condensadores con 0,37 kvar de potencia reactiva.

Para una potencia activa instalada (leída, por ejemplo, con el medidor de energía eléctrica) de 140 kW, la potencia reactiva capacitiva necesaria resulta ser: $0{,}37 \cdot 140 = 51{,}8$ kvar; por lo tanto, se elige un condensador de 50 kvar.

Compensación de motores trifásicos asincrónicos

La potencia de los condensadores para la compensación individual de un motor asincrónico nunca debe ser mayor que el 90% de la potencia reactiva del motor funcionando en vacío. En caso contrario, cuando se desconecta el motor existe el riesgo de que se produzca una autoexcitación mientras éste gira hasta detenerse. La autoexcitación tendrá como consecuencia elevadas sobretensiones en los bornes del motor.

En la práctica puede considerarse lo siguiente:

$Q_c \approx 0{,}3$ bis $0{,}35 \cdot P_{nM}$.

P_{nM} = Potencia asignada del motor

La compensación de un motor desde un valor del factor de potencia cos φ_n hasta cos $\varphi_2 = 0{,}95$ requiere aproximadamente del mismo valor de potencia reactiva capacitiva que su potencia activa asignada.

Aquí vale lo siguiente:

Tabla 8.4/3
Potencia reactiva capacitiva necesaria para mejorar el factor de potencia

Factor de potencia existente >	Potencia reactiva de los condensadores en kvar por cada kW de potencia activa para alcanzar el factor de potencia cos φ_2 requerido				
cos φ_1	0,8	0,85	0,9	0,95	1
0,4	1,54	1,67	1,81	1,96	2,29
0,42	1,41	1,54	1,68	1,83	2,16
0,44	1,29	1,42	1,56	1,71	2,04
0,46	1,18	1,31	1,45	1,6	1,93
0,48	1,08	1,21	1,34	1,5	1,83
0,5	0,98	1,11	1,25	1,4	1,73
0,52	0,89	1,02	1,16	1,31	1,64
0,54	0,81	0,94	1,08	1,23	1,56
0,56	0,73	0,86	1	1,15	1,48
0,58	0,66	0,78	0,92	1,08	1,41
0,6	0,58	0,71	0,85	1	1,33
0,62	0,52	0,65	0,78	0,94	1,27
0,64	0,45	0,58	0,72	0,87	1,2
0,66	0,39	0,52	0,66	0,81	1,14
0,68	0,33	0,46	0,59	0,75	1,08
0,7	0,27	0,4	0,54	0,69	1,02
0,72	0,21	0,34	0,48	0,64	0,96
0,74	0,16	0,29	0,43	0,58	0,91
0,76	0,11	0,24	0,37	0,53	0,86
0,78	0,05	0,18	0,32	0,47	0,8
0,8	–	0,13	0,27	0,42	0,75
0,82	–	0,08	0,21	0,37	0,7
0,84	–	0,03	0,16	0,32	0,65
0,86	–	–	0,11	0,26	0,59
0,88	–	–	0,06	0,21	0,54
0,9	–	–	–	0,15	0,48

$P_{ab} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_n \cdot \cos\varphi_n$
$Q_c = P_{zu} \cdot [\tan(\text{arc}\cos\varphi_n) - 0,33]$ en kvar
I_n Corriente asignada del motor
$\cos\varphi_n$ Factor de potencia asignada del motor
U Tensión de red
P_{ab} Potencia activa absorbida de la red
Q_c Kondensatorleistung.

Compensación de motores trifásicos asincrónicos con arrancadores estrella-triángulo

Para la compensación individual de motores con rotor jaula en arranque directo, los condensadores se conectan en forma tripolar a los bornes U, V, W del motor. El motor y los condensadores se conectan en conjunto.

Cuando se emplean arrancadores estrella – triángulo, los condensadores se conectan asimismo a los bornes U, V, W del motor, pero al desconectarse el motor de la red mediante el contactor de red K_1 podría producirse una peligrosa autoexcitación del motor, porque el motor se convierte en generador y recibe su corriente de excitación desde el condensador. En los bornes del motor, cuyo rotor continúa girando debido a la inercia de las masas de la máquina accionada, se genera una tensión, cuyo valor puede llegar al doble de la tensión de red, si el devanado del motor está conectado en estrella. Además, el motor, el condensador y el contactor sufren fuertes solicitaciones por las corrientes de compensación que podrían circular entre ellos.

En la pausa de conmutación entre la etapa de estrella y la de triángulo, durante la cual el motor queda brevemente desconectado de la red, el condensador, también desconectado de la red, permanece cargado. Podría ocurrir que la nueva conexión a la red se produzca en oposición de fases.

El equilibrio de potenciales en la reconexión, tendría como consecuencia picos de corrientes de compensación, los que someterían a elevados esfuerzos al motor, al condensador y, sobre todo, provocarían un mayor desgaste del material de contacto de los contactores de la combinación estrella-triángulo. Cuando se utilizan los arrancadores estrella-triángulo del catálogo con contactores, se utiliza un contactor separado de uso exclusivo para conectar el condensador C y así impedir una posible autoexcitación, resonancia serie y una nueva conexión en oposición de fase. (Figura 8.4/23).

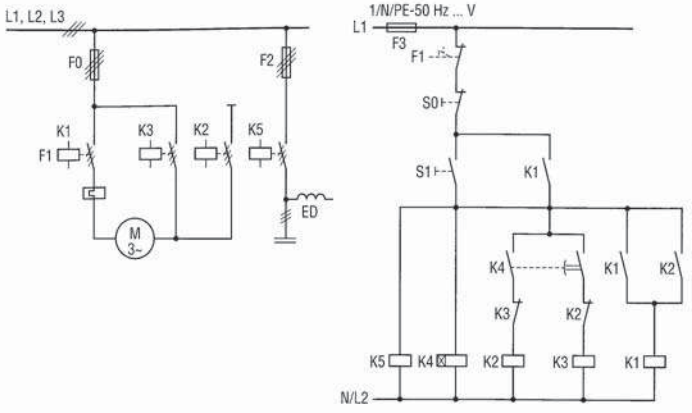
Conviene conectar a este contactor (K_5) con un contacto auxiliar del contactor de red (K_1) del arrancador estrella-triángulo. De esta manera, el condensador ya actúa durante el arranque del motor (etapa en estrella) con toda su potencia. Para descargar el condensador, debe preverse una bobina de descarga (ED).

Compensación de transformadores (en vacío)

Para compensar la energía reactiva en vacío de los transformadores, se elige la potencia reactiva de los condensadores de acuerdo con la demanda de energía reactiva del transformador:

$$Q_0 \approx S_0 = \frac{i_0 \cdot S_r}{100}.$$

Q_0 Potencia reactiva en vacío, en kvar
S_0 Potencia aparente en vacío, en kVA
i_0 Corriente en vacío, en % de la corriente nominal del transformador



a) Circuito principal

b) Circuito de mando

Figura 8.4/23
Conexión recomendada de condensadores para un arrancador estrella–triángulo

S_r Potencia aparente asignada del transformador, en kVA.

Como se observa en la Tabla 8.4/4, según normas DIN, los valores de las pérdidas en vacío de los transformadores en baño de aceite difieren de los transformadores GEAFOL (resina sintética). Las pérdidas de los transformadores GEAFOL son del orden del 50% de las de los transformadores en baño de aceite.

En los transformadores con pérdidas en vacío reducidas, las potencias reactivas de ambos tipos son iguales.

Los valores indicados señalan exclusivamente la potencia reactiva de magnetización de los transformadores en vacío. Para la compensación de esta potencia reactiva, se recomienda utilizar una batería fija de condensadores.

Cuando se trata de transformadores con pérdidas en vacío reducidas, debe comprobarse en cada caso hasta qué punto es rentable la instalación de una batería de condensadores fija.

8.4.8.4 Proyecto

Existen varias posibilidades para determinar la potencia de compensación Q_c de los condensadores. Una posibilidad es determinar la potencia reactiva capacitiva necesaria sobre la base de los valores de las correspondientes tangentes de los ángulos de desfasaje (Tabla 8.4/5):

$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$.

Compensación centralizada con regulación automática

En instalaciones donde diferentes consumidores se conectan y desconectan permanentemente durante el servicio el cos φ se modifica continuamente. Para estas instalaciones se recomienda el empleo de un equipo de compensación centralizado, que conecte y desconecte condensadores de acuerdo con los estados instantáneos de la red. Según las condiciones de servicio de la instalación, también es factible idear una instalación mixta, donde los consumidores grandes con tiempos de servicio largos se compensan con una batería fija individual, y el resto con una compensación centralizada regulable.

Para determinar la potencia de los condensadores durante el proyecto de una instalación nueva, se debe afectar a la suma de las potencias reactivas capacitivas necesarias para cada uno de los consumidores por un factor de simultaneidad a.

En el cálculo se deben tomar como base los valores reales de las potencias activas y los factores de potencia cos φ. Estos valores pueden diferir notablemente de los valores asignados considerados, por ejemplo, en accionamientos.

Con frecuencia, alcanza con una estimación aproximada. Una regla práctica que se puede utilizar es la siguiente:

$Q_c = 0{,}3 \cdot a \cdot S$

a Factor de simultaneidad

S Potencia aparente de consumidores instalados

Tabla 8.4/4
Potencia capacitiva necesaria con compensación fija en función de la potencia reactiva inductiva de transformadores de distribución trifásicos en vacío, con hasta 20 kV de tensión primaria, 400 V de tensión secundaria y tensión de cortocircuito u_{kr} de 4 a 8%.

Potencia asignada del transformador	Transformadores aislados con aceite o resinas, con pérdidas en vacío según normas DIN				Transformadores aislados con aceite o resinas, con pérdidas en vacío reducidas	
	Transformadores en aceite		Transformadores GEAFOL (en resina)			
	Potencia reactiva del transformador (en vacío)	Potencia capacitiva	Potencia reactiva del transformador (en vacío)	Potencia capacitiva	Potencia reactiva del transformador (en vacío)	Potencia capacitiva
kVA	kVA	kvar	kVA	kvar	kVA	kvar
250	4,5	5	2,8	3	1,6	2
315	7,9	7,5	3,6	4	1,9	2
400	8,2	7,5	4,4	4	2,2	2
500	10,6	10	4,7	5	2,5	3
630	13,2	12,5	5,7	5	3,2	3
800	15,5	15	6,5	7,5	3,6	4
1000	19,0	20	7,5	7,5	4,0	4
1250	20,6	20	10,1	10	5,0	5
1600	23,2	25	10,6	10	5,3	5
2000	27,0	25	–	–	7,0	7,5

Con este cálculo estimado, se alcanzaría un factor de potencia compensado cos $\varphi_2 = 0{,}9$, a partir de un valor medio del factor de potencia sin compensar cos $\varphi_1 = 0{,}75$.

En las instalaciones que se encuentran en servicio, los valores necesarios pueden determinarse mediante medición. Esto es sencillo cuando se dispone de contadores de energía activa y reactiva. Por medio de la tan $\varphi = Q/P$ (ver la Figura 8.4/24) se puede obtener el cos φ de la Tabla 8.4/5. Además, se tiene el programa de PC SIEBKO para el cálculo y la elaboración de ofertas de equipos reguladores del factor de potencia (Número de Pedido E 50001-U213-Y27).

Ejemplo

$$\frac{\text{Consumo de energia reactiva (trabsjo reactivo)}}{\text{Consumo de energia activa (trabsjo efectivo)}}$$

$$= \frac{131\,670\ \text{kvar(h)}}{99\,000\ \text{kW(h)}} = 1{,}33 = \tan\varphi.$$

El valor correspondiente del cos φ obtenido según la Tabla 8.4/5 es de 0,6. Esto significa, que en el período comprendido por las dos lecturas, se trabajó con un factor de potencia promedio de cos $\varphi = 0{,}6$.

Para llevar a este cos φ a 0,9, debe determinarse la potencia correspondiente de los condensadores con la fórmula $Q_c = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$. P se calcula con el consumo de energía activa dividido por las horas de servicio:

por ejemplo, $\dfrac{99\,000\ \text{kWh}}{180\ \text{h}} = 550\ \text{kW}.$

Con los valores de la Tabla 8.4/5 (cos $\varphi_1 = 0{,}6$ y cos $\varphi_2 = 0{,}9$) se obtiene para (tan $\varphi_1 - \tan\varphi_2$) un factor de 0,85 para determinar las potencias de los condensadores:

$550 \cdot 0{,}85 = 467{,}5$ kvar.

El cálculo siguiente lleva al mismo resultado:

$$Q_c = \frac{\text{Trabajo reactivo} - (\text{Trabajo reactivo} \cdot \tan\varphi_2)}{\text{Horas de servicio}}$$

$$= \frac{131\,670 - (99\,000 \cdot 0{,}48)}{180}$$

$$= \frac{131\,670 - 47\,520}{180} = 467{,}5\ \text{kvar}.$$

Este cálculo es correcto sólo cuando la carga se mantiene casi constante durante todo el período de servicio. Cuando las cargas varían considerablemente – como, por ejemplo, si durante el período de producción

Tabla 8.4/5
Determinación de la potencia de condensadores para la compensación desde cos φ_1 hasta cos φ_2.

Factor de potencia existente			Factor de potencia requerido cos φ_2									
			1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
cos φ_1	sen φ	tan φ	tan φ_1 – tan φ_2									
0,40	0,92	2,29	2,29	2,09	2,00	1,93	1,86	1,81	1,67	1,54	1,41	1,27
0,45	0,89	1,99	1,99	1,79	1,70	1,63	1,56	1,51	1,37	1,24	1,11	0,97
0,50	0,87	1,73	1,73	1,53	1,44	1,37	1,30	1,25	1,11	0,98	0,85	0,71
0,55	0,83	1,52	1,52	1,32	1,23	1,16	1,09	1,04	0,90	0,77	0,64	0,50
0,60	0,80	1,33	1,33	1,13	1,04	0,97	0,90	0,85	0,71	0,58	0,45	0,31
0,65	0,76	1,17	1,17	0,97	0,88	0,81	0,74	0,69	0,55	0,42	0,29	0,15
0,70	0,71	1,02	1,02	0,82	0,73	0,66	0,59	0,54	0,40	0,27	0,14	–
0,75	0,66	0,88	0,88	0,68	0,59	0,52	0,45	0,40	0,26	0,13	–	–
0,80	0,60	0,75	0,75	0,55	0,46	0,39	0,32	0,27	0,13	–	–	–
0,85	0,53	0,62	0,62	0,42	0,33	0,26	0,19	0,14	–	–	–	–
0,90	0,44	0,48	0,48	0,28	0,19	0,12	0,05	–	–	–	–	–

se tienen conectados numerosos motores (cargas inductivas), y en la noche sólo permanecen conectados la calefacción y lámparas incandescentes (cargas óhmicas) – la potencia de los condensadores, calculada sobre la base de los valores promedio, no alcanzará para compensar los picos de carga inductiva. En estos casos, es aconsejable tomar los valores de los contadores, por ejemplo, durante una hora, en el período de la carga inductiva elevada o medir los valores instantáneos exactos con voltímetro, amperímetro y fasímetro.

Ejemplo

Tensión $U = 400$ V
Corriente aparente $I = 1330$ A
cos φ_1 $= 0{,}6$.

El producto de la tensión y la corriente aparente da como resultado la potencia aparente:

$$S = \frac{U \cdot I \cdot \sqrt{3}}{1000} = \frac{400 \cdot 1330 \cdot 1{,}73}{1000} = 920 \text{ kVA}.$$

Potencia activa:

$$P = S \cdot \cos \varphi_1 = 920 \cdot 0{,}6 \approx 550 \text{ kW}.$$

Potencia reactiva:

$$Q_1 = S \cdot \sin \varphi_1 = 920 \cdot 0{,}8 \approx 736 \text{ kvar}.$$

Una potencia de condensadores de 736 kvar (unidades reguladoras de 750 kvar ó 700 kvar) significaría una compensación a cos $\varphi_2 \approx 1$.

Cuando se requiere compensar a sólo cos $\varphi_2 = 0{,}9$, la potencia aparente adquiere el siguiente valor:

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi_2} = \frac{550}{0{,}9} \approx 610 \text{ kVA}.$$

Se necesita la siguiente potencia capacitiva:

$$Q_c = Q_1 - Q_2,$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \sin \varphi_2 = 610 \cdot 0{,}44 \approx 268 \text{ kvar}$$

ó

$$Q_2 = P \cdot \tan \varphi = 550 \cdot 0{,}48 \approx 264 \text{ kvar}^{1)},$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 736 - 266 = 470 \text{ kvar}.$$

Cálculo con vectores

Para ahorrarse los procesos de cálculo expuestos, los valores de la potencia reactiva de los condensadores se pueden tomar de un gráfico (Figura 8.4/24).

Con los valores en mm se obtiene un resultado con suficiente exactitud. (Escala 1 mm = 1 kvar).

Cuando deban realizarse cálculos con unidades mayores, podrán representarse estos valores con vec-

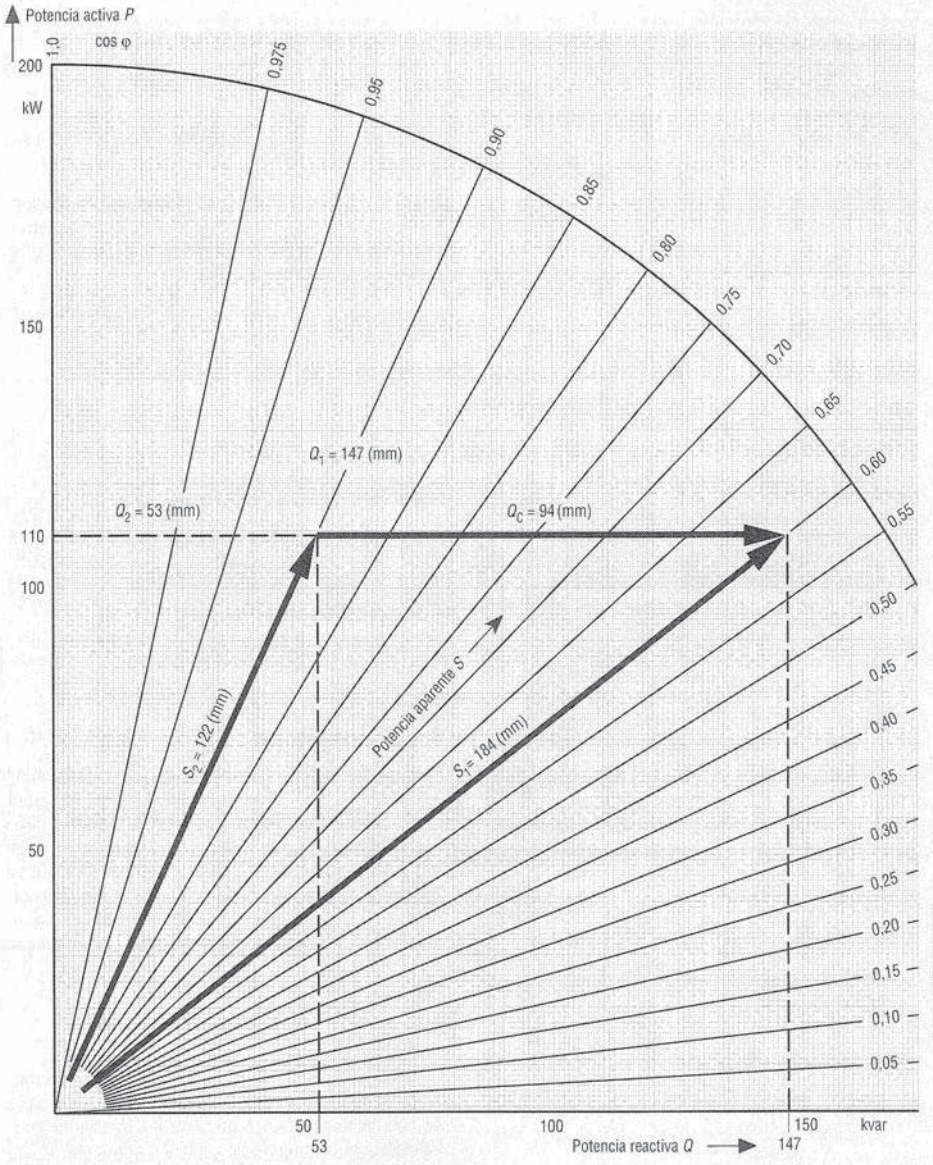


Figura 8.4/24
Determinación gráfica de la potencia capacitiva en función de la relación de la potencia reactiva Q y la potencia activa P

tores en la escala apropiada, también se podrá tomar una fracción del valor total (por ejemplo, 1/2, 1/5, ó 1/10), para luego multiplicar el resultado por el factor correspondiente:

$(x \cdot 2,\ x \cdot 5,\ x \cdot 10)$.

Ejemplo

Potencia activa $P = 550\ \text{kW} = 110 \cdot 5\ \text{kW}$,

Factor de potencia existente $\cos \varphi_1 = 0{,}6$, requerido $\cos \varphi_2 = 0{,}9$.

Resultado:

Potencia aparente 1
$S_1 = 184 \cdot 5 = 920\ \text{kVA}$,

Potencia aparente 2
$S_2 = 122 \cdot 5 = 610\ \text{kVA}$,

Potencia reactiva 1
$Q_1 = 147 \cdot 5 = 735\ \text{kvar}$,

Potencia reactiva 2
$Q_2 = 53 \cdot 5 = 265\ \text{kvar}$,

Potencia capacitiva
$Q_c = Q_1 - Q_2 = 94 \cdot 5 = 470\ \text{kvar}$. [1)]

8.4.8.5 Aumento de tensión causado por los condensadores

Cuando a través de una reactancia inductiva circula una corriente capacitiva, la tensión a la salida del circuito aumenta con respecto de la tensión de entrada, en un valor igual a la caída de tensión que se produce en la inductancia.

En la práctica, se pueden dar casos semejantes, cuando una batería de condensadores se conecta al secundario de un transformador, la carga inductiva se reduce y los condensadores permanecen conectados. En ese caso, en función de la relación entre la potencia de la batería de condensadores y la del transformador, se producirán sobretensiones que se pueden calcular con suficiente exactitud, en porcentaje, con la fórmula siguiente:

$$\Delta U = u_{kr} \cdot \frac{Q}{S_r}\ (\text{en } \%).$$

ΔU Aumento de tensión, en %

u_{kr} Tensión de cortocircuito asignada del transformador, en %

Q Potencia de la batería de condensadores, en kvar

S_r Potencia aparente asignada del transformador, en kVA.

En la práctica, ya casi no se presentan sobretensiones considerables causadas por el uso de condensadores, porque la potencia reactiva casi siempre es regulada de manera automática.

Las figuras 8.4/25 y 8.4/26 muestran diagramas de tensión para cargas inductivas y capacitivas.

Ejemplo

Transformador: Potencia aparente asignada 630 kVA,

Tensión de cortocircuito asignada $u_{kr} = 6\%$;

Carga capacitiva: 200 kvar,

$$\Delta U = 6 \cdot \frac{200}{630} = 1{,}9\%$$

esto significa, que la tensión U_2 aumenta con respecto a la tensión en vacío U_1 en un 1,9%.

8.4.8.6 Compensación en redes con armónicas

Con el avance de la electrónica de potencia también aumentó de manera continua el número de consumidores alimentados por medio de rectificadores. Los rectificadores (Figura 8.4/27) producen, sin embargo, trastornos en la red trifásica de alimentación, ya que con frecuencia demandan potencias reactivas inductivas muy elevadas y producen corrientes no sinusoidales. Por esto se debe estudiar en detalle la corriente de alimentación de los rectificadores, del lado de la red.

Potencia reactiva fundamental

La tensión de salida de un rectificador puede ser modificada de forma continua con un control del ángulo de conducción. De esta manera, las corrientes controladas, con un ángulo de control α creciente, se llevan cada vez más hacia el campo inductivo.

Los rectificadores regulables toman de la red una potencia reactiva, también denominada potencia reactiva de control.

[1)] Las diferencias se originan en el redondeo de valores de φ_2 y carecen de importancia en la práctica. Valor medio = 266 kvar.

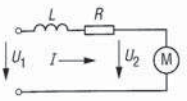
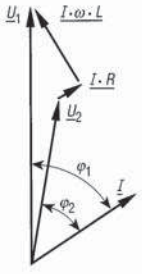


Figura 8.4/25
Diagrama de tensiones para cargas inductivas
U_1 tensión de vacío
U_2 tensión de red en bornes del motor



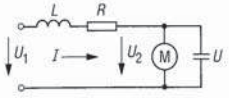
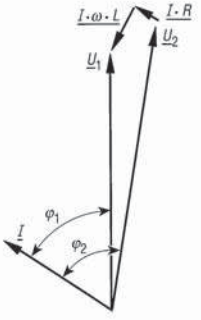


Figura 8.4/26
Diagrama de tensiones para cargas capacitivas



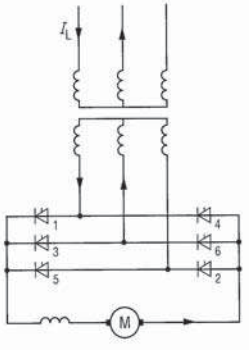


Figura 8.4/27
Puente rectificador trifásico de onda completa

Además, se debe considerar la potencia reactiva de conmutación, que se produce debido al crecimiento finito de la corriente controlada, y que también se encuentra en rectificadores no controlados. Para un determinado ángulo de superposición μ el rectificador toma de la red una potencia reactiva fundamental:

$$Q_{(1)} = P_{(1)} \tan(\alpha + u/2).$$

Origen y efectos de las armónicas

La corriente de los rectificadores está formada por una mezcla de corrientes sinusoidales, una onda fundamental con la frecuencia de la red y una serie de armónicas con frecuencias múltiplos enteros de la frecuencia de la red. Estas corrientes armónicas se imponen a la red trifásica. Las armónicas producen tensiones de frecuencias superiores en las impedancias de la red, las tensiones armónicas, que se le superponen a la onda fundamental y provocan la distorsión de la forma de onda de la tensión de red. Esto puede provocar perturbaciones en la red y la salida de servicio de otros consumidores.

La frecuencia de las armónicas depende del número de pulsos de los rectificadores. El número de pulsos indica cuántas veces en el curso de un período de produce una rectificación. Un circuito puente rectificador de onda completa (conexión Graetz) presenta 2 pulsos, mientras que un puente trifásico rectificador de onda completa, 6 pulsos.

Cuanto mayor es el número de pulsos de un circuito rectificador, menos "pulsa" la corriente continua rectificada.

El número de orden v de la armónica indica el múltiplo de su frecuencia con respecto a la de la red.

$v = p \cdot k \pm 1.$

p Número de pulsos

k 1, 2, 3 etc.

Las armónicas tienen una frecuencia de:

$f_v = v \cdot f_{(1)}$

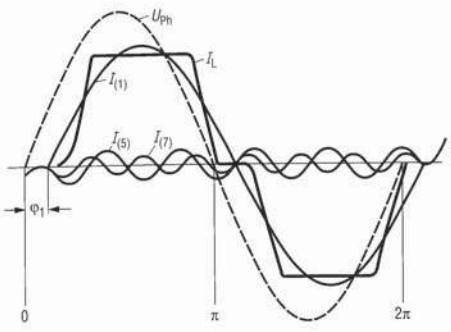
v número de orden

$f_{(1)}$ Frecuencia de la red o fundamental

Un circuito rectificador de 6 pulsos puede generar armónicas de 5^{to}, 7^{mo}, 11^{mo}, 13^{mo}, etc., orden.

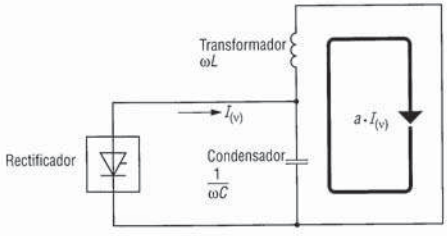
La figura 8.4/28 representa las curvas teóricas de un rectificador de 6 pulsos, con las 5^{ta} y 7^{ma} armónicas.

Las corrientes correspondientes se calculan con la siguiente fórmula:



I_L Corriente total en la carga
$I_{(1)}$ Onda fundamental
$I_{(5)}$ 5ta armónica
$I_{(7)}$ 7ma armónica
U_{Ph} Tensión en las fases
φ_1 Ángulo del desfasaje entre U_{Ph} e I_L

Figura 8.4/28
Descomposición de la corriente de un rectificador en su onda fundamental y armónicas



a Factor de amplificación por resonancia

Figura 8.4/29
Resonancia debida a la instalación de condensadores

$$I_v = \frac{1}{v} \cdot I_1.$$

Esta fórmula sólo puede aplicarse para condiciones ideales con una corriente continua sin ondulaciones. En la práctica, se pueden tener los siguientes valores:

$I_{(5)} = 0{,}25 \cdot I_1$,
$I_{(7)} = 0{,}13 \cdot I_1$,
$I_{(11)} = 0{,}09 \cdot I_1$,
$I_{(13)} = 0{,}07 \cdot I_1$.

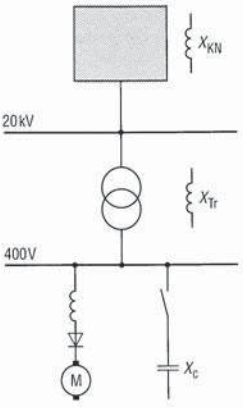


Figura 8.4/30
Red con posibilidad de resonancia en paralelo como consecuencia de cargas con rectificadores

Efectos de resonancia cuando se emplean condensadores

Con frecuencia, es necesario compensar la energía reactiva en redes industriales con rectificadores. Sin embargo, cuando se emplean condensadores de potencia, se deben tomar ciertas precauciones porque pueden presentarse resonancias, dado que en la parte de baja tensión, los condensadores conectados a la red forman con la inductancia del transformador de alimentación y el resto de inductancias de la red, un circuito resonante. Cuando la frecuencia de resonancia propia de este circuito oscilante coincide con la frecuencia de una de las armónicas, se excitará el circuito resonante. Se producirán entonces elevadas *corrientes*, que pueden sobrecargar la instalación y hacer que actúen los dispositivos de protección de la misma (Figuras 8.4/29 y 8.4/30).

Compensación mediante condensadores con bobinas de bloqueo

Por eso, para la compensación de la potencia reactiva en redes con rectificadores se utilizan, como se muestra en la figura 8.4/31, bobinas conectadas delante de los condensadores (condensadores con bobinas de bloqueo).

Se forma de esta manera un circuito resonante serie, calculado de tal manera que su frecuencia de resonancia se encuentre debajo de la 5ta armónica. De esta manera, el equipamiento de compensación se comportará, para todas las corrientes armónicas producidas por el rectificador, como un circuito inductivo y, por lo tanto, no pueden producirse fenómenos de resonancia (Figura 8.4/32).

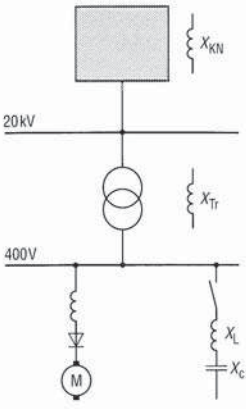


Figura 8.4/31
Condensadores con bobinas de bloqueo para la compensación de potencia reactiva

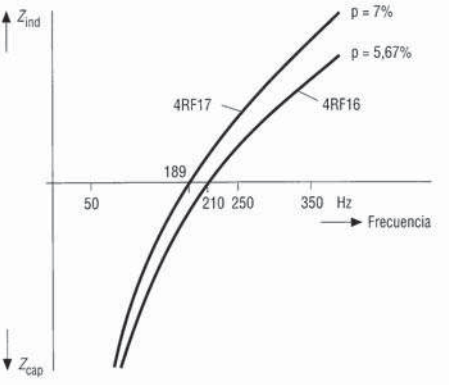


Figura 8.4/32
Variación de la impedancia Z en función de la frecuencia, para la combinación de reactancia y condensador en equipos de compensación con bobinas de bloqueo

Como también una parte de las corrientes armónicas, en especial la 5ta, circula por el equipo de compensación, en la red no sólo se reduce la potencia reactiva inductiva, sino también de la presencia de armónicas.

Para las diferentes aplicaciones, se utilizan condensadores con distintos tipos de reactancias de bloqueo.

El grado de bloqueo de armónicas p se indica en porcentaje. La reactancia de bloqueo X_L se calcula multiplicando la reactancia capacitiva del condensador X_C a la frecuencia fundamental $f_{(1)}$ por el grado de bloqueo p ($X_L = X_C \cdot p$).

Conociendo el grado de bloqueo p es posible calcular la frecuencia de resonancia f_R del circuito resonante serie formado por la reactancia y el condensador, con la siguiente expresión:

$$f_R = f_{(1)} \cdot \sqrt{\frac{1}{p\%}}.$$

Para un grado de bloqueo de armónicas de $p = 7\%$ la frecuencia de resonancia será entonces la siguiente:

$$f_R = 50\ \text{Hz} \cdot \sqrt{\frac{1}{0{,}07}} = 189\ \text{Hz}.$$

En el programa estándar de Siemens se encuentran tres series de diferentes equipos de compensación con bobinas de bloqueo:

▷ Tipo 4RF16 con $p = 5{,}67\%$,

▷ Tipo 4RF17 con $p = 7\%$,

▷ Tipo 4RF19 con $p = 14\%$.

Los equipos de compensación con bobinas de bloqueo 4RF17, son los indicados para su uso en redes con una reducida generación propia de armónicas. Debido a su frecuencia de resonancia de 189 Hz se obtiene una moderada absorción de la 5ta armónica autogenerada, pero una efectiva acción de bloqueo contra el contenido de armónicas de la red antepuesta.

En redes con un elevado contenido de armónicas de generación propia, resulta conveniente instalar los equipos 4RF16. Su frecuencia de resonancia es del orden de 210 Hz y produce una absorción de entre el 50% y el 60% de la 5ta armónica autogenerada.

Para las aplicaciones prácticas es aconsejable, instalar equipos de compensación con bobinas de bloqueo en todas aquellas redes, donde el porcentaje de consumidores que producen armónicas (rectificadores) sea mayor del 20% de la potencia aparente asignada del transformador conectado previamente. Los equipos de compensación se elegirán de acuerdo con la demanda de energía reactiva de los consumidores.

Debido a los distintos grados de bloqueo, y dada la diferente absorción de armónicas resultante, ambos componentes, reactancia y condensador, serán solicitados de forma desigual. Cuanto mayor sea la absor-

ción de armónicas, tanto mayor debe ser la calidad de los componentes del equipo de compensación con bobinas de bloqueo.

Circuitos de filtro

Cuando no es posible mantener, mediante la selección de los circuitos apropiados, un nivel bajo de las armónicas de un rectificador o eliminarlas completamente, con circuitos de filtro conectados previamente se podrán absorber las armónicas y así liberar a la red de las mismas en gran medida.

Los circuitos de filtro son circuitos resonantes serie, compuestos por condensadores y reactancias que, en contraposición con los equipos con bobinas de bloqueo, se sintonizan exactamente a la frecuencia de las armónicas y representan para ellas una impedancia casi nula (Figura 8.4/33).

Los circuitos de filtro se sintonizan a la frecuencia específica de cada armónica, por ejemplo,

250 Hz 5^{ta} armónica
350 Hz 7^{ma} armónica
550 Hz 11^{ma} armónica

y, como circuitos resonantes, absorben hasta un 90% de la correspondiente armónica.

Los circuitos de filtro deben tener, para cada estado del servicio, la capacidad de absorber las armónicas generadas por los rectificadores. Los circuitos de filtro se diseñan de acuerdo con las corrientes de armónicas que se presenten.

Para la frecuencia fundamental, los circuitos de filtro son siempre capacitivos. Como las amplitudes de las corrientes de las armónicas son proporcionales a la potencia aparente, aun para pequeños ángulos de control debe disponerse de la capacidad total de absorción de armónicas.

Con esta clase de servicio, tiene que evitarse que se produzca una sobrecompensación no deseada. Esta se puede evitar en los momentos de carga baja de una manera conveniente con un control dependiente de la corriente de la carga. En equipos pequeños podría constar de un escalón y en los grandes, de varias etapas.

Si la red de alimentación está distorsionada por armónicas, habrá una carga adicional en los circuitos de filtro, dependiente de las características de la red.

En la práctica, se emplean circuitos de filtro para las 5^{ta}, 7^{ma}, 11^{ma} y 13^{ra} armónicas. Para las 11^{ma} y 13^{ra} armónicas se emplea un circuito de filtro de absorción común (Figuras 8.4/34 y 8.4/35).

La capacidad de absorción de armónicas depende de la reactancia de cortocircuito del transformador de alimentación.

Si la demanda de potencia reactiva de los receptores no es satisfecha en la forma requerida por los circui-

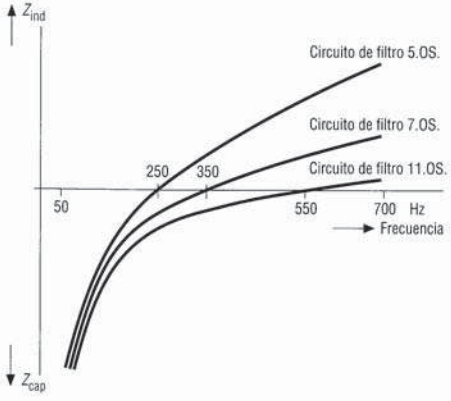


Figura 8.4/33
Variación de la impedancia Z en función de la frecuencia, para la combinación de reactancia y condensador en circuitos de filtro para las 5^{ta}, 7^{ma} y 11^{ma} armónicas (OS)

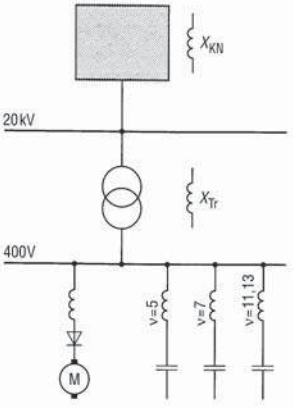


Figura 8.4/34
Circuitos de filtros para la absorción de armónicas

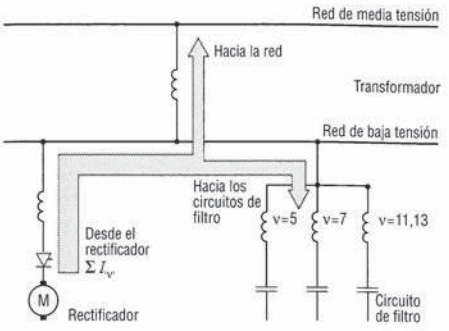


Figura 8.4/35
Absorción de armónicas con circuitos de filtro

tos de filtro, se podrá emplear un equipo de compensación adicional con reactancias de bloqueo.

Nota

Básicamente, no se deben conectar equipos de compensación automáticos sin bobinas de bloqueo en paralelo, es decir, a las mismas barras colectoras de alimentación, que otros equipos que tienen estas bobinas o circuitos filtro. En caso contrario, se producirán resonancias de paralelo, que estarán en el rango crítico de las armónicas existentes.

Cálculo de la potencia de condensadores para compensar un accionamiento de corriente continua con par motor constante

Datos nominales del accionamiento:

Potencia del accionamiento P_{dn},
Velocidad asignada n_n,
Rendimiento η.

para los circuitos rectificadores habituales se tienen los siguientes valores aproximados:

η $=0{,}95$,
$\cos \varphi_n$ $=0{,}88$.

Datos del rectificador, del lado de alimentación trifásica para funcionamiento con servicio asignado ($n = n_n$)

Potencia activa P_n,
Potencia aparente S_n,
Factor de desplazamiento $\cos \varphi_n$.

Condiciones de servicio 1 ($n = n_1$)

Potencia activa P_1,
Potencia aparente S_1,
Factor de desplazamiento de fase $\cos \varphi_1$.

Para el consumo de potencia del rectificador con las condiciones de servicio 1 se tiene lo siguiente:

$$S_1 = S_n,$$

$$P_1 = \frac{n_1}{n_n} \cdot P_n,$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{n_1}{n_n} \cdot \cos \varphi_n.$$

En las condiciones de servicio 1, para compensar hasta el valor del factor de potencia $\cos \varphi_2$ requerido, la potencia necesaria de los condensadores es:

$$Q_c = P_1 \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2),$$

$$= \frac{n_1}{n_n} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot P_{dn} \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2).$$

Q_c Potencia capacitiva necesaria

Ejemplo

Potencia del accionamiento $P_{dn} = 250$ kW,

Velocidad asignada del motor $n_n = 1200$ R.P.M.

El accionamiento tiene un par resistente constante y debe ser compensado a $\cos \varphi_2 = 0{,}90$ cuando su velocidad es del 50% de su velocidad asignada.

Cálculo de la potencia reactiva capacitiva necesaria:

$$\cos \varphi_n = 0{,}88$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{600}{1200} \cdot 0{,}88 = 0{,}44$$

$$\tan\varphi_1 = 2{,}0$$

$$\tan\varphi_2 = 0{,}48$$

$$\eta = 0{,}95$$

$$Q_c = \frac{600}{1200} \cdot \frac{1}{0{,}95} \cdot 250\ \text{kW} \cdot (2{,}0 - 0{,}48)$$

$$= 200\ \text{kvar}$$

Para la compensación se necesita una potencia de condensadores de 200 kvar.

Para esta aplicación deben elegirse condensadores con bobinas de bloqueo de armónicas o circuitos de filtro sintonizados.

Accionamientos de corriente continua con par motor variable

En los accionamientos que trabajan con cargas con pares resistentes de función cuadrática o cúbica, por ejemplo, ventiladores y bombas, no pueden aplicarse las consideraciones antes expuestas.

Los datos necesarios deben tomarse de los diagramas de potencia de los accionamientos.

8.4.8.7 Circuitos de bloqueo de audiofrecuencia

Generalidades

En redes con comando a distancia mediante sistemas de audiofrecuencia se superponen a la tensión de la red impulsos de audiofrecuencia, los que maniobran a los relés receptores conectados a la red.

Cuando en dichas redes se van a instalar condensadores o equipos de compensación de potencia reactiva, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

La elevada frecuencia de las señales de audiofrecuencia puede producir, aún con tensiones relativamente reducidas, elevadas corrientes de audiofrecuencia que circulan hacia los condensadores conectados a la red porque la reactancia de los condensadores es inversamente proporcional a la frecuencia. Este fenómeno representa una carga adicional para los equipos emisores de señales, e incluso, en determinadas circunstancias, la tensión de la señal de audiofrecuencia en el circuito circundante del condensador puede caer a valores por debajo de la tensión de reacción de los relés receptores.

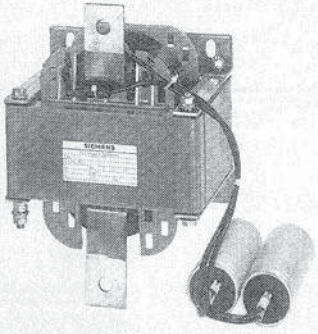


Figura 8.4/36
Circuito de bloqueo de audiofrecuencia en paralelo, para una fase de una red trifásica.

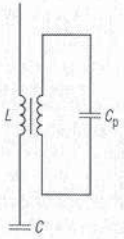


Figura 8.4/37
Acoplamiento por transformador de un circuito paralelo de bloqueo (filtro).

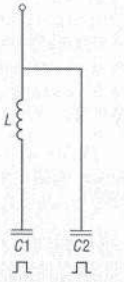


Figura 8.4/38
Condensadores con bloqueo parcial.

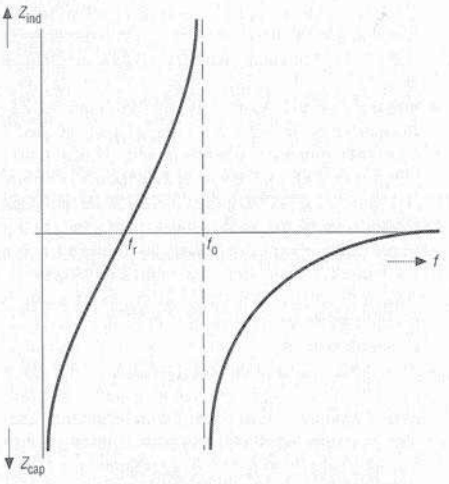
En estos casos, es necesario equipar los condensadores con circuitos de bloqueo o filtros de audiofrecuencia (Figura 8.4/36).

Ejecución 1

Se trata, casi exclusivamente, de circuitos de bloqueo o filtros en paralelo, los que se conectan delante de los condensadores. Estos circuitos están formados por una inductancia L y un condensador C_p, conectados en paralelo, que para redes de baja tensión y por razones económicas, se acoplan mediante transformadores (Figura 8.4/37).

La frecuencia de resonancia del circuito paralelo f_0, es la correspondiente de la audiofrecuencia de comando y queda determinada por los valores de L y de C_p. Para esta frecuencia el circuito de bloqueo (filtro) representa una impedancia muy elevada (Figura 8.4/39). La empresa de distribución de energía eléctrica correspondiente dará la información sobre cuál es la frecuencia que debe ser bloqueada.

En redes con cargas de rectificadores tienen que tomarse ciertas precauciones: cuando el porcentaje de las cargas con rectificadores es mayor que el 20% del total de la carga, deben emplearse condensadores con bobinas de bloqueo.



f_r frecuencia de resonancia serie
f_0 frecuencia de resonancia paralelo (audiofrecuencia)

Figura 8.4/39
Variación de la impedancia Z en función de la frecuencia f

Ejecución 2

Algunas empresas de distribución de energía eléctrica exigen que en su zona de influencia se aplique el método de bobinas de bloqueo parciales.

En los condensadores con bobinas de bloqueo parciales, éstos forman parte del filtro. La potencia reactiva capacitiva se divide en dos condensadores C_1 y C_2. Al condensador con la capacidad C_1, se le conecta delante una bobina de reactancia (Figura 8.4/38).

Las capacidades C_1 y C_2 de los condensadores y la inductancia L de la bobina de reactancia se asignan de forma tal que representen una impedancia de valor infinito para la audiofrecuencia considerada. La frecuencia de resonancia serie f_r está determinada por los valores de L y C_1 (Figura 8.4/39).

Los equipos de compensación de potencia reactiva 4RW con condensadores y bobinas de bloqueo parciales, se suministran montados en armarios y listos para su conexión. Estos equipos se instalan para la compensación centralizada de la potencia reactiva en redes en los que los consumidores son lineales en su mayor parte (participación de cargas de rectificadores menores que el 20%).

Factor de impedancia α

La impedancia de los aparatos en servicio depende de la frecuencia y, por lo tanto, representan cargas muy diferentes en las redes con telecomando mediante señales de audiofrecuencia que en las redes con frecuencias normales. Sólo las cargas resistivas puras permanecen prácticamente constantes. Las impedancias de motores, condensadores, transformadores y cables son las más afectadas. Las redes de distribución se componen por un gran número de impedancias con reactancias capacitivas e inductivas interconectadas; es por ello que se producen efectos realmente complicados que son muy dependientes de la frecuencia. En los casos de resonancia, se cancelan mutuamente los efectos de las reactancias capacitivas e inductivas y de impedancias sólo queda su parte resistiva. De esta manera la impedancia puede modificarse drásticamente. Para poder evaluar la influencia de las impedancias de los aparatos conectados a la red en un telecomando mediante señales de audiofrecuencia se introdujo el factor de impedancia.

Se denomina factor de impedancia α de la instalación de un cliente la relación entre la impedancia a la frecuencia de audio utilizada Z_S y la impedancia de conexión Z_A a la frecuencia de red.

La impedancia de conexión de la red del cliente se toma en el punto de alimentación y considera sus cargas, inclusive el equipo de compensación y el transformador de alimentación.

La impedancia a la audiofrecuencia Z_S debe equivaler, como mínimo, a un 40% de la impedancia a la frecuencia de red. Un cálculo detallado de la impedancia de la red requiere conocimientos muy precisos de la misma.

Para determinar si la instalación de un equipo de compensación presentará efectos indeseables sobre el comando a distancia mediante señales de audiofrecuencia, por lo general, alcanza con realizar un cálculo sencillo:

Se determina una impedancia a la audiofrecuencia simplificada $Z_S{}^*$ que considera sólo al transformador de alimentación y al equipo de compensación.

Luego se verifica que la impedancia a la audiofrecuencia simplificada $Z_S{}^*$ represente como mínimo un 50% de la impedancia a la frecuencia de red.

Con estas consideraciones se puede usar el factor de impedancia α^*:

$$\alpha^* = \frac{Z_S}{U_n^2/S_r} \geq 0{,}5$$

(recomendaciones de la VDEW[1] edición de 1993).

Z_S Representa la impedancia del transformador de alimentación y el equipo de compensación a la audiofrecuencia

S_r Potencia asignada del transformador

U_n Tensión nominal de la red

f_r Frecuencia de resonancia serie

f_0 Frecuencia de resonancia paralelo (frecuencia de audio)

Selección de equipos automáticos de regulación de potencia reactiva considerando las condiciones de la red e instalaciones de telecomando mediante señales de audiofrecuencia

- Durante la selección de un equipo de regulación de potencia reactiva, es imprescindible considerar el espectro de frecuencias armónicas y la presencia de instalaciones de telecomando mediante señales de audiofrecuencia.
- En redes con cargas de rectificadores $<$ **20%** de la potencia asignada del transformador (nivel de armónicas bajo) e instalaciones de telecomando mediante señales $<$ **250 Hz** se pueden utilizar equipos de compensación sin bobinas de bloqueo.
  La potencia de los condensadores no debe superar el 35% de la potencia asignada del transformador.

De no ser este el caso, deberán anteponerse al equipo de compensación bloqueos (filtros) de audiofrecuencia (ver la Sección 8.4.8.7) o se tendrán que instalar equipamientos con un grado de bloqueo de armónicas de $p = 14\%$.

- En redes con cargas de rectificadores $<$ **20%** de la potencia asignada del transformador (nivel de armónicas bajo) e instalaciones de telecomando mediante señales $>$ **250 Hz** se pueden utilizar equipos de condensadores sin bobinas de bloqueo sólo hasta un máximo de 10 kvar. Para potencias de compensación mayores que 10 kvar se deben anteponer al equipo de compensación bloqueos (filtros) de audiofrecuencia (Sección 8.4.8.7) o se tendrán que instalar equipamientos con un grado de bloqueo de armónicas de $p \geq 7\%$.
- En redes con cargas de rectificadores superior al **20%** de la potencia asignada del transformador (nivel de armónicas elevado), se deben utilizar equipos de condensadores con bobinas de bloqueo.
  Cuando al mismo tiempo se tienen instalaciones de telecomando mediante señales $<$ **250 Hz** se tendrán que utilizar equipamientos con un grado de bloqueo de armónicas de $p \geq 12{,}5\%$ ó $p = 14\%$. El efecto de absorción de armónicas mediante estos equipos, con frecuencia es deseado, pero resulta muy pequeño. Una absorción de armónicas elevada y el simultáneo bloqueo de audiofrecuencia $<$ **250 Hz** sólo se logra con equipos especiales de regulación de potencia reactiva con filtros de armónicas y circuitos de bloqueos de audiofrecuencia diseñados al efecto, o con condensadores con diferentes bobinas de bloqueo de armónicas conectadas en paralelo. Estos equipos también se encuentran en el programa estándar de ventas de Siemens.
- En redes con cargas de rectificadores $>$ **20%** de la potencia nominal del transformador (nivel de armónicas elevado) e instalaciones de telecomando mediante señales $>$ **250 Hz** se deberán utilizar equipos con un grado de bloqueo de armónicas $p \geq 7\%$.
  Para instalaciones de telecomando mediante señales $>$ **350 Hz** se pueden utilizar equipos con un grado de bloqueo de armónicas $p \geq 5\%$ con una elevada absorción de armónicas.

Empleo de bloqueos de audiofrecuencia en redes con cargas de rectificadores hasta un 20% de la carga total

Los circuitos de bloqueo de audiofrecuencia en ejecuciones estándar por diseño sólo se pueden utilizar en redes con bajo contenido de armónicas.

La tensión de las 5^{ta} y 7^{ma} frecuencias armónicas u_5 y u_7, no deben superar el 2% de la tensión de la onda fundamental, porque, en caso contrario, se pueden excitar fenómenos de resonancia en los circuitos de bloqueo, que conducen a sobrecargas inadmisibles. Esto comprende, en especial, los circuitos de bloqueo de audiofrecuencia con señales en la gama de 283 Hz hasta 450 Hz.

8.4.8.8 Programa de equipos para la compensación de energía reactiva

Siemens ofrece un programa completo de condensadores, baterías fijas de condensadores, equipos de regulación, módulos y accesorios.

De esta manera es posible elegir el equipo de compensación adecuado para cada requerimiento, en función de las características de la red, la estructura

[1] VDEW: Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke eV (Asociación de las Empresas Generadoras y Proveedoras de Energía Eléctrica de Alemania, Sociedad Registrada).

Tabla 8.4/6
Programa de equipos para la compensación de potencia reactiva sin bloqueo de armónicas

Denominación	Para tensiones de red (a 50 Hz) [1] V	Potencia kvar
Condensadores cilíndricos		
4RB	230, 400, 415, 525, 690	6,25; 12,5; 25
Compensación fija		
4RD	400, 525, 690	5 hasta 100
Módulos de condensadores		
4RY5	230, 400, 415, 525, 690	25, 50, 100
Equipos de regulación para la compensación centralizada		
4RY	230, 400, 415, 525, 690	10 bis 500

[1] Otras tensiones bajo consulta.

Tabla 8.4/7
Programa de equipos para la compensación de potencia reactiva con bloqueo de armónicas

Denominación	Para tensiones de red (a 50 Hz) [1] V	Potencia[3] kvar
Condensadores cilíndricos		
4RB	230, 400, 415, 525, 690	6,25; 12,5
Compensación fija con bloqueo p=5,67%, 7%, 14%		
4RF	400, 525, 690	5 hasta 50
Módulos de condensadores		
4RF5	400, 525, 690	25, 50, 100
Equipos de regulación para la compensación centralizada		
4RF16 p=5,67%	400, 525, 690	100 bis 400
4RF17 p=7%	400, 525, 690	20 bis 400
4RF19 p=14%	400	30 bis 200
4RF34 [2]	400	100 bis 300
4RF36 [2]	400	100 bis 300

[1] Otras tensiones bajo consulta.
[2] Bloqueo especial para elevada absorción de armónicas y al mismo tiempo bloqueo de audiofrecuencia
[3] Potencia según caja, bandeja o armario

Figura 8.4/40
Condensador 4RB5 hasta 25 kvar, 400 V, 50 Hz para la compensación fija

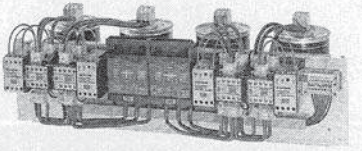


Figura 8.4/41
Módulo de condensadores sin bloqueo de armónicas, 100 kvar, 400 V, 50 Hz

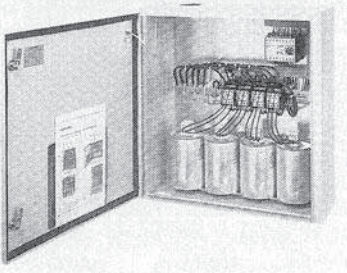


Figura 8.4/42
Pequeño equipo de regulación, regulador con ajuste automático del factor C/k

de los consumidores, (carga de rectificadores menor o mayor que el 20% del valor asignado del transformador) y el tipo de telecomando existente.

Las Tablas 8.4/6 y 8.4/7 suministran un panorama del programa de los tipos de equipos de compensación de potencia reactiva con o sin bobinas de bloqueo.

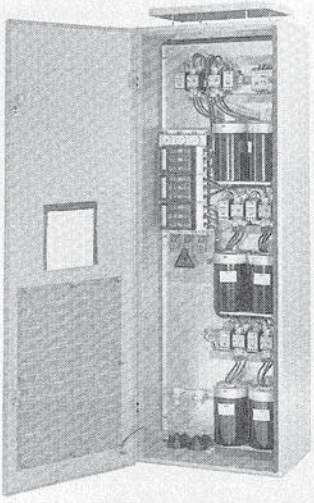


Figura 8.4/43
Equipo de regulación de potencia reactiva sin bloqueo de armónicas en ejecución de armario

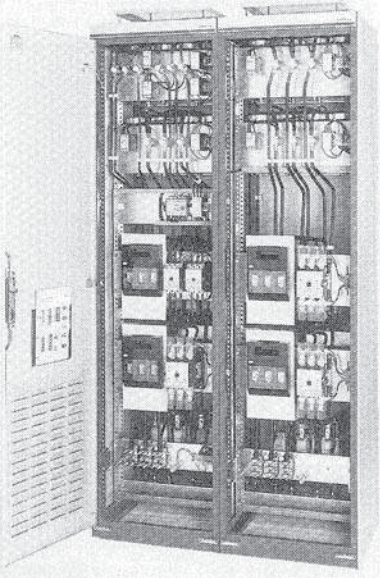


Figura 8.4/44
Equipo de regulación con condensadores con bloqueo de armónicas

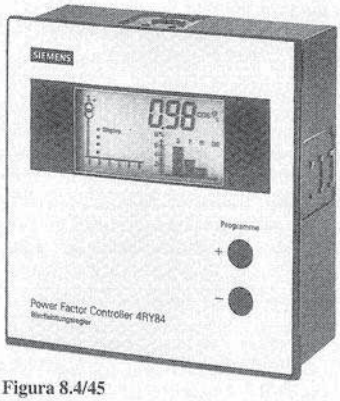


Figura 8.4/45
Regulador de potencia reactiva 4RY84

Todos los equipos básicos de regulación de potencia reactiva (con regulador automático) podrán ampliarse en cualquier momento mediante unidades adecuadas para alcanzar una potencia compensadora mayor.

De esta forma puede realizarse de manera sencilla una adecuación de la compensación de potencia reactiva a las ampliaciones de la red del cliente.

Las figuras 8.4/40 hasta 8.4/44 muestran algunos ejemplos del programa de equipos que ofrece Siemens, desde condensadores individuales hasta equipos automáticos para la corrección del factor de potencia.

La figura 8.4/45 muestra al regulador de potencia reactiva 4RY84, en el mercado desde 1997, un aparato para montaje en puerta, con un gran número de indicaciones digitales, de fácil operación y numerosas funciones como, por ejemplo, ajuste automático o manual del factor C/k, servicio en cuatro cuadrantes, conexiones manual / automático, indicación de armónicas, interfaz a PC, y muchas otras funciones.

8.5 Transformadores de intensidad

En función de sus aplicaciones los transformadores de intensidad se dividen de la siguiente manera:

- Transformadores de intensidad para fines de medición, es decir, se utilizan conectados con aparatos de medición, contadores de electricidad, y equipos similares.

▷ Transformadores de intensidad para fines de protección, es decir, se usan conectados a equipos de protección.

Las diferencias entre ambas ejecuciones se encuentran, en especial, en sus características de transformación en la gama de las sobrecargas de corriente. Los transformadores de intensidad para fines de medición, ya no deben transformar el valor total a partir de un determinado valor de sobrecarga; los transformadores de intensidad para fines de protección, en cambio, tienen que transformar el valor total hasta un determinado valor de sobrecarga (ver las Secciones 8.5.2.5 y 8.5.3).

Los transformadores de intensidad aquí considerados serán los utilizados para fines de medición. Los mismos transforman para el aparato conectado, una magnitud eléctrica primaria – la corriente – en una magnitud secundaria normalizada del mismo tipo, y con una determinada exactitud.

8.5.1 Formas constructivas

Los transformadores de intensidad se fabrican en dos formas constructivas, transformadores con primario bobinado, y con primario de barra pasante.

Transformadores de primario bobinado

Los transformadores de primario bobinado, tal como lo señala su nombre, no sólo tienen el secundario bobinado sino también el primario y, además, terminales fijos en el primario y el secundario (Figura 8.5/1). Se utilizan, en especial, para medir corrientes primarias de hasta 100 A.

Transformadores de primario de barra pasante

Los transformadores de primario de barra pasante o tipo ventana, no tienen bobinado primario pero poseen terminales fijos en el secundario, se insertan en el conductor principal (barra) (Figura 8.5/2). Se utilizan para medir corrientes de mayor valor (≥ 100 A). Los transformadores de intensidad de esta ejecución pueden utilizarse como una alternativa económica de los transformadores de primario bobinado para una corriente primaria menor, si el conductor primario se pasa (enhebra) varias veces por la ventana (Figura 8.5/3).

La figura 8.5/4 muestra cuatro transformadores de barra pasante en distintos tamaños constructivos.

Puesta a tierra de transformadores de intensidad

Según la norma DIN EN 60439–1 (VDE 0660 Parte 500): 04.94, los transformadores de medición en instalaciones de maniobra para tensiones de servicio de hasta 1000 V no requieren de puesta a tierra.

8.5.2 Transformadores de intensidad para aplicaciones determinadas

8.5.2.1 Transformadores de medición intermedios

Los transformadores de medición intermedios se utilizan, cuando deban realizarse adaptaciones, por ejemplo, se requiere la modificación de la corriente secundaria de 5 a 1 A (Figura 8.5/5). Además, pueden reducir el factor de sobreintensidad del transformador principal y así, proteger de las sobrecargas a los aparatos muy sensibles. Como transformadores intermedios se utiliza la ejecución de primario bobinado. El consumo propio debe ser muy bajo, para no cargar en forma desproporcionada al transformador principal.

Las relaciones de transformación típicas de los transformadores intermedios son: 5/1 A, 1/1 A ó 1/5 A.

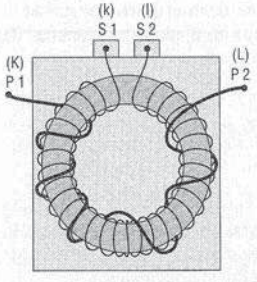


Figura 8.5/1
Principio constructivo de un transformador con primario bobinado

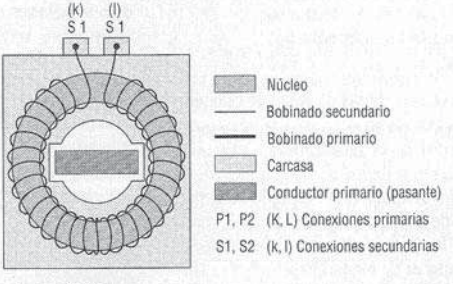


Figura 8.5/2
Principio constructivo de un transformador con primario de barra pasante

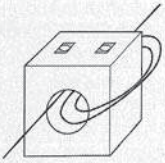


Figura 8.5/3
Un transformador con primario de barra pasante como transformador con primario enhebrado

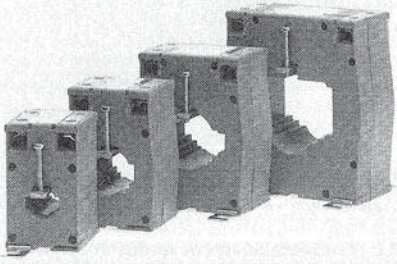


Figura 8.5/4
Transformadores con primario de barra pasante, serie 4NC5 como transformadores para mediciones. Corrientes primarias asignadas desde 50 a 1500 A

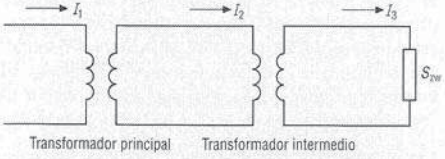
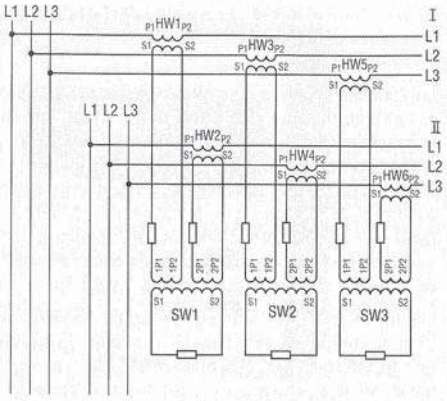


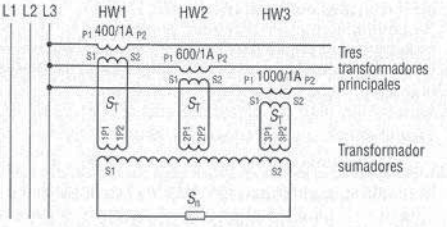
Figura 8.5/5
Transformador principal y transformador intermedio

8.5.2.2 Transformadores de medición sumadores

Para medir la suma de corrientes de igual frecuencia, con la misma posición de fase, pero con cualquier ángulo de desfasaje cos φ, de derivaciones o acometidas de red individuales se utilizan, por lo general, transformadores de medición sumadores. Cuando se deben sumar las corrientes de las tres fases L1, L2 y L3, serán necesarios tres transformadores de medición sumadores y seis transformadores de medición principales (Figura 8.5/6a). Con la conexión en oposición de los bornes secundarios de los transformadores principales, también es posible medir diferencias de corrientes.



a) Circuito para tres transformadores sumadores y seis transformadores principales
(Alimentación a través de dos derivaciones de red I y II)



b) Suma de tres corrientes parciales de una misma fase

Figura 8.5/6
Suma de corrientes parciales con transformadores de medición sumadores

El número de corrientes parciales medidas a través de los transformadores principales, determina la cantidad de bobinas primarios del transformador sumador. Es posible obtener transformadores sumadores de hasta diez devanados primarios.

Para poder determinar correctamente los diferentes bobinados primarios, se requiere la indicación de la relación de transformación del transformador de medición principal.

Las escalas o indicaciones de los aparatos de medida sumadores deben elegirse en correspondencia con la suma de las corrientes primarias asignadas de los transformadores de medición principales.

Los errores de los transformadores principales y del transformador sumador, se suman en forma vectorial.

Cuando se prevén conexiones primarias como reservas para futuras ampliaciones, sin que se usen, se los debe mantener abiertos. Si en uno de los transformadores principales no se carga en el circuito primario, se produce un error adicional con respecto a la suma de las restantes corrientes parciales.

La carga conectada (impedancia del circuito secundario) y el consumo propio del transformador sumador deben ser, dentro de lo posible, pequeños para que la potencia del transformador principal pueda mantenerse reducida. La potencia S_n del transformador sumador, inclusive su consumo propio, se subdivide en el lado secundario de los transformadores principales en relación con las corrientes primarias asignadas.

Ejemplo según la figura 8.5/6b

El valor asignado de la relación de transformación total es la siguiente:

400/1 A + 600/1 A + 1000/1 A = 2000/1 A.

El cálculo de las potencias parciales S_T con las que cada uno de los transformadores será cargado se determina con la siguiente ecuación:

$$S_T = S_n \frac{I_{pnT}}{I_{pnS}} + S_L;$$

de aquí se obtiene para el:

1er transformador principal HW1, 400/1 A

$$S_T = 20\ \text{VA}\ \frac{400\ \text{A}}{2000\ \text{A}} = 4\ \text{VA},$$

2do transformador principal HW2, 600/1 A

$$S_T = 20\ \text{VA}\ \frac{600\ \text{A}}{2000\ \text{A}} = 6\ \text{VA},$$

3er transformador principal HW3, 1000/1 A

$$S_T = 20\ \text{VA}\ \frac{1000\ \text{A}}{2000\ \text{A}} = 10\ \text{VA}.$$

S_T Potencia parcial en VA

S_n Potencia total del transformador sumador incluido su consumo propio, en VA

I_{pnT} Corriente primaria asignada de un transformador principal, en A

I_{pnS} Corrientes primarias asignadas total (suma), en A

S_L Potencia de pérdidas en los conductores entre los transformadores principales y el transformador sumador, en VA (se puede despreciar para conductores cortos o para corrientes secundarias de 1 A)

8.5.2.3 Transformadores de medición con conductor primario enhebrado

En los transformadores de medición con primario de barra pasante se pueden enhebrar conductores para corrientes primarias de hasta 75 A. Para corrientes mas elevadas, y debido al diámetro de los conductores, esto ya no es practicable, porque sólo es posible enhebrar conductores de hasta unos 35 mm^2. Mediante el enhebrado es posible lograr, con un mismo transformador de medida y potencia, diferentes relaciones de transformación.

Los transformadores enhebrados se usan, en especial, allí donde sea necesario medir corrientes de baja intensidad. Esta es una alternativa económica frente a los transformadores con primario bobinado.

Ejemplo

Para medir una corriente de servicio de 50 A se necesita un transformador de medición de clase 1, factor de sobreintensidad asignado M5 y una potencia asignada de 5 VA. Se elige un transformador de barra pasante con los mismos datos técnicos pero con una relación de transformación de 200/1 A, por el que el conductor primario será enhebrado cuatro veces (por ejemplo, el tipo 4NC51).

8.5.2.4 Transformadores de medición de núcleo abierto

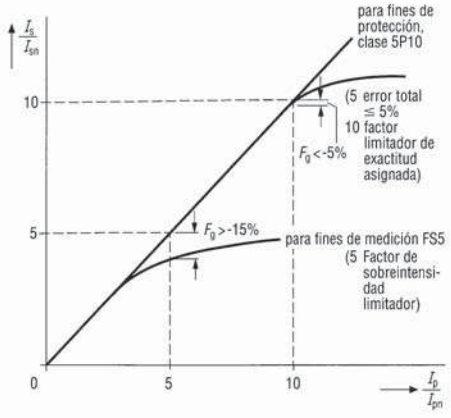
Los transformadores de núcleo abierto, básicamente, presentan el mismo principio que los de primario con barra pasante, pero como están divididos en dos partes, pueden ser instalados en cualquier momento sobre conductores ya montados, sean estos barras desnudas o conductores aislados

8.5.2.5 Transformadores de intensidad para fines de protección

Los transformadores para fines de protección tienen un factor de sobreintensidad diferente al de los transformadores de medición.

Los transformadores de intensidad para fines de medición con factores de sobreintensidad límite FS5 ó FS10, deben tener, multiplicados por la corriente primaria asignada, un error conjunto mínimo de un –15%, para poder proteger satisfactoriamente a los instrumentos conectados.

Los transformadores de intensidad para fines de protección, por el contrario, deben presentar sólo limitados errores de relación de transformación, incluso en caso



I_p Corriente primaria
I_s Corriente secundaria
F_g Error total
I_{pn} Corriente primaria asignada
I_{sn} Corriente secundaria asignada

Figura 8.5/7
Comportamiento ante las sobrecargas de transformadores de intensidad con carga asignada

de sobrecargas. Por este motivo, se definen las clases de protección de tal manera que la corriente secundaria, hasta un determinado valor de sobrecarga, varía proporcionalmente con la corriente primaria. Para una corriente límite asignada en el primario y para una carga equivalente a la asignada se obtiene un error total de –5% (5P) ó –10% (10P) respectivamente.

La figura 8.5/7 muestra el comportamiento ante sobrecargas de transformadores de intensidad para fines de medición y de protección con una carga equivalente a la asignada.

8.5.3 Clases de exactitud para transformadores de intensidad

Transformadores de intensidad para fines de protección

Las clases de exactitud normalizada de los transformadores de intensidad para fines de protección son:

5P y 10P.

Los valores normalizados para el factor limitador de exactitud asignada son:

5; 10; 15; 20 y 30.

El factor limitador de exactitud asignada (por ejemplo, 10) se debe indicar después de la clase de exactitud (por ejemplo, 5P). La indicación será entonces para este ejemplo 5P10 y significa que para diez veces la corriente asignada (= intensidad de corriente límite de exactitud asignada) el error total de la medición debe ser como máximo del 5%.

Transformadores de intensidad para fines de medición

Las clases de exactitud normalizada para los transformadores de intensidad para fines de medición son las siguientes:

0,1; 0,2; 0,5; 1; 3 y 5.

Certificación:

Cuando en la República Federal de Alemania se utilizan transformadores de medición con clases de exactitud ≤ 0,5, según la norma DIN VDE 0414, para fines de facturación, las normas legales disponen que cada transformador debe ser certificado por una institución oficial de ensayos. Esto significa que cada transformador debe estar provisto de un sello principal (marca y placa de características) y un sello de seguridad (precinto). La certificación tiene validez permanente.

Homologación

En Alemania, los transformadores que deban ser certificados tendrán que obtener previamente una homologación de tipo del PTB (**P**hysikalisch – **t**echnische **B**undesanstalt o Instituto Federal Físico-Técnico, con sede en Braunschweig, República Federal de Alemania).

La identificación de la homologación contiene el número de tipo y una numeración correlativa de la forma constructiva:

Ejemplo

311 311 Número de tipo
521 521 Número de la forma constructiva
Los transformadores de intensidad del tipo 4NC5 no fueron previstos para fines de facturación.

Alcance de medición

Los transformadores de medición 4NC5 incluidos en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens admiten en forma permanente una corriente igual a 1,2 veces su corriente asignada. Estos transformadores trabajan, según requerimientos habituales del servicio, con una clase de exactitud 1, que se mantiene aún por debajo del $0{,}1 \cdot I_n$. El error en la medición de la co-

Tabla 8.5/1
Consumo propio de los conductores de medición

Sección del conductor q mm²	Corriente secundaria	Consumo propio para conductores de ida y vuelta, referidos a 1A *(valores en cursiva referidos a 5A)* para una longitud de:												
		1 m VA	2 m VA	3 m VA	4 m VA	5 m VA	6 m VA	7 m VA	8 m VA	9 m VA	10 m VA	20 m VA	50 m VA	100 m VA
1,5	1 A	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,24	0,48	1,19	2,38
	5 A	*0,60*	*1,19*	*1,79*	*2,38*	*2,98*	*3,57*	*4,17*	*4,76*	*5,36*	*5,95*	*11,90*	*29,76*	*59,52*
2,5	1 A	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,29	0,71	1,43
	5 A	*0,36*	*0,71*	*1,07*	*1,43*	*1,79*	*2,14*	*2,50*	*2,86*	*3,21*	*3,57*	*7,14*	*17,85*	*35,71*
4	1 A	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,18	0,45	0,89
	5 A	*0,22*	*0,45*	*0,67*	*0,89*	*1,12*	*1,34*	*1,56*	*1,79*	*2,01*	*2,23*	*4,46*	*11,16*	*22,32*
6	1 A	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,12	0,30	0,60
	5 A	*0,15*	*0,30*	*0,45*	*0,60*	*0,74*	*0,89*	*1,04*	*1,19*	*1,34*	*1,49*	*2,98*	*7,44*	*14,88*
10	1 A	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	0,18	0,36
	5 A	*0,09*	*0,18*	*0,27*	*0,36*	*0,45*	*0,54*	*0,63*	*0,71*	*0,80*	*0,89*	*1,79*	4,46	*8,93*

rriente se encuentra aproximadamente dentro de los límites del error, referidos a $0{,}1 \cdot I_n$, es decir, en el orden de $\leq 2\%$.

8.5.4 Corriente secundaria en transformadores de intensidad

Los transformadores de intensidad con una corriente secundaria de 1 A constituyen una ejecución normal. Esta corriente reducida ofrece la importante ventaja de que la potencia del transformador se puede determinar casi exclusivamente por el consumo propio de los instrumentos conectados. Las pérdidas en conductores con una sección de 2,5 mm² y hasta 10 m de longitud se podrán despreciar (Tabla 8.5/1).

Para los transformadores de intensidad con una corriente secundaria de 1 A, se pueden utilizar como conductores de medición inclusive aquellos con secciones de 1 ó 1,5 mm²; aquí los transformadores con una corriente secundaria de 5A producirían un consumo propio muy elevado (exactamente 25 veces mayor).

Por lo tanto, los transformadores con una corriente secundaria de 5A sólo se deben usar con conexiones de medición muy cortas.

8.5.5 Potencia asignada y factor limitador de sobreintensidad en transformadores de intensidad

El factor limitador de sobreintensidad es aquel con el cual se debe multiplicar la corriente primaria asignada, para obtener la intensidad de la corriente límite asignada, por ejemplo, FS5 (Tabla 8.5/2).

El factor limitador de sobreintensidad de un transformador de medición, según DIN VDE 0414, sólo corresponde al valor asignado, cuando la potencia conectada es igual a la potencia asignada del transformador.

Cuando el consumo difiere de la potencia asignada, el factor limitador de sobreintensidad se modifica en forma casi inversamente proporcional.

El cálculo del factor limitador de sobreintensidad se realiza con la expresión:

$$n_B = \frac{S_n + S_i}{S_B + S_i}.$$

n Factor limitador de sobreintensidad (Valor asignado con potencia asignada)

n_B Factor limitador de sobreintensidad con carga de servicio (La carga de un transformador de intensidad está dada por la impedancia del circuito secundario)

S_n Potencia asignada con carga asignada

S_B Potencia con la carga de servicio

S_i Consumo propio del transformador

Ejemplo
Transformadores con carga reducida

Datos del transformador de intensidad:

Factor limitador de sobreintensidad FS5 ($n = 5$),

Potencia asignada $S_n = 10$ VA,

Tabla 8.5/2
Transformadores de intensidad para fines de medición y de protección según la norma DIN VDE 0414 Parte 1: 01.94 (HD 553 S2)
Efiniciones, valores característicos y requerimientos

1. Normas	DIN VDE 0414, Parte 1: 01.94 (HD 553 S2; IEC 185) DIN VDE 0414, Partes 1 y 2: 12.70 para la fabricación hasta el 01.12.1998 (Definiciones de esta norma DIN VDE entre paréntesis)		
2. Aplicaciones	Transformadores de intensidad para fines de medición, transformadores de intensidad para fines de protección		
3. Tipos constructivos	Transformadores con primario bobinado, para corrientes ≤ 100 A Transformadores con primario pasante, para corrientes de 50 a cerca de 10 000 A Transformadores con primario enhebrado, para corrientes ≤ 75 A Transformadores de núcleo abierto Transformadores sumadores		
4. Intensidad de corriente primaria asignada (I_{pn}) (Corriente primaria nominal)	La corriente admisible de los transformadores de intensidad e instrumentos de medición, si no se indica lo contrario, es de 1,2 veces la intensidad de corriente primaria asignada I_{pn} Valores normalizados: 10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75 y sus correspondientes múltiplos decimales		
5. Intensidad de corriente secundaria asignada (I_{sn}) (Corriente secundaria nominal)	1 A, 5 A		
6. Clase (de precisión)	Cl. 0,5	Para fines de facturación, mediciones exactas. Esta clase exige homologación y certificación	Error de medición de la corriente ±0,5% para $1 \cdot I_{pn}$ y $1{,}2 \cdot I_{pn}$
	Cl. 1	Para mediciones de servicio, facturaciones internas	Error de medición de la corriente ±1% para $1 \cdot I_{pn}$ y $1{,}2 \cdot I_{pn}$
	Cl. 3	Mediciones aproximadas	Error de medición de la corriente ±3% para $0{,}5 \cdot I_{pn}$ y $1{,}2 \cdot I_{pn}$
	Cl. 5	Esta clase esta prevista en la norma, pero no es usual en la práctica. Mediciones aproximadas	Error de medición de la corriente ±5% para $0{,}5 \cdot I_{pn}$ y $1{,}2 \cdot I_{pn}$
	Cl. 5P ... y Cl. 10P ... Transformadores para fines de protección		
7. Potencia asignada (Potencia nominal)	La potencia asignada de un transformador de intensidad se indica en VA. La potencia de carga debería ser similar a la potencia asignada del transformador; cargas menores aumentan el factor limitador de sobreintensidad y, por lo tanto, la protección de los instrumentos de medición no es suficiente; cargas mayores influyen negativamente en la precisión. Para una frecuencia de 60 Hz aumenta la potencia asignada 1,2 veces; para $16^2/_3$ Hz la potencia se reduce a un tercio de la asignada.		
8. Factor limitador de sobreintensidad FS (Factor de sobreintensidad nominal M)	El factor limitador de sobreintensidad FS indica el múltiplo de la intensidad de corriente primaria asignada con la que un transformador para mediciones entra en saturación, para proteger adecuadamente a los aparatos de medición, o cuando un núcleo para protecciones aún no debe entrar en saturación. Sin embargo, este factor depende de la carga conectada al transformador.		
	Transformadores para mediciones: El factor limitador de sobreintensidad se indica mediante las letras FS(M) y un valor numérico, por ejemplo, FS5 ó FS10. Esto significa que para 5 ó 10 veces la intensidad de la corriente primaria asignada, el error total debe ser – como mínimo – del –15% (para asegurar la protección de los instrumentos conectados).		Transformadores para protecciones: El factor limitador de sobreintensidad se indica mediante un adicional a la clase de precisión 5P ó 10P, por ejemplo, clase 5P10. Esto significa que para diez veces la intensidad de la corriente asignada I_{pn} el error total no debe ser mayor que el –5%.

(*Continua en la página siguiente*)

Tabla 8.5/2
(Continuación)

9. Intensidad térmica asignada de breve duración (I_{th}) (Corriente térmica nominal de breve duración)	Valor eficaz de la corriente primaria, cuyo efecto térmico puede soportar el transformador de intensidad durante 1 s con el devanado secundario cortocircuitado, sin sufrir daños. En los transformadores 4NC5 este valor es $I_{th} = 60 \cdot I_{pn}$.
10. Intensidad de corriente de impulso asignada (I_{din}) (Corriente dinámica nominal)	Valor de cresta de la corriente primaria al producirse un cortocircuito, cuyo esfuerzo dinámico puede soportar un transformador de intensidad con el devanado secundario cortocircuitado, sin sufrir daños eléctricos y/o mecánicos En los transformadores 4NC5 este valor es $I_{dyn} = 2{,}5 \cdot I_{th} = 150 \cdot I_{pn}$.
11. Máxima tensión de servicio (U_m)	Valor efectivo de la máxima tensión entre los conductores de una red. Para esta tensión se debe diseñar el aislamiento del transformador de intensidad para las condiciones normales de servicio. Los transformadores 4NC5 fueron diseñados para 750 V.

Consumo propio $S_i = 2$ VA,

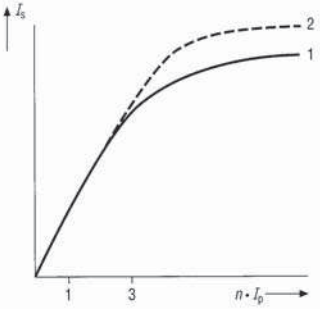
Carga conectada $S_B = 5$ VA.

El factor limitador de sobreintensidad con carga de servicio se obtiene de la siguiente ecuación:

$$n_B = n\frac{S_n + S_i}{S_B + S_i} = 5 \cdot \frac{10+2}{5+2} = 8{,}57 > 5.$$

Resultado:

Como resulta $n_B > n$, el transformador llega a su saturación a valores superiores (Figura 8.5/8).



1 Servicio asignado
2 Transformador con carga reducida
I_p Corriente primaria
I_s Corriente secundaria

Figura 8.5/8
Corriente secundaria I_s en función de la corriente primaria de un transformador con carga reducida.

Los instrumentos de medición que se conectan a transformadores con poca carga, no presentan problemas durante el servicio, pero en caso de cortocircuitos no estarán suficientemente protegidos.

Ejemplo
Transformadores con sobrecarga

Datos del transformador de intensidad:

Factor limitador de sobreintensidad FS5 ($n = 5$),

Potencia asignada $S_n = 10$ VA,

Consumo propio $S_i = 2$ VA,

Carga conectada $S_B = 25$ VA.

El factor limitador de sobreintensidad con carga de servicio se obtiene de la ecuación:

$$n_B = n\frac{S_n + S_i}{S_B + S_i} = 5 \cdot \frac{10+2}{25+2} = 2{,}22 < 5.$$

Los instrumentos de medición que se conectan a transformadores sobrecargados, en servicio normal y en caso de cortocircuitos están adecuadamente protegidos; pero es posible que el transformador salga de su clase de precisión, ya que llega antes a su saturación.

8.5.6 Tensiones en los bornes secundarios de un transformador de intensidad

La tensión en los bornes del secundario de un transformador de intensidad se calcula a partir de la siguiente ecuación:

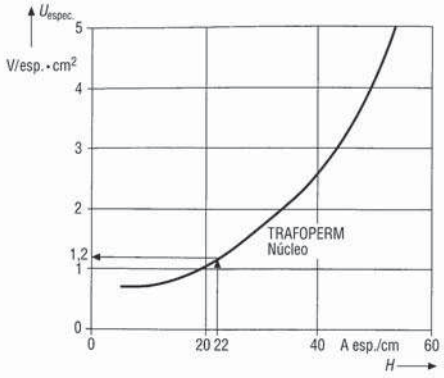


Figura 8.5/9
Tensión de magnetización $U_{espec.}$ en función de la intensidad de campo magnético H.

En servicio normal:

$$U_{s\,ef.} = \frac{S}{I_s},$$

En caso de cortocircuito:

$$\hat{U}_s \approx 50 \cdot U_{s\,ef.},$$

En servicio con secundario abierto:

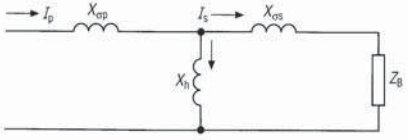
$$\hat{U}_s = U_{espec.} \cdot A_{Fe} \cdot W_s,$$

$U_{s\,ef.}$	Valor eficaz de la tensión secundaria
$\hat{U}_s$	Valor de cresta de la tensión secundaria
$U_{espec.}$	Valor específico de la tensión de magnetización, dependiente del material del núcleo y de su intensidad de campo
S	Potencia aparente de la carga conectada
I_s	Corriente secundaria
A_{Fe}	Sección del núcleo (hierro)
W_s	Número de espiras del secundario

La figura 8.5/9 muestra la curva de magnetización característica para el cálculo del valor de cresta de la tensión secundaria ($\hat{U}_s$) con el secundario del transformador abierto.

Servicio normal:

Se considera servicio normal cuando en el primario la intensidad de la corriente tiene entre 0,1 y 1,2 veces la corriente primaria asignada y en el secundario está conectada la carga asignada. Para el caso de transformadores de 1 A y potencias reducidas, en los bornes secundarios no se tendrán tensiones de contacto peligrosas (más de 50 V). En la Tabla 8.5/3 se suministra un ejemplo de esta operación.



I_p Corriente primaria
I_s Corriente secundaria
I_μ Corriente de magnetización
$X_{\sigma p}$ Reactancia de dispersión del primario
$X_{\sigma s}$ Reactancia de dispersión del secundario
X_h Impedancia de excitación
Z_B Carga conectada al secundario

Figura 8.5/10
Circuito equivalente de un transformador de intensidad conectado a una carga.

Servicio en cortocircuito

Mientras que $U_{s\,ef.}$ aumenta poco en el rango de la saturación del transformador, el valor de cresta $\hat{U}_s$ puede aumentar considerablemente, es decir, el efecto atenuador de las corrientes parásitas se produce después del pico de la corriente. El valor de cresta de la corriente secundaria no sólo vale $\sqrt{2}$, sino un valor mucho mayor, incluso puede llegar a 50.

Por lo general, $\hat{U}_s$ toma valores superiores a los 50 V (tensiones de contacto peligrosas). En la Tabla 8.5/3 se da un ejemplo de esto.

Servicio con secundario abierto

Un transformador de intensidad, en servicio con el secundario abierto, se comporta como un transformador en cuyos bornes secundarios se conecta una carga infinita. Toda la corriente primaria I_p se utilizará para la magnetización. (Figura 8.5/10).

El valor eficaz del flujo magnético Φ no crece notablemente por la saturación del núcleo. La pendiente de la corriente en el paso por cero es en este caso substancialmente mayor y provoca elevados picos de tensión de entre 0,2 y 0,7 ms de duración ($\hat{U}_s \approx d\Phi/dt$). En cada semiperíodo se lleva el transformador a la saturación, inclusive con pequeñas corrientes primarias, esto significa que en cada período el núcleo de transformador cambia de magnetización dos veces (Figura 8.5/11).

Así, por lo general, $\hat{U}_s$ toma valores muy elevados que llegan hasta el orden de los kilovoltios. De esta manera,

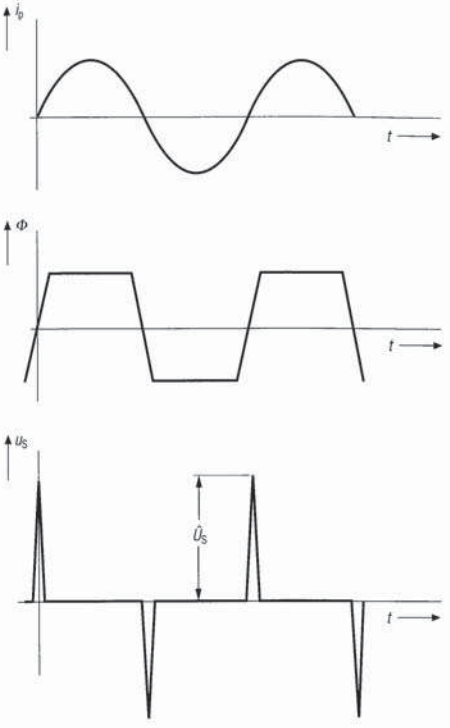


Figura 8.5/11
Variación de la corriente primaria (I_p), el flujo magnético (Φ) y la tensión secundaria ($\hat{U}_s$) en función del tiempo para un transformador en servicio abierto.

es posible que el aislamiento del bobinado secundario se perfore. Además, las pérdidas en el hierro se incrementan fuertemente y provocan un gran calentamiento del núcleo del transformador que, a causa de la sobrecarga térmica, puede quedar destruido.

Por estos motivos los transformadores de intensidad no deben trabajar con el secundario abierto ni tener protecciones contra cortocircuitos. Del mismo modo, al cambiar un instrumento de medición se debe asegurar que el secundario del transformador permanece cerrado. Por este motivo los transformadores de intensidad tienen que tener como, por ejemplo, los 4NC5, un doble juego de bornes secundarios.

Ejemplo

Datos de servicio del transformador:

Tabla 8.5/3
Ejemplos del cálculo de los valores de la tensión en los bornes de transformadores de intensidad en servicio normal y en cortocircuito (Valores tomados de las tablas 8.5/1 y 8.5/4)

	Transformador de 1 A	Transformador de 5 A
Potencia necesaria para		
Amperímetro	0,2 VA	0,2 VA
Fasímetro	3,5 VA	3,5 VA
Contador eléctrico	0,5 VA	1,0 VA
50 m de cable, de 2,5 mm^2	0,71 VA	17,85 VA
Potencia aparente total S	4,91 VA	22,55 VA
Potencia del transformador seleccionado	5 VA	25 VA
Valores de tensión en los bornes secundarios		
En servicio normal $U_{s\,ef.} = \frac{S}{I_s}$	$\frac{4{,}91}{1} = 4{,}91$ V	$\frac{22{,}55}{5} = 4{,}51$ V
	La tensión de contacto *no es* peligrosa	
En cortocircuito $\hat{U}_s \approx 50 \cdot U_{s\,ef}$	$4{,}91 \cdot 50 \approx 246$ V	$4{,}51 \cdot 50 \approx 226$ V
	¡Tensión de contacto peligrosa!	

$I_p = 200$ A,

$W_p = 1$,

$W_s = 200$,

$A_{Fe} = 25\ cm^2 = 22\ A \cdot esp./cm.$

análogamente será:

$\hat{U}_s = U_{espec.} \cdot A_{Fe} \cdot W_s.$

como consecuencia, de la figura 8.5/9 se obtiene:

$$\hat{U}_s = 1{,}2\ \frac{V}{Esp.\ cm^2} \cdot 25\ cm^2 \cdot 200\ Esp. = 6\ kV.$$

De esta manera, se determina que en los bornes secundarios abiertos se tiene una tensión de contacto muy peligrosa.

8.5.7 Criterios de selección para transformadores de intensidad

En la Tabla 8.5/3 se suministra un panorama de los criterios más importantes para la selección de transformadores de intensidad de acuerdo con la norma DIN VDE 0414 (Norma para transformadores de medición).

8.5.8 Consumos propios en circuitos de transformadores de intensidad

Consumo propio de conductores de cobre

Para calcular el consumo propio de un conductor S_n se puede utilizar la formula siguiente:

$$S_n = \frac{I^2 \cdot 2 \cdot l}{q \cdot \kappa}$$

S_n Consumo propio, en VA

I Corriente de carga del conductor de medición, en A

l Einfache Länge in m

q Longitud simple del conductor, en m

$\varkappa$ Sección del conductor, en $\frac{\text{m}}{\Omega\,\text{mm}^2}$ (Para el Cu = 56).

Otros valores se pueden obtener en la Tabla 8.5/1.

Consumo propio de instrumentos de medición

Los consumos propios de distintos instrumentos de medición se resumen en la Tabla 8.5/4.

Tabla 8.5/4
Consumo de instrumentos de medición

Instrumento	Consumo[1] por vía de corriente VA
Amperímetro de hierro móvil	0,1 hasta 1,6
Amperímetro de bobina móvil con rectificador	0,15
Amperímetro térmico con bimetal	1,2 hasta 1,5
Vatímetro	0,5 hasta 1,5
Fasímetro	0,8 hasta 3
Registrador de corriente	< 1
Registrador de potencia	< 1
Registrador del factor de potencia	< 1
Contador monofásico	1,1 hasta 2,5
Contador trifásico	0,32 hasta 1,1
Convertidor de medición	3
Aparatos de protección:	
electrónicos, por ejemplo, 7J75	< 1,5
digitales, por ejemplo, 7SA50	< 0,1
con disparo por transformador	25 hasta 30

[1] Valores orientativos; los valores exactos deben ser tomados de los catálogos de los respectivos fabricantes.

9 Esquemas de conexión básicos

9.1 Indicaciones Generales

9.1.1 Denominación de los bornes de conexión

La denominación de los bornes de los aparatos de maniobra está estipulada en las normas DIN EN 50 005 de julio de 1977 y DIN 40 719, Parte 2. El campo de aplicación de la norma DIN EN 50 005 cubre los aparatos de maniobra de baja tensión, con tensiones nominales de hasta 1 000 V C.A. y 1 200 V C.C. La base de esta norma está formada por el sistema de denominaciones generalmente aceptado de la Publicación 445 (1973)[1] de la IEC.

Cuando los aparatos no tienen denominaciones normalizadas en sus bornes, es aconsejable emplear el mismo sistema de denominaciones para todos los aparatos eléctricos del mismo tipo utilizados en las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión.

Cuando los bornes del aparato o dispositivo tienen marcas de colores, por ejemplo, de acuerdo con la norma DIN 41788, debe haber una referencia clara en los diagramas o planos correspondientes de esta simbología o las denominaciones alfanuméricas de esta norma.

La norma DIN EN 50 005 contiene definiciones generales. Para determinados aparatos, como contactores auxiliares, contactos auxiliares de contactores para corriente alterna, aparatos de mando, se publicaron las normas DIN EN siguientes:

DIN EN 50 011, DIN EN 50 012, DIN EN 50 013.

La denominación de los bornes de los aparatos es válida para el estado en el que los mismos se suministran.

En la norma DIN EN 50 005 se determina en forma general:

- ▷ La denominación de los bornes de un aparato eléctrico debe ser inequívoca, es decir, cada designación sólo puede emplearse una única vez para no dar lugar a dudas.

[1] Se puede agregar una referencia a la norma nacional correspondiente, si ésta está armonizada conforme CENELEC HD 251. El contenido técnico de DIN VDE 42 400 es igual al de IEC 445.

- ▷ La denominación de los diferentes bornes de conexión de un elemento del circuito en una vía de corriente, debe señalar claramente su correspondencia.

- ▷ La denominación de los bornes en las impedancias (por ejemplo, la bobina), tiene que ser siempre alfanumérica. Se preferirán las letras mayúsculas,

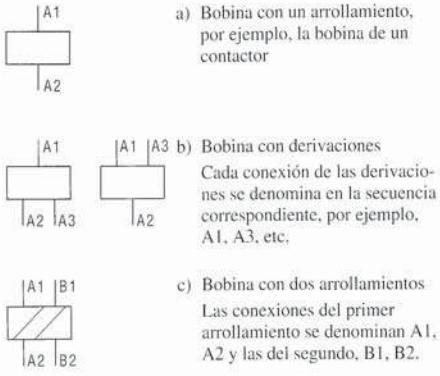


Figura 9.1/1
Denominación de los bornes de la bobina de un contactor

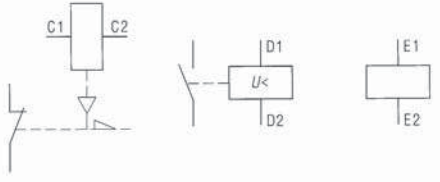


Figura 9.1/2
Denominación de los bornes de disparadores auxiliares y electroimanes de enclavamiento

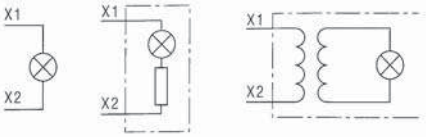


Figura 9.1/3
Denominación de los bornes de las lámparas de señalización

Nota:
El término "lámpara de señalización" puede incluir, según el caso, una resistencia o transformador incorporados.

pero cuando se emplean letras minúsculas, éstas tendrán el mismo significado que las mayúsculas correspondientes (Figuras 9.1/1 a 9.1/3).

▷ La denominación de los bornes de un contacto es siempre numérica. Un terminal debe designarse con un número impar, a los demás bornes del mismo contacto se les asignarán los números pares inmediatos superiores (Figuras 9.1/4 a 9.1/9).

▷ Cuando se deban caracterizar en forma especial los bornes de entrada y de salida de un elemento del circuito, se empleará para la entrada el número menor y para la salida el mayor (por ejemplo, 11 para la entrada y 12 para la salida ó A1 y A2 respectivamente).

Nota:

La posición de los bornes ilustrada en los ejemplos no señala la posición real de los mismos en el aparato en cuestión.

Contactos principales de los aparatos de maniobra

Los contactos principales de los aparatos de maniobra se designan con números de un dígito (Figura 9.1/4). A cada borne de un contacto principal identificado con un número impar le corresponde un borne marcado con el número inmediato superior.

Contactos para circuitos auxiliares

Los contactos para los circuitos auxiliares se designan con números de dos dígitos formados por el número de función (el dígito de las unidades) y el número ordinal (el dígito de las decenas).

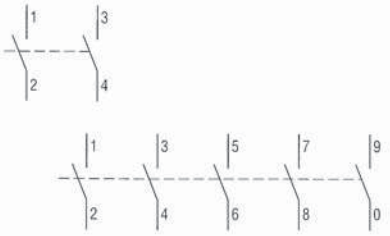
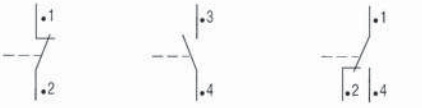
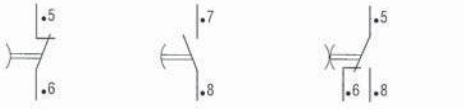


Figura 9.1/4
Identificación de los contactos de un aparato de maniobras, por ejemplo, los circuitos principales con dos a cinco polos (Para los interruptores con más de cinco contactos principales se aplicará la denominación alfanumérica indicada en la Publicación 445 de la IEC o en la norma nacional armonizada correspondiente)



a) Contacto normal cerrado (NC)
b) Contacto normal abierto (NA)
c) Contacto inversor (I)

Figura 9.1/5
Identificación de los contactos de circuitos auxiliares con número de función (el número ordinal se indica con un punto). A los contactos NC se les asignan los números de función 1 y 2, a los NA los 3 y 4. (Para estos contactos se adopta la definición de la Publicación 50 441 de la IEC)



a) Contacto normal cerrado (NC), con cierre retardado en la liberación
b) Contacto normal abierto (NA) con cierre retardado
c) Contacto inversor (I) con apertura y cierre retardados

Figura 9.1/6
Identificación de los contactos auxiliares con funciones especiales (A estos contactos, por ejemplo, contactos con acción retardada se les asignan los números de función 5 y 6 para los NC, así como 7 y 8 para los NA)

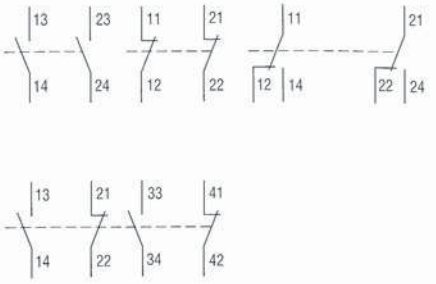


Figura 9.1/7
Ejemplos de denominación de bornes con números ordinales y de función

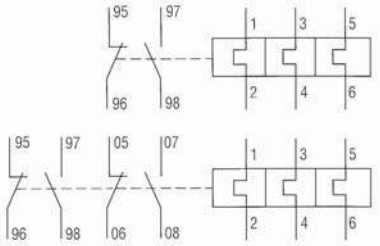


Figura 9.1/8
Ejemplos de denominación de los bornes de dispositivos de protección ante sobrecargas. Cuando se necesite un segundo número ordinal, éste deberá ser 0 (cero)

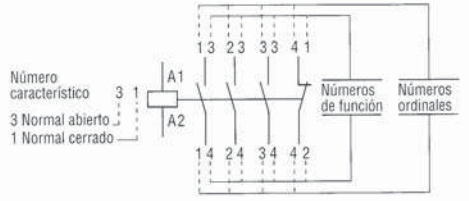


Figura 9.1/9
Ejemplo de la identificación de un contactor auxiliar con el número característico 31

Los contactos auxiliares con funciones especiales, por ejemplo, contactos de acción retardada, se designan con los números de función 5 y 6 cuando son contactos NC, así como 7 y 8 los contactos NA (Figura 9.1/6).

Los bornes correspondientes de un aparato de maniobras se designan con el mismo número ordinal (Figura 9.1/7):

- ▷ Denominación de los bornes de dispositivos de protección ante sobrecargas (Figura 9.1/8).
- ▷ Números característicos para aparatos de maniobra. Los aparatos de maniobra con un número definido de contactos auxiliares (contactos NA o NC) pueden identificarse con un número de dos dígitos. El primer dígito indica la cantidad de contactos NA y el segundo, los contactos NC y, según el caso, un tercero puede caracterizar el número de inversores.
- ▷ La figura 9.1/9 muestra un ejemplo de identificación de un contactor auxiliar con 3 contactos normal abiertos (3 NA) y uno normal cerrado (1 NC).

La norma DIN EN 50 011 (de mayo de 1978) especifica la denominación de bornes, números y letras característicos de contactores auxiliares definidos con una disposición determinada de los contactos y fija los siguientes requerimientos adicionales:

- ▷ La numeración de los contactos del aparato de maniobras se realiza con una secuencia continua de izquierda a derecha. Cuando el aparato tiene más de un plano se comienza con el más cercano al plano de montaje.

La cantidad, clase y posición de los contactos se indicarán con un número y una letra característica subsiguiente.

Número característico:
De acuerdo con la norma DIN EN 50 005 (tal como se describió).

Letra característica:
La letra característica señala la posición relativa de los contactos entre sí y su denominación.

La norma determina que los contactores auxiliares tendrán la letra característica E (Tabla 9.1/1).

Las variables admisibles serán identificadas con las letras características X, Y o Z.

La norma DIN EN 50 012 (de mayo de 1978) fija la denominación de los bornes y letras características de los contactos auxiliares de determinados contactores.

Tabla 9.1/1
Denominación de los bornes de los contactos de determinados contactores auxiliares según la norma DIN EN 50 011 de mayo de 1978 (Extracto)

Número característico	Contactos	Número característico	Contactos	Número característico	Contactos
10 E		01 E		–	–
20 E		11 E		02 E	
30 E		21 E		12 E	
03 E		–	–	–	–
40 E		31 E		22 E	
13 E		04 E		–	–
50 E		41 E		32 E	
23 E		14 E		05 E	
60 E		51 E		42 E	
33 E		–	–	–	–
80 E		71 E		62 E	
53 E		44 E		–	–

▷ La denominación de los bornes de contactores y el número característico de los contactos auxiliares coinciden con la denominación de los bornes de los contactores auxiliares correspondientes con la letra característica E (Norma DIN EN 50 011).

▷ En la norma se determina el número y la clase de los contactos auxiliares pero *no* se fija su disposición en el contactor.

Para los aparatos de mando rige la norma DIN EN 50 013 de mayo de 1978.

Esta norma se aplica a los aparatos de mando que de acuerdo con la Publicación 337–1 de la IEC tienen dos posiciones definidas de los contactos, tales como pulsadores, interruptores de posición (fines de carrera) y aparatos similares, sin tener en cuenta su forma constructiva, con la denominación de los bornes coincidente con la de los contactores auxiliares correspondientes con la letra característica E, según la norma DIN EN 50 011.

▷ La posición de los contactos en el aparato de maniobra no tiene que coincidir con la representada en la tabla.

Al formular determinadas normas específicas para los aparatos de maniobra en cuestión deben aplicarse con preferencia las normas DIN EN 50 011, DIN EN 50 012 ó DIN EN 50 013.

9.1.2 Símbolos normalizados según la normativa DIN, IEC, ANSI y BS

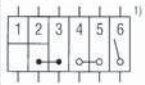
En las tablas 9.1/2 a 9.1/4 se reproduce una selección de símbolos normalizados de magnitudes eléctricas, conductores contactos, así como diversos ele-

Tabla 9.1/2
Símbolos y representación de tensión, corriente y frecuencia de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS (Ejemplos)

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
02-02-01 02-02-03	Representación 1 0 Representación 2	Corriente continua
02-02-04		Corriente alterna
102-01-28	[1]	Corriente universal Corriente continua o alterna Tensión continua o alterna
02-02-12		Corriente rectificada con componentes de corriente alterna (cuando se requiera una diferenciación de la corriente continua filtrada)
102-02-01	[1]	Impulso rectangular alterno
102-02-02	2µs 10kHz [1]	Impulso rectangular, positivo, representado con una duración de 2 microsegundos y una frecuencia del pulso de 10 kHz
102-02-03	[1]	Impulso triangular
	$1 \sim 16^2/_3$ Hz	Corriente alterna monofásica, por ejemplo, $16^2/_3$ Hz
	$3 \sim 50$ Hz 400 V $3/N \sim 50$ Hz 400/230 V[2] $3/N/PE \sim 50$ Hz 400/230 V[2]	Corriente trifásica, sistema trifásico trifilar Idem, con neutro, sistema tetrafilar Idem, con neutro y conductor de protección
	2 – 24 V 2/M – 24 V[2] 2/PE – 220 V[2]	Corriente continua, sistema de dos conductores Corriente continua, sistema de dos conductores con conductor central o neutro Corriente continua, sistema trifilar con conductor de protección

[1] De acuerdo con DIN solamente.
[2] En la normativa de IEC, ANSI y BS no se emplea la barra "/" para separar los tipos de conductores, por ejemplo, 3NPE ~ 50 Hz 400/230 V.

Tabla: 9.1/3
Símbolos de conductores y conexiones de acuerdo con las normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
03-01-01		Conductor, línea
11-11-02		Conductor de protección (PE)
11-11-01		Conductor neutro (N) Conductor central (M)
11-11-03		Conductor neutro con función de protección (PEN)
03-01-02 03-01-03		Línea con indicación del número de conductores (3)
		Derivación doble de línea monofásica o trifásica
03-02-01		Conexión de conductores
03-02-02		Punto de conexión, por ejemplo, borne Nota: La circunferencia puede rellenarse.
03-02-03		Bornera, representada con la denominación de cada borne
103-03-04		Bornera, con representación de bornes de paso y de separación

[1] De acuerdo con DIN solamente.

mentos y aparatos. Estos símbolos son, en gran medida, idénticos a los fijados por las normas de la IEC, ANSI y BS. En las citadas tablas se señalan también las eventuales diferencias.

Las recomendaciones para la elaboración de la documentación y los planos se indican en la publicación siguiente:

▷ "Wie liest man Stromlaufpläne" (Cómo se interpretan esquemas de conexión), publicación editada en alemán e inglés por ANL A42, Siemens AG, Erlangen, República Federal de Alemania.

Nota:

En ANSI, BS e IEC aún se utilizan en parte (Con DIN se procede de manera similar) los símbolos antiguos.

En estas recomendaciones para la elaboración de documentación y planos se utilizan como base para los símbolos y denominación de bornes las siguientes normas DIN (antiguas):

DIN 40700[1], DIN 40714[1],
DIN 40703[2], DIN 40715,
DIN 40708[2], DIN 40719.
DIN 40713[1],

De acuerdo con la norma DIN 40719, todavía son válidas las recomendaciones para la elaboración de documentación y planos.

[1] La norma DIN aún tiene validez parcial.
[2] Las normas DIN indicadas no son válidas y fueron reemplazadas por la norma DIN 40900, Parte 1 a 13. Sin embargo, como las partes nuevas fueron subdivididas de otra forma, no puede hacerse una correlación directa con las mismas.

Tabla 9.1/4
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

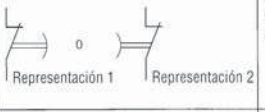
Nº	Símbolo normalizado	Descripción
04-01-01 04-01-02		Resistencia, en general Elemento atenuador, en general
04-01-03		Resistencia variable, en general
04-01-09		Resistencia con derivaciones fijas (se representaron dos derivaciones)
04-01-12		Calefactor
04-03-01 04-03-02		Induktivität (Bobinado, reactancia, bobina)
04-03-06		Inductancia – con derivaciones fijas (se representaron dos derivaciones)
04-03-03		Inductancia – con núcleo magnético
04-02-01		Capacidad (condensador) – en general
04-02-07		Capacidad (condensador) – variable
04-02-09		Capacidad (condensador) – ajustable
04-07-01		Cristal piezoeléctrico con dos electrodos
02-15-01		Tierra, representación general Nota: Se podrán agregar indicaciones complementarias para señalar la clase o finalidad de la puesta a tierra
02-15-04		Masa, carcasa Nota: El rayado se podrá omitir cuando no pueda producir confusiones. La línea que representa la carcasa tiene que tener un trazo de mayor espesor.
02-03-01		Variabilidad – no inherente
02-03-02		Variabilidad – no inherente ni lineal
02-03-03		Variabilidad – inherente

Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
02-03-04		Variabilidad – inherente, no lineal Nota: Igual a 02–03–03
02-03-05		Regulabilidad Nota: Al símbolo podrán agregarse indicaciones relacionadas con las condiciones para las cuales es admisible la regulación
Representación 1 07-02-01 Representación 2 07-02-02		Contacto normal abierto Función conexión en general Interruptor
07-04-01		Contacto normal abierto adelantado (de un juego de contactos), que en relación con los demás contactos del juego cierra antes.
07-02-03		Contacto normal cerrado
07-04-04		Contacto normal cerrado adelantado (de un juego de contactos), que en relación con los demás contactos del juego abre antes.
07-02-04		Contacto inversor con interrupción
Representación 1 07-02-06 Representación 2 07-02-07		Contacto inversor sin interrupción Contacto inversor seguidor
107-01-01		Contacto normal abierto, no abre en forma automática al finalizar la fuerza de accionamiento
107-01-02		Contacto normal cerrado, no cierra en forma automática al finalizar la fuerza de accionamiento
107-01-03		Contacto normal abierto con retorno automático a la posición de reposo, se representa en la posición "accionado". Nota: La flecha doble señala un estado de servicio diferente del de la representación normal del contacto, por ejemplo, un relé de corriente de reposo, relé de enclavamiento, contactos fin de carrera

[1] Representación preferida.
[2] Representación según la norma DIN.

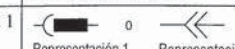
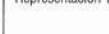
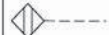
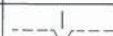
Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
Representación 1 07-05-01 Representación 2 07-05-02		Contacto normal abierto, al accionar cierra con retardo
Representación 1 07-05-03 Representación 2 07-05-04		Contacto normal cerrado, cierre retardado en la liberación
07-05-06		Juego de contactos con un contacto NA sin retardo, otro NA con retardo a la posición de reposo y un contacto NC con apertura retardada
07-13-05		Interruptor automático
107-05-06		Guardamotor tripolar con disparador térmico por sobrecargas y disparadores electromagnéticos por cortocircuitos, representación unifilar
07-13-06		Seccionador bajo carga, interruptor en vacío
07-13-06 y 07-01-02		Función del seccionador bajo carga, interruptor en vacío e interruptor automático
07-21-01		Fusible – en general
07-21-02		Fusible lado marcado = conexión a la red
107-05-04		Fusible, base y tapa a rosca, representado: 10 A, tipo DII , tripolar
Representación 1 03-03-17 Representación 2 03-03-18		Punto de seccionamiento, barra de conexión, cerrado

1) Con esta configuración, representación según normas DIN

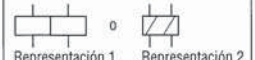
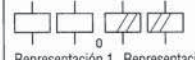
(Continúa en la página siguiente)

Tabla 9.1.4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
Representación 1 03-03-05 Representación 2 03-03-06		Conector macho y hembra, Conexión enchufable
02-13-01		Accionamiento manual, representación general
02-13-10		Accionamiento por pedal
02-13-06		Accionamiento por aproximación
02-13-08		Interruptor de emergencia
02-13-23		Accionamiento por bobina electromagnética
02-13-24		Accionamiento por protección electromagnética contra sobreintensidad
02-13-25		Accionamiento por sistemas térmicos, por ejemplo, relé bimetálico, protección térmica contra sobrecargas
02-13-16		Accionamiento por levas Nota: Pueden representarse los detalles del perfil de las levas y de los discos de levas
02-13-21		Accionamiento por mandos neumáticos o hidráulicos en la dirección de la flecha
02-13-20		Actuador, representación general Accionamiento por energía mecánica almacenada Nota: En el cuadrado podrá indicarse (por ejemplo, con símbolos según la norma DIN 1304) la naturaleza de la energía almacenada.
02-13-26		Accionamiento por motor
02-12-12		Bloqueo, sin enclavamiento
102-06-03		Bloqueo, Se representó un bloqueo del movimiento en ambas direcciones.
02-12-10		Enclavamiento, encastrado
Representación 1 02-12-05 Representación 2 02-12-06		Efecto retardado Nota: Efecto retardado en la dirección del arco hacia su punto central (Efecto tipo paracaídas).
02-12-17		Acople o embrague, desacoplado
02-12-18		Acople o embrague, acoplado
02-12-19		Ejemplo: Acople o embrague para arrastre en un sentido de giro, mecanismo de giro libre

[1] Representación según la norma DIN.

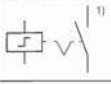
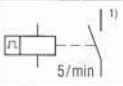
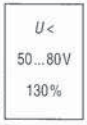
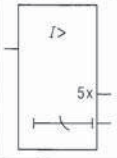
Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
07-07-01		Interruptor de accionamiento manual, representación general
07-07-02		Pulsador (sin retención) Tecla
107-04-01		Interruptor de mando, pulsador de mando, interruptor de maniobra con acuse de recibo, representado como tripolar, operación manual por giro del accionamiento
Representación 1 07-15-01 Representación 2 07-15-02		Accionamiento electromecánico Bobina de relé, representación general
Representación 1 07-15-03 Representación 2 07-15-04		Accionamiento (Relé) con dos bobinados separados, – representación en bloque
Representación 1 07-15-05 Representación 2 07-15-06		Accionamiento (Relé) con dos bobinados separados, – representación individual
07-15-07		Accionamiento electromecánico con retardo en la desconexión
07-15-08		Accionamiento electromecánico con retardo en la conexión
07-15-09		Accionamiento electromecánico con retardo en la conexión y en la desconexión Nota: Los símbolos de retardo en la conexión y en la desconexión también pueden representarse sin separación.
07-15-15		Accionamiento electromecánico de un relé polarizado Nota: Se podrá representar con puntos la relación entre la dirección de la corriente en la bobina de accionamiento y el movimiento del brazo de contacto. Cuando el borne marcado con el punto de la polaridad frente al otro borne, el brazo del contacto pasa a la posición marcada.
Representación 1 07-15-19 Representación 2 07-15-20		Accionamiento electromecánico de un relé de remanencia

[1] Representación según la norma DIN.

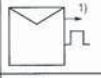
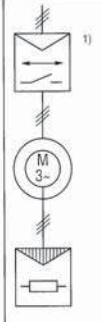
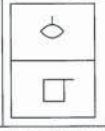
(Continúa en la página siguiente)

Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
107-09-04		Relé paso a paso Relé de impulsos
107-09-07		Relé de mando a distancia por audiofrecuencia
107-09-08		Relé intermitente, representado con una frecuencia de intermitencia de 5/min.
07-17-07		Relé de mínima tensión: – rango de reacción 50 a 80 V – econexión a 130 %
07-17-10		Relé de medición para detectar cortocircuitos entre espiras de bobinados
07-17-14		Relé de sobreintensidad con dos salidas, una que actúa con cinco veces el valor de ajuste, la otra con retardo inversamente proporcional a la corriente
07-16-02		Tensión de defecto contra el cuerpo
07-16-07		Corriente de defecto contra tierra
07-16-09		Corriente entre dos neutros
07-22-03		Descargador de sobretensión
07-19-01		Sensor de proximidad
07-19-04		Sensor de contacto

[1] Representación según la norma DIN.

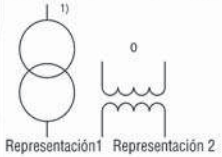
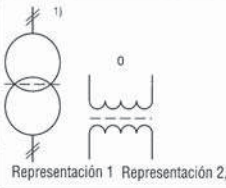
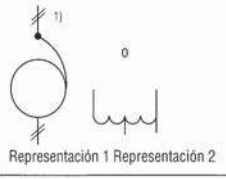
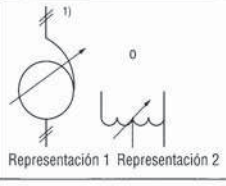
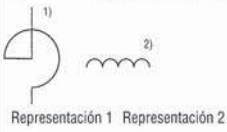
Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
02-10-01		Impulso positivo
02-10-02		Impulso negativo
02-10-03		Impulso de corriente alterna
02-10-06		Diente de sierra
07-22-01		Descargador
07-22-04		Descargador de sobretensión en tubo de descarga gaseosa
07-14-01		Arrancador, representación general
07-14-06		Arrancador estrella–triángulo
107-06-03	[1]	Arrancador automático
107-06-05	 [1]	Arrancador con disparadores térmicos y magnéticos
107-07-06	 [1]	Dispositivo de arranque, representado con: – arrancador con contactor para estator, dos sentidos de rotación – motor trifásico con anillos rozantes – arrancador automático con resistencias para el rotor
07-18-01		Relé Buchholz

[1] Representación según la norma DIN.

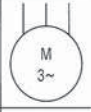
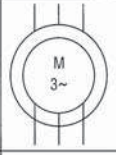
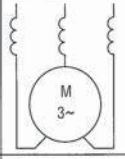
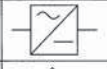
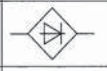
(Continúa en la página siguiente)

Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
Representación 1 06-09-01 Representación 2 06-09-02		Transformador con dos bobinados Nota: Cuando se usa la forma de representación 2 podrán señalarse las posiciones de fases.
Representación 1 06-10-01 Representación 2 06-10-02		Transformador monofásico con dos bobinados y pantalla
Representación 1 06-11-01 Representación 2 06-11-02		Autotransformador, monofásico
Representación 1 06-11-05 Representación 2 06-11-06		Autotransformador monofásico con regulador de tensión
Representación 1 06-09-08 Representación 2 06-09-09		Impedancia (Reactancia)
Representación 1 06-09-10 Representación 2 06-09-11		Transformador de intensidad, Transformador de impulsos

[1] Representación unifilar, por ejemplo para un esquema eléctrico general.
[2] Vale el símbolo 04-03-01 según la norma DIN 40900, Parte 4.

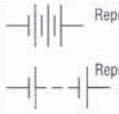
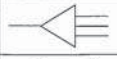
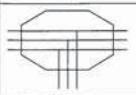
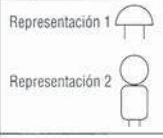
Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
06-04-01		Máquina, representación general En lugar del asterisco (*) tiene que insertarse una de las indicaciones siguientes: C Convertidor G Generador GS Generador sincrónico M Motor MG Máquina utilizable como motor o como generador MS Motor sincrónico Nota: Podrán agregarse los símbolos 02–02–01 y 02–04–04[1]. Ver los capítulos 5 a 8 de la norma DIN 40 900, Parte 6.
06-08-01		Motor asincrónico trifásico con rotor jaula
06-08-03		Motor asincrónico trifásico con rotor de anillos rozantes
06-06-03		Motor trifásico con excitación serie
06-08-04		Motor asincrónico trifásico en conexión estrella, con bobinado de arranque en el rotor
05-03-01		Diodo semiconductor, representación general
05-03-06		Diodo de ruptura – diodo Zener, diodo Esaki
05-03-07		Diodo de avalancha ("Breakdown diode"), diodos Zener conectados en oposición
06-14-03		Rectificador
06-14-04		Rectificador, conexión puente
06-14-05		Ondulador

[1] Ver la norma DIN 40 900, Parte 2.

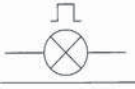
(Continúa en la página siguiente)

Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
06-14-06		Rectificador / Ondulador (conmutable)
106-04-03	[1]	Estabilizador de tensión
06-15-01		Celda primaria, elemento primario, acumulador eléctrico Nota: La línea más larga representa al polo positivo, la más corta, al negativo. Para que el símbolo quede más claro podrá trazarse la línea corta con mayor espesor.
Representación 1 06-15-02 Representación 2 06-15-03		Batería de elementos primarios, batería de acumuladores eléctricos Nota: Cuando no exista posibilidad de confusión, también podrá usarse el símbolo 06-15-01 para representar la batería; en caso contrario, deberían indicarse la tensión y la clase de las celdas.
02-05-01		Transmisión, flujo de energía, flujo de señales en una dirección ("simplex").
02-05-06		Flujo de energía saliente de las barras colectoras.
03-04-01		Botella terminal de cable, se representa un cable tripolar.
03-04-05		Botella de derivación, representada con tres conductores, botella derivación en T, representación de todos los polos.
08-10-05		Bocina
Representación 1 08-10-06 Representación 2 08-10-07		Campanilla de alarma, timbre
08-10-09		Sirena
08-10-12		Silbato, accionado por energía eléctrica

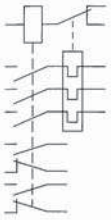
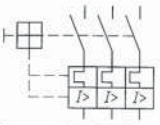
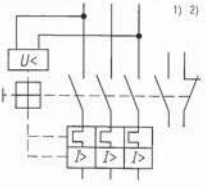
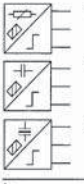
[1] Representación según la norma DIN.

Tabla 9.1/4 *(Continuación)*
Selección de símbolos normalizados utilizados habitualmente en planos y documentación de circuitos eléctricos de acuerdo con normas DIN, IEC, ANSI y BS

Nº	Símbolo normalizado	Descripción
08-10-01		Lámpara, representación general Lámpara de señalización, representación general Nota 1: Además del símbolo podrá indicarse el color de acuerdo con la norma DIN IEC 757: RD: rojo, BU: azul YE: amarillo WH: blanco GN: verde Nota 2: Además del símbolo podrá indicarse la clase de lámpara: Ne Neón Xe Xenón Na Vapor de sodio Hg Vapor de mercurio I Yodo IN Incandescente EL Luminiscente ARC Arco FL Fluorescente IR: Infrarroja UV Ultravioleta LED Diodo luminoso
08-10-02		Lámpara de señalización, intermitente

Además de los símbolos representados en las Tablas 9.1/2 a 9.1/4, en la Tabla 9.1/5 se muestra un resumen de símbolos combinados, los así llamados macros.

Tabla 9.1/5
Combinaciones de símbolos de uso frecuente

Macro	Símbolo normalizado
 1)	Contactor de potencia con relé de sobrecarga y contactos auxiliares
 1)	Interruptor tripolar con cerrojo y disparo libre – con disparadores (electrotérmicos) por sobrecarga – con disparadores (electromagnéticos) por cortocircuito
	Seccionador bajo carga tripolar
	Seccionador tripolar con fusibles
 1) 2)	Interruptor con cerrojo y disparo libre, para protección de motores, representado como tripolar, con: – bobina de mínima tensión con contactos auxiliares – tres disparadores (electrotérmicos) por sobrecarga – tres disparadores (electromagnéticos) por cortocircuito
 2) 2) 2)	Sensor, detector de proximidad – principio de trabajo: inductivo – principio de trabajo: capacitivo – principio de trabajo: ultrasonido

1) Representación según la norma DIN.
2) La representación no pertenece a DIN, sin embargo, está formada por símbolos sobre la base del 07-19-02 de la norma DIN 40900.

9.1.3 Denominación de equipos eléctricos, conductores y funciones generales

Identificación de equipos eléctricos

Como equipos eléctricos se definen componentes, aparatos, instalaciones, unidades funcionales, etc. que se representan por determinado símbolo normalizado en un esquema o plano de conexiones.

Los equipos eléctricos se identifican según la norma DIN 40719, Parte 2, de junio de 1978.

La identificación de los equipos eléctricos se compone de cuatro bloques:

Bloque 1 = Instalación
(Asignación de orden superior)

Bloque 2 + Lugar

Bloque 3 − Clase, número de orden del elemento, función

Bloque 4 : Conexión

Dado el caso, para la identificación alcanzan también partes de la marcación. El número, la elección y el orden de los bloques dependen de la envergadura del equipamiento eléctrico.

El bloque "Clase, número de orden del elemento, función" permite diferenciar de la manera más sencilla a los equipos eléctricos y de ser necesario, incluso admite una separación por función.

Este bloque tiene el signo – y se lo subdivide en tres secciones:

Sección 1 "Clase": para definir la clase sólo podrá utilizarse una letra que caracteriza a un equipo eléctrico individual o a una combinación según se observa en la Tabla 9.1/6.

Sección 2 "Número de orden": a cada equipo eléctrico se le asigna un número de uno a tres dígitos en la documentación correspondiente. Este número es obligatorio y siempre se lo debe consignar. Permite diferenciar entre equipos eléctricos de la misma clase y/o función.

Sección 3 "Función": La función de un equipo eléctrico puede identificarse por medio de una o dos letras o una letra y un número subsiguiente. Cuando no se necesita identificar la función se la puede omitir (Ver la Tabla 9.1/7).

Tabla 9.1/6
Letra característica para identificar la clase de un equipo eléctrico de acuerdo con la norma DIN 40719, Parte 2, Tabla 1 de junio de 1978

Letra característica	Clase de equipo eléctrico	Ejemplos
A	Módulos, submódulos	Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos.
B	Convertidor de magnitudes no eléctricas en eléctricas y viceversa	Transductores de medición, sondas termoeléctricas, células térmicas, células fotoeléctricas, dinamómetros, transductores piezoeléctricos, micrófonos, fonocaptores ("pick-up"), altavoces, sincrogeneradores.
C	Condensadores	–
D	Elementos binarios, dispositivos de retardo, memorias	Líneas de retardo, elementos monoestables y biestables, memorias, registros, discos de memoria, aparatos con cinta magnética.
E	Equipos diversos	Instalaciones de iluminación, de calefacción, filtros electrostáticos, ventiladores, dispositivos no enumerados en otros puntos de la presente lista.
F	Dispositivos de protección	Fusibles, descargadores de sobretensiones, relés de protección, disparadores, disparador bimetálico, relé Buchholz.
G	Generadores, suministros de energía eléctrica	Generadores rotativos, baterías, convertidores rotativos de frecuencia, equipos para el suministro de energía, osciladores.
H	Dispositivos de señalización	Aparatos ópticos y acústicos de señalización.
J		Libre
K	Relés, contactores	Contactores de potencia, contactores auxiliares, relés auxiliares, relés intermitentes, relés de tiempo, relés de láminas magnéticas ("Reed – relays").
L	Inductancias	Bobinas de impedancia.
M	Motores	–
N	Amplificadores, reguladores	Circuitos integrados, transformadores de impedancias, amplificadores operacionales.
P	Instrumentos de medición, equipos de pruebas y ensayos	Instrumentos de medición indicadores, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes.
Q	Aparatos de maniobra para corrientes industriales	Interruptores automáticos, seccionadores, seccionadores fusibles bajo carga.
R	Resistencias	Resistencias ajustables, potenciómetros, reóstatos, "shunts", resistencias en derivación, termistores.
S	Interruptores, selectores	Aparatos de mando, pulsadores, pulsadores luminosos, fines de carrera, conmutadores selectores.
T	Transformadores	Transformadores de tensión, de intensidad, de red, separadores y de control.
U	Moduladores, transductores	Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores, convertidores, inversores, onduladores.
V	Válvulas, semiconductores	Válvulas electrónicas, tubos de descarga gaseosos, diodos, transistores, tiristores.
W	Circuitos de comunicaciones, guías de ondas, antenas	Conductores y cables de conexión, barras colectoras, guías de ondas, acopladores direccionales para guías de ondas, dipolos, antenas parabólicas.
X	Bornes, conectores, tomacorrientes	Conectores y tomacorrientes enchufables, bornes de prueba, borneras, bornes soldables.
Y	Equipos mecánicos accionados eléctricamente	Frenos, embragues, válvulas.
Z	Terminaciones, dispositivos compensadores, filtros, limitadores, terminación de horquilla	Compensadores de líneas o línea artificial, reguladores dinámicos, filtros piezoeléctricos.

Tabla 9.1/7
Letra característica para identificar funciones generales de acuerdo con la norma DIN 40719, Parte 2, Tabla 2 de junio de 1978

Letra característica	Función general
A	Función auxiliar, función desconexión ("Off" / No)
B	Dirección de movimiento (hacia delante, atrás, arriba, abajo, en el sentido de las agujas del reloj, en el sentido contrario de las agujas del reloj).
C	Conteo
D	Diferenciación
E	Función conexión ("On" / Sí)
F	Protección
G	Prueba
H	Señalización o aviso
J	Integración
K	Servicio accionado por pulsador
L	Identificación de conductores
M	Función principal
N	Medición
P	Proporcional
Q	Estado (arranque, parada, limitación)
R	Reposición, borrar
S	Almacenar en memoria, grabar
T	Medición del tiempo, retardar
U	–
V	Velocidad (aceleración, frenado)
W	Suma
X	Multiplicación
Y	Analógica
Z	Digital

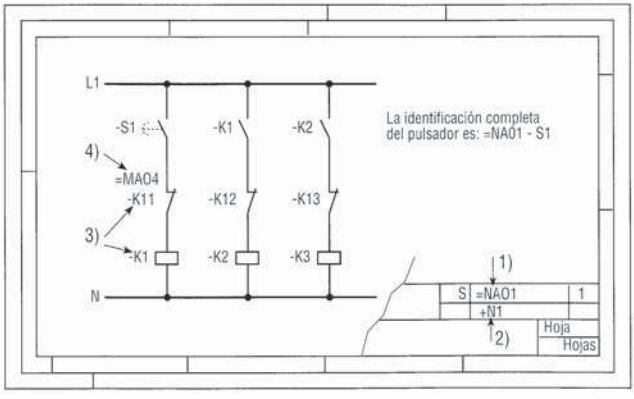
La figura 9.1/10 muestra el esquema de conexión de un control por relés en el que los aparatos eléctricos se identifican de acuerdo con la norma DIN 40719, Parte 2.

Identificación de conductores

La denominación de los bornes de los aparatos a los que deben conectarse determinados conductores y la identificación de los mismos tienen que realizarse de acuerdo con la norma DIN EN 60 445 (Ver la Tabla 9.1/8).

Identificación de los bornes de transformadores de intensidad y de tensión

En la Tabla 9.1/9 se reproduce la identificación de los bornes de los primarios y secundarios de los transformadores de intensidad y de tensión de acuerdo con la normativa de la IEC, BS (Gran Bretaña), ANSI / IEEE (EE.UU.) y DIN VDE.



1) Bloque de identificación 1 (Instalación))
2) Bloque de identificación 2 (Lugar)
3) Bloque de identificación 3 (Clase, número de orden del elemento, función).
4) Bloque de identificación 4 (Instalación que no coincide con la del título)

Figura 9.1/10
Esquema de conexión (Plano) de un control por relés en el que los aparatos eléctricos se identifican de acuerdo con la norma DIN 40719, Parte 2

Tabla 9.1/8
Identificación alfanumérica de algunos conductores especiales y sus conexiones de acuerdo con las normas DIN EN 60 445, sept. 1991, DIN 40 705, feb. 1980 ó IEC 445 y 446 e identificación con símbolos según las normas DIN 30 600, de noviembre de 1988, DIN 40 900, de marzo de 1988 ó IEC 417 y 617

Conductor	Identificación de los extremos del conductor	Identificación de los bornes de los aparatos	símbolo normalizado
Red de corriente alterna			
Fase 1	L1	U	
Fase 2	L2	V	
Fase 2	L3	W	
Neutro	N	N	
Red de corriente continua			
Positivo	L+	C	Representación 1
Negativo	L–	D	o
Central	M	M	Representación 2
de protección	PE	PE	
neutro con función de protección	PEN	–	–
de puesta a tierra	E	E	
de tierra con reducida tensión proveniente de otros sistemas	TE	TE	
de masa	MM	MM	
equipotencial	CC	CC	

Tabla 9.1/9
Denominación de los bornes de los transformadores de intensidad y de tensión

Normas y disposiciones	Primario	Secundario	
Transformadores de intensidad			
		1 Bobinado, varias derivaciones	Varios bobinados
IEC 185: BS 3938:	P1 P2	S1 S2 . . . S*n*	1S1 1S2 . . . *n*S1 *n*S2
ANSI/IEEE C57.13	H1 H2	X1 X2 . . . X*n*	V1 V2, W1 W2 . . . Z1 Z2
DIN VDE 0414 Parte 1	K L	k11 . . . l*n*	1k 1l . . . *n*k *n*l
Transformador de tensión			
IEC 186, BS 3941	A N o A B	a1 a2 . . . n a1 a2 . . . b	1a 1n, 2a 2n, o da dn – –
ANSI/IEEE C57.13	H1 H2	x1 . . . x*n*	x1 x2, y1 y2 . . .
DIN VDE 0414 Parte 1	U V o U X	u1 u2 . . . v – –	– – 1u 1x . . . *n*u *n*x o ux y en

9.1.4 Esquemas de conexión

9.1.4.1 Clases de esquemas

Los esquemas o planos de conexiones se dibujan de manera tal que los símbolos normalizados representan, básicamente, a los aparatos en estado de reposo, es decir, sin tener tensión aplicada o bien sin que circule corriente y las partes mecánicas sin accionar. Toda diferencia con respecto a esta regla debe indicarse explícitamente en los esquemas o planos (Ver la norma DIN 40900, Parte 7, de marzo de 1988).

Se distinguen las siguientes clases de esquemas:

- ▷ Esquema general o de bloques,
- ▷ Esquema funcional o de funcionamiento,
- ▷ Esquema equivalente.

Esquema general o de bloques (unifilar)

El esquema general (también denominado diagrama en bloques) es la representación más simple de un esquema eléctrico, en el que sólo se indican los aparatos más importantes, su modo de trabajo y disposición. El circuito se dibuja, en general, unifilar, y no se representan los conductores de mando (Figura 9.1/11).

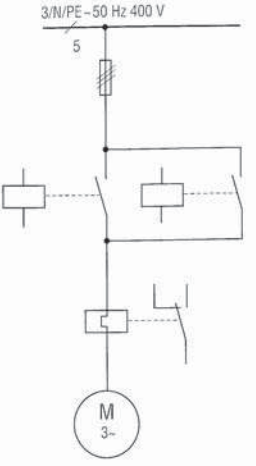


Figura 9.1/11
Esquema general o de bloques

Esquema de circuitos funcionales o de funcionamiento

El esquema funcional es la representación detallada en un único plano de los circuitos principal y de mando de una conexión eléctrica. Este esquema muestra el funcionamiento de los aparatos y equipos de una instalación eléctrica.

En la actualidad, es la forma más utilizada en la electrotecnia para la representación de una conexión o circuito. Se subdivide en circuito principal y en circuito auxiliar (circuito de mando y circuito de señalización). Los diferentes circuitos se dibujan por separado y en esta secuencia de izquierda a derecha (Figura 9.1.12).

Con la denominación de los equipos eléctricos, no sólo se identifican los aparatos completos como tales, sino que todos los contactos utilizados del mismo, representados en los diferentes circuitos, reciben la misma designación.

Nota:

Existe una propuesta de utilizar en los esquemas o planos confeccionados con el auxilio de procedimientos computadorizados o CAD un trazo uniforme, con preferencia de 0,2 mm, para dibujar los símbolos normalizados, las conexiones eléctricas y de acción.

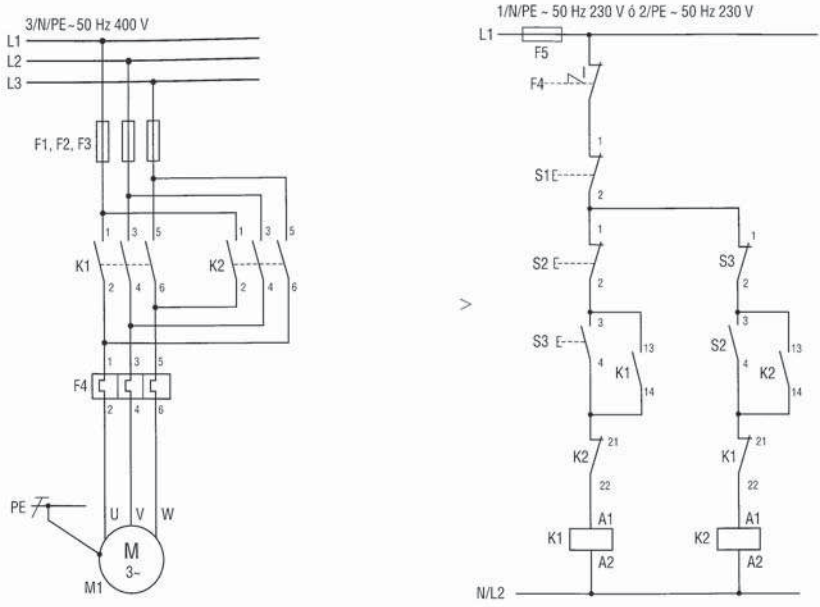
Esquema equivalente

Este esquema es una ejecución especial en la que se consignan todos los detalles utilizados para el análisis y los cálculos de las características de un circuito.

9.1.4.2 Utilización y modificación de los esquemas básicos

Los esquemas que a continuación se describen, comprenden planos con circuitos principales y auxiliares de uso frecuente. Su descripción se mantiene neutra y no da información alguna sobre la disposición de los aparatos en los armarios o tableros.

Por lo general, en los circuitos principales se intercalaron fusibles para la protección contra cortocircuitos y relés o disparadores para la protección contra sobrecargas.



a) Circuito principal

b) Circuito auxiliar

Figura 9.1/12 Esquema funcional con circuitos principales y auxiliares

Para la elaboración de los esquemas de circuitos auxiliares se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- ▷ Para la protección contra cortocircuitos de los circuitos auxiliares se previó un fusible en el conductor de alimentación correspondiente a la fase.
- ▷ Los contactos auxiliares de los relés de sobrecargas correspondientes a un motor se conectaron en la línea común de alimentación de las bobinas de todos los contactores correspondientes a este consumidor. Con esto se evita que, después de un disparo por relé, otro contactor arranque el motor antes de tiempo.

9.1.5 Maniobras con contactores

El contactor es uno de los aparatos más importantes en la técnica de los circuitos eléctricos que reúne en sí las características requeridas con mayor frecuencia para los controles:

- ▷ Mando a distancia.
- ▷ Elevada frecuencia de maniobras al igual que funcionamiento continuo.
- ▷ Elevada vida útil mecánica.
- ▷ Requiere de poco espacio.
- ▷ Los contactos operan de manera confiable.
- ▷ No requieren de mantenimiento.

A su vez para realizar estas funciones el contactor demanda:

- ▷ Señales de comando inequívocas y
- ▷ que se respete el margen de tolerancia admisible en la tensión aplicada a su bobina.

A las bobinas de los contactores se les aplica la tensión existente entre una fase y neutro o la tensión suministrada por el secundario de un transformador de control conectado entre dos fases.

El segundo de los conductores conectados al secundario del transformador de control se conectará de preferencia con el conductor de protección. Los circuitos de mando derivados de un transformador de control también podrán operarse sin conexión a tierra cuando el circuito dispone de un controlador de aislamiento.

Las bobinas de los contactores están dispuestas en los circuitos de mando con uno de sus bornes directamente conectado al neutro (dado el caso, al conductor secundario del transformador previsto para la puesta a tierra) y entre el otro borne y la fase se conectarán los diversos contactos de los circuitos de mando. Con esto se evita el peligro de una excitación involuntaria de la bobina en caso de una falla a tierra en el circuito de mando.

Los contactores que no deben conectarse simultáneamente, tienen que tener un enclavamiento mutuo a través de contactos auxiliares NC (de apertura).

Los interruptores y pulsadores de mando se enclavan entre sí de la misma manera, es decir, a través de contactos NC. De esta forma es posible conmutar de una posición a otra sin necesidad de accionar el pulsador de parada. Este enclavamiento evita también la acción de ordenes de conexión dadas simultáneamente a varios contactores (los así denominados comandos dobles).

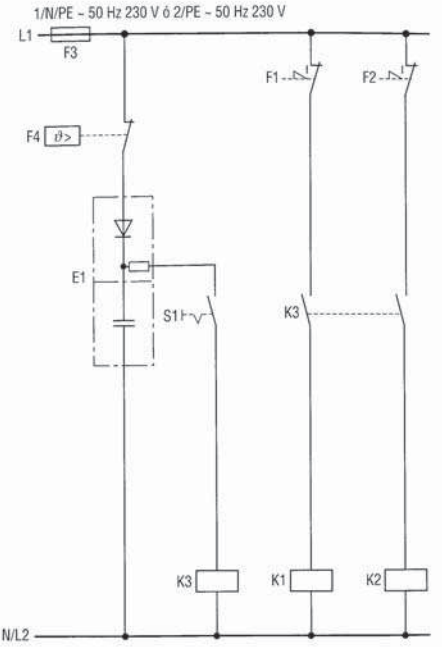
En los esquemas básicos se utilizan los símbolos normalizados de acuerdo con DIN 40900, partes 1 a 13.

9.1.5.1 Contactores con retardo en la desconexión para el caso de comandos inestables

Los comandos inestables pueden provocar vibraciones en el funcionamiento del contactor. La consecuencia es la destrucción de su sistema magnético o la soldadura de los contactos cuando éstos conectan corrientes muy elevadas.

El margen de tolerancia admisible para la tensión aplicada a la bobina de los contactores de Siemens es de 0,8 a 1,1 veces U_s. Cuando la tensión nominal de mando aplicada a la bobina es muy elevada, su vida útil se reduce y, en algunos casos, hasta puede quemarse. Si la tensión es muy reducida, disminuye la presión de contacto y los contactos pueden soldarse. Además, la bobina se quema y, por otra parte, se produce un desgaste prematuro del sistema magnético.

Los circuitos de mando de un contactor auxiliar con retardo en la desconexión evitan los efectos perniciosos cuando los comandos no son estables.



Contactos auxiliares requeridos:

Contactor K3:	2 NA y circuito economizador de corriente continua.
Interruptor de mando S1:	1 NA
Termostato F4:	1 NC
Relés de sobrecarga F1 y F2:	1 NC cada uno

Figura 9.1/13
Esquema de conexión de un circuito auxiliar con contactores y retardo en la desconexión

La figura 9.1/13 muestra un esquema de conexión de un circuito auxiliar con contactores y retardo en la desconexión.

El interruptor de mando S1 aplica tensión al contactor auxiliar K3 con retardo en la desconexión debido a que el contacto NC del termostato K4 permanece cerrado. Los contactos NA de K3 accionan los contactores K1 y K2.

Aunque se produzcan comandos inestables, por ejemplo, por vibraciones del contacto NC de F4, los contactores K1 y K2 permanecerán conectados sin problemas porque el condensador de E1 suministra

la energía necesaria para la bobina del contactor K3 ante una apertura breve del contacto NC de F4.

Si necesita información adicional relacionada con este tema, podrá consultar el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

9.1.5.2 Contactos auxiliares de actuación prolongada en contactores (en especial para accionamientos de corriente continua)

En la figura 9.1/14 se representa el esquema de conexión de un mando con un contactor con contactos auxiliares de actuación prolongada.

Cuando se acciona el interruptor de mando S1, se aplica tensión directamente a la bobina del contactor a través de su contacto NC de actuación prolongada. La excitación de la bobina se mantiene sobre su valor hasta que el contacto NC de actuación prolongada abre, y la resistencia economizadora R1 quede conectada en serie con la mencionada bobina de K1.

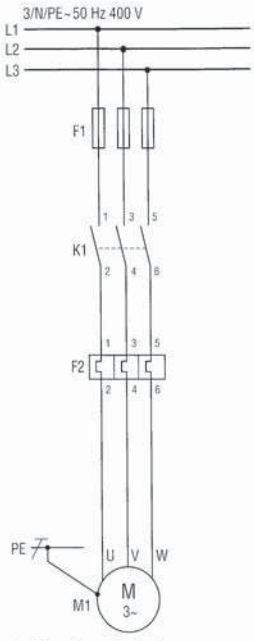
El motor arranca.

9.1.5.3 Retardador de desconexión para contactores

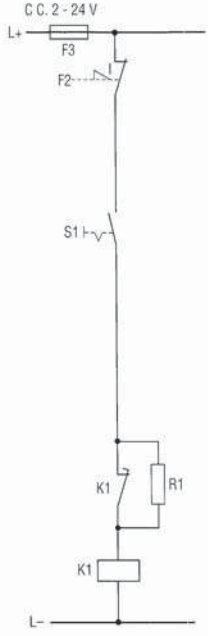
La información necesaria de los retardadores de desconexión para contactores se podrá consultar en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens o en la Sección 4.3.1 del presente libro.

9.1.5.4 Combinación de seguridad con contactores

Los esquemas para las combinaciones de seguridad con contactores se muestran en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens o en las secciones 4.3.4 y 4.6 del presente libro.



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NC de actuación prolongada.
Interruptor de mando S1: 1 NA
Termostato F2: 1 NC

Figura 9.1/14
Esquemas de conexión de un circuito de mando con contactores, contacto auxiliar de actuación prolongada, identificación, clase y número de orden de los equipos eléctricos

9.2 Arranque y parada directos de motores trifásicos

9.2.1 Conexión y desconexión de motores trifásicos

Los esquemas de los arrancadores directos para motores trifásicos se muestran en la figura 9.2/1.

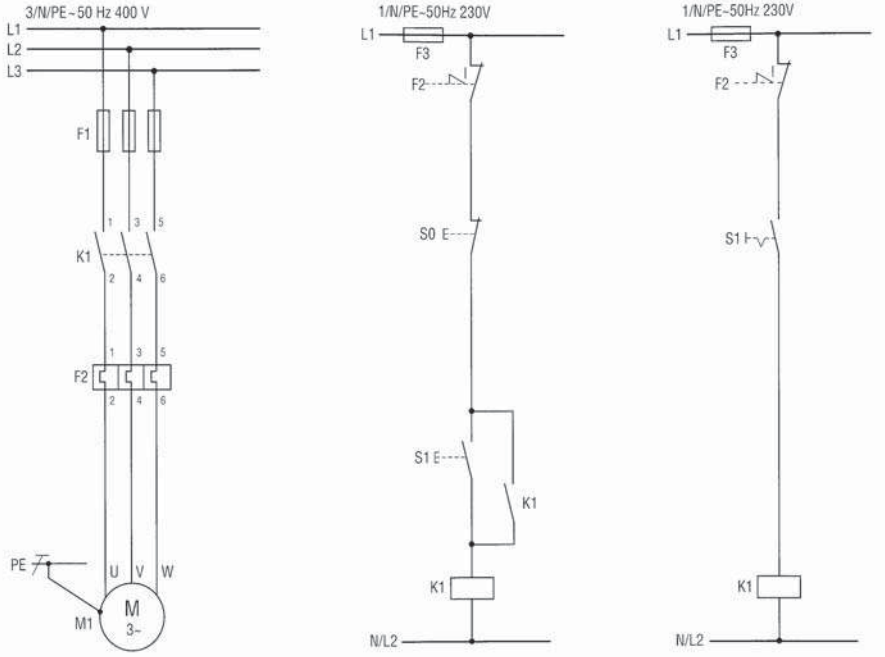
Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/1 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca.

Desconexión (Parada): El pulsador S0 abre el circuito de autorretención, los contactos abren y el motor se detiene.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/1 c)

Cuando se opera el interruptor se conecta o desconecta el contactor K1 y, con ello, arranca o para el motor.



a) Circuito principal

b) Circuito auxiliar para operación por pulsador

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1: 1 NA
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

Figura 9.2/1
Esquemas de conexión para el arranque y la parada directas de motores trifásicos asincrónicos

9.2.2 Conexión alternativa de motores trifásicos a dos redes diferentes

En la figura 9.2/2 se muestran los esquemas para la conexión alternativa de motores trifásicos a dos redes diferentes.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/2b):

Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca conectado a la red I.

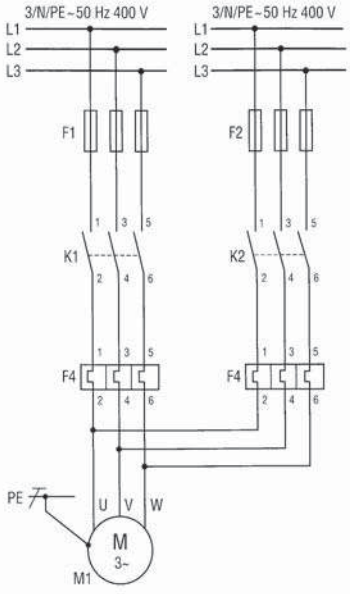
Conmutación de la red I a la II: Cuando se acciona el pulsador S2, el contactor K1 recibe, por medio del contacto NC del pulsador S2, el comando de desconexión y al mismo tiempo el contacto NA del mismo pulsador da al contactor K2 el comando de conexión. Esta orden es efectiva cuando el contacto NC del contactor K1 cierra. El contacto de autorretención del contactor K2 cierra, y el motor queda conectado a la red II.

El concepto de la conmutación de la red II a la red I es análoga a la de la red I a la red II.

Desconexión (Parada): El pulsador S0 abre los circuitos de autorretención de los contactores K1 o K2. El contactor que estaba conectado abre, y el motor se detiene.

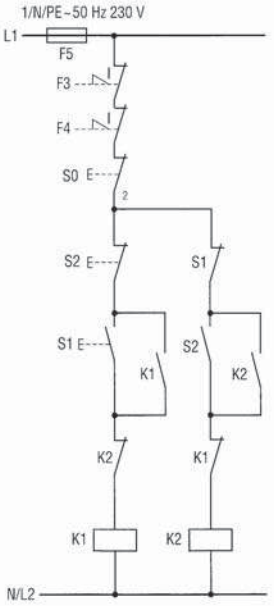
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/2 c)

Cuando se opera el interruptor S1, según su posición, se conecta o desconecta el contactor K1 o el K2.



a) Circuito principal

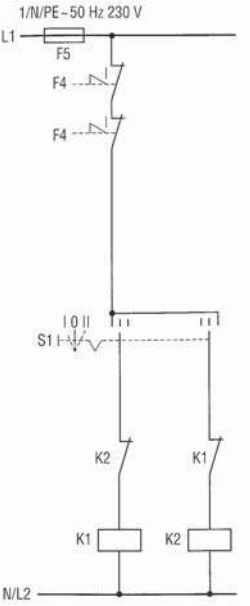
Figura 9.2/2
Esquemas de conexión para conmutar motores trifásicos asincrónicos de la red I a la II y viceversa



b) Circuito auxiliar para operación por pulsador

Contactos auxiliares requeridos:

Contactor K1: 1 NA + 1 NC
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA + 1 NC
Pulsador S2: 1 NA + 1 NC
Relés de sobrecargas F3 y F4: 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:

Interruptor de mando S1 con tres posiciones
Contactor K1: 1 NC
Contactor K2: 1 NC
Relés de sobrecargas F3 y F4: 1 NC cada uno

Nota:

Es preferible que la tensión para el circuito auxiliar provenga de una batería o una fuente de alimentación ininterrumpible (o UPS). Dado el caso, también se conmutarán todos los polos de la tensión auxiliar.

9.2.3 Arranque secuencial automático de varios motores trifásicos asincrónicos

En la figura 9.2/3 se representan los esquemas para el arranque secuencial automático de varios motores trifásicos asincrónicos (Circuito secuencial).

Operación por medio de pulsadores y contactor auxiliar (Figura 9.2/3b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor auxiliar K5, cuyo contacto de autorretención cierra. Un contacto NA del contactor auxiliar K5 suministra tensión a la bobina del contactor K1, y un contacto de K1 aplica tensión a la bobina de K2 y así sucesivamente hasta que conecte el contactor K4 ya que los contactos NA del contactor K5 están cerrados. Los motores arrancan uno después del otro en forma automática por la acción de los contactores K1 a K4. Los picos iniciales de las corrientes de arranque de cada motor quedan así desplazados en el tiempo y la carga sobre la red es mucho menor que en un arranque simultáneo de todas las unidades. Esta disposición es útil para motores con tiempos de arranque muy breves o potencias reducidas. Cuando los tiempos de arranque de los motores son más largos, se recomienda diferir en el tiempo el arranque de cada motor con relés de tiempo hasta que el anterior llegue a valores admisibles y poder asegurar así que no se sobrecarga la red.

Desconexión (Parada): Con el pulsador S0 se desconectan los contactores K1 hasta K4 y también K5. Todos los motores se detienen al mismo tiempo.

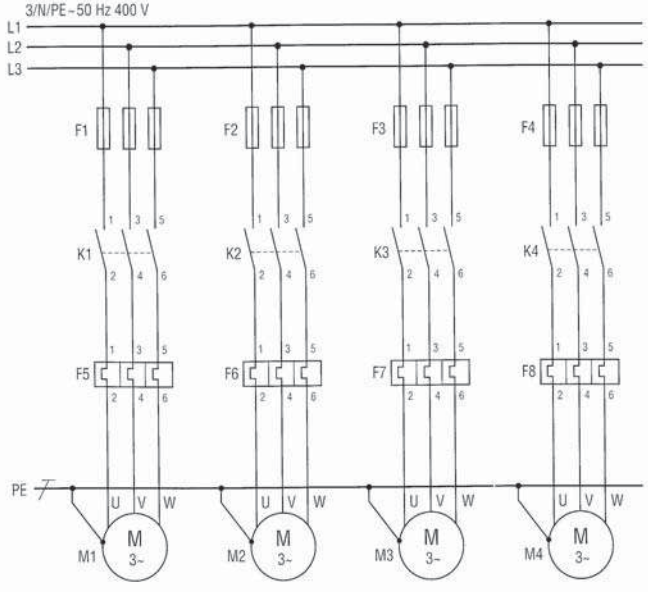
Operación por medio de pulsadores, sin contactor auxiliar (Figura 9.2/3 c)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión directamente a la bobina del contactor K1. El contacto de autorretención y un contacto NA de K1 cierran. Los contactores K2 a K4 se conectan uno tras otro. Los motores arrancan uno después del otro (ver conexión por pulsador y contactor auxiliar).

Desconexión (Parada): Con el pulsador S0 se desconectan los contactores K1 hasta K4. Todos los motores se detienen al mismo tiempo.

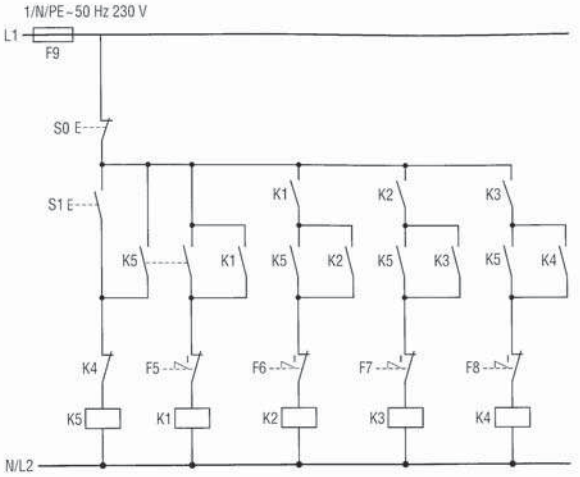
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/3 d)

Cuando se acciona el interruptor S1, se aplica tensión a la bobina del contactor K1. Un contacto NA del contactor K1 cierra y suministra tensión a la bo-



a) Circuito principal

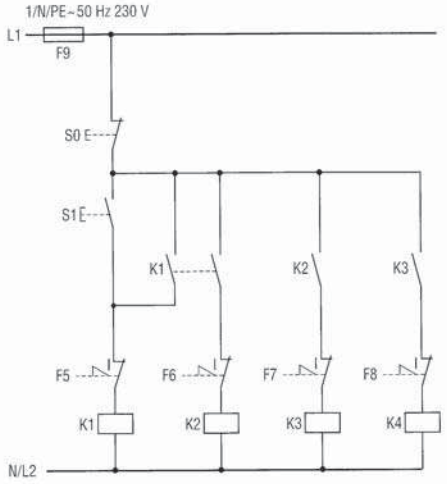
Figura 9.2/3
Esquemas de conexión para el arranque secuencial automático de varios motores trifásicos asincrónicos



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores, relés de sobrecarga *sin* bloqueo de reconexión

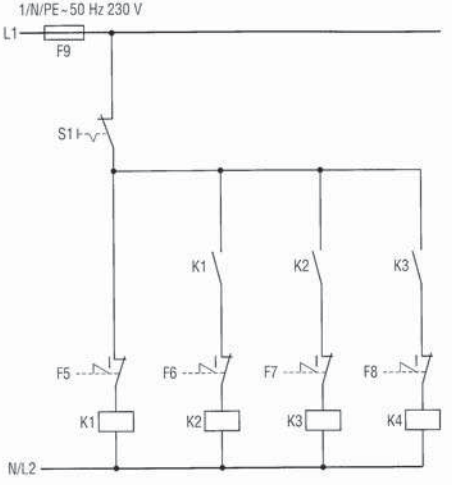
Contactos auxiliares requeridos:

Contactores K1, K2 y K3: 2 NA cada uno
Contactor K4: 1 NA + 1 NC
Contactor auxiliar K5: 4 NA
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA



c) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores, relés de sobrecarga *con* bloqueo de reconexión

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 2 NA
Contactores K2 y K3: 1 NA cada uno
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA



d) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 1 NA
Contactores K1, K2 y K3: 1 NA cada uno

bina del contactor K2 y así sucesivamente, hasta que conecte K4. Los motores arrancan uno después del otro de una manera similar a la descripta para la operación por medio de pulsadores, sin contactor auxiliar. Cuando S1 abre, todos los contactores se desconectan y los motores se detienen al mismo tiempo.

9.2.4 Inversión del sentido de giro de motores trifásicos asincrónicos (Inversores de marcha)

Los esquemas para la inversión del sentido de giro de motores trifásicos asincrónicos se muestran en la figura 9.2/4.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se suministra la información necesaria de los inversores de marcha con su cableado completo y con enclavamiento mecánico, así como de los componentes para su armado.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/4 b)

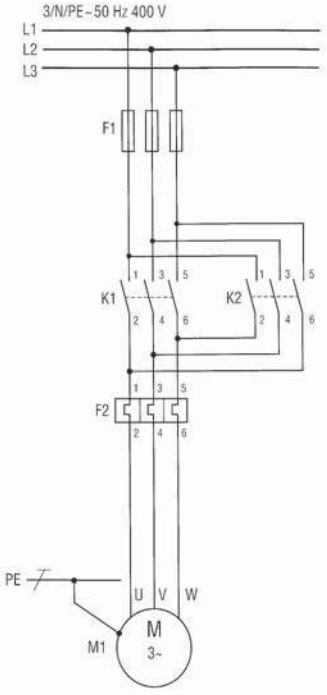
Conexión (Arranque): El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, cierra el contacto de autorretención de K1 y el motor arranca con un sentido de giro, por ejemplo, hacia la derecha.

Inversión: Cuando se acciona el pulsador S2, su contacto NC desconecta el contactor K1 al mismo tiempo que el contacto NA del mismo pulsador da el comando de conexión al contactor K2. Dicha orden es efectiva una vez que cerró el contacto NC del contactor K1. El motor se frena y arranca con sentido de giro hacia la izquierda.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de los contactores K1 y K2, el contactor conectado desconecta y el motor se detiene.

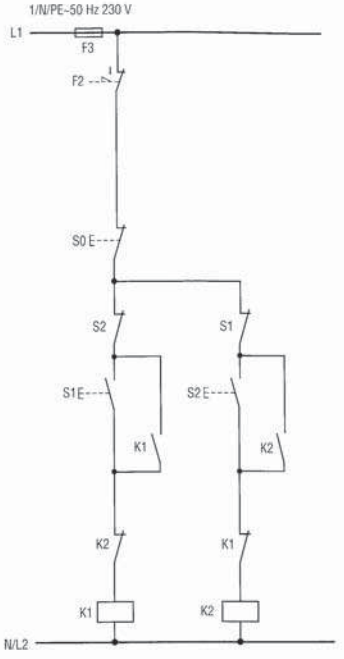
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/4 c)

El interruptor S1 conecta el contactor K1 y desconecta el K2 o viceversa, según su posición. El resto de la operación es análoga a la operación por medio de pulsadores.



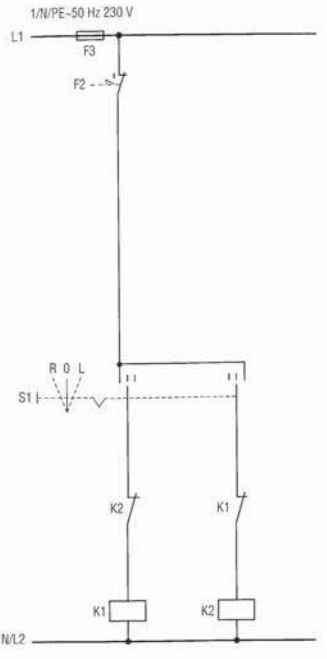
a) Circuito principal

Figura 9.2/4
Esquemas de conexión para la inversión de marcha de motores trifásicos asincrónicos



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NA + 1 NC cada uno
Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S1 y S2: 1 NA + 1 NC
Relé de sobrecarga F2 1 NC



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 con tres posiciones
Contactores K1 y K2: 1 NC cada uno
Relé de sobrecarga F2 1 NC

9.2.5 Motores trifásicos con polos conmutables

9.2.5.1 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables con un bobinado (conexión Dahlander), dos velocidades y un sentido de giro.

La utilización de motores con conexión Dahlander en el caso de motores con polos conmutables y dos velocidades en relación 1:2 ofrece un mayor rendimiento que una conmutación de polos con dos bobinados separados porque para cada velocidad se usa todo el bobinado. El bobinado está formado por dos grupos de arrollamientos por fase.

Al conmutar e invertir el sentido de la corriente del grupo de arrollamiento correspondiente se obtiene la conmutación de los polos. Existen diferentes conexiones Dahlander que posibilitan la mejor adaptación al par antagónico o resistente del elemento accionado.

Las más usuales son:

- ▷ Triángulo/Estrella-estrella
  Para accionamientos con par constante, relación de potencias: $P_1/P_2 = 1{:}1{,}4$
- ▷ Estrella-estrella / Triángulo
  Para accionamientos con potencia constante, relación de potencias: $P_1/P_2 = 1{:}1$
- ▷ Estrella-estrella/Estrella
  Para accionamientos con par antagónico cuadrático (por ejemplo, ventiladores), relación de potencias: $P_1/P_2 = 1{:}4$ hasta 8.

Otras ventajas:

Sólo se requieren seis bornes. La velocidad se modifica por conmutación y por formación de un centro estrella.

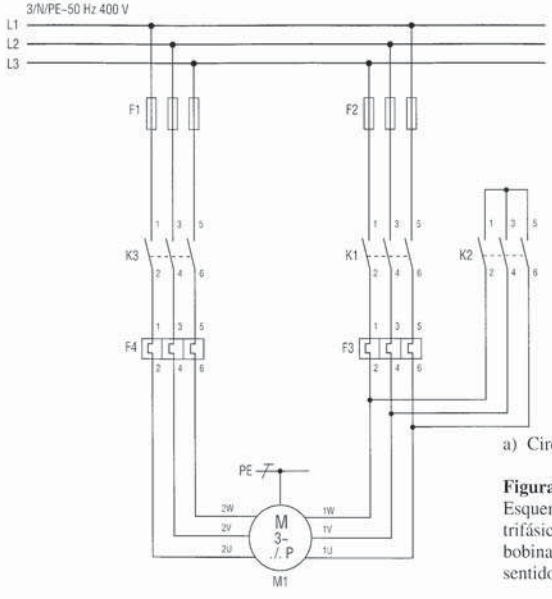
En la conexión triángulo se utiliza un arranque estrella-triángulo y en la estrella-estrella, se puede tener un arranque con estrella simple y una relación de corrientes y pares de 1:4.

La figura 9.2/5 representa el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con un bobinado (conexión Dahlander), dos velocidades y un sentido de giro.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/5 b)

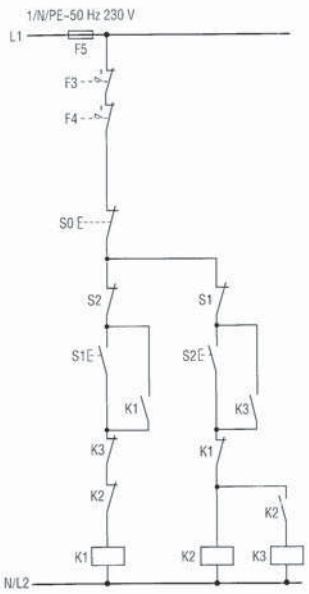
Conexión (Arranque): El pulsador S1 permite aplicar tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca con la velocidad menor.

Conmutación: Cuando se acciona el pulsador S2, su contacto NC da el comando de desconexión al con-



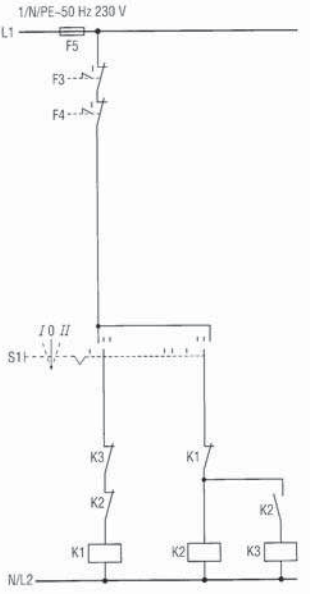
a) Circuito principal

Figura 9.2/5
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con un bobinado (conexión Dahlander), dos velocidades y un sentido de giro



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NA + 1 NC cada uno
Contactores K2: 1 NA + 1 NC cada uno
Contactores K3: 1 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S1 y S2: 1 NA + 1 NC cada uno
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 con tres posiciones
Contactores K1 y K3: 1 NC cada uno
Contactor K2: 1 NC + 1 NA
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno

tactor K1, a la vez que el contacto NA del mismo pulsador da el comando de conexión al contactor K2.

Dicha orden es efectiva para el contactor K2 una vez que cerró el contacto NC del contactor K1. El contacto de autorretención del contactor K2 cierra. Un contacto NA del contactor K2 suministra tensión a la bobina del contactor de red K3, y el motor gira con la velocidad mayor.

La conmutación a la velocidad menor se efectúa en orden inverso a la antes descripta.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de los contactores K1 o K2 y K3, y el motor se detiene.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/5 c)

El interruptor S1, según su posición conecta, desconecta o conmuta los contactores K1 o K2 y K3. El funcionamiento es análogo al de la operación con pulsadores.

Nota para el circuito principal (Figura 9.2/5 a):

Los fusibles F1 y F2 se seleccionan en conformidad con las corrientes asignadas del motor para ambas velocidades. Cuando la diferencia de las corrientes asignadas de las dos velocidades es pequeña y pueden utilizarse relés de sobrecargas F3 y F4 con el mismo rango de ajuste, se admite una protección por fusibles común para los contactores K1 y K3 del motor.

9.2.5.2 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con un bobinado (conexión Dahlander), dos velocidades y dos sentidos de giro

Los esquemas del comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con un bobinado (conexión Dahlander), dos velocidades y dos sentidos de giro se muestran en la figura 9.2/6.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/6 b)

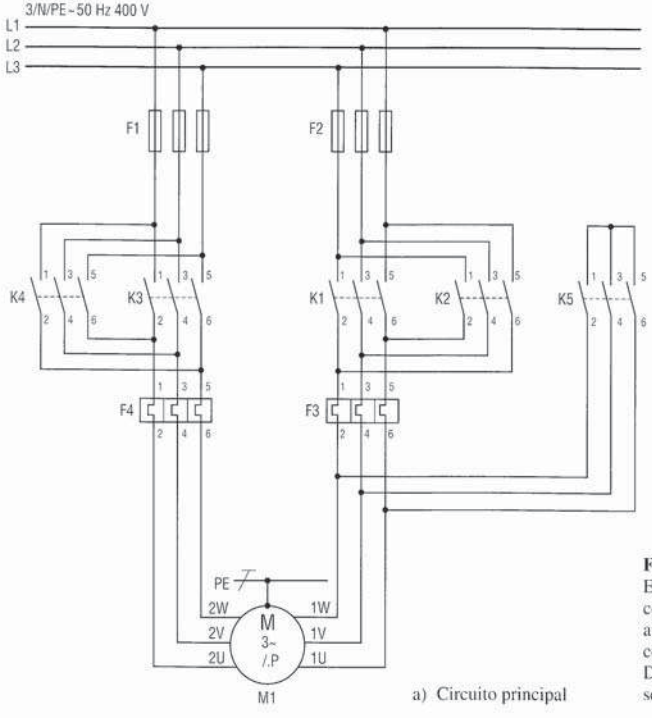
Conexión (Arranque), por ejemplo, con sentido de giro hacia la derecha: El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca con la velocidad menor.

Conmutación a la velocidad mayor: Cuando se acciona el pulsador S3, uno de sus contactos NC da el comando de desconexión al contactor K1. Los contactos NA del pulsador S3 dan el comando de conexión al contactor estrella K5 y al contactor K3. El comando de conexión del contactor estrella K5 es efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1 y el comando de conexión del contactor K3 cuando cierra el contacto NA del contactor K5. Los contactos de autorretención de los contactores K5 y K3 cierran, y el motor gira con la velocidad mayor.

Conmutación a la velocidad menor: se efectúa en el orden inverso al antes descripto.

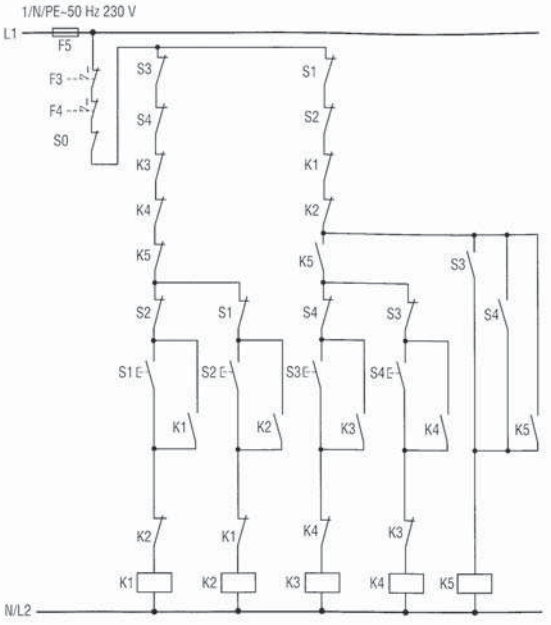
Conmutación a sentido de giro hacia la izquierda (velocidad elevada): Cuando se acciona el pulsador S4, uno de sus contactos NC da el comando de desconexión al contactor K3. Un contacto NA del mismo pulsador da el comando de conexión del contactor K4. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K3. El motor gira hacia la izquierda a la velocidad mayor.

Conmutación a sentido de giro hacia la izquierda (velocidad menor): La conmutación se efectúa accionando el pulsador S2. El funcionamiento es análogo al de la velocidad mayor.



a) Circuito principal

Figura 9.2/6
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con un bobinado (conexión Dahlander), dos velocidades y dos sentidos de giro



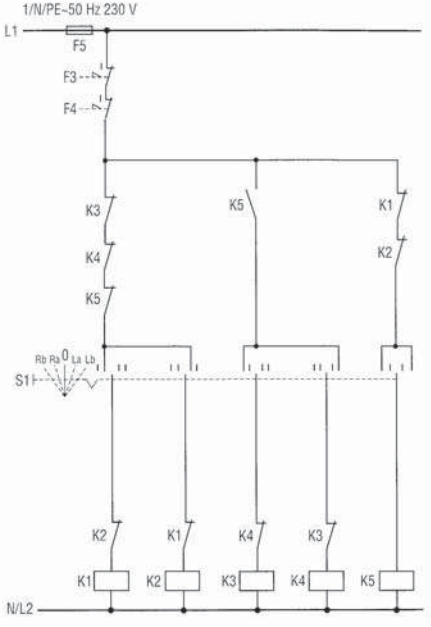
Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de todos los contactores conectados y, por lo tanto, el motor se detiene.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/6 c)

Según la posición del interruptor S1, se aplica tensión a la bobina del contactor K1 para que el motor gire hacia la derecha a la velocidad menor, o a la bobina del contactor K2 para que el motor gire hacia la izquierda con esa velocidad. El comando de conexión sólo es efectivo cuando los contactos NC de los contactores K2 o bien K1, se encuentran cerrados respectivamente. Cuando se conmuta a la velocidad mayor, se conecta el contactor estrella K5, cuyo contacto NA acciona el contactor K3 para sentido de giro hacia la derecha o bien el contactor K4 para sentido de giro hacia la izquierda. El comando de conexión para el contactor estrella K5 se hace efectivo una vez que los contactos NC de los contactores K1 o K2 cerraron.

Nota:

Para la selección de los fusibles F1 y F2, ver la nota correspondiente a la figura 9.2/5 a.



△

b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:

Contactores K1, K2, K3 y K4 1 NA + 2 NC cada uno
Contactor K5: 2 NA + 1 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S1 y S2: 1 NA + 2 NC cada uno
Pulsadores S3 y S4: 2 NA + 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno

c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:

Interruptor de mando S1 con cinco posiciones
Contactores K1, K2, K3 y K4: 2 NC cada uno
Contactor K5: 1 NC + 1 NA
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno

9.2.5.3 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con dos bobinados separados, dos velocidades y un sentido de giro

Los esquemas del comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con dos bobinados separados, dos velocidades y un sentido de giro se representan en la figura 9.2/7.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/7 b)

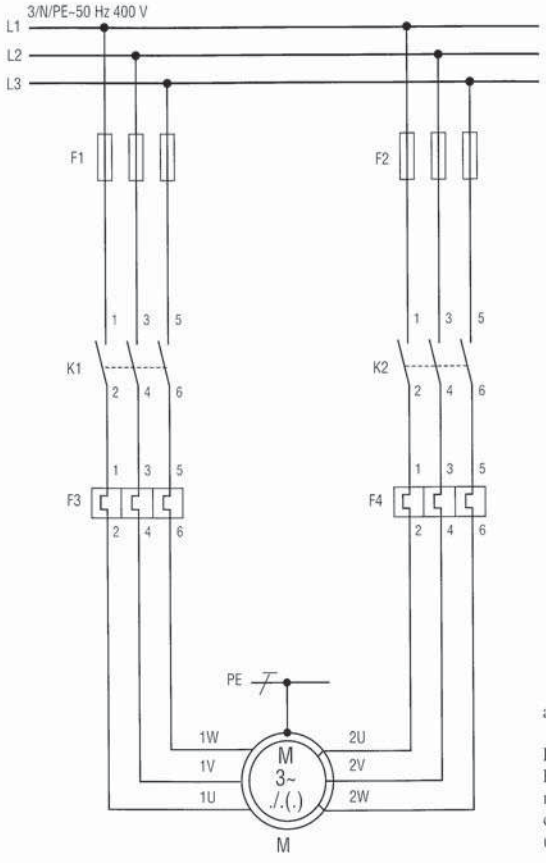
Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca, por ejemplo, con la velocidad menor.

Conmutación: Cuando se acciona el pulsador S2, su contacto NC da el comando de desconexión al contactor K1. El contacto NA del pulsador S2 da el comando de conexión al contactor K2. El comando es efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1. El motor gira con la velocidad mayor.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de los contactores K1 o K2 y, por lo tanto, el motor se detiene.

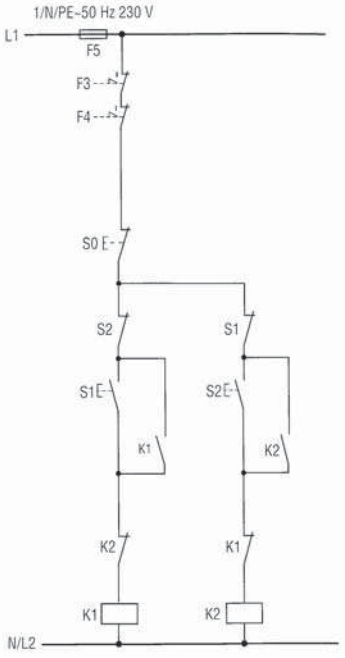
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/7 c)

El interruptor S1, según sea su posición, conecta, desconecta o conmuta el contactor K1 o el K2 (funcionamiento similar al descripto para la operación por medio de pulsadores).



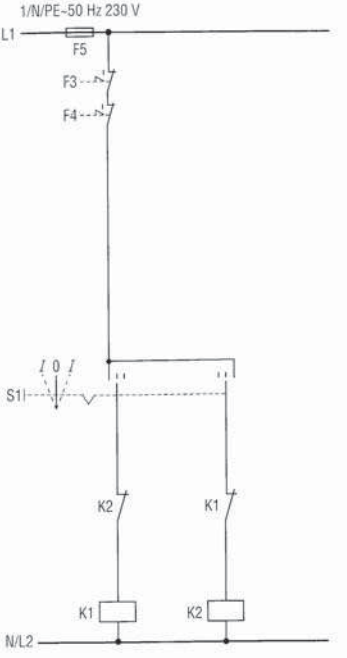
a) Circuito principal

Figura 9.2/7
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con dos bobinados separados, dos velocidades y un sentido de giro



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2 1 NA + 1 NC cada uno
Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S1 y S2: 1 NA + 1 NC cada uno
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 con tres posiciones
Contactores K1 y K2: 1 NC cada uno
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno

9.2.5.4 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables con dos bobinados separados, dos velocidades y dos sentidos de giro

Los esquemas para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con dos bobinados separados, dos velocidades y dos sentidos de giro se muestran en la figura 9.2/8.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/8b)

Conexión (Arranque), por ejemplo, con dirección de rotación hacia la derecha: El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca, por ejemplo, a la velocidad menor.

Conmutación de la velocidad menor a la mayor: Cuando se acciona el pulsador S2, uno de los contactos NC da el comando de desconexión al contactor K1. El contacto NA del pulsador S2 da el comando de conexión al contactor K2. El comando se hace efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1. El contacto de autorretención de K2 cierra. El motor gira con la velocidad mayor.

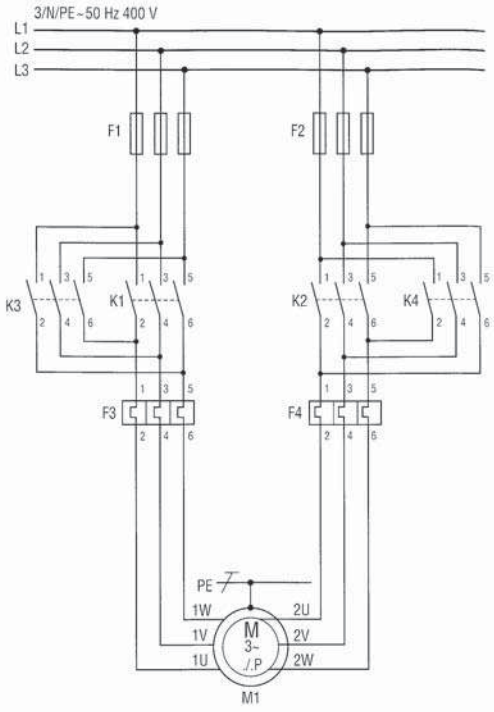
Conmutación del sentido de giro de derecha a izquierda, por ejemplo, con la velocidad menor: Cuando se acciona el pulsador S3, uno de sus contactos NC da el comando de desconexión al contactor K1. El contacto NA del pulsador S3 da el comando de conexión al contactor K3. El comando se hace efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1. El contacto de autorretención del contactor K3 cierra. El motor frena y a continuación gira hacia la izquierda.

La conmutación del sentido de giro de derecha a izquierda, con conmutación simultánea de la velocidad menor a la mayor se efectúa accionando el pulsador S4. El concepto del funcionamiento es análogo al de la conmutación antes descripta.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de la bobina del contactor accionado y, por lo tanto, el motor se detiene.

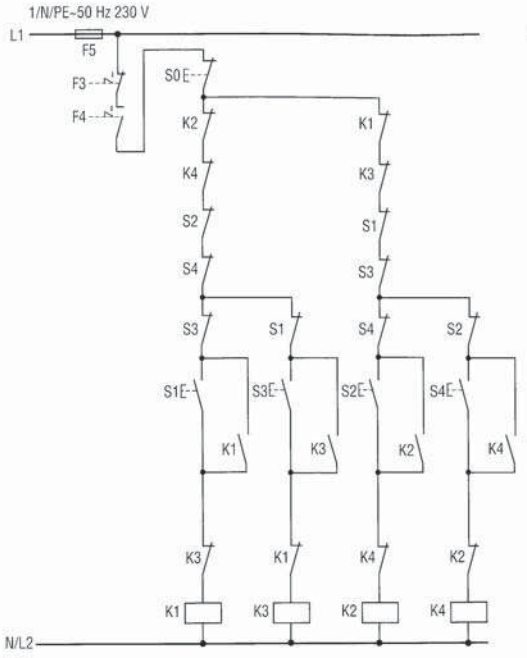
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/8 c)

El interruptor S1, según su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1, K2, K3 o K4. El funcionamiento de esta conexión es semejante a la operación por medio de pulsadores.



a) Circuito principal

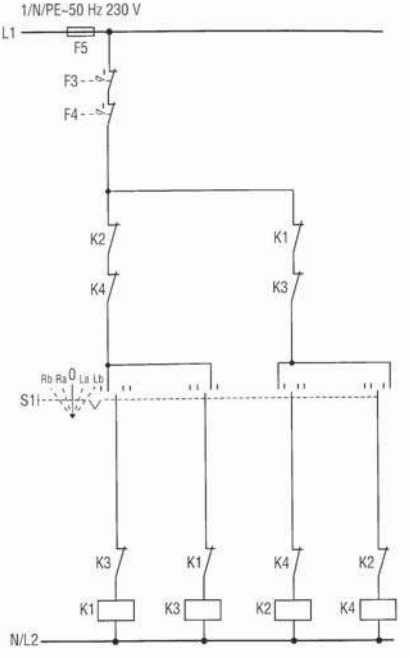
Figura 9.2/8
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con dos bobinados separados, dos velocidades y dos sentidos de giro



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:

Contactores K1, K2, K3 y K4 1 NA + 2 NC cada uno
Pulsadores S1, S2, S3 y S4: 1 NA + 2 NC cada uno
Pulsador S0: 1 NC
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:

Interruptor de mando S1 con cinco posiciones
Contactores K1, K2, K3 y K4: 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F3 y F4 1 NC cada uno

9.2.5.5 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, un sentido de giro, un bobinado en conexión Dahlander y un bobinado separado para la velocidad menor

Los esquemas para un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, un sentido de giro, un bobinado en conexión Dahlander y un bobinado separado para la velocidad menor se representan en la figura 9.2/9.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/9 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca con la velocidad menor.

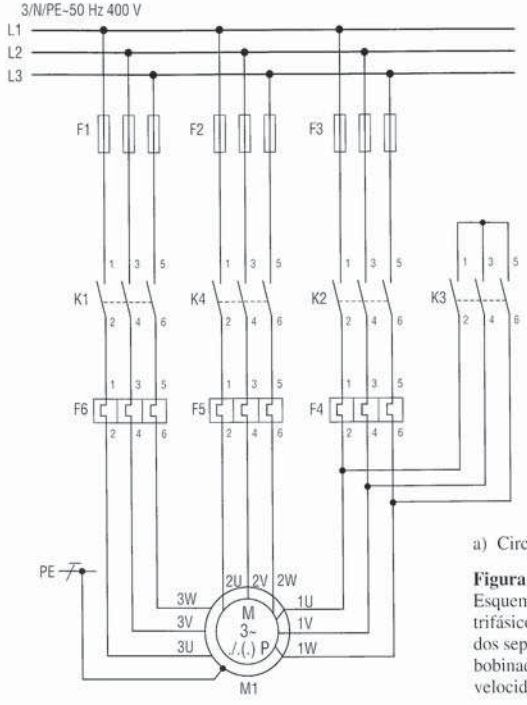
Conmutación: Cuando se acciona el pulsador S2, uno de sus contactos NC da el comando de desconexión al contactor K1. El contacto NA del pulsador S2 da el comando de conexión del contactor K2. Esta orden se hace efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1. El contacto de autorretención del contactor K2 cierra. El motor gira con la velocidad intermedia.

Al accionar el pulsador S3, se da el comando de conexión al contactor K3. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K2. El contacto de autorretención del contactor K3 cierra y la bobina del contactor K4 recibe tensión a través de un contacto NA del contactor K3. El motor gira con la velocidad mayor.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores que están conectados y, por lo tanto, el motor se detiene.

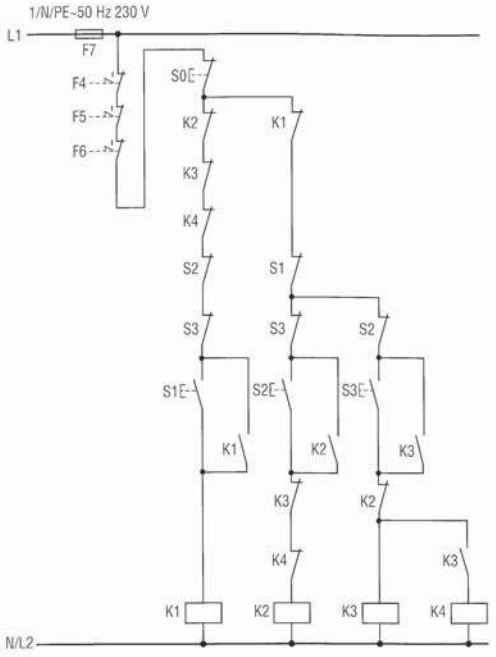
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/9c)

El interruptor S1, según su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1, K2, K3 y K4. El funcionamiento de esta conexión es semejante al de la operación por medio de pulsadores.



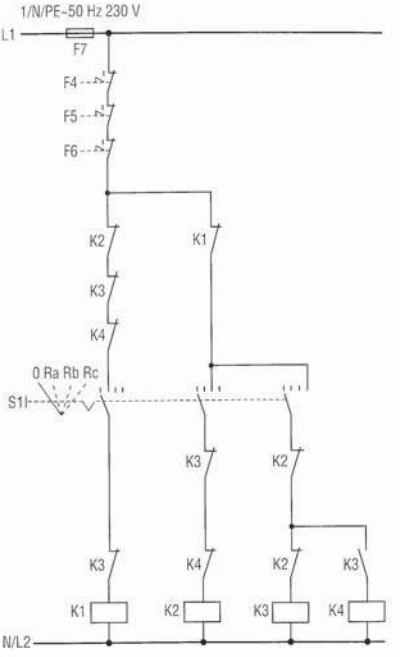
a) Circuito principal

Figura 9.2/9
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con dos bobinados separados, tres velocidades y un sentido de giro (un bobinado en conexión Dahlander y otro separado para la velocidad menor)



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA + 1 NC
Contactor K2: 1 NA + 2 NC
Contactor K3: 2 NA + 2 NC
Contactor K4: 2 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA + 1 NC
Pulsadores S2 y S3 1 NA + 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F4, F5 y F6 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 con cinco posiciones
Contactor K1: 1 NC
Contactores K2 y K4: 2 NC cada uno
Contactor K3: 1 NA + 2 NC
Relés de sobrecarga F4, F5 y F6 1 NC cada uno

9.2.5.6 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, un sentido de giro, un bobinado en conexión Dahlander y otro bobinado separado para la velocidad intermedia

Los esquemas para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, un sentido de giro, un bobinado en conexión Dahlander y otro bobinado separado para la velocidad intermedia se muestran en la figura 9.2/10.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/10 b)

Conexión (Arranque): A través del pulsador S1 se aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca con la velocidad menor.

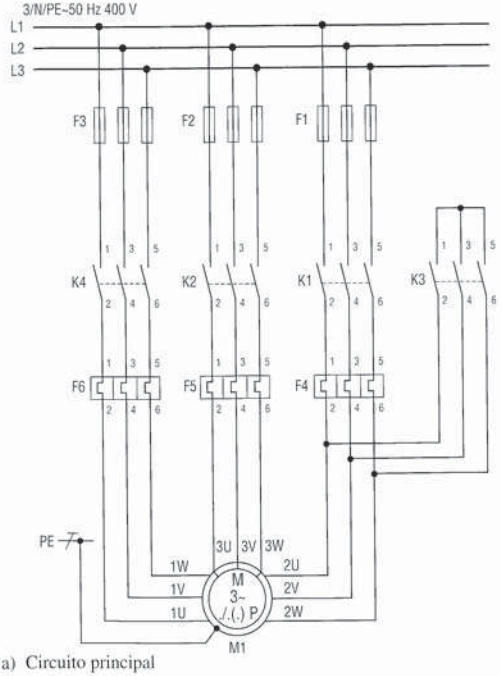
Conmutación: Cuando se acciona el pulsador S2, uno de sus contactos NC da el comando de desconexión al contactor K2. El contacto NA del pulsador S2 da el comando de conexión al contactor K2. El comando es efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1. El contacto de autorretención del contactor K2 cierra, el motor gira con la velocidad intermedia.

El pulsador S3, al ser accionado, da el comando de conexión al contactor K3. El comando es efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K2. El contacto de autorretención y el NA del contactor K3 cierran y se aplica tensión a la bobina del contactor K4. El motor gira con la velocidad mayor.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por lo tanto, el motor se detiene.

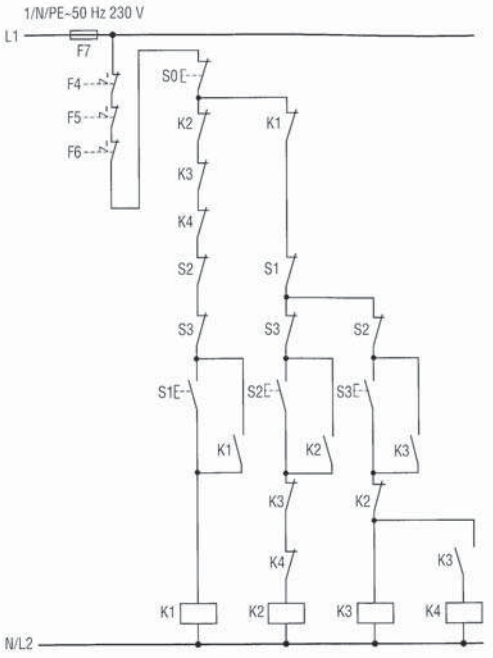
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/10 c)

El interruptor de mando S1, según su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1, K2, K3 y K4.



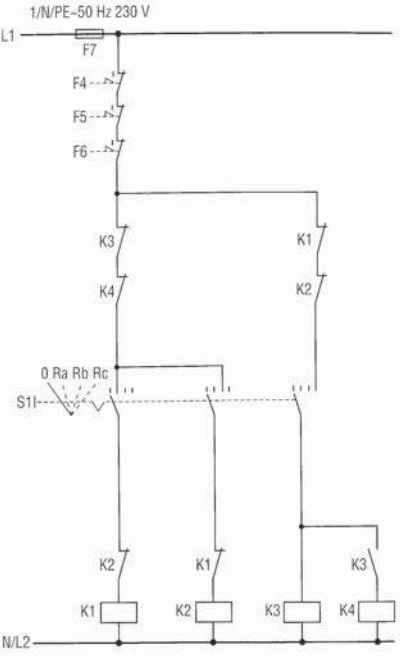
a) Circuito principal

Figura 9.2/10
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables, con dos bobinados separados, tres velocidades y un sentido de giro (un bobinado en conexión Dahlander y otro separado para la velocidad intermedia)



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA + 1 NC
Contactor K2: 1 NA + 2 NC
Contactor K3: 2 NA + 2 NC
Contactor K4: 2 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA + 1 NC
Pulsadores S2 y S3 1 NA + 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F4, F5 y F6 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 con cuatro posiciones
Contactores K1 y K2: 2 NC cada uno
Contactor K3: 1 NA + 1 NC
Contactor K4: 1 NC
Relés de sobrecarga F4, F5 y F6 1 NC cada uno

9.2.5.7 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, un sentido de giro, un bobinado en conexión Dahlander y otro bobinado separado para la velocidad mayor

Los esquemas para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, un sentido de giro, un bobinado en conexión Dahlander y otro bobinado separado para la velocidad mayor se muestran en la figura 9.2/11.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/11 b)

Conexión (Arranque): A través del pulsador S1 se aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca con la velocidad menor.

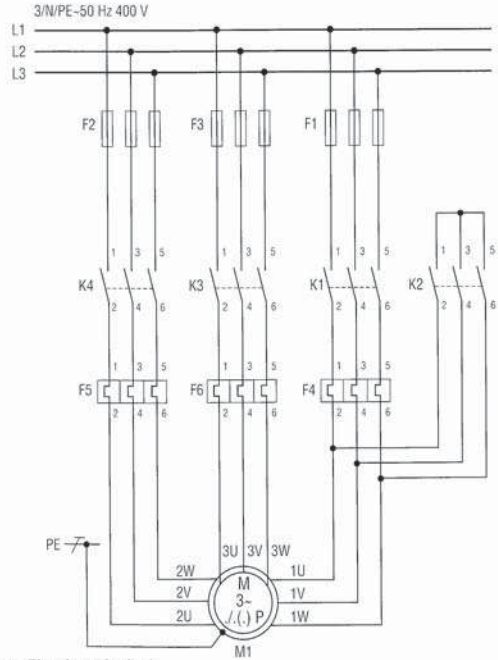
Conmutación: Cuando se acciona el pulsador S3, uno de sus contactos NC da el comando de desconexión al contactor K1. El contacto NA del pulsador S3 da el comando de conexión al contactor K2. El comando es efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1. El contacto de autorretención y el NA del contactor K2 cierra y el contactor de red K4 cierra. El motor gira con la velocidad intermedia.

Al accionar el pulsador S4, se da el comando de conexión al contactor K3. Con respecto al enclavamiento se aplica todo lo descripto para K2. El motor gira con la velocidad mayor.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por lo tanto, el motor se detiene.

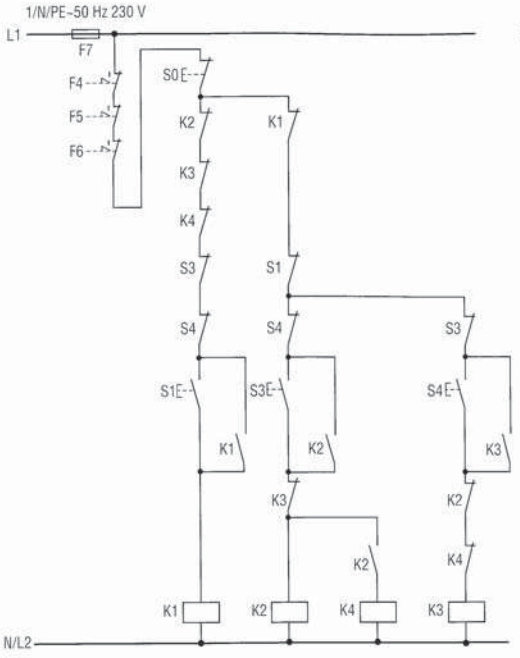
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/11 c)

El interruptor de mando S1, según su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1, K2, K3 y K4.



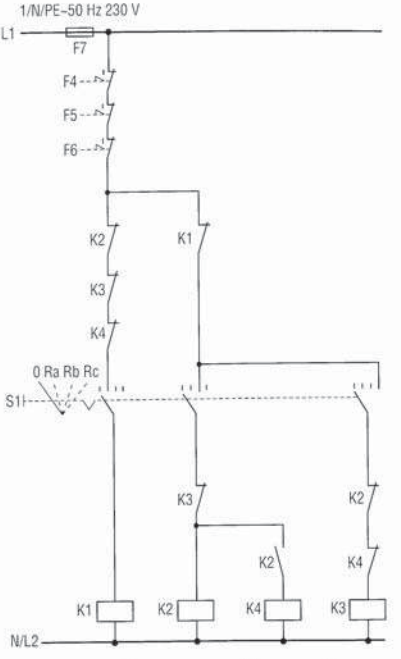
a) Circuito principal

Figura 9.2/11
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con dos bobinados separados, tres velocidades y un sentido de giro (un bobinado en conexión Dahlander y otro separado para la velocidad mayor)



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA + 1 NC
Contactor K2: 2 NA + 2 NC
Contactor K3: 1 NA + 2 NC
Contactor K4: 2 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA + 1 NC
Pulsadores S3 y S4 1 NA + 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F4, F5 y F6 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 con cuatro posiciones
Contactor K1: 1 NC
Contactor K2: 1 NA + 2 NC
Contactores K3 y K4: 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F4, F5 y F6 1 NC cada uno

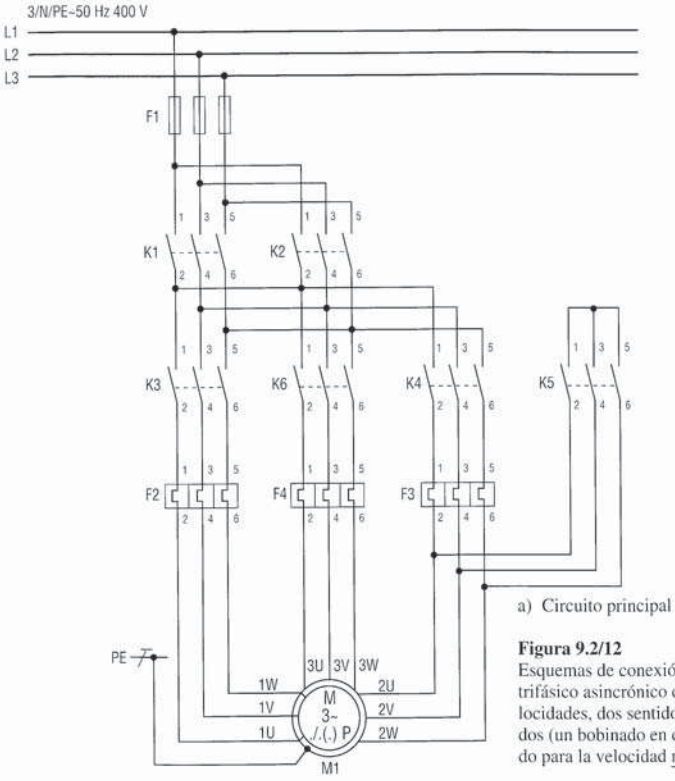
9.2.5.8 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, dos sentidos de giro, un bobinado en conexión Dahlander y otro separado para la velocidad menor

Los esquemas del comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, dos sentidos de giro, un bobinado en conexión Dahlander y otro separado para la velocidad menor, se muestran en la figura 9.2/12.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/12 b)

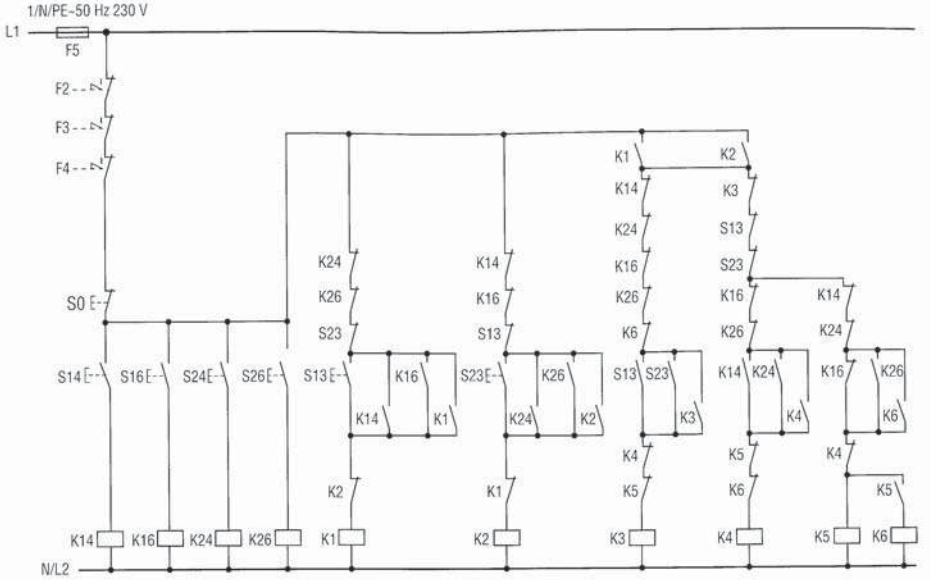
Conexión (Arranque), por ejemplo, con la velocidad menor y el sentido de giro hacia la derecha: El pulsador S13 suministra tensión a la bobina de los contactores K1 y K3. El comando de conexión del contactor K3 es efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1. Los contactos de autorretención de K1 y K3 cierran, y el motor arranca con la velocidad menor y el sentido de giro hacia la derecha.

Conmutación, por ejemplo, a la velocidad intermedia y sentido de giro hacia la izquierda: Cuando se acciona el pulsador S24, se da el comando al contac-



a) Circuito principal

Figura 9.2/12
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades, dos sentidos de giro, dos bobinados separados (un bobinado en conexión Dahlander y otro separado para la velocidad menor)

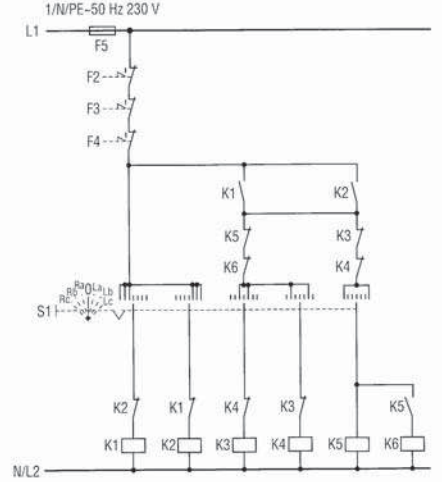


b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:

Contactores K1 y K2: 2 NA + 1 NC cada uno
Contactor K3: 1 NA + 1 NC
Contactores K4, K5 y K6: 1 NA + 2 NC
Contactores auxiliares K14, K16, K24 y K26: 2 NA + 3 NC

Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S13 y S23: 2 NA + 2 NC
Pulsadores S14, S16, S24 y S26 1 NA cada uno
Relés de sobrecarga F2, F3 y F4 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:

Interruptor de mando S1 con siete posiciones
Contactores K1, K2 y K5: 1 NA + 1 NC cada uno
Contactores K3 y K4: 2 NC cada uno
Contactor K6: 1 NC
Relés de sobrecarga F2, F3 y F4 1 NC cada uno

tor auxiliar K24. El contacto NC de K24 da el comando de apertura a los contactores K1 y K3. El contacto NA del contactor auxiliar K24 da el comando de conexión a los contactores K2 y K4.

El comando de conexión del contactor K2 es efectivo cuando el contacto NC del contactor K1 está cerrado y para K4 cuando el contacto NC del contactor K2 está cerrado. El motor gira con la velocidad intermedia hacia la izquierda.

Las demás operaciones se describen en la Tabla 9.2/1.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de todos los contactores conectados y, por lo tanto, el motor se detiene.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/12 c)

El interruptor S1, según su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores en forma similar a la operación por medio de pulsadores para giro hacia la derecha e izquierda.

Tabla 9.2/1
Operación por medio de pulsadores y comandos a los contactores para un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con tres velocidades y dos sentidos de giro, según la figura 9.2/12

Arranque del motor	Operación del pulsador[1)]	Comando de conexión para contactores	Comando de desconexión para contactores
Rotación hacia la derecha			
Velocidad menor	S13	K1, K3	K2, K4, K5, K6
Velocidad intermedia	S14 (K14)	K1, K4	K2, K3, K5, K6
Velocidad mayor	S16 (K16)	K1, K5, K6	K2, K3, K4
Rotación hacia la izquierda			
Velocidad menor	S23	K2, K3	K1, K4, K5, K6
Velocidad intermedia	S24 (K24)	K2, K4	K1, K3, K5, K6
Velocidad mayor	S26 (K26)	K2, K5, K6	K1, K3, K4

[1)] Entre paréntesis se indican los contactores auxiliares utilizados para incrementar el número de contactos.

9.2.5.9 Motor trifásico asincrónico de polos conmutables con cuatro velocidades, un sentido de giro, y dos bobinados separados

Los esquemas para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con cuatro velocidades, un sentido de giro y dos bobinados separados se muestran en la figura 9.2/13.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.2/13 b)

Conexión (Arranque): A través del pulsador S1 se aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca con la velocidad 1.

Conmutación: Cuando se acciona el pulsador S2, uno de sus contactos NC da el comando de desconexión al contactor K1. El contacto NA del pulsador S2 da el comando de conexión al contactor K2. El comando para el contactor K2 es efectivo cuando cierra el contacto NC del contactor K1, el contacto de autorretención del contactor K2 cierra, y el motor gira con la velocidad 2.

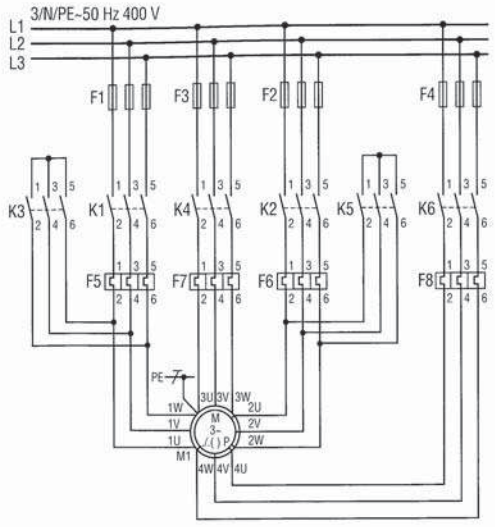
Al accionar el pulsador S4, el NC da el comando de desconexión al contactor K1 o al K2 y el NA da el comando de conexión al contactor K3. El comando de conexión es efectivo cuando los NC de los contactores K1, K2, K5 y K6 están cerrados. El contacto de autorretención y el NA del contactor K3 cierran, y el contactor de red K4 cierra. El motor gira con la velocidad 3.

Cuando se acciona el pulsador S6, se da el comando de conexión a los contactores K5 y K6. Los enclavamientos son similares a los descriptos para la conexión de los contactores K3 y K4. El motor gira con la velocidad 4.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por lo tanto, el motor se detiene.

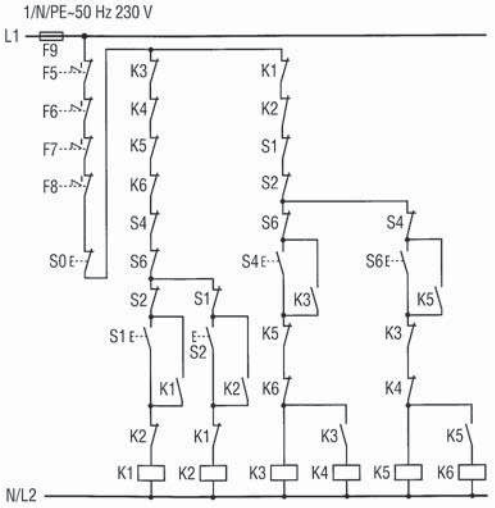
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.2/13 c)

El interruptor de mando S1, según su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1 a K6.



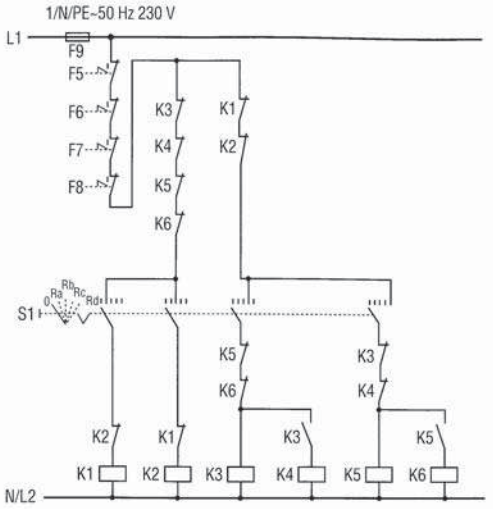
a) Circuito principal

Figura 9.2/13
Esquemas de conexión para el comando de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con dos bobinados separados, cuatro velocidades y un sentido de giro



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NA + 2 NC cada uno
Contactores K4 y K6: 2 NC cada uno
Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S1, S2, S4 y S6: 1 NA + 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F5, F6, F7 y F8 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:

Interruptor de mando S1 con cinco posiciones
Contactores K1, K2, K4 y K6: 2 NC cada uno
Contactores K3 y K5: 1 NA + 2 NC cada uno
Relés de sobrecarga F5, F6, F7 y F8 1 NC cada uno

9.3 Arranque de motores trifásicos asincrónicos

En esta sección se describen ejemplos de esquemas de conexión con contactores para el arranque de motores asincrónicos. En el Manual de Circuitos SIKOSTART 3RW2 (Número de Pedido E20001-P285-A484-V2) podrán consultarse los esquemas para el arranque y paradas suaves con estos equipos electrónicos.

En el arranque estrella-triángulo debe realizarse un cambio de fase entre los contactores de red y triángulo.

Además de los ejemplos aquí descriptos, con frecuencia, se utiliza la así denominada "Conexión Europa" que se representa en la figura 9.3/1.

9.3.1 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos, conexión con tres contactores: de red, estrella y triángulo

Los esquemas para arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos de diferentes potencias se representa en la figura 9.3/2. Para satisfacer los requerimientos de protección de motores especificados por las normas IEC 947-4-1 y DIN VDE 0660, Parte 104 tienen que ejecutarse los circuitos, en función de las potencias, según las figuras 9.3/2 a hasta c).

Las combinaciones de contactores para el arranque estrella-triángulo de motores trifásicos pueden provocar cortocircuitos durante la conmutación de estrella a triángulo, para evitar esto debe emplearse un relé de tiempo estrella-triángulo con pausa de conmutación para pasar de una etapa a la otra. De esta manera se asegura que se extingue el arco de apertura del contactor estrella antes que cierre el contactor triángulo (Circuito auxiliar: Sección 9.10 Esquemas de conexión con relés de tiempo).

Selección de los contactores para tiempos de arranque de hasta 10 s

Los contactores deben seleccionarse de manera tal que cumplan con los siguientes valores:

Contactor de red K1 para el 58 % de la potencia del motor

Contactor estrella K2 para el 33 % de la potencia del motor

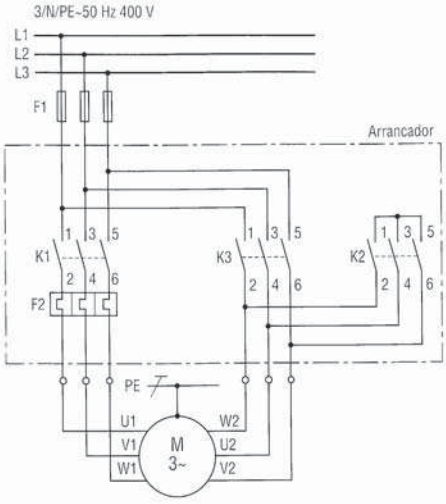
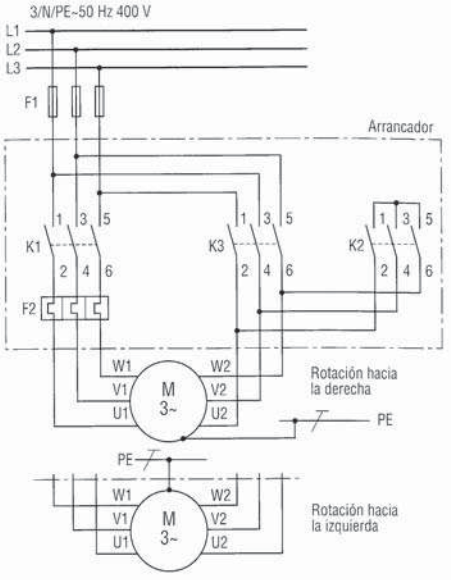


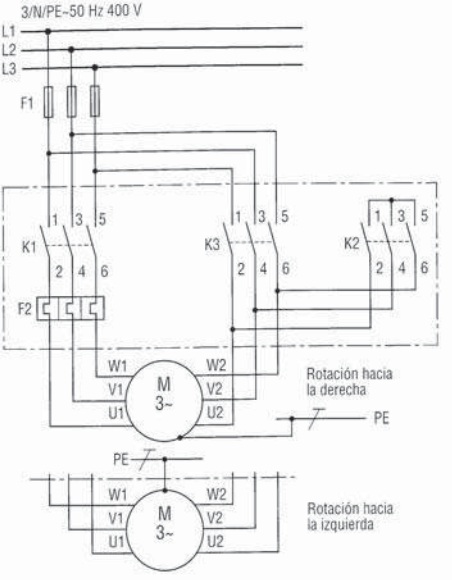
Figura 9.3/1
Circuito principal de un arrancador estrella-triángulo en "Conexión Europa"

Figura 9.3/2 (Ver la página siguiente) ▷
Esquemas de conexión para el arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos con contactores estrella, triángulo y de red para diferentes potencias:

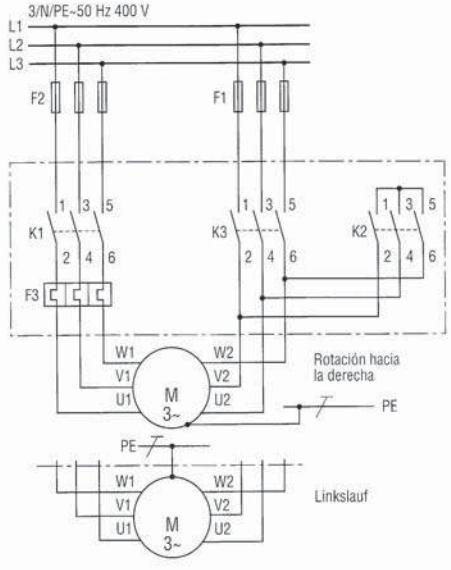
a) Circuito principal para arrancador estrella-triángulo de hasta 160 A. Alimentación común para los contactores de red y triángulo, al igual que la protección por medio de fusibles.
b) Circuito principal para arrancador estrella-triángulo de hasta 630 A. Alimentación separada para los contactores de red y triángulo, protección común por medio de fusibles de hasta 630 A y relé de tiempo estrella-triángulo.
c) Circuito principal para arrancador estrella-triángulo de hasta 630 A. Alimentación separada para los contactores de red y triángulo, al igual que la protección por medio de fusibles.
d) Circuito auxiliar para arrancador estrella-triángulo con operación por medio de pulsadores para 3TE de 45 hasta 630 A, con relé de tiempo estrella-triángulo 7PU62.


3/N/PE~50 Hz 400 V
L1
L2
L3
F1
Arrancador
K1
K3
K2
F2
W1
V1
U1
W2
V2
U2
M
3~
Rotación hacia la derecha
PE
Rotación hacia la izquierda

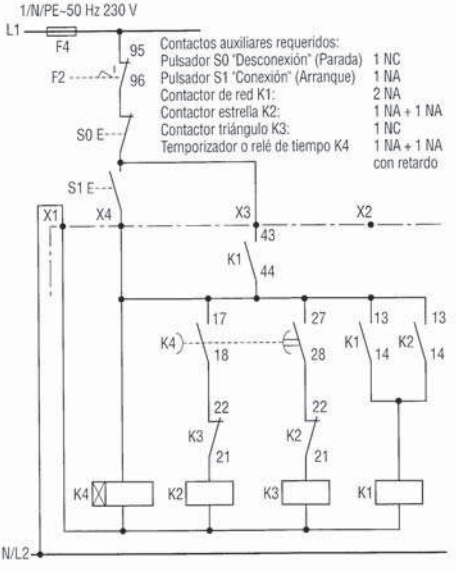
a)


3/N/PE~50 Hz 400 V
L1
L2
L3
F1
K1
K3
K2
F2
W1
V1
U1
W2
V2
U2
M
3~
Rotación hacia la derecha
PE
Rotación hacia la izquierda

b)


3/N/PE~50 Hz 400 V
L1
L2
L3
F2
F1
K1
K3
K2
F3
W1
V1
U1
W2
V2
U2
M
3~
Rotación hacia la derecha
PE
Linkslauf

c)


1/N/PE~50 Hz 230 V
L1
F4
F2
95
96
S0 E
S1 E
X1
X4
X3
X2
43
K1
44
17
27
13
13
K4
18
28
K1
14
K2
14
22
22
K3
K2
21
21
K4
K2
K3
K1
N/L2
Contactos auxiliares requeridos:
Pulsador S0 "Desconexión" (Parada) 1 NC
Pulsador S1 "Conexión" (Arranque) 1 NA
Contactor de red K1: 2 NA
Contactor estrella K2: 1 NA + 1 NA
Contactor triángulo K3: 1 NC
Temporizador o relé de tiempo K4 1 NA + 1 NA con retardo

d)

Tabla 9.3/1
Selección de contactores para tiempos de conmutación de hasta 60 s

Contactor	Corriente asignada de servicio I_e con 400 V	Potencias asignadas de motores asincrónicos trifásicos con 50 Hz y					Componentes requeridos:		
Tamaño constructivo	A	230 V kW	**400 V** kW	500 V kW	690 V kW	1000 V kW	Contactor de red	Contactor estrella	Contactor triángulo
0	20	4,7	**10**	11,5	13,6	–	3TF40	3TF40	3TF40
1	30	7,5	**15**	18,5	19	–	3TF42	3TF42	3TF42
2	60	19	**30**	45	42	–	3TF44	3TF44	3TF44
3	66	19	**33**	44	55	–	3TF46	3TF46	3TF46
	90	26	**45**	60	75	–	3TF47	3TF47	3TF47
4	130	37	**65**	85	112	75	3TF48	3TF48	3TF48
6	160	45	**80**	105	135	95	3TF50	3TF50	3TF50
6	175	54	**93**	122	161	–	3TF51	3TF51	3TF51
8	250	75	**135**	175	230	156	3TF52	3TF52	3TF52
10	370	110	**190**	250	320	225	3TF54	3TF54	3TF54
12	500	160	**280**	350	480	480	3TF56	3TF56	3TF56
14	800	230	**460**	590	730	1000	3TF68	3TF68	3TF68

Contactor triángulo K3 para el 58 % de la potencia del motor

Selección de los contactores para tiempos de conmutación de hasta 60 s

Las indicaciones de las potencias de los contactores para los tiempos de conmutación de hasta 60 s se pueden extraer de la Tabla 9.3/1 o del catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/2)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor estrella K2 y activa el relé de tiempo K4 a través del contacto NA con retardo 17/18 del relé de tiempo estrella-triángulo. Los contactos de autorretención de los contactores K2 y K1 cierran. El motor arranca en conexión estrella.

Conmutación: Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado, el contacto NA con retardo de K4 abre y desconecta el contactor estrella K2. Al cerrar el contacto NA con retardo K4 del relé de tiempo estrella-triángulo después de 50 ms de pausa en la conmutación, el contacto NC de K2 conecta al contactor triángulo K3. El motor funciona ahora en conexión triángulo.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0 se abre el contactor de red K1 y el NA de K1.

El contactor triángulo K3 y el motor se desconectan.

Los contactos de los contactores que no han sido mencionados realizan los enclavamientos entre los contactores estrella y triángulo.

Operación por medio de interruptor de mando: Ver la Sección 9.10.1.

9.3.2 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos sin pausa en la conmutación

La conmutación estrella-triángulo en un arranque normal requiere una pausa de unos 50 ms entre ambas etapas.

Pero, durante la pausa en la conmutación la velocidad del motor se reduce algo porque no circula corriente por el mismo. Si se elige una pausa menor, el arco sin extinguir en el contactor estrella puede provocar un cortocircuito entre fases. Además, al conectarse la etapa triángulo podrán estar en oposición la fase de la red y el campo del motor, en este caso, los procesos de compensación originados ocasionan un elevado pico de la corriente en la conmutación. Por estos motivos, cuando el servicio lo requiere, se utiliza la variante de la conmutación descripta a continuación.

En caso de una conmutación estrella-triángulo cerrada se conecta primero el motor a la red en la conexión triángulo por medio de un contactor de transición y resistencias para conmutar después de 50 ms sin pausa a la conexión triángulo definitiva. De esta forma, se evita la pausa en la que no circula corriente por el motor y el posible pico de corriente en la conmutación habitual en el arrancador estrella triángulo normal.

En la figura 9.3/3 se representan los esquemas del arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos sin pausa en la conmutación.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/3 b)

Conexión (Arranque): El interruptor S1 activa el relé de tiempo estrella-triángulo K7. Así se aplica tensión al contactor auxiliar K5, al contactor estrella K2 y al contactor de red K1. El motor arranca conectado en estrella.

Conmutación: Una vez transcurrido el tiempo de aceleración previsto, el contactor de transición K4 conecta los bobinados del motor con las resistencias R1 en triángulo y abre el contactor estrella K2. A continuación el contactor auxiliar K6 activa al contactor triángulo K3 que asume la alimentación de corriente, y se desconecta el contactor de transición K4.

Desconexión (Parada): El interruptor de mando S1 desconecta la tensión de control, y el motor se separa de la red.

Selección de los contactores

Los contactores deben seleccionarse de manera tal que cumplan con los siguientes valores:

Contactor de red K1 para el 58 % de la corriente asignada de servicio del motor.

Contactor estrella K2 para el 58 % de la corriente asignada de servicio del motor.

Contactor triángulo K3 para el 58 % de la corriente asignada de servicio del motor.

Contactor de transición K4 para el 26 % de la corriente asignada de servicio del motor

$$\left(\triangleq \frac{1{,}5 \cdot I_e \cdot \sqrt{3}}{10}\right).$$

El relé de tiempo K7 debe tener retardo a la conexión.

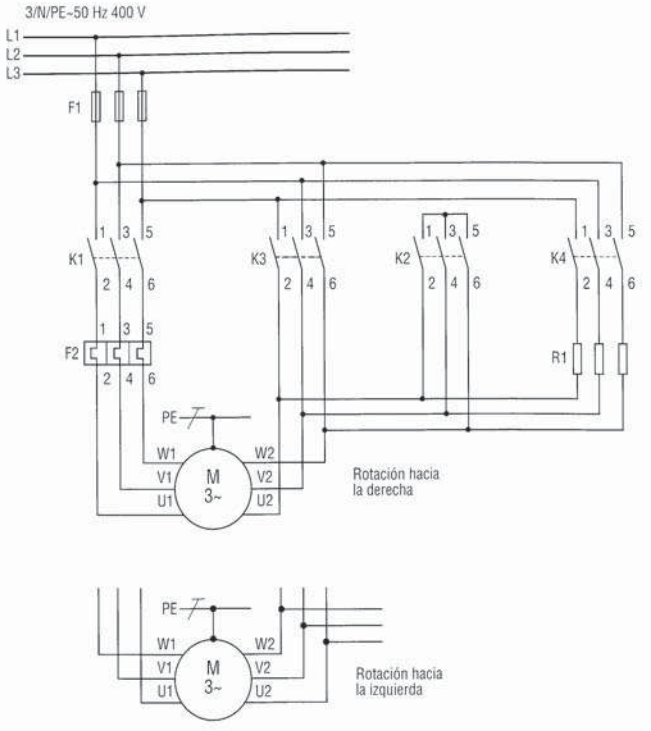
El contactor estrella K2 debe desconectar la corriente del motor conectado en estrella y la de las resistencias de transición. Por estas resistencias circula una corriente de aproximadamente 1,5 veces la corriente asignada de servicio y, por lo tanto, se requiere una potencia de ruptura P_{R1} mayor. Los circuitos estrella-triángulo sin interrupción, en general, se operan con una elevada frecuencia de maniobras. El contactor estrella se selecciona para una potencia mayor que en el circuito estrella-triángulo "normal" y de esta manera satisface los requisitos señalados.

Cálculo de las resistencias de transición R_1:

$$R_1 = \frac{U_e}{1{,}5 \cdot I_e \cdot \sqrt{3}}$$

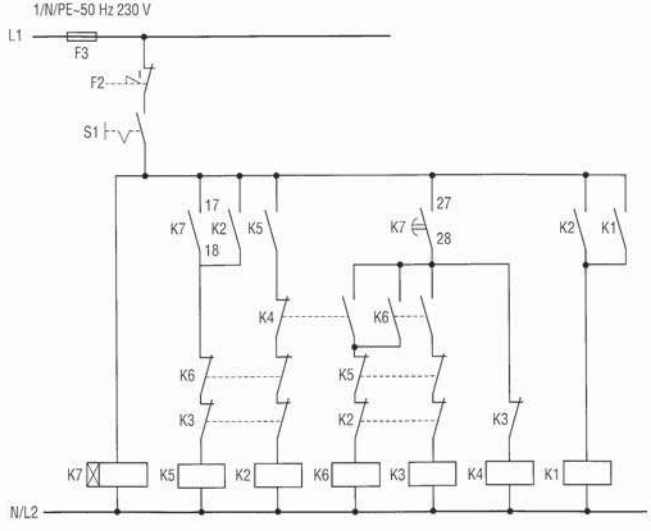
$$P_{R1} = \frac{U_e^2}{1200 \cdot R_1} \text{ (en W)} \quad \text{para un máximo de 12 maniobras/hora}$$

$$P_{R1} = \frac{U_e^2}{500 \cdot R_1} \text{ (en W)} \quad \text{para un máximo de 30 maniobras/hora.}$$



a) Circuito principal

Contactor de red K1
Contactor estrella K2
Contactor triángulo K3
Contactor de transición K4
Resistencias de transición R1



b) Circuito auxiliar para operación con interruptor de mando y relé de tiempo estrella-triángulo 7PU62

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 1 NA
Contactor K1: 1 NA
Contactor K2: 2 NA + 2 NC
Contactor K3: 3 NC
Contactor K4: 1 NA + 1 NC
Contactor auxiliar K5:
1 NA + 2 NC
Contactor auxiliar K6:
2 NA + 2 NC
Relé de tiempo K7:
1 NA + 1 NA con retardo al cierre
Relé de sobrecarga F1 1 NC

Figura 9.3/3
Esquemas de conexión de un arrancador estrella-triángulo con conmutación sin interrupción

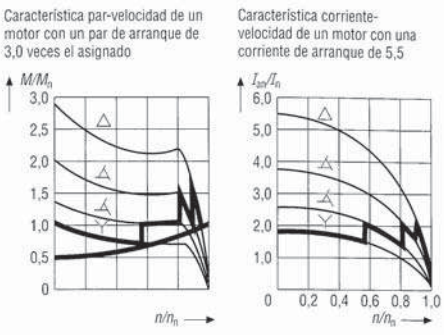


Figura 9.3/4
Variación del par motor y la corriente de un motor con arranque estrella-triángulo de cuatro etapas

9.3.3 Arranque estrella-triángulo en cuatro etapas

La conexión estrella-triángulo en cuatro etapas se utiliza en accionamientos con elevado par antagónico en los que un arranque estrella-triángulo normal no puede acelerar el motor a la velocidad de conmutación necesaria.

La figura 9.3/4 muestra la variación de los pares y las corrientes durante un arranque estrella-triángulo de cuatro etapas y la figura 9.3/5, la división de los bobinados del motor asincrónico trifásico para una conexión de esta naturaleza. Los esquemas de un arranque estrella-triángulo de cuatro etapas se representan en la figura 9.3/6.

Operación por medio de pulsadores

Conexión (Arranque) etapa I: al operar el pulsador S1 se aplica tensión a la bobina del contactor K3. Este contactor pasa a autorretención y uno de sus contactos NA conecta al contactor K5 y al relé de tiempo K6. El motor se conecta a la red en la primera etapa del arranque.

Conmutación etapa II: el contacto inversor con retardo a la conexión del relé de tiempo K6 desconecta el contactor K5 y conecta el K1 una vez que transcurrió el tiempo de retardo prefijado. El motor se conecta en la segunda etapa del arranque.

Conmutación etapa III: al mismo tiempo se activa el relé de tiempo K7 cuyo inversor suministra tensión al contactor K9. El contactor K3 se desconecta y el K2 se conecta. El contactor K2, a su vez, conecta el K4 y el relé de tiempo K8. El motor se conecta en la tercera etapa del arranque.

Conmutación etapa IV: una vez que transcurrió el tiempo de retardo el inversor de K8, desconecta a K2 y conecta a K3.

Ahora el accionamiento está conectado en triángulo y acelera hasta su velocidad nominal.

Desconexión (Parada): operando el pulsador S0 se desconecta el circuito de mando.

Los contactores se seleccionan de acuerdo con las corrientes y los tiempos de arranque correspondientes (ver el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens).

En el motor se desarrollan corrientes de arranque de diferente naturaleza y por ello se recomienda utilizar una protección del motor sobre la base de termistores (ver la Sección 3.4.3.6).

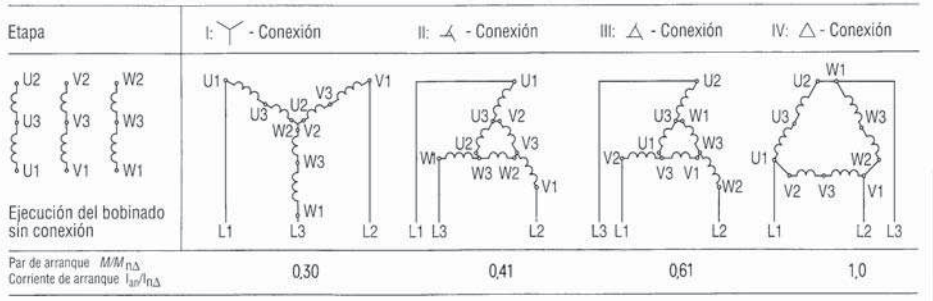
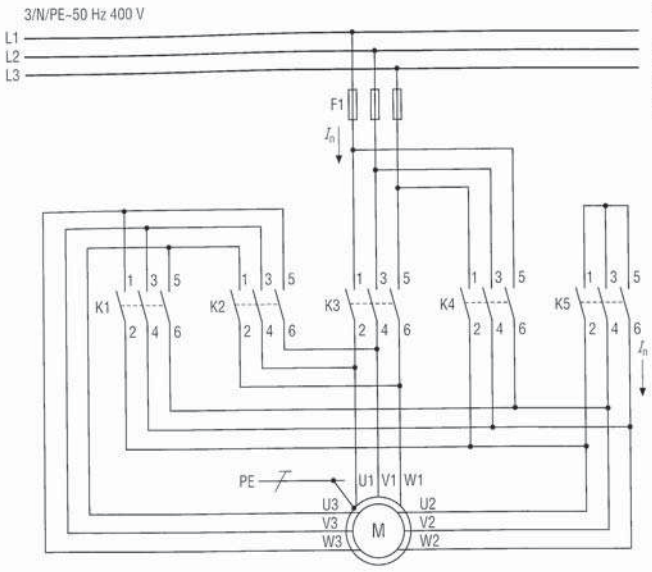
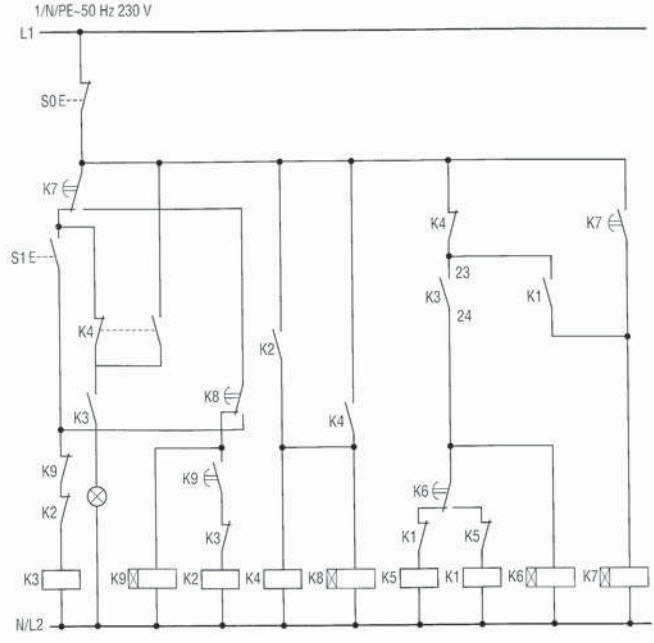


Figura 9.3/5
Esquema de conexión de los bobinados de un motor trifásico asincrónico en un arranque estrella-triángulo especial, el bobinado se conecta dentro de la máquina. La conexión estrella (Etapa I) se transforma en triángulo (Etapa IV) a través de dos etapas intermedias (Etapas II y III)



a) Circuito principal

Etapa 1: Contactores K3 y K5
Etapa 2: Contactores K3 y K1
Etapa 3: Contactores K4 y K2
Etapa 4: Contactores K4 y K3



b) Circuito auxiliar para operación con pulsadores y relé de tiempo (Arranque estrella-triángulo de cuatro etapas)

Contactos auxiliares requeridos:
Pulsador S0 1 NC
Pulsador S1 1 NA
Contactor K1: 1 NA + 1 NC
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Contactor K3: 2 NA + 1 NC
Contactor K4: 2 NA + 2 NC
Contactor K5: 1 NC
Relé de tiempo K6: 1 Inversor
Relé de tiempo K7: 1 Inv. + 1 NA ambos con retardo
Relé de tiempo K8: 1 Inv. con retardo
Relé de tiempo K9: 1 NC + 1 NA con retardo

Figura 9.3/6
Esquemas de conexión de un arrancador estrella-triángulo de cuatro para motores trifásicos asincrónicos

9.3.4 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos con dos sentidos de giro

Los esquemas de los arranques estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos con dos sentidos de giro y relé de tiempo estrella-triángulo con pausa en la conmutación se muestran en la figura 9.3/7

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/7b)

Conexión (Arranque) con sentido de giro hacia la derecha: El pulsador S1 activa el relé de tiempo estrella-triángulo K5, cuyo contacto NA de actuación instantánea conecta el contactor estrella K4. El contacto NA de K4 conecta el contactor de la red K1 y los contactos de autorretención de los contactores K1 y K4 cierran. Los contactos NC de S1 y K1 evitan que el contactor de red para el sentido de giro hacia la izquierda K2 pueda ser conectado. El motor arranca en conexión estrella, con sentido de giro hacia la derecha.

Conmutación a triángulo: Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado t_1, abre el contacto NA sin retardo del relé de tiempo K5 y desconecta el contactor estrella K4, cuyos contactos NC cierran. Después de transcurrir el tiempo de retardo t_2 de unos 50 ms, cierra el contacto con retardo NA de K5, el cual conecta el contactor triángulo K3, porque el contacto NA del contactor de la red K1 ya estaba cerrado. El motor funciona ahora en la conexión triángulo.

Conexión (Arranque) con sentido de giro hacia la izquierda: El pulsador S2 activa el relé de tiempo estrella-triángulo K5, cuyo contacto NA conecta el contactor estrella K4. El contacto NA de K4 conecta el contactor de red K2 y los contactos de autorretención de los contactores K2 y K4 cierran. Los contactos NC de S2 y K2 evitan que el contactor de red para giro hacia la derecha K1 pueda ser conectado. El motor arranca en conexión estrella.

Conmutación a la conexión triángulo: es análoga a la conexión para el sentido de giro hacia la derecha.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el contactor de red K1 o K2. El NA de K1 o K2 abre y desconecta el contactor triángulo K3 y el motor.

Los contactos no mencionados de los contactores se utilizan para el enclavamiento entre los contactores estrella y triángulo.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/7 c)

Con el interruptor S1 se conectan los contactores de la misma forma que en la operación por medio de pulsadores, para que el motor arranque con sentido de giro hacia la derecha o la izquierda o para desconectarlo.

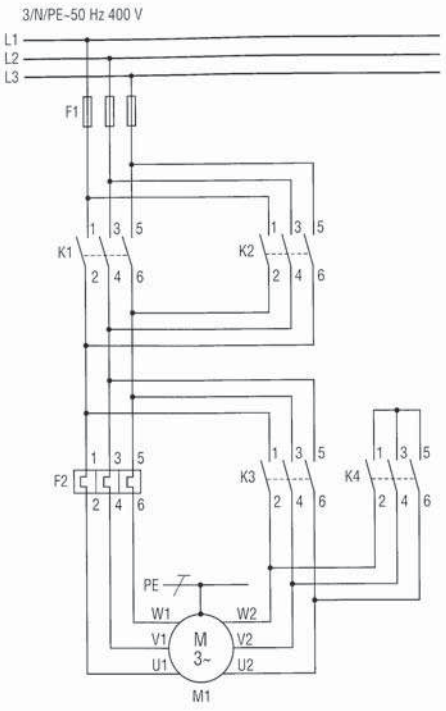
Selección de los contactores

Los contactores deben seleccionarse de manera tal que cumplan con los siguientes valores:

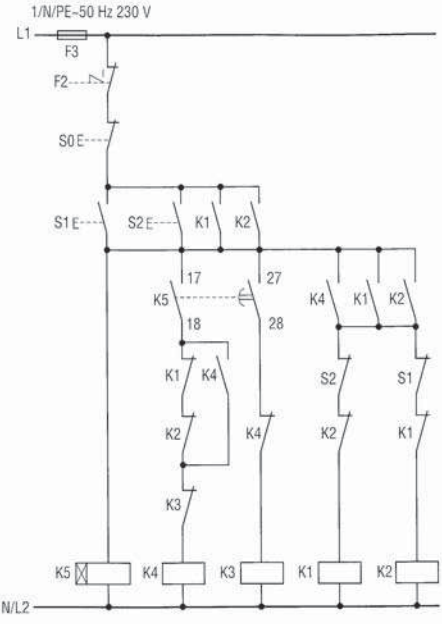
Contactores de red K1 y K2 para el 100 % de la potencia del motor.

Contactor estrella K4 para el 33 % de la potencia del motor.

Contactor triángulo K3 para el 58 % de la potencia del motor.



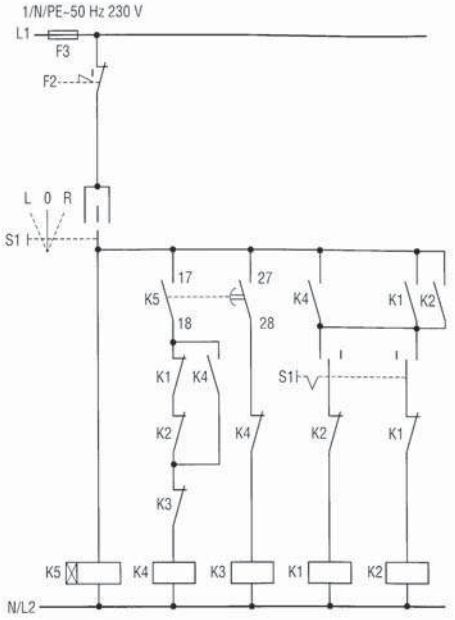
a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar para operación por pulsador

Figura 9.3/7
Esquemas de conexión para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico asincrónico con dos sentidos de giro

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 2 NA + 2 NC
Contactor K2: 2 NA + 2 NC
Contactor K3: 1 NC
Contactor K4: 2 NA + 1 NC
Relé de tiempo K5 1 NA sin retardo + 1 NA con retardo
Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S1 y S2 1 NA + 1 NC cada uno



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

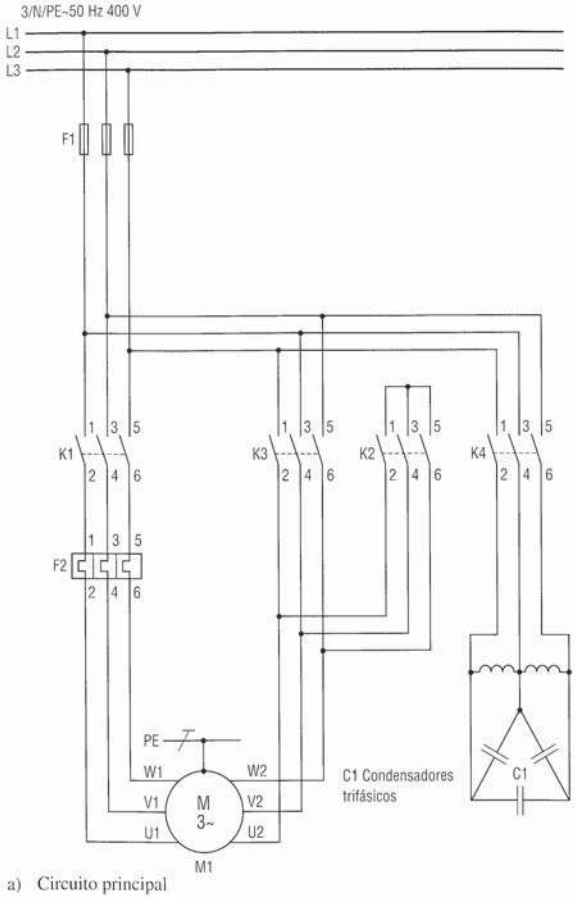
Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 con tres posiciones
Contactor K1: 1 NA + 2 NC
Contactor K2: 1 NA + 2 NC
Contactor K3: 1 NC
Contactor K4: 1 NA + 1 NC
Relé de tiempo K5 1 NA sin retardo + 1 NA con retardo

9.3.5 Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos con compensación de la energía reactiva

En la figura 9.3/8 se representan los esquemas de un arranque estrella-triángulo de motores trifásicos asincrónicos con compensación de la energía reactiva (Condensadores independientes de los bobinados del motor) y relé de tiempo con pausa en la conmutación de estrella a triángulo.

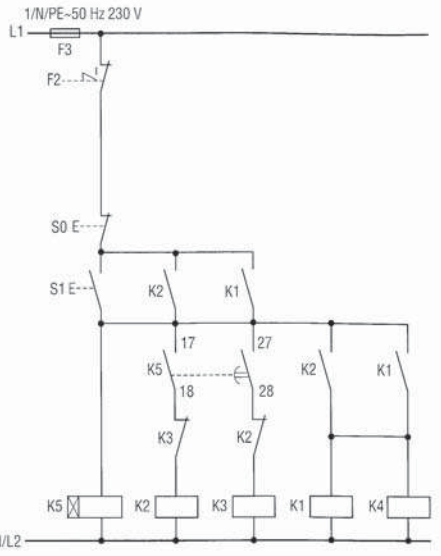
Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/8 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 activa al relé de tiempo estrella-triángulo K5, cuyo contacto NA de acción instantánea conecta el contactor estrella K2. El contacto NA de K2 conecta el contactor de red K1 y el contactor de compensación K4. Los contactos de autorretención de los contactores K1 y K2 cierran, y el motor arranca en conexión estrella.



a) Circuito principal

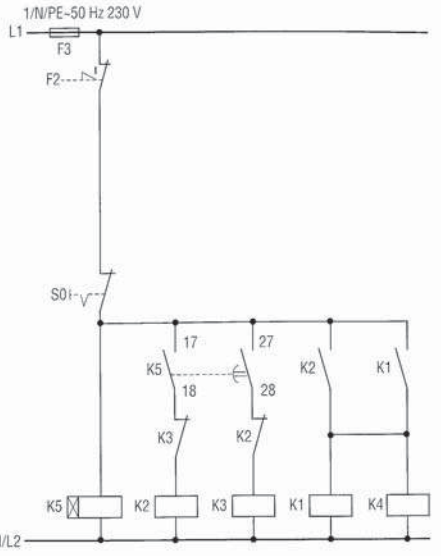
Figura 9.3/8
Esquemas de conexión para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico asincrónico con compensación de la energía reactiva



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 2 NA
Contactor K2: 2 NA + 1 NC
Contactor K3: 1 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Relé de tiempo K5 1 NA sin retardo + 1 NA con retardo

Nota para K5:
Los contactos 17/18 y 27/28 no están acoplados por medios mecánicos.



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 1 NA
Contactor K1: 1 NA
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Contactor K3: 1 NC
Relé de tiempo K5 1 NA sin retardo + 1 NA con retardo

Conmutación: Después de finalizar el tiempo de retardo ajustado t_1, abre el contacto NA sin retardo del relé de tiempo K5 y desconecta el contactor estrella K2. El contacto NC del contactor estrella K2 cierra. Después de transcurrir el tiempo de pausa de conmutación t_2, del orden de 50 ms, cierra el contacto NA de K5 y el contactor triángulo K3, porque el contacto NA del contactor de red ya estaba cerrado. El motor funciona ahora en la conexión triángulo.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0 se abre el circuito de alimentación del contactor de red K1, del contactor triángulo K3 y del contactor de compensación K4, por lo tanto, se desconectan el motor y los condensadores.

Los contactos de los contactores que no fueron mencionados realizan los enclavamientos entre el contactor triángulo y el estrella.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/8 c)

Con el interruptor S1, según su posición, se conectan y desconectan los contactores como en la operación por medio de pulsadores.

9.3.6 Arranque de motores trifásicos asincrónicos con SIKOSTART 3RW21

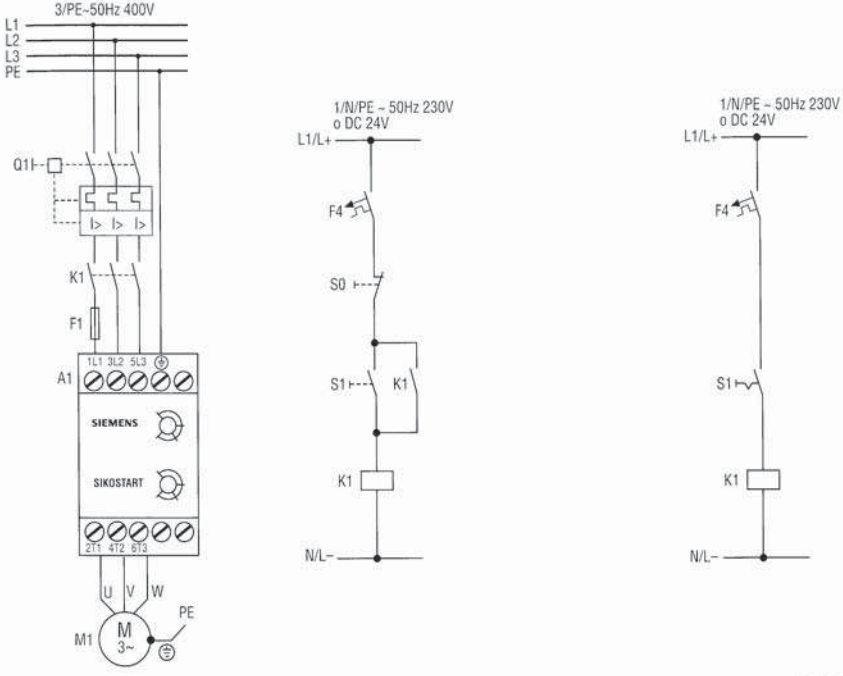
En la figura 9.3/9 se representan los esquemas correspondientes al arranque de motores trifásicos asincrónicos con SIKOSTART 3RW21.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/9 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 activa el contactor K1. El contacto de autorretención del contactor K1 cierra. Al aplicar tensión a los bornes 1L1, 3L2 y 5L3 de A1 (SIKOSTART 3RW21) comienza el arranque suave del motor.

Una vez transcurrido el tiempo de aceleración ajustado, un relé integrado puentea los semiconductores de potencia del SIKOSTART 3RW21 y se aplica al motor toda la tensión de la red.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el contactor K1. El motor y el equipo SIKOSTART 3RW21 (A1) se desconectan.



a) Circuito principal

Interruptor automático F4

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA

b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Interruptor automático F4

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 1 NA

c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Figura 9.3/9
Esquemas de conexión para el arranque de motores trifásicos asincrónicos con SIKOSTART 3RW21

Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/9 c)

El interruptor de mando S1 conecta / desconecta el motor de manera similar a cuando se opera con pulsadores.

Selección del SIKOSTART 3RW21

El equipo SIKOSTART 3RW21 se selecciona de acuerdo con la potencia asignada del motor. La corriente de arranque del motor conectado con el equipo SIKOSTART no debe ser mayor que el 400 % de la corriente asignada I_e de ese equipo.

Ajustes del SIKOSTART 3RW21

Con el potenciómetro U_S se elige el par de arranque de forma tal que el motor comienza a girar sin dificultades inmediatamente después de cerrar el contactor de red K1. El tiempo de aceleración se ajusta con el potenciómetro t_R para que el motor alcance su velocidad asignada con suavidad.

9.3.7 Arranques y paradas suaves de motores trifásicos asincrónicos con SIKOSTART 3RW22

En la figura 9.3/10 se representan los esquemas correspondientes al arranque de motores trifásicos asincrónicos con SIKOSTART 3RW22.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/10 b)

Conexión de la derivación del motor: El interruptor de mando S5 activa el contactor K1.

Conexión (Arranque): El pulsador S3 conecta brevemente la tensión de 24 V C.C. disponible en el borne 11 de G1 (SIKOSTART 3RW22) al borne 10 de G1. Esta señal representa el comando de arranque. El equipo SIKOSTART 3RW22 comienza el arranque suave del motor de acuerdo con los parámetros de arranque ajustados con anterioridad.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S2 se interrumpe brevemente la tensión de 24 V C.C. que disponible en el borne 11 de G1 se aplica al borne 9. Esta señal representa el comando de parada. El equipo SIKOSTART comienza la parada suave del motor de acuerdo con los parámetros de parada ajustados con anterioridad

Desconexión por medio de A2, G1, Q1 y S1: Además de los medios de arranque y parada del servicio, los dispositivos de protección también podrán desconectar de la red al motor: En el caso de una falla, el contacto NC de la protección por termistores del motor desconecta el contactor K1. El equipo SIKOSTART 3RW22 también podrá controlar el contactor de red por su relé de falla (bornes 6 y 7).

Una vez que accionó el relé de falla de G1, se debe reponer el SIKOSTART 3RW22 por medio del pulsador S4. En el circuito auxiliar del contactor de red se tiene, además, un dispositivo de parada de emergencia y un contacto NC del seccionador fusible bajo carga.

Desconexión de la derivación del motor: Al operar el interruptor de mando S5, se desconecta el contactor de red K1.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/10 c)

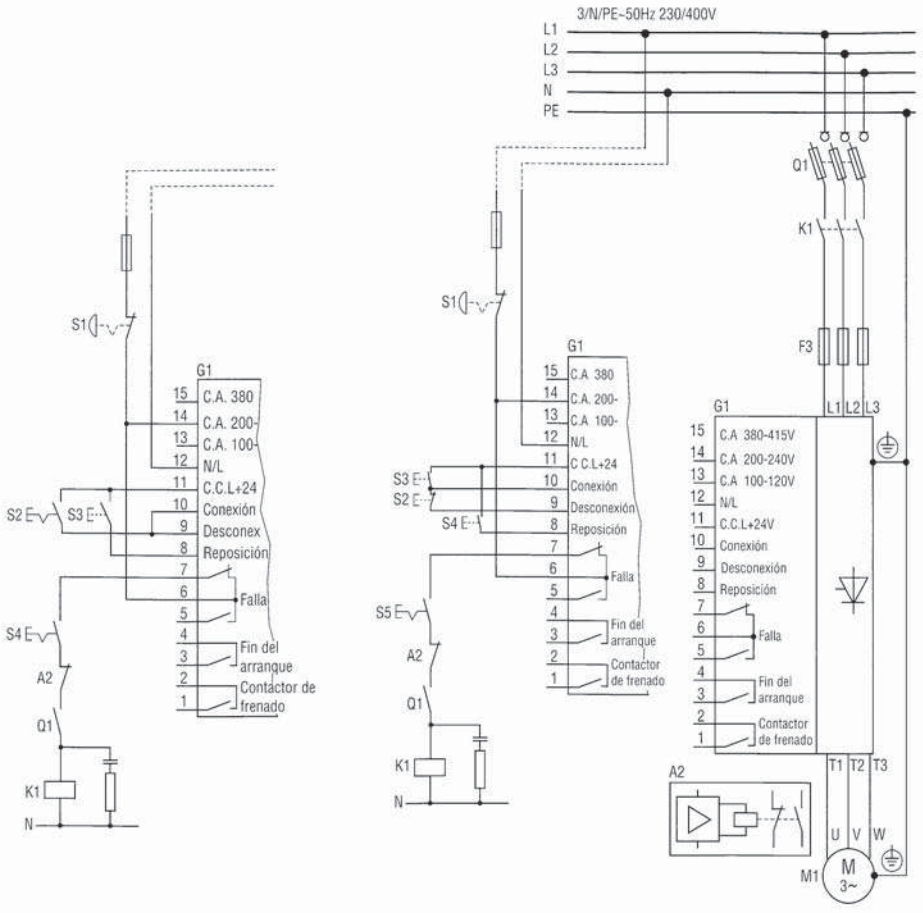
El interruptor de mando S2 conecta y desconecta el motor de manera similar a cuando se opera con pulsadores. Para ello tiene que hacerse un puente entre los bornes 9 y 10 de G1.

Selección del SIKOSTART 3RW22

Cuando se tienen condiciones de arranque normales (se excluye el arranque pesado), el equipo SIKOSTART 3RW22 se selecciona de acuerdo con la potencia asignada del motor.

Ajustes del SIKOSTART 3RW21

Con cuatro potenciómetros se eligen los parámetros de arranque y de parada de forma tal que el motor comienza a girar sin dificultades y se detiene suavemente.



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando
Contactos auxiliares requeridos:
Parada de emergencia S1: 1 NC
Interruptor de mando S2: 1 NA
Pulsador S3: 1 NA
Interruptor de mando S4: 1 NA
Seccionador fusible bajo carga Q1: 1 NA
Protección de motores por termistores A2: 1 NC

b) Circuito auxiliar para operación por pulsador
Contactos auxiliares requeridos:
Parada de emergencia S1: 1 NC
Pulsador S2: 1 NC
Pulsador S3: 1 NA
Pulsador S4: 1 NA
Interruptor de mando S5: 1 NA
Seccionador fusible bajo carga Q1: 1 NA
Protección de motores por termistores A2: 1 NC

a) Circuito principal

Figura 9.3/10
Esquemas de conexión para arranque y parada suaves de motores trifásicos asincrónicos

9.3.8 Arranque suave automático de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula, mediante resistencia en una fase (conexión KUSA) y relé de tiempo

En la figura 9.3/11 se muestran los esquemas del arranque suave automático de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula, mediante resistencia en una fase (conexión KUSA) y relé de tiempo.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/11 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención K1 cierra. Un contacto NA de K1 activa el relé de tiempo K3. El motor arranca con un par reducido.

Después de transcurrir el tiempo ajustado, el contacto NA del relé de tiempo K3 cierra y aplica tensión a la bobina del contactor K2. El contacto de autorretención de K2 cierra, el contacto NC del contactor K2 desconecta el relé de tiempo. El contacto NA K2 del circuito principal cierra y puentea la resistencia R1. El motor funciona con el par nominal.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abren los contactores K1 y K2 y, por lo tanto, el motor se desconecta.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/11 c)

El interruptor de mando S1 conecta y desconecta, según su posición, los contactores como en la operación por medio de pulsadores.

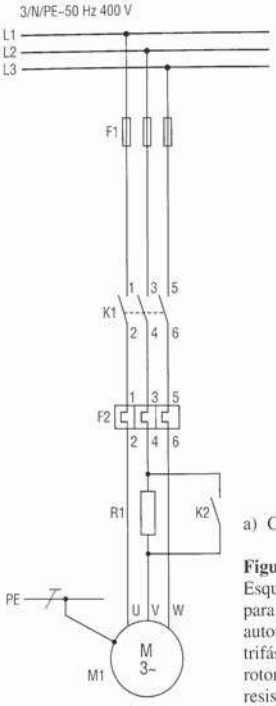
Selección de los contactores

El contactor K1 se selecciona para el 100 % de la potencia del motor. El contactor K2 podrá elegirse para la categoría de empleo AC-1 (ver la Sección 3.3.4.1).

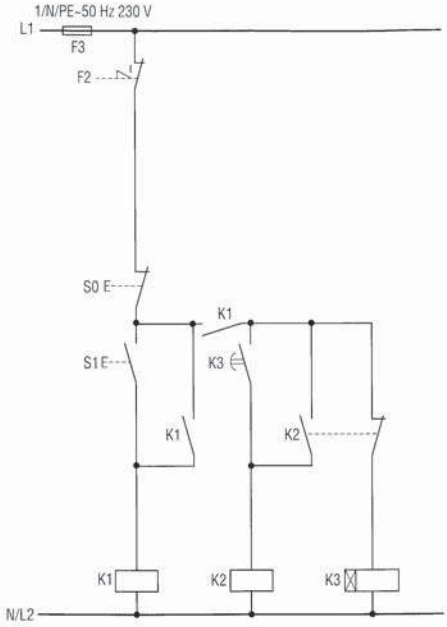
Para calcular el valor de la resistencia R1 que corresponde a un par de arranque M_{Ku}, se debe conocer previamente el par M_{an} y la corriente I_{an} de arranque normal del motor a utilizar.

En la figura 9.3/12 podrá obtenerse el valor de ρ a partir de la relación $K = \frac{M_{Ku}}{M_{an}}$. En la misma figura se tiene para K otra relación $\alpha = \frac{I_{Ku}}{I_a}$ de la que se obtiene $I_{Ku} = \alpha \cdot I_{an}$.

I_{an} Corriente de arranque
I_{Ku} Corriente de arranque con conexión KUSA
M_{an} Par de arranque
M_{Ku} Par de arranque con conexión KUSA



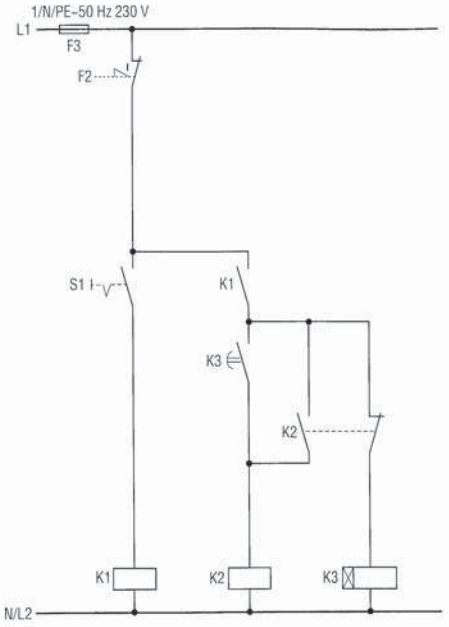
a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar para operación por pulsador

Figura 9.3/11
Esquemas de conexión para el arranque suave automático de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula, mediante resistencia en una fase (conexión KUSA) y relé de tiempo

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 2 NA
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Relé de tiempo K3: 1 NA con retardo
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Relé de sobrecarga F2: 1 NC



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:

Contactor K1: 1 NA
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Relé de tiempo K3: 1 NA con retardo
Interruptor de mando S1: 1 NC
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

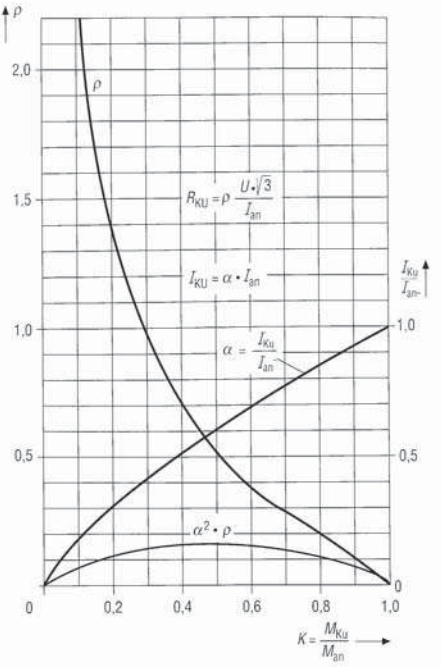


Figura 9.3/12
Diagrama para el cálculo de las resistencias serie para la conexión KUSA

9.3.9 Esquemas de conexión para arranque suave automático de motores trifásicos con rotor jaula, mediante tres resistencias en serie y relé de tiempo

La figura 9.3/13 muestra los esquemas para el arranque suave automático de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula, mediante tres resistencias en serie y relé de tiempo

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/13 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención K1 cierra. Un contacto NA de K1 activa el relé de tiempo K3. El motor arranca con un par reducido.

Después de transcurrir el tiempo ajustado, el contacto NA del relé de tiempo K3 cierra y aplica tensión a la bobina del contactor K2. El contacto de autorretención de K2 cierra, el contacto NC del contactor K2 desconecta el relé de tiempo. Los contactos NA de K2 en el circuito principal cierran y puentean a las resistencias R1. El motor funciona con el par asignado.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0 se abren los contactores K1 y K2 y, por lo tanto, el motor se desconecta.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/13 c)

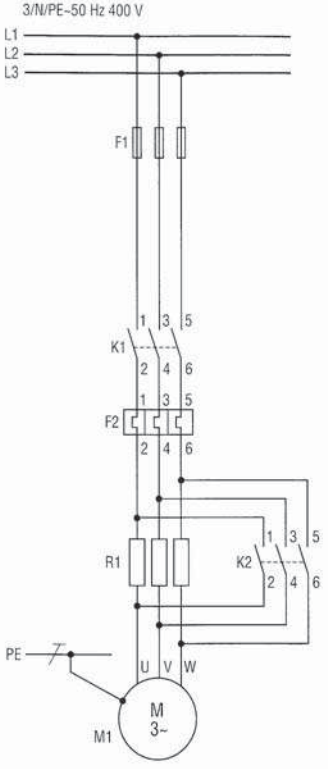
El interruptor de mando S1 conecta y desconecta, según su posición, los contactores como en la operación por medio de pulsadores.

Selección de los contactores

El contactor K1 se selecciona para el 100 % de la potencia del motor. El contactor K2 podrá elegirse para la categoría de empleo AC-1. Cuando se conectan en paralelo tres vías de corriente, podrá aumentarse 2,4 veces la corriente asignada admisible.

Para calcular el valor de las resistencias R1 que corresponde a un par de arranque M_{RV}, se debe conocer previamente el par M_{an} y la corriente I_{an} de arranque normal del motor a utilizar.

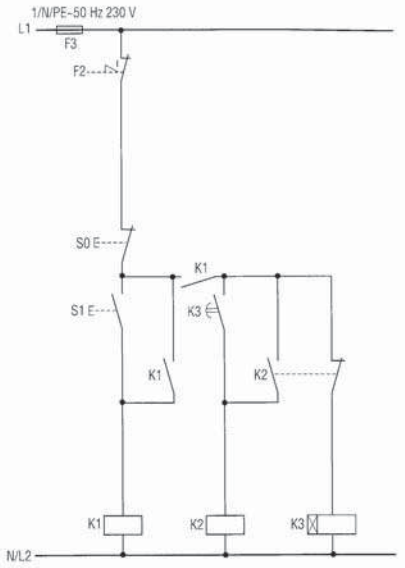
En la figura 9.3/14 podrá obtenerse el valor de la relación $\alpha = \frac{I_{RV}}{I_{an}}$ a partir de la relación $K = \frac{M_{RV}}{M_{an}}$ de la que se obtiene . En la misma figura se obtiene $I_{RV} = \alpha \cdot I_a$ el valor de α.



a) Circuito principal

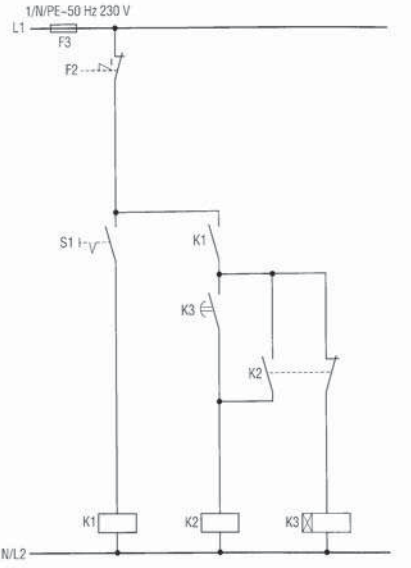
Figura 9.3/13
Esquemas de conexión para el arranque suave automático de motores trifásicos asincrónicos con rotor jaula, mediante resistencias tripolares y relé de tiempo

I_{an} Corriente de arranque
I_{RV} Corriente de arranque con las resistencias R1
M_{an} Par de arranque
M_{RV} Par de arranque con las resistencias R1



b) Circuito auxiliar para operación por pulsador

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 2 NA
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Relé de tiempo K3: 1 NA con retardo
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Relé de sobrecarga F2: 1 NC



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Relé de tiempo K3: 1 NA con retardo
Interruptor de mando S1: 1 NA
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

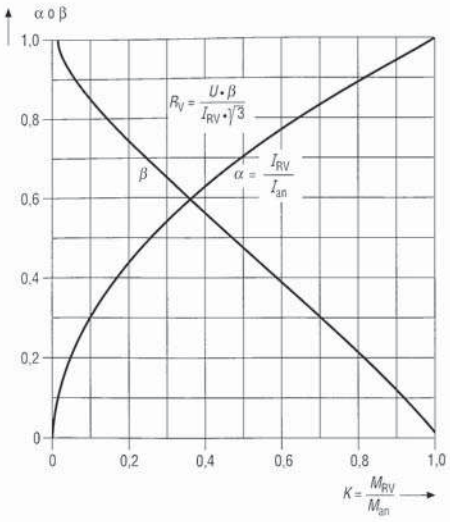


Figura 9.3/14
Diagrama para el cálculo de la resistencia tripolar serie

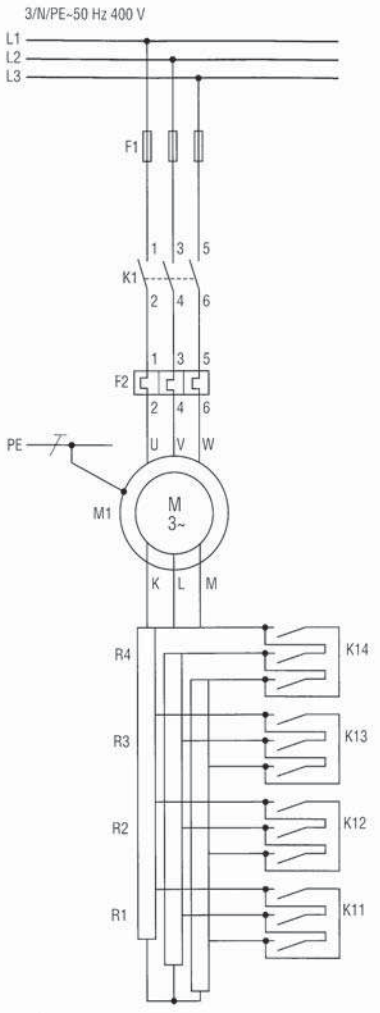
9.3.10 Arranque automático de motores trifásicos con rotor bobinado y anillos rozantes

Los esquemas para el arranque automático de motores trifásicos con rotor bobinado y anillos rozantes (con etapas de resistencias en el circuito del rotor) se muestran en la figura 9.3/15. En esta conexión de cuatro etapas se emplean cuatro relés de tiempo.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/15 b)

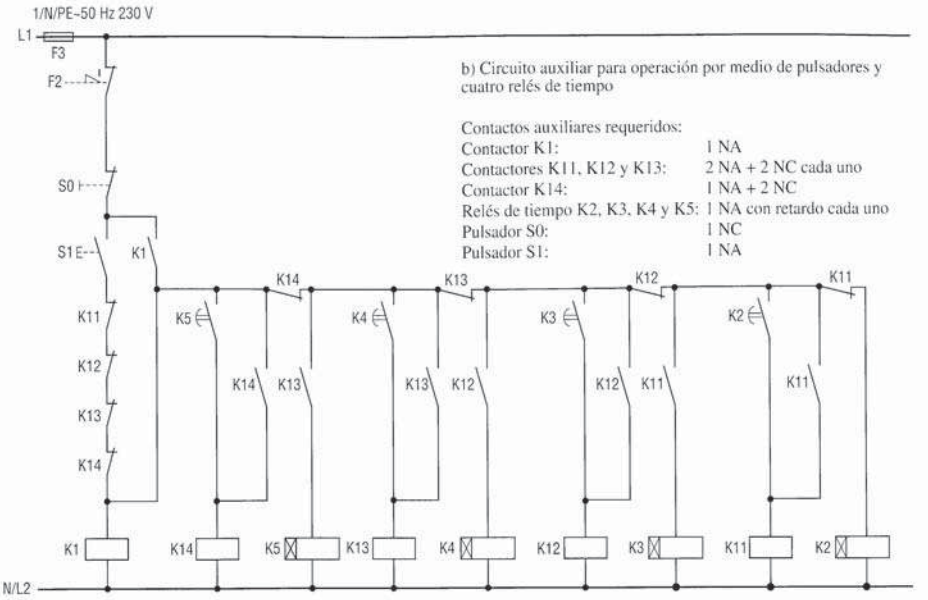
Conexión y arranque: El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra y activa el relé de tiempo K2. El motor arranca con la totalidad de la resistencia R1 intercalada en el circuito del estator.

Una vez transcurrido el tiempo ajustado, cierra el contacto NA del relé de tiempo K2, el cual conecta el contactor del estator K11. El contacto NC de K11 desconecta el relé de tiempo K2, al mismo tiempo Una vez transcurrido el tiempo ajustado, cierra el contacto NA del relé de tiempo K3, el cual conecta el contactor del estator K12. El contacto NC de K12 desconecta el relé de tiempo K3 y el contactor K11. El contacto de autorretención de K12 cierra. El con-



a) Circuito principal

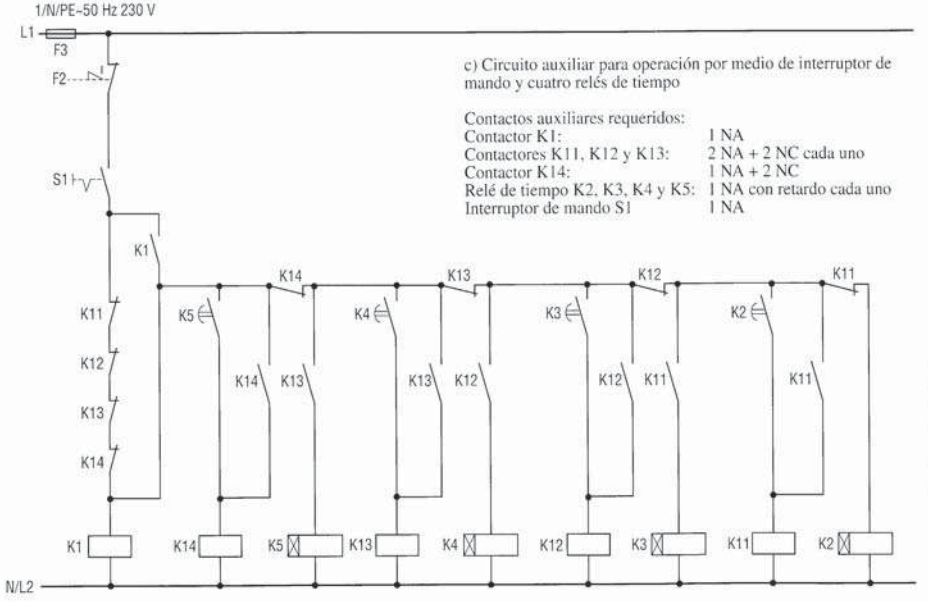
Figura 9.3/15
Esquemas de conexión para el arranque suave automático de motores trifásicos asincrónicos con rotor bobinado y anillos rozantes



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores y cuatro relés de tiempo

Contactos auxiliares requeridos:

Contactor K1:	1 NA
Contactores K11, K12 y K13:	2 NA + 2 NC cada uno
Contactor K14:	1 NA + 2 NC
Relés de tiempo K2, K3, K4 y K5:	1 NA con retardo cada uno
Pulsador S0:	1 NC
Pulsador S1:	1 NA



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando y cuatro relés de tiempo

Contactos auxiliares requeridos:

Contactor K1:	1 NA
Contactores K11, K12 y K13:	2 NA + 2 NC cada uno
Contactor K14:	1 NA + 2 NC
Relé de tiempo K2, K3, K4 y K5:	1 NA con retardo cada uno
Interruptor de mando S1	1 NA

tacto NA de K12 activa el relé de tiempo K4. El motor marcha con la resistencia R3 intercalada. La secuencia de conmutaciones prosigue de igual forma hasta que conecte el contactor del estator K14 y el motor funcione con su par nominal.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el circuito de alimentación de la bobina del contactor de estator K1 y la del contactor del rotor K14. Por lo tanto, el motor se desconecta.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.3/15 c)

El interruptor de mando S1 conecta y desconecta, según su posición, los contactores como en la operación por medio de pulsadores.

9.3.11 Arrancador a tensión reducida con transformadores de arranque con tres bobinados (Conexión Korndörfer)

Los transformadores de arranque (autotransformadores) con contactores son adecuados para reducir la corriente de arranque de motores trifásicos en redes que no permiten un arranque directo. Los motores deben arrancar en vacío o con carga reducida (Figura 9.3/16).

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.3/16 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor de control K5 y activa el relé de tiempo K4. Se aplica tensión al contactor estrella K1, uno de sus contactos auxiliares activa el contactor K2 del transformador de arranque. El motor arranca con tensión y corriente reducidas. El par del motor es una función cuadrática de la tensión aplicada en sus bornes ($M \sim U^2$).

Los transformadores de arranque tienen, en general, tres derivaciones en cada fase, que permiten adaptar mejor el par motor a los requerimientos del arranque.

Conmutación: El motor acelera con tensión reducida. Una vez transcurrido el tiempo de retardo ajustado, abre el contacto del relé de tiempo K4 y desconecta el contactor estrella K1 del transformador. Una parte del bobinado del transformador actúa ahora como reactancia intercalada en serie, y el motor funciona a velocidad constante con una tensión de red reducida por la caída en esta reactancia. Un contacto auxiliar del contactor estrella K1 abierto aplica tensión al contactor K3 del motor, que ahora funciona con la tensión nominal de red. Un contacto auxiliar del contactor del motor K3 desconecta el contactor K2 del transformador. La conmutación de los contactores del transformador y del motor se realiza sin interrupciones.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0, se abre el contactor auxiliar K5 y los contactores cerrados, por lo tanto, desconecta el motor.

Ejemplo:

Para un motor con una corriente de arranque del orden de ocho veces la corriente asignada a tensión nominal, se debe reducir esta corriente de arranque a cuatro veces la asignada (50 %).

Cálculo:

Derivación del transformador: la corriente de arranque se reduce en relación cuadrática. Por lo tanto, en este caso la derivación queda en:

$$\frac{I_{anT}}{I_{an}} = \sqrt{\frac{50}{100}} \approx 70\%.$$

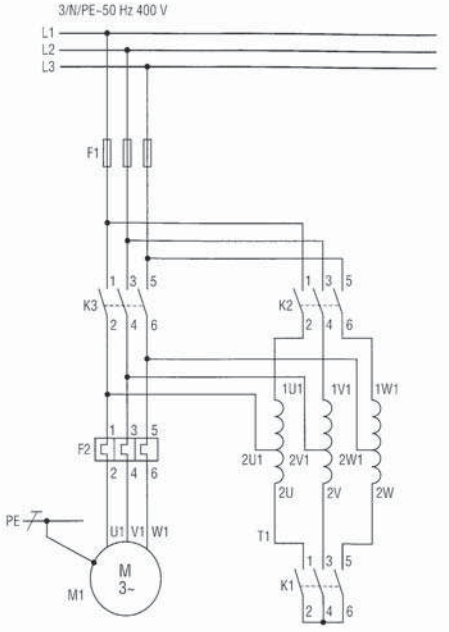
La tensión inicial de arranque (n = 0) es, por lo tanto, del 70 %, la del par en ese instante, 49 % y con ello, la corriente reducida de red es, el 49 % de la corriente de arranque con tensión nominal.

Selección de los contactores:

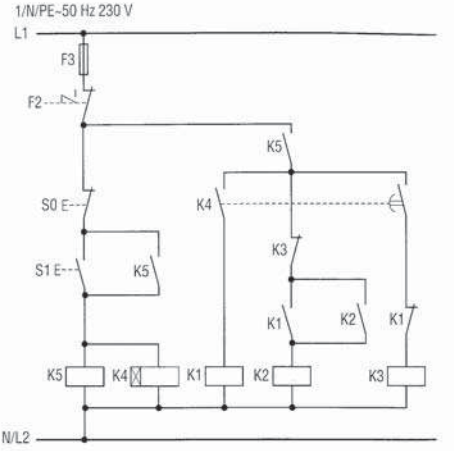
En este ejemplo, el contactor estrella K1 se elige para el 49 % de la potencia del motor, al igual que el contactor K2 del transformador.

Sin embargo, el contactor K2 se tiene que seleccionar, como mínimo, para la potencia de conexión del transformador de arranque.

El contactor del motor K3 se elige para el 100 % de la potencia del motor.



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar para operación por pulsador

Figura 9.3/16
Esquemas de conexión para el arranque de motores con transformadores, conmutación cerrada

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA + 1 NC
Contactor K2: 1 NA
Contactor K3: 1 NC
Contactor auxiliar K5: 2 NA
Relé de tiempo K4: 1 NA sin retardo + 1 NA con retardo
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA

9.4 Esquemas de conexión para la protección de motores

9.4.1 Protección de motores mediante sondas térmicas con coeficiente de temperatura positivo (PTC)

9.4.1.1 Protección de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con dos bobinados separados y dos velocidades mediante termistores

Los esquemas de la protección de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con dos bobinados separados y dos velocidades mediante termistores (PTC) y el aparato de disparo 3UN2 se muestran en la figura 9.4/1.

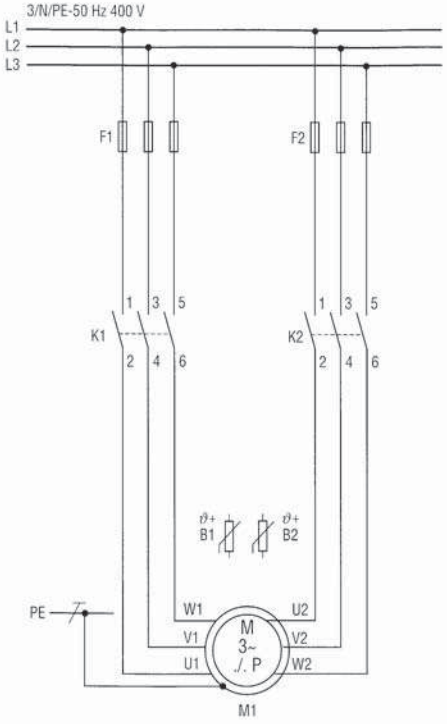
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.4/1)

Conexión (Arranque): El interruptor de mando S3 aplica tensión a los circuitos de excitación de los aparatos de disparo F4 y F5 (un aparato de disparo para cada bobinado). Los NC 97 – 98 están abiertos y los NA 95 – 96, cerrados.

El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención de K1 cierra, y el motor arranca, por ejemplo, con la velocidad menor.

Cuando se acciona el pulsador S2, su contacto NC desconecta el contactor K1. Al mismo tiempo, el contacto NA de S2 da el comando de conexión del contactor K2. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC de K1. El contacto de autorretención de K2 cierra. El motor funciona con la velocidad mayor.

Desconexión por medio de B1 o B2: Cuando el motor se sobrecarga en servicio, por ejemplo, al funcionar con la velocidad menor; se alcanza la temperatura de reacción de la sonda B1 y el aparato de disparo F4 reacciona. El contacto NA 95 – 96 abre y el contacto NC 97 – 98 cierra. El contactor K1 y el motor se desconectan. Además, se enciende la lámpara de señalización H3.

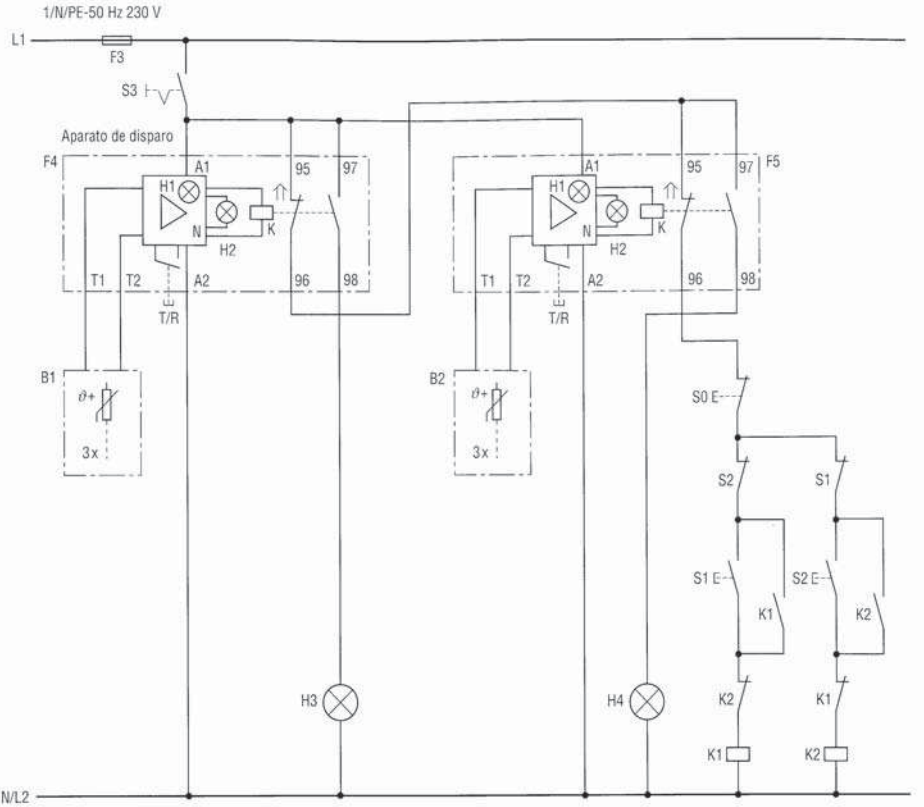


a) Circuito principal

Figura 9.4/1
Esquemas de conexión de la protección mediante termistores (PTC) de un motor trifásico asincrónico de polos conmutables con dos bobinados separados y dos velocidades

En caso de sobrecarga del motor en servicio con la velocidad mayor, la desconexión la efectúa el contactor K2 y con ello, análogamente, el comando de desconexión lo suministra el aparato de disparo F5. Se enciende la lámpara de señalización H4.

Desconexión manual: Cuando se acciona el pulsador S0, abre el contactor K1 o el K2 y, por lo tanto, el motor se desconecta.



b) Circuito auxiliar

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NA + 1 NC cada uno
Interruptor de mando S3: 1 NA
Pulsador S0: 1 NC
Pulsadores S1 y S2: 1 NA + 1 NC cada uno
Aparatos de disparo (monoestables) F4 y F5:
1 NA + 1 NC cada uno

T/R Pulsador de prueba / reposición ("Test/Reset")

⇑ Los contactos NA o NC se representaron accionados (Ver también la Tabla 9.1/4).

9.4.1.2 Protección de un motor trifásico asincrónico con aviso y desconexión, dos circuitos de sondas térmicas con tres termistores cada uno, un interruptor automático con disparadores por sobrecarga y sobrecorriente

En la figura 9.4/2 se muestran los esquemas de la protección de un motor trifásico asincrónico, con dos circuitos de sondas, tres termistores y aparato de desconexión cada uno, para aviso y desconexión por medio de un interruptor automático con disparadores por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad ("disparador a") y disparadores por cortocircuito instantáneos ("disparador n").

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.4/2b)

Conexión (Arranque): El interruptor de mando S2 aplica tensión a los circuitos de excitación de los aparatos de disparo F3 para aviso y F4 para desconexión. Los NC 97 – 98 abren, y los NA 95 – 96, cierran. El interruptor de mando S3 suministra tensión a la bobina de mínima tensión F1 del interruptor automático Q1. El interruptor automático Q1 se conecta manualmente, y el motor queda conectado.

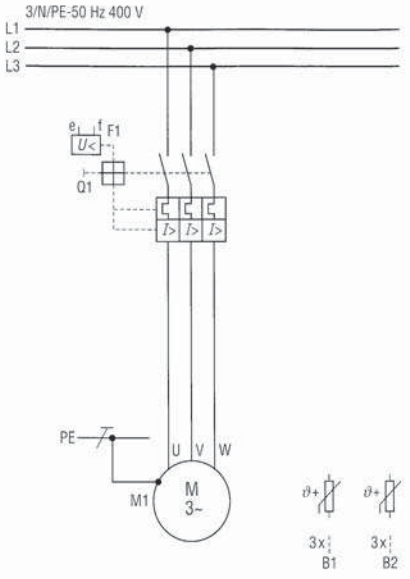
Cuando el motor se sobrecarga en servicio y alcanza la temperatura de reacción asignada de las sondas B1 para aviso, el aparato de disparo F3 reacciona. El contacto NC 97 – 98 de F3 cierra, y enciende la lámpara de señalización H3 (Aviso).

El contacto 95 – 96 de F3 abre, pero el sumistro de tensión de F1 se mantiene a través del contacto auxiliar de Q1.

Desconexión por medio de B2: Cuando continúa la sobrecarga del motor, alcanza la temperatura de reacción TNF de las sondas B2 de desconexión, reacciona el aparato de disparo F4, el contacto NA 95 – 96 de F4 abre y la bobina de mínima tensión F1 desconecta el interruptor automático Q1 y con ello al motor; además, a través del NC 97 – 98 de F4 se enciende la lámpara de señalización H4 (De desconexión).

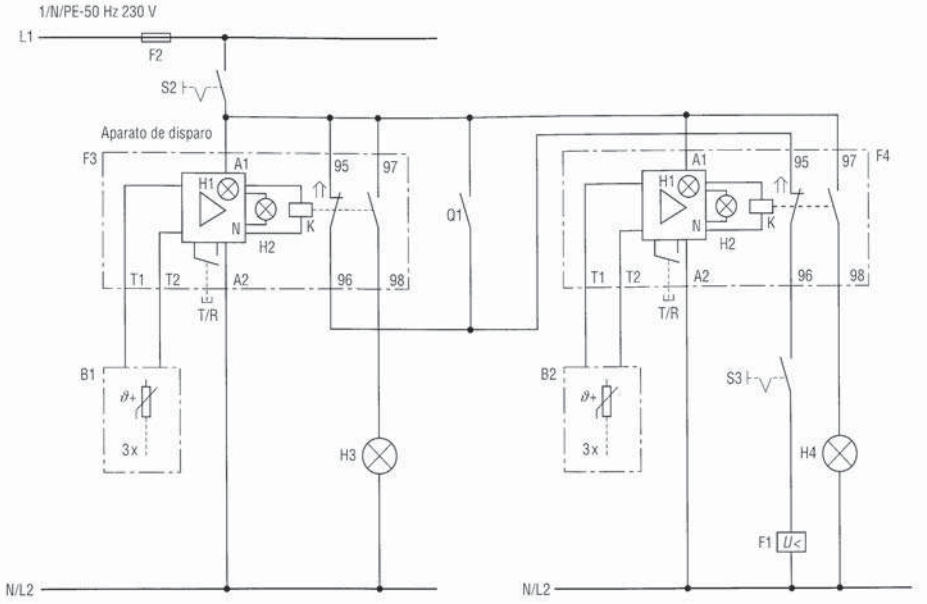
Una vez que se produjo el disparo, se podrá volver a conectar Q1 una vez que se reponen F3 y F4.

Desconexión manual: Esto se realiza por medio del interruptor de mando S3.



a) Circuito principal

Figura 9.4/2
Esquemas de conexión de la protección de un motor trifásico asincrónico, con seis termistores para aviso y desconexión por medio de un interruptor automático con disparadores por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad ("disparador a") y disparadores instantáneos por cortocircuito ("disparador n")



b) Circuito auxiliar

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor automático Q1: 1 NA
Interruptores de mando S2 y S3: 1 NA cada uno
Aparatos de disparo (monoestables) F3 y F4: 1 NA + 1 NC cada uno
Bobina de mínima tensión F1

T/R Pulsador de prueba / reposición ("Test/Reset")
⇑ Los contactos NA o NC se representaron accionados (Ver también la Tabla 9.1/4).

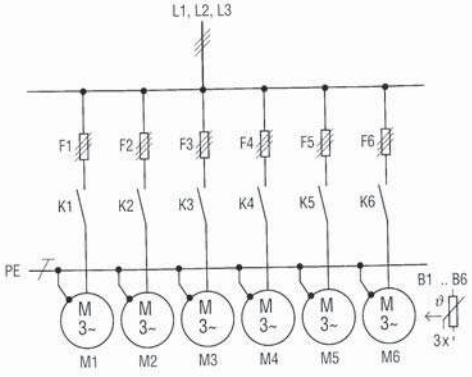
9.4.1.3 Protección de seis motores trifásicos asincrónicos mediante termistores (PTC), desconexión por medio de contactores

En la figura 9.4/3 se muestran los esquemas para la protección de seis motores trifásicos asincrónicos mediante termistores (PTC) con aparato de desconexión 3UN26, desconexión simultánea por medio de contactores.

Al aparato de disparo del tipo 3UN26 podrán conectarse hasta 6 circuitos de sondas nT1 y nT2. En los circuitos de sondas no utilizados se deben realizar cortocircuitos con puentes. Cualquiera de las hasta seis sondas PTC (B1 a B6) conectadas puede producir el disparo del aparato.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.4/3 b)

Conexión (Arranque): El interruptor S2 aplica tensión al circuito de excitación del aparato de disparo F8. El contacto NA 95 – 96 cierra, y el NC 97 – 98 abre. El pulsador S1 conecta el contactor auxiliar K7. El contacto de autorretención y los contactos NA K7 cierran. Los contactores K1 a K6 se conectan y con ellos arrancan los seis motores M1 a M6. Cuando no se admite el arranque simultáneo de los seis motores, tendrá que emplearse la conexión para el arranque sucesivo de varios motores trifásicos que se muestra en la figura 9.2/3 de la Sección 9.2.3.



a) Circuito principal (Representación unifilar)

Figura 9.4/3
Esquemas de conexión para la protección de seis motores trifásicos asincrónicos mediante termistores (PTC) y contactores

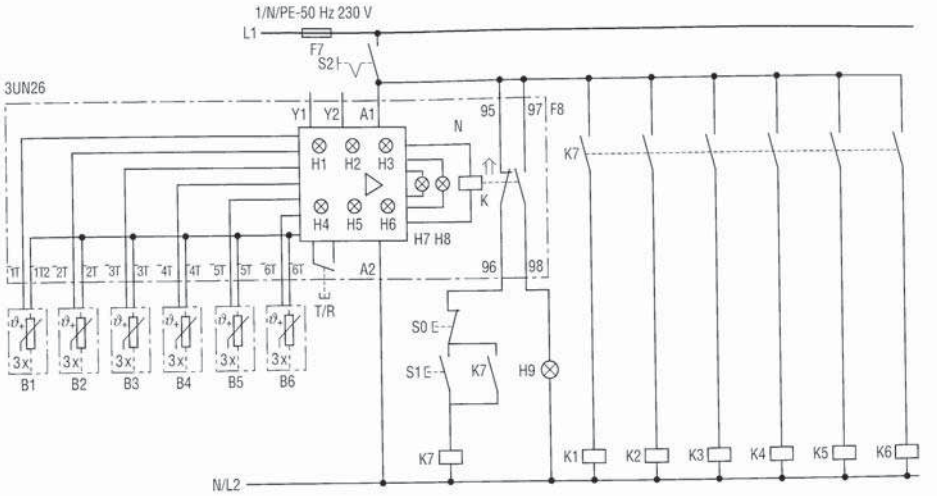
Desconexión por medio de B1 ... B6: Cuando se sobrecarga uno o más motores y, por lo tanto, se alcanza la temperatura de reacción de la(s) sonda(s) correspondiente(s), el relé de disparo F8 reacciona. El contacto NC 95 – 96 de F8 abre y desconecta todos los contactores y, por lo tanto, los motores se detienen. Al mismo tiempo cierra el contacto NA 97 – 98 de F8 y aplica tensión a la lámpara de señalización H9. En el conjunto de LEDs H1 – H6 enciende el diodo correspondiente a la sonda que provocó el disparo y señala dónde se produjo la sobrecarga.

El LED H7 señala que el aparato está dispuesto para el servicio, y el LED H8 enciende cuando se produjo un disparo.

Con el pulsador T/R podrá reponerse el aparato F8 una vez que se enfrió la sonda causante del disparo. Cuando se realiza un puente entre los bornes Y1 e Y2 se obtiene una reposición automática (Reposición a distancia).

Desconexión (Parada): La desconexión manual se efectúa por medio del pulsador S0.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se suministran otros ejemplos de esquemas de conexión con sondas PTC para la protección de motores.



b) Circuito auxiliar con operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S2: 1 NA
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Aparato de disparo (monoestable) F8: 1 NA + 1 NC
Contactor auxiliar K7: 8 NA

T/R Pulsador de prueba / reposición ("Test/Reset")

⇑ Los contactos NA o NC se representaron accionados (Ver también la Tabla 9.1/4).

9.4.2 Protección de motores con termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC)

Esta protección de motores con termistores de Siemens está formada por el aparato de disparo 3UP7 (F2) y las sondas de coeficiente de temperatura negativo (NTC).

El dispositivo de protección trabaja según el principio de la corriente de reposo y supervisa automáticamente el cortocircuito y ruptura de sus circuitos sensores.

El aparato de disparo contiene dos amplificadores operacionales con un relé de salida cada uno. Cada relé de salida tiene a su vez un juego de contactos inversores. A cada aparato de disparo 3UP7 (F2) pueden conectarse hasta seis sondas.

El aparato de disparo 3UP7 (F2) se suministra con el puente B que permite utilizar las mismas sondas de coeficiente de temperatura negativo para "desconexión" y para "aviso".

Cuando se desconecta el puente B, los amplificadores trabajan en forma independiente con tres sondas cada uno.

En la figura 9.4/4 se representa el esquema de conexión del dispositivo de protección completo para el aviso y la desconexión de un motor trifásico asincrónico.

Ajuste de la temperatura de reacción TR

En la Tabla 9.4/1 se reproducen los valores de las resistencias óhmicas de las sondas con coeficiente de temperatura negativo en función de la temperatura de reacción y, por lo tanto, para la temperatura requerida se puede obtener la resistencia correspondiente. Con el aparato de disparo 3UP7 (F2) se suministran varias resistencias de ajuste para TR entre 90 y 160 °C para que el usuario pueda seleccionar la resistencia del valor adecuado y conectarla entre T0 y T1.

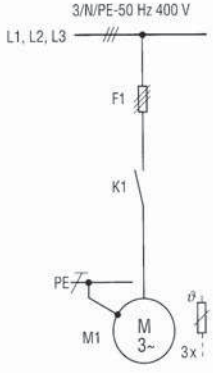
Los conductores que conectan a las sondas tienen que tenderse por separado como cables de control. El circuito de medición tiene una resistencia elevada y, por lo tanto, en la práctica una resistencia propia de estos conductores de hasta 50 Ω no tendrá influencia en el funcionamiento del dispositivo de protección. El amplificador ajustado a una determinada temperatura de reacción actúa cuando una de las sondas alcanza esta temperatura TR y el relé correspondiente conmuta.

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se suministran otros ejemplos de esquemas de conexión de aparatos de protección de motores con termistores y sondas NTC.

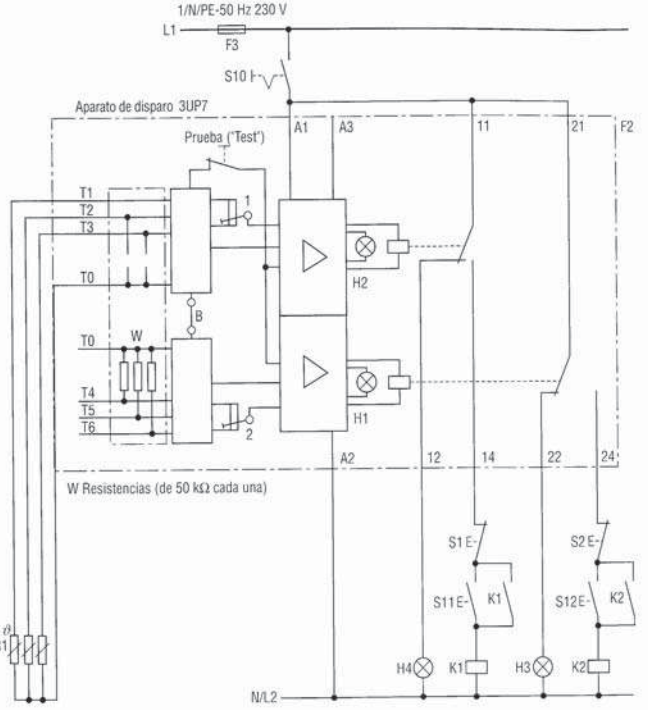
Tabla 9.4/1
Temperatura de reacción TR de las resistencias con coeficiente de temperatura negativo (NTC)

TR °C	Resistencia con coeficiente de temperatura negativo (NTC) kΩ
60	7,16
70	4,93
80	3,46
90	2,47
100	1,80
110	1,33
120	1,00
130	0,76
140	0,59
150	0,46
160	0,36

M1	Motor
S10	Interruptor principal del circuito auxiliar
S11, S12	Pulsadores conexión
S1, S2	Pulsadores desconexión
K1, K2	Contactores
F1	Fusibles, protección contra cortocircuitos del circuito principal
F2	Aparato de disparo con 2 contactos inversores
F3	Fusible circuito auxiliar
H1, H2	LEDs
H3, H4	Lámparas de señalización (Aviso, desconexión)
R1	Sondas NTC



a) Circuito principal (unifilar)



b) Circuito auxiliar con operación por medio de pulsadores
Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S10: 1 NA
Pulsador S11: 1 NA
Pulsador S12: 1 NA
Pulsadores S1 y S2: 1 NC cada uno
Contactores K1 y K2: 1 NA cada uno

Figura 9.4/4
Esquemas de conexión para la protección de motores con termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC) con "aviso" y "desconexión" del motor trifásico asincrónico

9.4.3 Relé de sobrecargas electrónico 3RB12

La figura 9.4/5 a muestra el diagrama unifilar de una salida convencional a motor.

Para proteger esta derivación ante sobrecargas, defecto a tierra y sobrecalentamiento excesivo se requieren los siguientes componentes:

- Relé de sobrecarga.
- Transformador de intensidad sumador con equipo detector de defectos a tierra.
- Aparato de protección de motores con termistores.

En la figura 9.4/5 b, en cambio, se representa el diagrama unifilar de una moderna salida a motor orientada al futuro, con un relé de sobrecargas electrónico 3RB12.

En este caso se integran en un único aparato todas las funciones de protección.

No se requieren transformadores de intensidad adicionales.

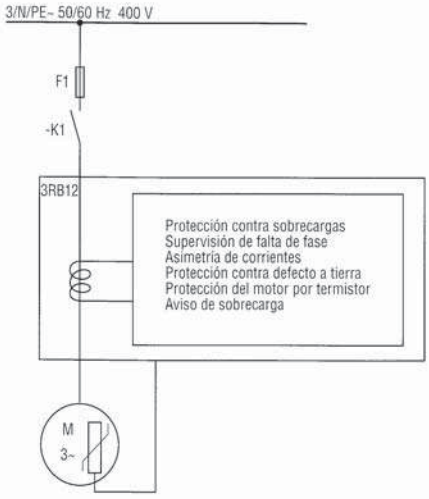


Figura 9.4/5 b
Esquema unifilar de una moderna salida a motor orientada al futuro, con un relé de sobrecargas electrónico 3RB12 como protector multifuncional (Representación unifilar)

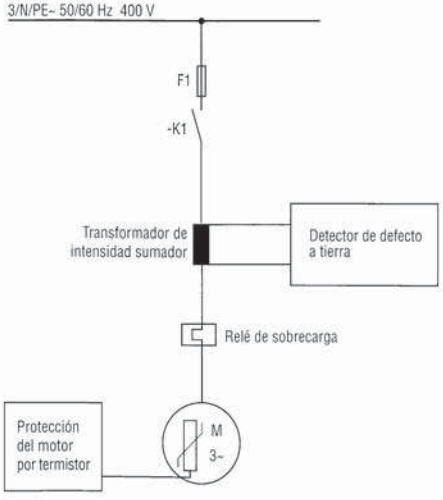


Figura 9.4/5 a
Esquema unifilar de una salida convencional a motor (Representación unifilar)

9.4.4 Aplicación del sistema SIMOCODE-DP con capacidad de comunicación

La figura 9.4/6 a muestra el diagrama unifilar de una salida convencional a motor.

Para proteger esta derivación ante sobrecargas, defecto a tierra y sobrecalentamiento excesivo se requieren los siguientes componentes:

- Relé de sobrecarga.
- Transformador de intensidad sumador con equipo detector de defectos a tierra.
- Aparato de protección de motores con termistores

Además, se requiere un convertidor analógico / digital para la transmisión a distancia de los valores de la intensidad de la corriente y un sistema periférico descentralizado para el control y la supervisión de la salida del motor por medio del PROFIBUS-DP.

En la figura 9.4/6 b, en cambio, se representa el diagrama unifilar de una moderna salida a motor orientada al futuro con el sistema SIMOCODE-DP con capacidad de comunicación.

En este caso, se integran en un único sistema todas las funciones de protección.

La transmisión a distancia de los valores de la intensidad de la corriente y el control se realizan por medio del PROFIBUS-DP (Ver el Capítulo 5). En caso de falla, el sistema ofrece además la posibilidad de llamar un protocolo detallado que contiene indicaciones relacionadas con la derivación a motor respectiva como, por ejemplo, tipo, corriente de disparo, cantidad de disparos, horas de servicio, etc.

En las figuras 9.4/7 a 9.4/9 se representan esquemas detallados de algunas aplicaciones del sistema SIMOCODE-DP con capacidad de comunicación.

Así, por ejemplo, para implementar con control con inversión de marcha ya no se requiere el enclavamiento de protección y pulsadores. También puede eliminarse el relé de tiempo que impide la conmutación directa de marcha hacia la derecha a marcha hacia la izquierda.

Las funciones requeridas están realizadas en el sistema SIMOCODE-DP, de forma tal que sólo queda por ingresar el parámetro correspondiente al tiempo de retardo de la conmutación.

El sistema SIMOCODE-DP también podrá funcionar sin conexión al PROFIBUS-DP, es decir, en **Servicio Autárquico**.

En el Manual SIMOCODE-DP, número de pedido 3UF5700-0AA00-0 (alemán) o 3UF5700-0AA00-1 (inglés) se representan esquemas de conexión para controles de motores con polos conmutables, Dahlander, con electroválvulas, actuadores y sistemas SIKOSTART.

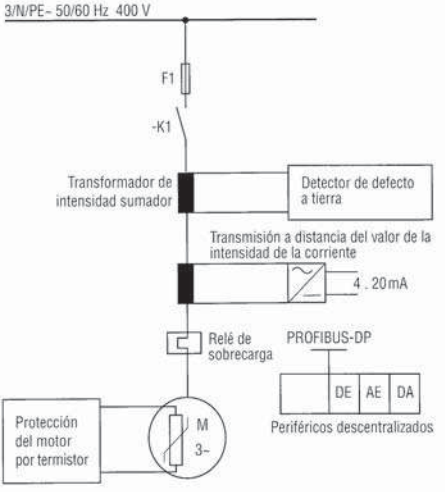


Figura 9.4/6 a
Esquema unifilar de una salida a motor convencional con capacidad de comunicación

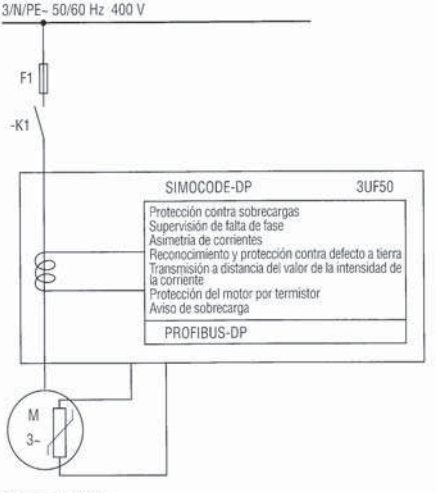


Figura 9.4/6 b
Esquema unifilar de una moderna salida a motor orientada al futuro, con el sistema SIMOCODE-DP 3UF50 con capacidad de comunicación

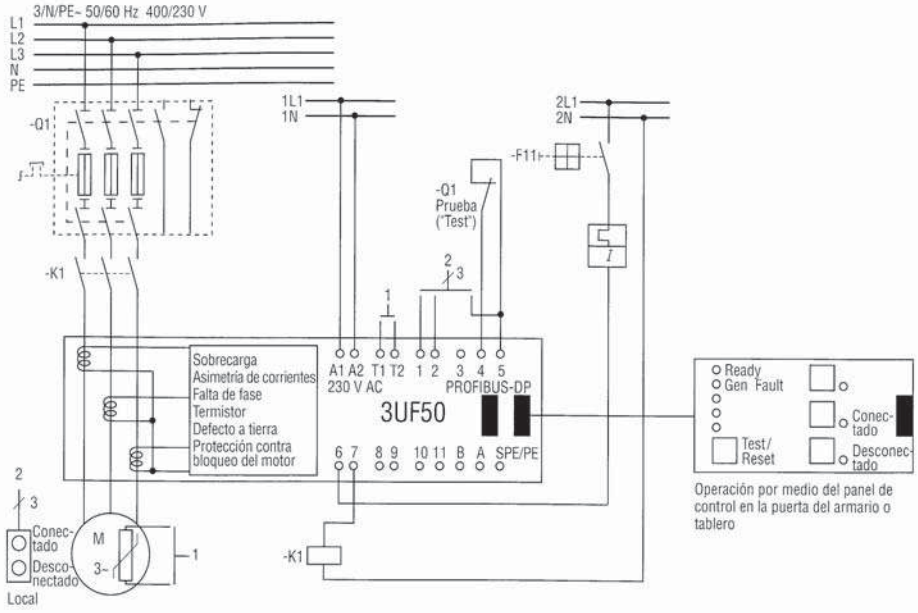


Figura 9.4/7
Esquema de conexión para el arranque directo de un motor trifásico asincrónico con el sistema SIMOCODE-DP 3UF50 con capacidad de comunicación

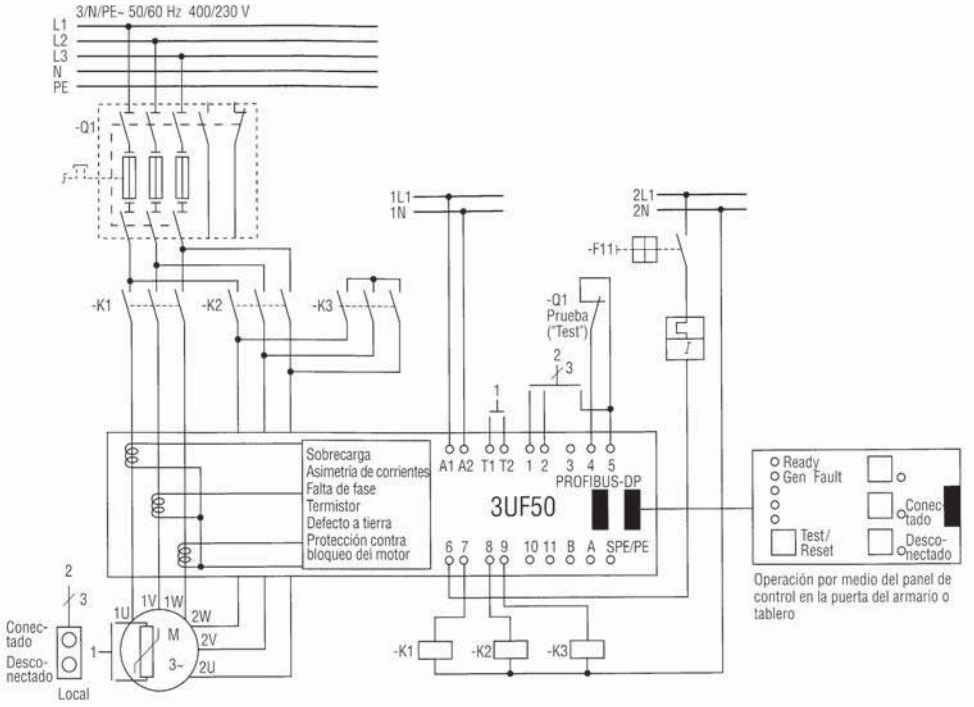


Figura 9.4/8
Esquema de conexión para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico asincrónico con el sistema SIMOCODE-DP 3UF50 con capacidad de comunicación

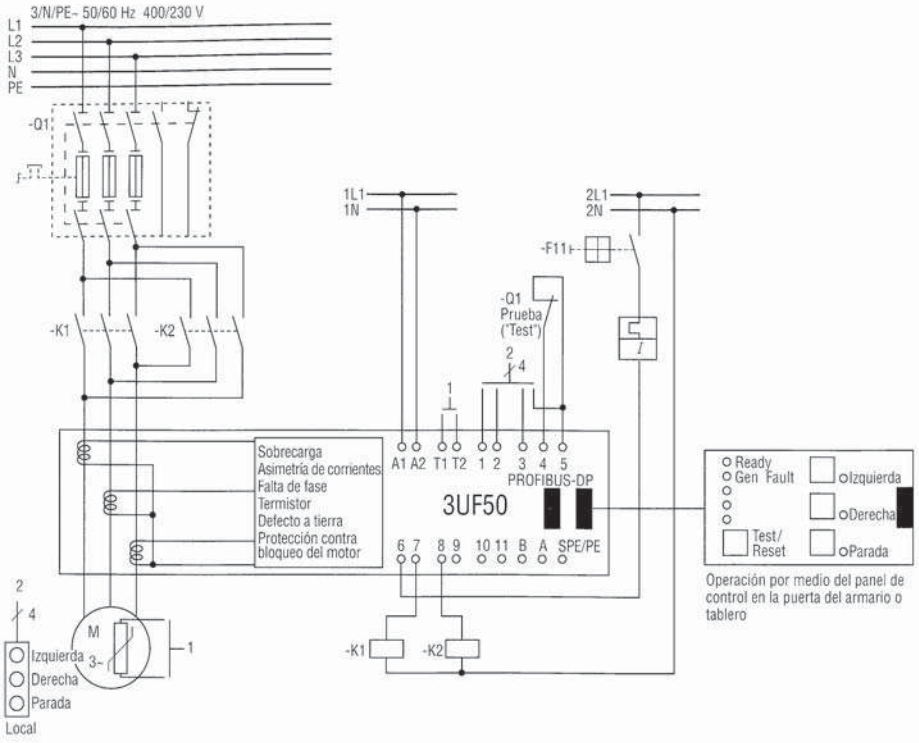


Figura 9.4/9
Esquema de conexión para la inversión de marcha de un motor trifásico con el sistema SIMOCODE-DP 3UF50 con capacidad de comunicación

9.5 Esquemas de conexión con controladores o sensores

9.5.1 Esquemas de conexión con controladores de la velocidad de rotación

9.5.1.1 Arranque y parada directos de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente

En la figura 9.5/1 se representan los esquemas de conexión para el arranque y la parada directos de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.5/1 b)

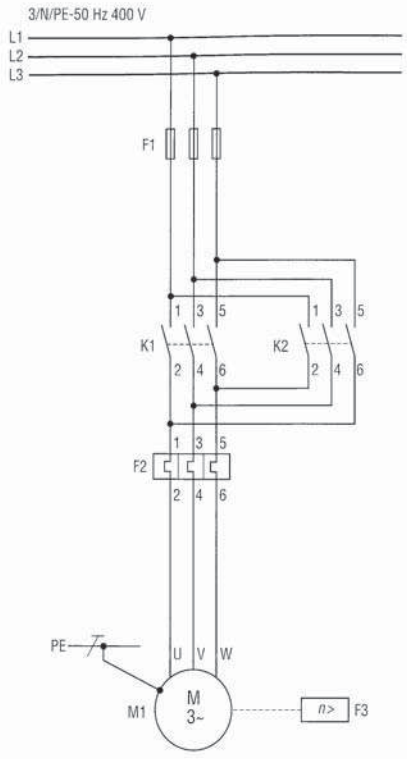
Conexión (Arranque): El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención cierra, y el motor arranca. El contacto conmutador del controlador de velocidad de rotación F3 conmuta.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador de desconexión S0, su contacto NC abre el circuito de alimentación de la bobina del contactor K1, el cual desconecta. Al mismo tiempo, el contacto NA de S0 cierra y da el comando de conexión al contactor K2. Esta orden de conexión resulta efectiva cuando el contacto NC de K1 está cerrado, el contacto de autorretención K2 cierra, y el motor se frena por contracorriente.

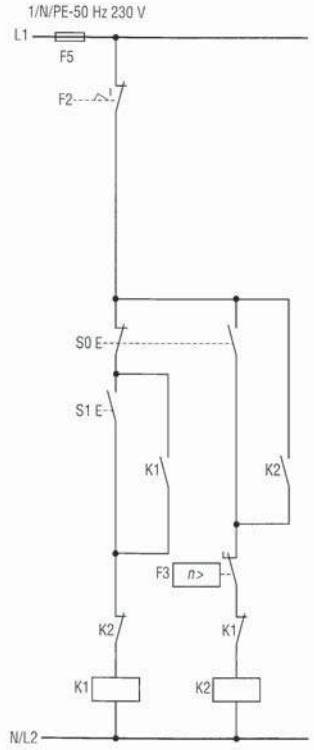
El contacto del controlador F3 conmuta a su posición inicial cuando la velocidad de rotación del motor desciende a un valor reducido previamente ajustado y desconecta al contactor K2 que a su vez interrumpe el frenado por contracorriente.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.5/1 c)

Cuando se acciona el interruptor de mando S1, el contactor K1 conecta, el motor arranca, y el contacto de F3 conmuta. Cuando se retorna el interruptor S1 a su posición original se inicia el proceso de frenado por contracorriente. El resto del procedimiento es análogo al descripto para la operación por medio de pulsadores.



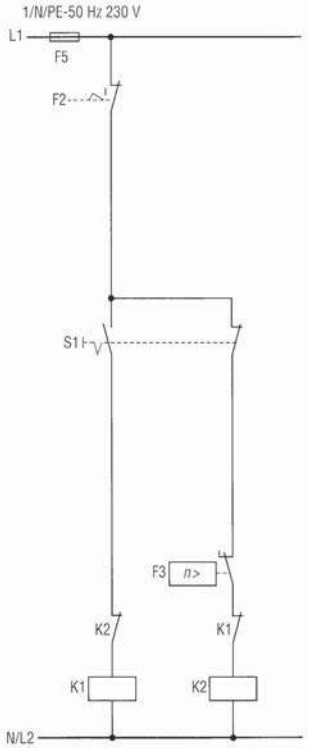
a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Figura 9.5/1
Esquemas de conexión para el arranque y parada directos de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NA + 1 NC cada uno
Pulsador S0: 1 NA + 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NC cada uno
Interruptor de mando S1: 1 NA + 1 NC
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

9.5.1.2 Arranque y parada directos de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente, conexión con contactor auxiliar

Se utilizará esta conexión con contactor auxiliar cuando se deban impedir autoconexiones manuales peligrosas al efectuar trabajos en la máquina accionada.

En la figura 9.5/2 se representan los esquemas de conexión para el arranque y la parada directos de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente y contactor auxiliar.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.5/2 b)

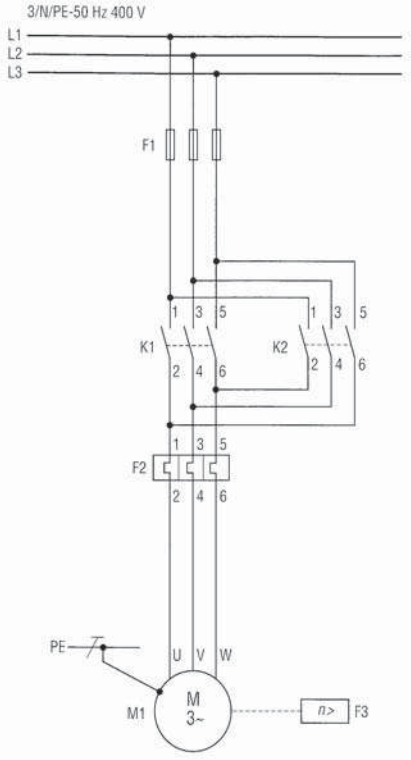
Conexión (Arranque): El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención K1 cierra, y el motor arranca.

El contacto inversor del controlador de velocidad de rotación F3 conmuta. Como el NA del contactor K1 está cerrado, acciona el contactor auxiliar K3, el contacto de autorretención y el NA cierran.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador de desconexión S0, su contacto NC abre el circuito de alimentación de la bobina del contactor K1, el cual desconecta. Al mismo tiempo, el contacto NA de S0 cierra y da el comando de conexión al contactor K2. Esta orden de conexión resulta efectiva cuando el contacto NC de K1 está cerrado, el contacto de autorretención K2 cierra, y el motor se frena por contracorriente. El contacto del controlador F3 conmuta a su posición inicial cuando la velocidad de rotación del motor desciende a un valor reducido previamente ajustado y desconecta el contactor auxiliar K3, el NA de K3 abre y desconecta el contactor K2 que a su vez interrumpe el frenado por contracorriente.

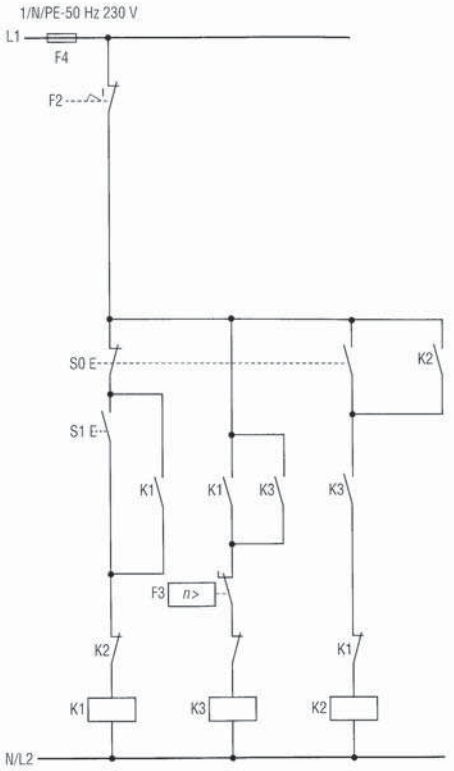
Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.5/2 c)

Cuando se acciona el interruptor de mando S1, el contactor K1 conecta. Cuando se retorna el interruptor S1 a su posición original, se inicia el proceso de frenado por contracorriente. El resto del procedimiento es análogo al descripto para la operación por medio de pulsadores.



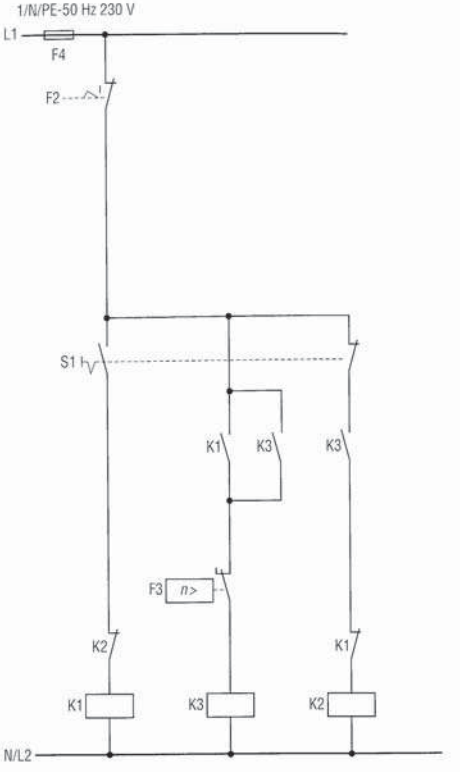
a) Circuito principal

Figura 9.5/2
Esquemas de conexión para el arranque y parada directos de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente (Circuito con contactor auxiliar)



b) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 2 NA + 1 NC
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Contactor auxiliar K3: 2 NA
Pulsador S0: 1 NA + 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 1 NA + 1 NC
Contactor K2: 1 NC
Contactor auxiliar K3: 2 NA
Interruptor de mando S1: 1 NA + 1 NC
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

9.5.1.3 Inversión directa del sentido de giro de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente en ambas direcciones de rotación

En la figura 9.5/3 se representan los esquemas de la inversión directa del sentido de giro de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente en ambas direcciones de rotación.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.5/3 b)

Conexión (Arranque): El pulsador S1 aplica tensión a la bobina del contactor K1, su contacto de autorretención cierra y el motor arranca, por ejemplo, con rotación hacia la derecha. El contacto del controlador para sentido de giro hacia la derecha conmuta.

Conmutación: Cuando se acciona el pulsador S2, su contacto NC da el comando de desconexión al contactor K1. El contacto NA de S2 da el comando de conexión al contactor K2. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC de K1. El contacto de autorretención de K2 cierra. El motor se frena y arranca con dirección de rotación hacia la izquierda.

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador de desconexión S0, si el contactor K1 estaba conectado, el contacto NC de S0 desconecta el contactor K1 al mismo tiempo que el contacto NA del mismo pulsador S0 da el comando de conexión al contactor K2 a través del contacto de conmutación del controlador de frenado F3. Esta orden de conexión para K2 resulta efectiva cuando cierra el contacto NC de K1. El contacto de autorretención y los contactos NA del contactor K2 cierran. El contactor auxiliar K3 se conecta, cierra su contacto de autorretención, el contacto NC de K3 abre y anula el contacto de autorrentención de K2. El motor se frena por contracorriente.

Cuando la velocidad del motor desciende a un valor reducido previamente ajustado, conmuta el contacto del controlador F3 a su posición inicial. El contactor K2 se desconecta, el contacto NA de K2 abre, desconecta el contactor auxiliar K3 y finaliza el frenado por contracorriente.

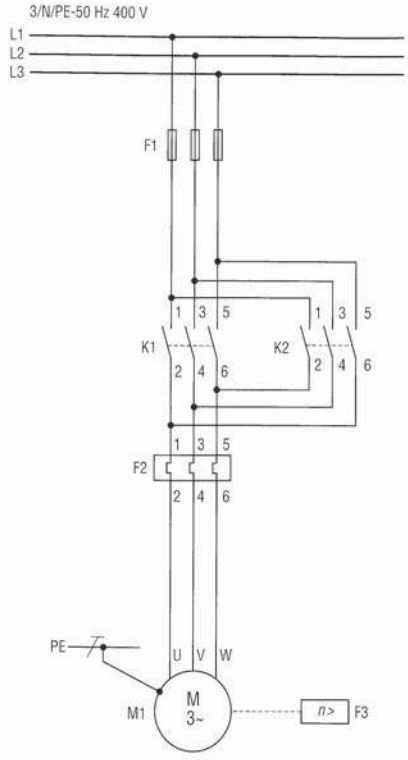
En caso de que, al iniciarse la desconexión, se encontrara cerrado el contactor K2, el proceso se desarrolla de manera análoga.

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.5/3 c)

Conexión (Arranque): El interruptor de mando S1, por ejemplo, en la posición R (derecha), aplica tensión al contactor K1. El motor arranca con sentido de rotación hacia la derecha. El contacto del controlador F3 para sentido de giro hacia la derecha conmuta. El contacto NC de S1 abre.

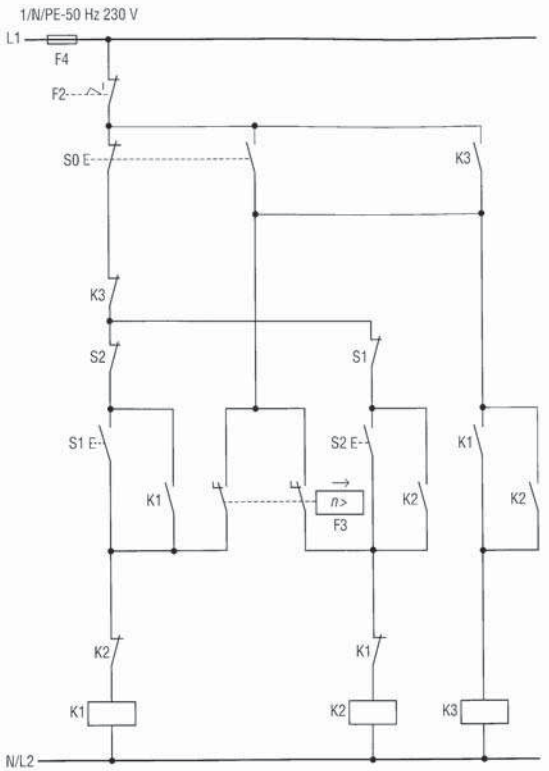
Conmutación: El interruptor de mando S1 se conmuta de la posición R (derecha), pasando por 0, a la posición L (izquierda).

Primero abre el contacto NA de la posición R (el contactor K1 se desconecta), a continuación cierra el contacto NC de la posición O (el contactor K2 se conecta porque el contacto NC de K1 está cerrado), y el motor se frena por contracorriente. Después cierra



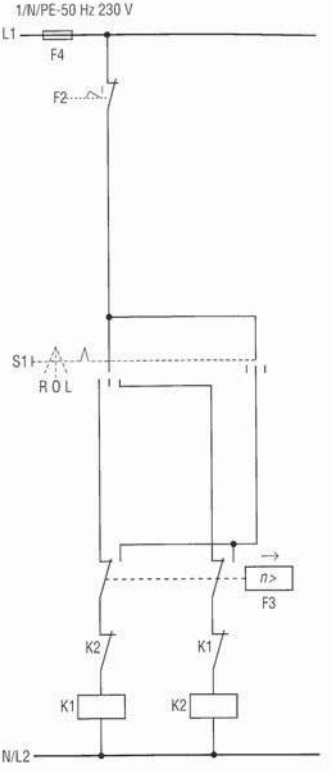
a) Circuito principal

Figura 9.5/3
Esquemas de conexión para la inversión directa de motores trifásicos asincrónicos con frenado por contracorriente en ambos sentidos de rotación



b) Circuito auxiliar con operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 2 NA + 1 NC
Contactor K3: 1 NA + 1 NC
Pulsadores S0, S1 y S2: 1 NA + 1 NC cada uno
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NC cada uno
Interruptor de mando S1: 3 posiciones
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

el contacto NA de S1 para la posición L (una vez que conmuta el contacto de F3 derecha, el contactor K2 permanece conectado), el motor arranca con sentido de rotación hacia la izquierda.

Desconexión (Parada), por ejemplo, cuando el contactor K1 está conectado (el motor gira hacia la derecha): El interruptor de mando S1 gira de la posición R a la posición 0. El contacto NA de la posición R abre y desconecta el contactor K1. El contacto NC de la posición 0 de S1 cierra y conecta el contactor K2 cuando cierra el contacto NC de K1. Se inicia el frenado por contracorriente del motor. Cuando la velocidad de rotación del motor desciende a un valor reducido previamente ajustado en el controlador F3, el contacto conmuta a su posición inicial. El contactor K2 se desconecta. El frenado por contracorriente finaliza.

Cuando el contactor conectado es el K2 (el motor gira hacia la izquierda), la desconexión se desarrolla de manera análoga.

9.5.2 Esquemas de conexión con controladores de cintas transportadoras

Los controladores de cintas transportadoras dan el comando de desconexión del motor del accionamiento cuando la cinta se frena, rompe o resbala en una medida inadmisible o cuando la velocidad del accionamiento se reduce por debajo de un valor determinado.

Con estos controladores también se puede verificar que el arranque de una cinta transportadora sea el correcto. Para esta aplicación, el controlador conecta el motor de la primera cinta transportadora cuando la velocidad de la que le sigue en el transporte de los materiales, sobrepasa un valor determinado (Figura 9.5/4).

El relé de tiempo K4 y el contactor auxiliar K2 puentean el contacto de conmutación del controlador F3, durante el tiempo de arranque previsto de la cinta transportadora.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.5/4 b):

Conexión (Arranque): Por medio del pulsador S1 se aplica tensión a la bobina del contactor auxiliar K2 y se activa el relé de tiempo K4. El contacto de autorretención y los contactos NA de K2 cierran. El contacto NA de K2 suministra tensión a la bobina del contactor auxiliar K3. El contacto de autorretención y los contactos NA de K3 cierran. El contactor K1 se conecta, y el motor M1 arranca. El contacto inversor del controlador F3 conmuta. Una vez transcurrido el tiempo ajustado, el contacto NC de K4 desconecta el contactor auxiliar K2.

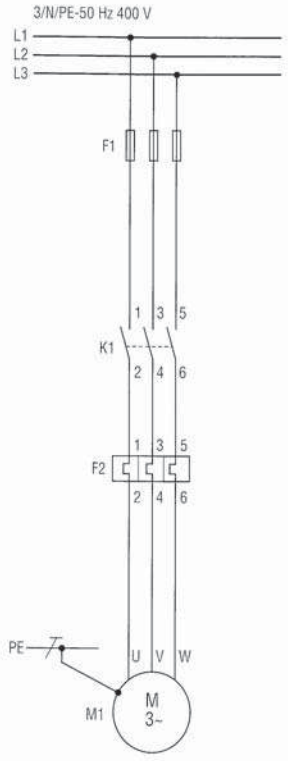
Desconexión (Parada): Cuando la cinta transportadora se frena o traba, el contacto inversor del controlador F3 retorna a su posición inicial. Como el contacto NC de K1 está abierto, se impide una nueva conexión de K2 y de K4. El contactor K3 se desconecta, y sus contactos NA desconectan el contactor K1. El motor se detiene.

Cuando se emplea un contactor K3 con retardo a la desconexión, se evita la desconexión del motor en caso de que la velocidad de la cinta transportadora varíe durante tiempos cortos (Ver la Sección 9.5.1.2).

Operación por medio de interruptor de mando (Figura 9.5/4 c)

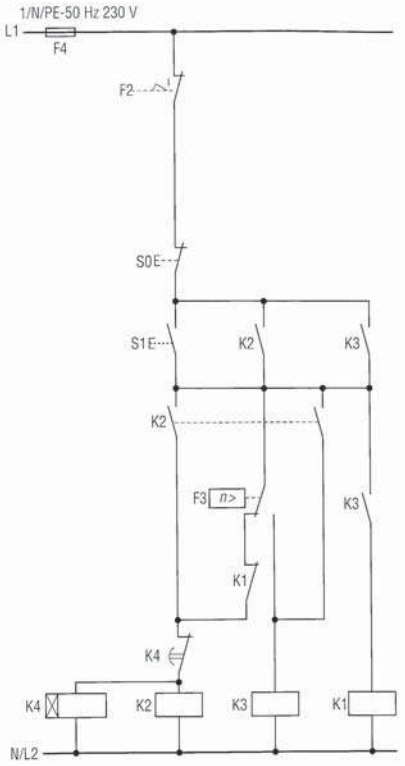
Conexión (Arranque): Por medio del interruptor S1 se aplica tensión a la bobina del contactor auxiliar K2 y se activa el relé de tiempo K5. El contacto de autorretención de K2 cierra. El contacto NA de K2 conecta los contactores K3 y K4. El contacto de autorretención de K4 cierra. El contacto NA de K3 conecta el contactor K1. El motor arranca. El contacto NC del contactor auxiliar K4 evita una posible reconexión automática que pueda producirse después de una desconexión por el controlador F3.

El resto del procedimiento es análogo a la operación por medio de pulsadores.



a) Circuito principal

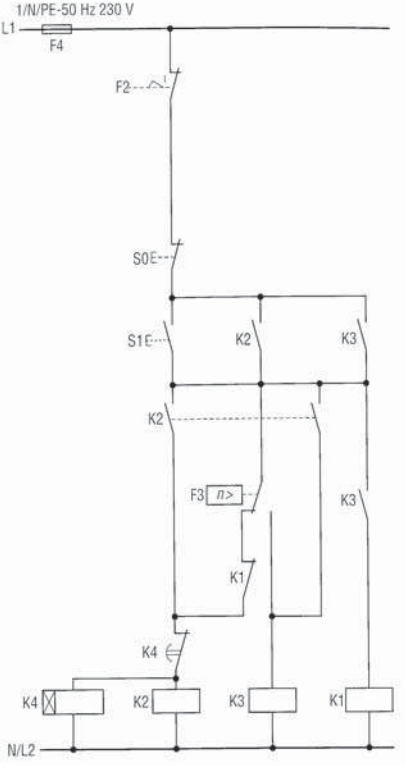
Figura 9.5/4
Esquemas de conexión de un motor trifásico asincrónico con controlador de cintas transportadoras



b) Circuito auxiliar con operación por medio de pulsadores

Contactos auxiliares requeridos:

Contactor K1: 1 NC
Contactor K2: 3 NA
Contactor K3: 2 NA
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Relé de tiempo K4: 1 NC con retardo
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

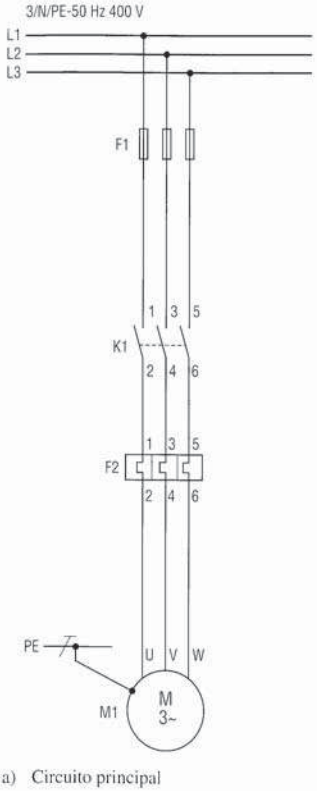
Contactos auxiliares requeridos:

Contactor K2: 3 NA
Contactor K3: 1 NA
Contactor K4: 1 NA + 1 NC
Interruptor de mando S1: 1 NA
Relé de tiempo K5: 1 NC con retardo
Controlador de velocidad F3: 1 I
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

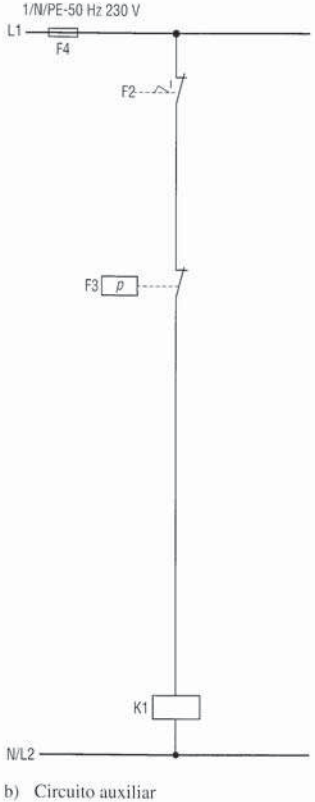
9.5.3 Esquemas de conexión con presostatos en combinación con contactores

La utilización de un presostato en combinación con un contactor para el mando de un motor trifásico asincrónico, se representa en la figura 9.5/5.

El contacto NC del presostato F3 conecta y desconecta el contactor K1, el cual arranca o para el motor.



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Figura 9.5/5
Esquemas de conexión de un control por contactores y presostato

Contactos auxiliares requeridos:
Presostato F3: 1 NC
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

9.6 Esquemas de conexión con interruptores de posición

9.6.1 Inversión del sentido de rotación de motores con fines de carrera, por ejemplo, para apertura y cierre de puertas

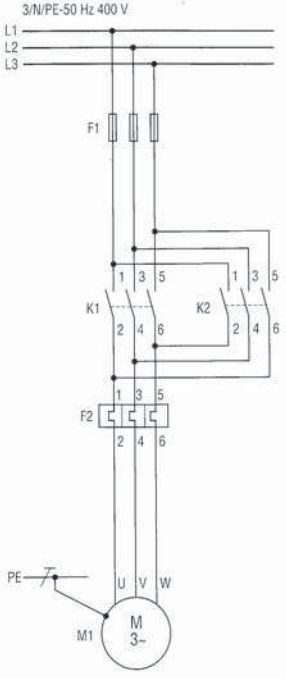
En la figura 9.6/1 se representan esquemas de conexión de la inversión del sentido de rotación de motores trifásicos asincrónicos con fines de carrera (interruptores de posición), por ejemplo, para apertura y cierre de grandes puertas.

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.6/1 b)

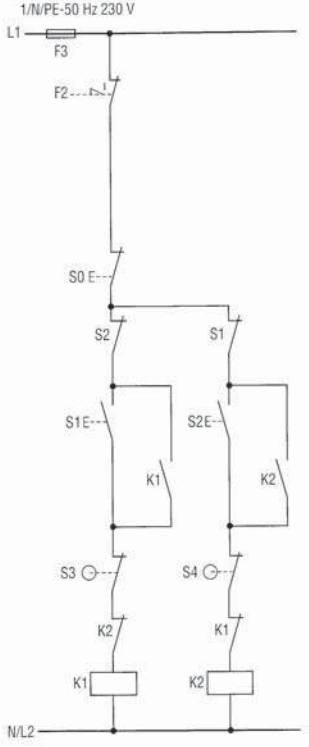
Cierre de la puerta: El pulsador S1 suministra tensión a la bobina del contactor K1, el contacto de autorretención de K1 cierra. El motor arranca con sentido de rotación hacia la derecha, y la puerta se cierra.

Cuando la puerta está completamente cerrada, el contacto NC del interruptor fin de carrera S3 abre, desconecta el contactor K1, y el motor se detiene.

Apertura de la puerta: El pulsador S2 suministra tensión a la bobina del contactor K2, el contacto de au-



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1 y K2: 1 NA + 1 NC cada uno.
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1 y S2: 1 NA + 1 NC cada uno
Fines de carrera S3 y S4: 1 NC cada uno
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

Figura 9.6/1
Esquemas de conexión de la inversión de la dirección de rotación de motores trifásicos asincrónicos con fines de carrera para apertura y cierre de una puerta

torretención de K2 cierra. El motor arranca con sentido de rotación hacia la izquierda, y la puerta se abre. Cuando la puerta está completamente abierta, el contacto NC del interruptor fin de carrera S4 abre, desconecta el contactor K2, y el motor se detiene.

Con el pulsador S0 se puede interrumpir el movimiento de apertura o cierre de la puerta (que queda entreabierta).

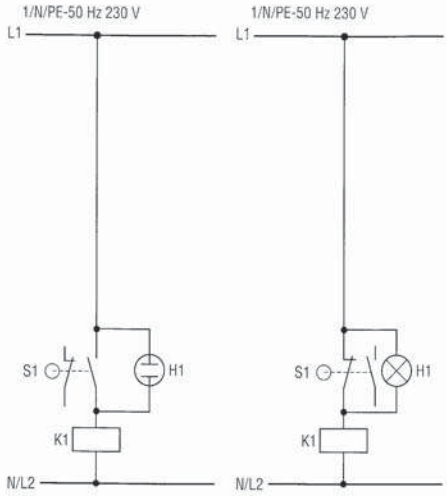
9.6.2 Esquemas de conexión con fines de carrera y lámparas de señalización

La lámpara de señalización H1 puede conectarse directamente en paralelo con el contacto NA o NC del interruptor fin de carrera S1, el cual aplica tensión a la bobina del contactor K1 (Figura 9.6/2 a). Cuando la bobina del contactor K1 está desconectada, se enciende la lámpara de señalización H1. La bobina del contactor K1 y la lámpara de señalización están conectadas en serie; sin embargo, la resistencia de la lámpara H1 tiene un valor suficientemente elevado como para que la bobina del contactor no accione. Cuando se acciona el interruptor de posición S1, la lámpara H1 es puenteada y se apaga, al mismo tiempo se excita la bobina del contactor K1.

Los fines de carrera 3SE31 (según el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens), se pueden suministrar con un portalámparas encastrable, de tal forma que la lámpara podrá conectarse de una manera sencilla en paralelo con el contacto NA o NC del mismo.

Cuando el contacto NC del fin de carrera S1 conecta la bobina del contactor y el contacto NA, la lámpara de señalización o viceversa (Figura 9.6/2 b), la lámpara H1 enciende cuando la bobina del contactor K1 está desconectada.

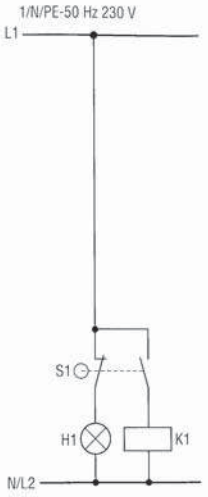
Si, en cambio, la bobina del contactor K1 y la lámpara de señalización H1 se conectan por medio del mismo contacto (NA o NC) del fin de carrera (Figura 9.6/2 c), la lámpara se enciende cuando la bobina del contactor K1 está conectada.

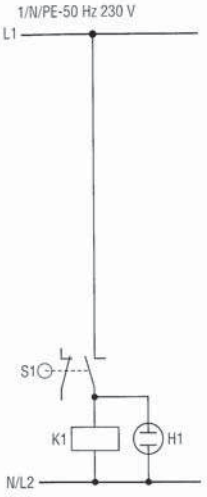


a) La señalización se produce cuando la bobina del contactor queda sin tensión: Lámpara conectada en paralelo con el contacto del fin de carrera

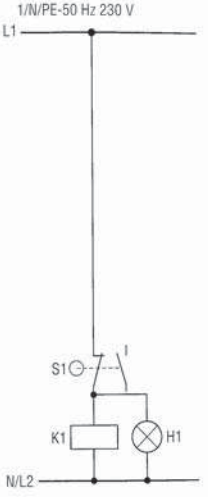
Figura 9.6/2
Esquames de conexión de fines de carrera y lámparas de señalizacioón

b) La señalización se produce cuando la bobina del contactor queda sin tensión: Lámpara conectada en paralelo con la bobina del contactor





c) La señalización se produce cuando la bobina del contactor tiene tensión: Lámpara conectada en paralelo con la bobina del contactor



9.7 Esquemas de conexión con bornes para circuitos de medición

9.7.1 Esquemas de conexión con bornes de paso seccionables para transformadores

En instalaciones de maniobra y distribución de baja tensión, cuadros o tableros, centros de mando y similares, se emplean bornes especiales para controlar y seccionar circuitos eléctricos sin interrumpir el servicio.

Los bornes de paso para transformadores se suministran en dos ejecuciones diferentes:

- ▷ Borne seccionador sin toma para pruebas 8WA1011 – 1MH11
- ▷ Borne seccionador de medición con toma para pruebas 8WA1011 – 1MH15 (Figura 9.7/1).

Con frecuencia no se requiere el elemento seccionador de la conexión de paso (Ver la figura 9.7/2 d, esquema 4) y puede utilizarse sin problemas un borne de paso sin toma para pruebas. Con esto se evitan puntos de transición y eventuales fallas en la operación que pueden dañar a los transformadores.

La colocación de un puente permite conectar dos bornes en paralelo, de tal forma que se puede unir en cortocircuito el secundario del transformador de intensidad para, por ejemplo, reemplazar los instrumentos de medición sin interrumpir el servicio. En la figura 9.7/2 se representan diferentes esquemas de conexión para bornes de transformador.

La mejor forma de aclarar el concepto de los bornes para transformador es analizar el esquema de conexión básico de un conjunto de medición (Figura 9.7/2 a).

Pruebas:

Transformador *sin* salida, figura 9.7/2 a:

El instrumento de pruebas P10G se conecta en las tomas del borne 2 (esquema de conexión 1, regleta X1) y se abre el elemento seccionador del borne 1. El instrumento de prueba queda ahora conectado en serie con el instrumento de medición P1N.

Transformador *con* salida, figura 9.7/2 b:

En el esquema 2 se observa una disposición conceptualmente análoga.

El instrumento de prueba P10G se conecta en las tomas del borne 1 (esquema de conexión 2, regleta X2), y se abren los elementos seccionadores de estos bornes. El instrumento de prueba queda ahora conectado en serie con el instrumento de medición P1N o P2N.

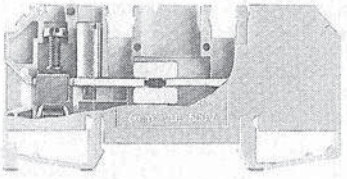


Figura 9.7/1
Corte de un borne seccionador de medición con toma para pruebas 8WA1011 – 1MH15

Las figuras 9.7/2 c y d muestran en el esquema 3 o en el 4 las posibilidades de pruebas correspondientes en el caso de tres transformadores de intensidad sin salida así como sin o con una línea de centro estrella común.

Reemplazo de instrumentos durante el servicio:

En la Tabla 9.7/1 se resumen las posibilidades de reemplazo de los instrumentos de medición durante el servicio, de acuerdo con los esquemas 1 a 4.

9.7.2 Bornes con interruptor de protección para circuitos auxiliares

Estos bornes fueron diseñados para proteger los conductores y los aparatos de los circuitos auxiliares. Se emplean, en especial, para los conductores de control de actuadores, electroválvulas y otros consumidores, pero también para proteger las entradas y salidas de PLCs o combinaciones de seguridad con contactores 3TK2 con el fin de satisfacer los requerimientos de una disposición libre de fusibles. Por lo tanto, los constructores y los operadores de instalaciones de maniobra y distribución ya no tienen que adquirir fusibles y, al mismo tiempo, se asegura una reposición más rápida del servicio después de una falla seguida de disparo de la protección.

Con el montaje de los bornes con interruptor de protección en la regleta de bornes se obtiene, además, una clara relación espacial entre estos bornes y los conductores salientes.

De aquí se derivan ventajas claras: en caso de producirse un disparo de la protección, se tiene una indicación directamente en el circuito auxiliar afectado y, por lo tanto, se simplifica en gran medida la búsqueda de la falla. Por otra parte, en la puesta en servicio o cuando se realiza un cambio, por ejemplo, se podrá conectar o desconectar cómodamente cada uno de los circuitos.

Tabla 9.7/1
Reemplazo de instrumentos de medición durante el servicio, con bornes de paso para transformadores sobre la base de los esquemas 1 a 4 de la figura 9.7/2

Para puentear el transformador en la conexión:				Se podrán reemplazar los instrumentos siguientes:
Conexión 1	Conexión 2	Conexión 3	Conexión 4	
En la regleta X1, colocar un puente en los bornes:				
–	1 y 2	–	–	P1N y P2N
1 y 2	2 y 3	1 y 2	2 y 3	P1N
–	3 y 4 (1 y 2)[1)]	3 y 4	4 y 5	P2N
–	–	5 y 6	6 y 7	P3N

[1)] Regleta de bornes X2

Los bornes con interruptor de protección satisfacen las "Disposiciones para Aparatos de Baja Tensión, Interruptores Automáticos", norma DIN VDE 0660, Parte 101, la Publicación 947-2 de la IEC y las "Disposiciones Referentes a Bornes para Conexión o Empalme de Conductores de Cobre", norma DIN VDE 0611, Parte 3, en tanto sean aplicables para estos bornes con interruptor de protección.

Los bornes con interruptores de protección y contacto auxiliar tienen un NC que permanece abierto cuando el circuito principal está conectado y cierra cuando se produce un disparo de la protección. De esta manera, podrá realizarse un circuito de aviso. Además, se tiene una conexión de paso para el conductor de retorno del circuito protegido (Figura 9.7/3). Todos los bornes fueron diseñados para conectar dos conductores, por ejemplo, para conectar en paralelo todos los contactos auxiliares en un aviso de falla común (Figura 9.7/4).

El gasto de cableado puede reducirse de manera considerable por medio de un borne de alimentación y una barra de conexiones (Figura 9.7/5).

Para la operación manual se dispone de una tecla que, en conjunto con el cerrojo del interruptor cumple las siguientes funciones:

Reponer el interruptor después de un disparo de la protección, pulsando la tecla.

Desconectar el interruptor extrayendo la tecla.

Señalización del disparo al saltar la tecla.

Disparo libre aún con la tecla pulsada.

Selección:

Los consumidores de corriente alterna con características inductivas, tales como las bobinas de los contactores y las electroválvulas, tienen picos de la corriente de conexión que pueden alcanzar hasta diez veces la corriente permanente. Los bornes de interruptores de protección con disparador por cortocircuito sin retardo deben seleccionarse de forma tal que estos picos de la corriente no produzcan un disparo. En la figura 9.7/6 se representan las curvas características de disparo de los interruptores de protección con disparador por cortocircuito. Dado el caso, también debe verificarse que los conductores conectados tengan las dimensiones adecuadas para el interruptor de protección seleccionado.

Cuando se emplea un interruptor de protección con disparador por sobrecarga con disparo retardado dependiente de la intensidad podrá seleccionarse un aparato con corriente asignada menor, porque aquí los disparadores por cortocircuito reaccionan con valores más elevados (Figura 9.7/7).

Ejemplos:

Se tiene: una electroválvula de 24 V C.A. 50 Hz, 20 VA.

Se busca:

1. Borne con interruptor de protección con disparador por cortocircuito

   Selección por corriente de conexión:

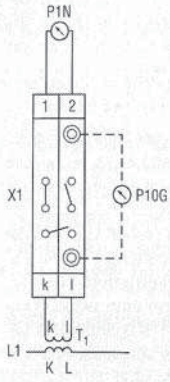
   $I_u = 20\ \text{VA} : 24\ \text{V} = 0{,}83\ \text{A}$

   Corriente de conexión $= 10 \cdot I_u = 8{,}3\ \text{A}$

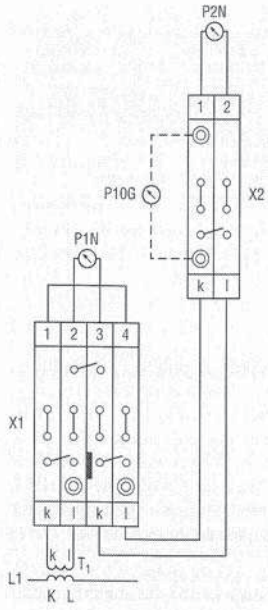
   Se selecciona:

   Borne con interruptor de protección de 10 A, número de pedido 8WA1011-1SF28 según el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

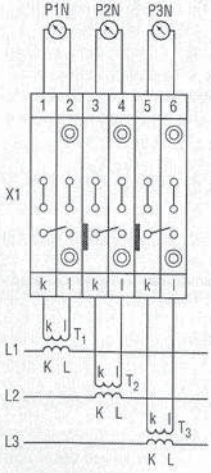
   Nota: debe tenerse en cuenta la longitud de los conductores.



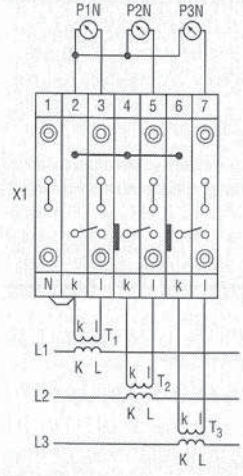
a) Esquema 1: un transformador sin salida



b) Esquema 2: un transformador con salida



c) Esquema 3:
tres transformadores sin salida y *sin* línea común de punto neutro



d) Esquema 4:
tres transformadores sin salida y *con* línea común de punto neutro

Figura 9.7/2
Esquemas de conexión con bornes de paso para transformadores

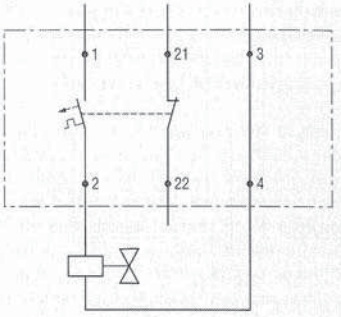


Figura 9.7/3
Uso de la conexión de paso para el conductor de retorno de los consumidores

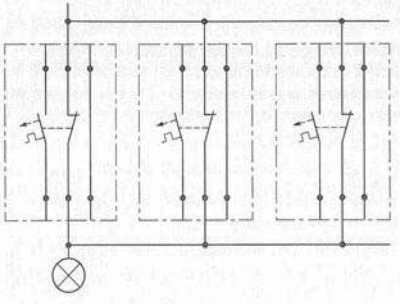


Figura 9.7/4
Conexión en paralelo de los contactos auxiliares para formar un aviso común de falla

2. Borne con interruptor de protección con disparador por sobrecarga y cortocircuito:

   Selección por corriente permanente:

   $I_u = 20\ VA : 24\ V = 0{,}83\ A$

   Se selecciona:

   Borne con interruptor de protección de 2 A, número de pedido 8WA1011–2SF25 según el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

   Nota: deben tenerse en cuenta la sección y longitud de los conductores.

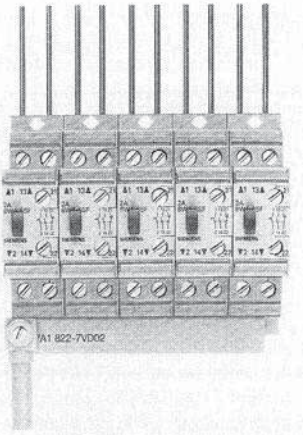


Figura 9.7/5
Bornes con interruptores de protección 8WA1011-8SF con borne de alimentación y barra de conexión

9.7.3 Bornes sensor–actuador

En los bornes sensor–actuador para la conexión de emisores de señales a un PLC puede visualizarse la aplicación de una tensión por medio del encendido de un LED, con esto se elimina una prueba con instrumentos de medición.

Con módulos de conexión especiales, al conectar el cable se interconectan automáticamente los potenciales L+, L– y el blindaje de los bornes sensor-actuador. De esta forma se eliminan los habituales puentes que debían realizarse en los bornes convencionales.

Los módulos de conexión con un borne de alimentación y 8 bornes sensor-actuador o un borne de alimentación y 17 bornes sensor-actuador se pueden encastrar sobre un riel DIN de 35 mm o atornillarse.

El número de los bornes que contienen los módulos de conexión coincide exactamente con los módulos de entradas y salidas del PLC. Para realizar otros puentes puede utilizarse un módulo ancho de fijación (de 18 unidades). Un borne sensor-actuador podrá extraerse del bloque sin interrumpir la corriente.

Los bornes de alimentación poseen una salida negativa adicional que podrá utilizarse para alimentar módulos digitales de entradas / salidas con separación de potencial. Por lo tanto, podrá puentearse la masa (M) a través de los bornes (Figura 9.7/8).

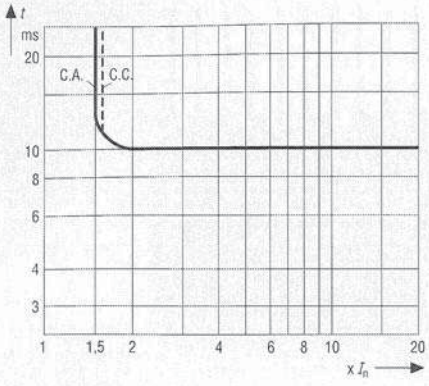
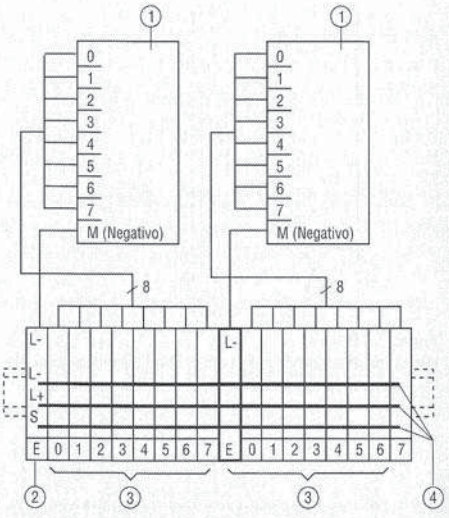


Figura 9.7/6
Curvas características del disparador por cortocircuito (Disparador n) del interruptor de protección integrado en los bornes



① Módulos de entradas / salidas digitales
② Fuente de alimentación de red
③ Borne para sensores–actuadores
④ Barras de conexión de los módulos
E Borne de alimentación

Figura 9.7/8
Bornes senso–actuador con módulos de entradas / salidas digitales con separación de potencial

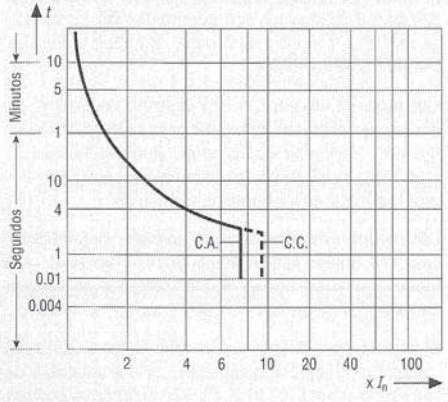


Figura 9.7/7
Curvas características de los disparadores por sobrecargas y cortocircuitos combinados (Disparador an) del interruptor de protección integrado en los bornes para una temperatura ambiente de 40 °C

9.8 Esquemas de conexión con dispositivos de protección contra corrientes de defecto (Corriente diferencial)

En la figura 9.8/1 se representa la protección de un circuito por medio de un interruptor automático con un dispositivo de protección contra corrientes de defecto 3UL2. Cuando no circule corriente de defecto (corriente diferencial), se produce el aviso de "Preparado" (H2), y se aplica tensión a la bobina de mínima tensión F7 del interruptor automático Q1 que ahora podrá conectarse.

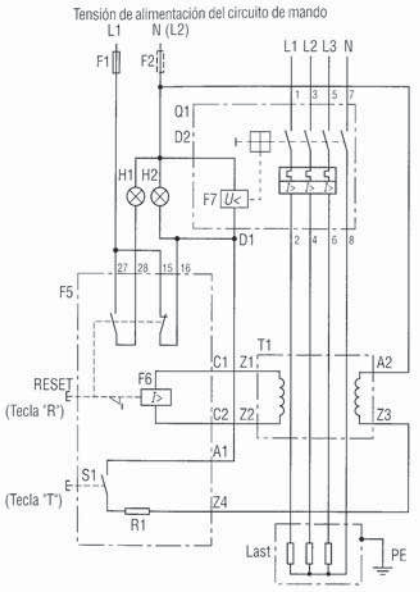
Durante el servicio podrá ocurrir un defecto a tierra en los conductores y/o la carga, por ejemplo, por una falla en el aislamiento. Cuando la corriente de defecto supera el valor asignado de $I_{\Delta n}$, la tensión inducida en el bobinado secundario (Z1, Z2) del transformador sumador T1 provoca la reacción del disparador F6 en el relé de disparo F5. El disparador por corriente de defecto F6 acciona mecánicamente el contacto NC (15, 16) y el NA (27, 28). Esta acción provoca, por una parte, la desconexión del interruptor automático Q1 por medio de la bobina de mínima tensión F7 y, por otra, el aviso "Falla por corriente de defecto" (H1). En este proceso también se desconecta el aviso (Preparado). La apertura del interruptor automático Q1 separa de la red el punto donde se produjo la falla.

El disparador por corriente de defecto F6 está autoenclavado mecánicamente y, por lo tanto, antes de que se lo pueda volver a conectar debe pulsarse la tecla desenclavadora R ("Reset") de este disparador.

La tecla T (S1) permite probar el funcionamiento del dispositivo, ya que a través del devanado de prueba (A2, Z3) se activa el bobinado secundario (Z1, Z2) del transformador sumador T1. Circula una corriente de prueba equivalente a la corriente de defecto $I_{\Delta n}$. Se activa a su vez el disparador por corriente de defecto F6 que, entre otros, acciona el contacto NC (15,16) que interrumpe el circuito de prueba.

En la figura 9.8/2 se representa la supervisión por medio de un dispositivo de protección por corriente de defecto 3UL2 de un horno eléctrico para fundición. En la cuba del horno se tiene material fundido conductor y cuando se reduce el espesor del revestimiento refractario por envejecimiento o se produce una falla en dicho revestimiento, circula una corriente de defecto desde el material fundido y las paredes del horno conectadas a tierra.

Cuando esta corriente a tierra en el bobinado secundario (Z1, Z2) del transformador T1 supera el valor de la corriente de defecto $I_{\Delta n}$, el relé de disparo F5 conecta una bocina a través del contacto NA (27, 28). Al mismo tiempo, se acciona el contacto NC (15, 16). Debido a esto es que el funcionamiento del dispositivo de protección por corriente de defecto 3UL2 sólo puede probarse una vez repuesto, es decir, después de pulsarse la tecla desenclavadora R.



F1, F2 Fusibles del circuito de mando[1)]
F5 Relé de disparo
F6 Disparador por corriente de defecto
F7 Bobina de mínima tensión
H1 Aviso: "Falla por corriente de defecto"
H2 Aviso: "Preparado"
Q1 Interruptor automático
Reset Tecla desenclavadora "R"
R1 Resistencia de prueba
T1 Transformador sumador
S1 Tecla de prueba "T"

[1)] F2 se puede eliminar cuando la tensión que alimenta al circuito de mando se obtiene de una fase y neutro (N) o del secundario de un transformador separador.

Figura 9.8/1
Esquemas de conexión de una protección contra corriente de defecto con interruptor automático y dispositivo de protección diferencial 3UL2. Derivación de la alimentación para el circuito de control delante del interruptor automático o de una fuente externa. Se requiere la interrupción del relé de disparo por medio del contacto auxiliar 15–16

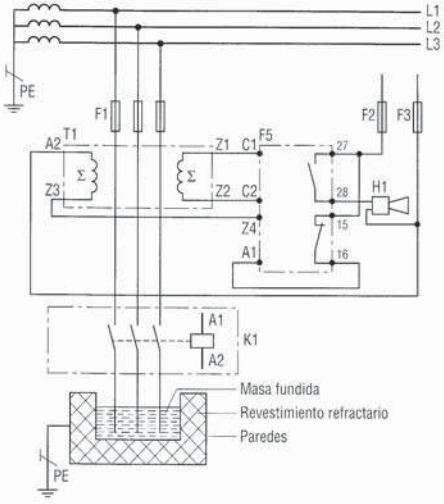


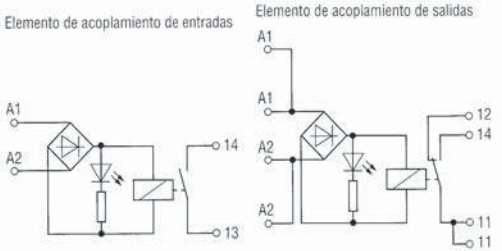
Figura 9.8/2
Ejemplo de la aplicación del dispositivo de protección contra corriente de defecto 3UL2 en un horno eléctrico de fundición

9.9 Elementos de acoplamiento

Los elementos de acoplamiento asumen simultáneamente diferentes funciones:

- ▷ Interconexión de aparatos e instalaciones con diferentes niveles de señal, en especial, sistemas electrónicos con aparatos electromecánicos.
- ▷ Dentro del elemento, separación galvánica entre la entrada (por ejemplo, una bobina) y la salida (por ejemplo, un contacto).
- ▷ Bloqueo de sobretensiones originadas por conmutaciones o perturbaciones atmosféricas.
- ▷ Amplificación de señales débiles. Esto permite, por ejemplo, que las salidas de un sistema electrónico sean de potencia reducida para lograr una construcción más compacta de este sistema electrónico.

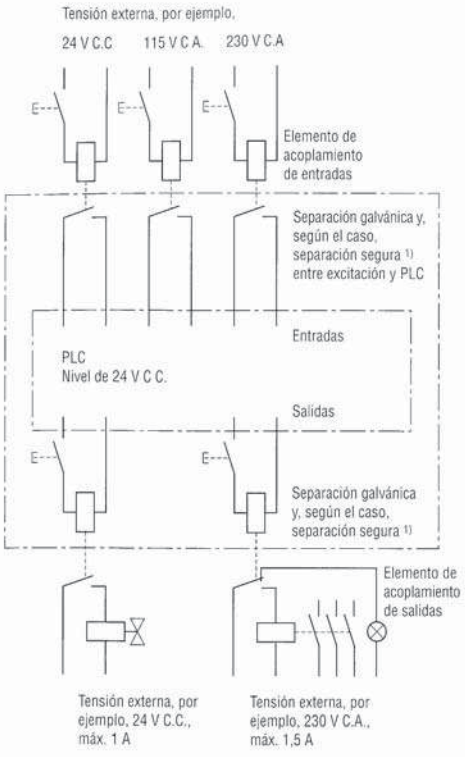
Los elementos de acoplamiento con forma constructiva de borne (Figura 9.9/1) fueron diseñados, en especial, para su montaje sobre los rieles portabornes. Los elementos de acoplamiento de entradas se diferencian de los de salidas por la posición física de las conexiones (Figura 9.9/2). Los bornes de conexión se identifican de acuerdo con la norma DIN EN 50 005.



a) Elemento de acoplamiento de relés

b) Optoacopladores 3TX7 004 y 3TX7 005

Figura 9.9/1
Esquemas de conexión de elementos de acoplamiento con formato constructivo de borne



1) Entre los niveles de control y de potencia.

Figura 9.9/2
Elementos de acoplamiento de entradas y salidas

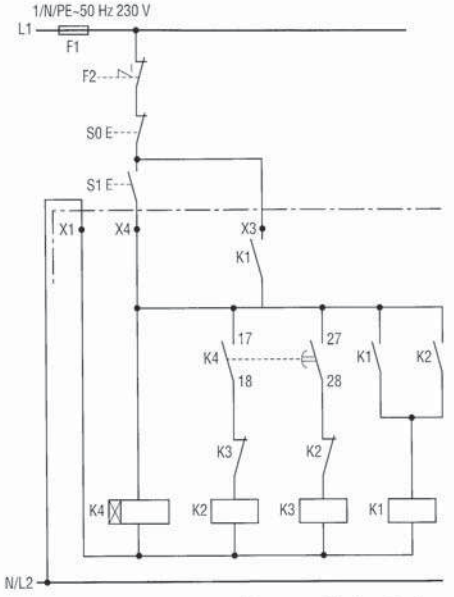
9.10 Esquemas de conexión con relés de tiempo en circuitos auxiliares

9.10.1 Arranque estrella triángulo de motores trifásicos asincrónicos con relé de tiempo, contactores estrella, triángulo y de red

Operación por medio de pulsadores (Figura 9.10/1 a)

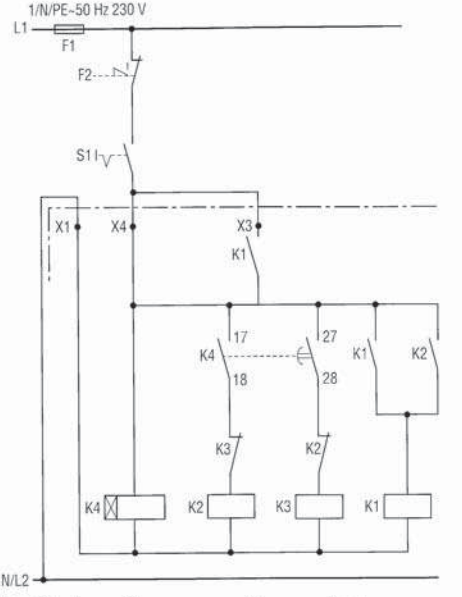
Conexión (Arranque): El pulsador S1 activa el relé de tiempo estrella-triángulo K4, cuyo contacto NA 17 – 18 de acción instantánea conecta el contactor estrella K2. El contacto NA de K2 conecta el contactor de red K1. Los contactos de autorretención de los contactores K1 y K2 cierran, y el motor arranca en conexión estrella.

Conmutación: Una vez finalizado el tiempo de retardo ajustado, abre el contacto NA sin retardo del relé de tiempo K4 y desconecta el contactor estrella K2. El contacto NC del contactor estrella K2 cierra. Una vez transcurrido el tiempo de pausa de conmutación de 50 ms, cierra el contacto NA del relé de tiempo estrella-triángulo, se conecta el contactor triángulo K3 a través del contacto NC del contactor K2. El motor funciona ahora en conexión triángulo.



a) Circuito auxiliar para operación por medio de pulsadores

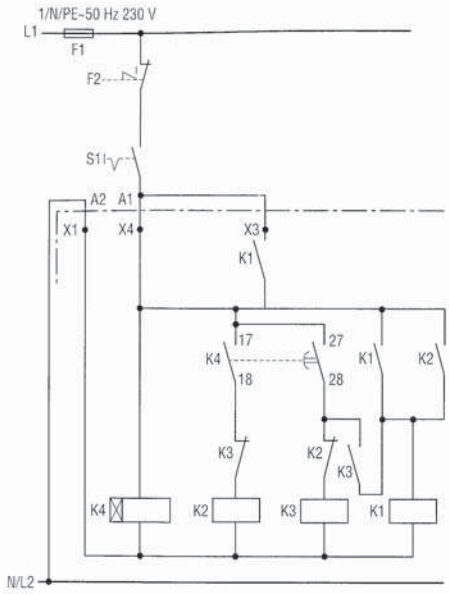
Contactos auxiliares requeridos:
Contactor K1: 2 NA
Contactores K2: 1 NA + 1 NC
Contactor K3: 1 NC
Pulsador S0: 1 NC
Pulsador S1: 1 NA
Relé de tiempo K4: 1 NA + 1 NA con retardo
Relé de sobrecarga F2: 1 NC



b) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando: después de una interrupción de la tensión debe realizarse un nuevo arranque

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 1 NA
Contactor K1: 2 NA
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Contactor K3: 1 NC
Relé de tiempo K4: 1 NA + 1 NA con retardo
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

Figura 9.10/1
Esquemas de conexión de los circuitos auxiliares para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico asincrónico con relé de tiempo y contactores estrella, triángulo y de red



c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando: después de una interrupción breve de la tensión continúa el funcionamiento

Contactos auxiliares requeridos:
Interruptor de mando S1 1 NA
Contactor K1: 2 NA
Contactor K2: 1 NA + 1 NC
Contactor K3: 1 NA + 1 NC
Relé de tiempo K4: 1 NA + 1 NA con retardo
Relé de sobrecarga F2: 1 NC

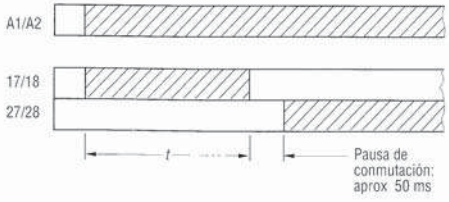


Figura 9.10/2
Diagrama funcional del relé de tiempo estrella-triángulo

Desconexión (Parada): Cuando se acciona el pulsador S0 se abre el circuito de alimentación del contactor de red K1, y se abren el NA de K1 y el contactor triángulo K3. Por lo tanto, se desconecta el motor.

Los contactos de los contactores no mencionados realizan los enclavamientos entre el contactor triángulo y el estrella.

Operación por medio de interruptor de mando (Figuras 9.10/1b y 9.10/1c)

Con el interruptor S1 se conectan y desconectan, según su posición, los contactores como en la operación por medio de pulsadores.

Comportamiento ante una breve interrupción de la tensión de mando durante el funcionamiento en triángulo

Una interrupción de la tensión de mando provoca la apertura de los contactores K1 y K3, así como del relé de tiempo K4. En caso de que la tensión retorne dentro del período de recuperación del relé de tiempo estrella-triángulo K4, podrá cerrar inmediatamente el contacto NA (27–28) de K4. Sin embargo, esta operación no permite accionar ninguno de los contactores. Por lo tanto, se requiere un nuevo arranque por medio de la apertura de S1 y un cierre subsiguiente.

Para lograr que el motor continúe funcionando automáticamente en conexión triángulo después de una caída breve de la tensión dentro del tiempo de recuperación de K4, se deben puentear los bornes 17 y 27 del relé de tiempo y, además, realizar las siguientes modificaciones en el circuito auxiliar de producción en serie (Figura 9.10/1 c):

- Conectar un contacto NA adicional en K3 para accionar K1.

Atención:

Cuando la interrupción de la energía es más prolongada que el tiempo de recuperación se produce automáticamente un nuevo arranque (estrella-triángulo). En caso de que no se desee un nuevo arranque deberá conectarse en el circuito de mando, por ejemplo, un interruptor automático adicional con una bobina de mínima tensión de acción retardada.

En la figura 9.10/2 se muestra el diagrama funcional del relé de tiempo estrella-triángulo.

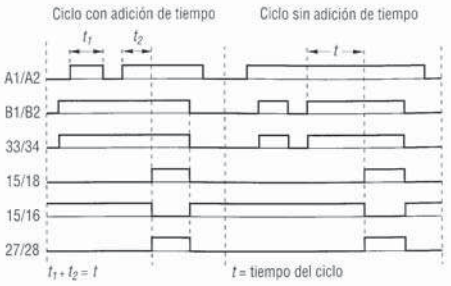


Figura 9.10/3
Diagramas de secuencia – tiempo para relé de tiempo accionado por motor 7PR4140, con y sin adición de tiempo

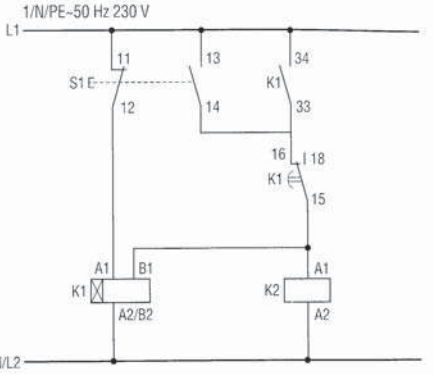


Figura 9.10/4
Esquema de conexión del relé de tiempo accionado por motor 7PR4140, con función de retardo a la desconexión

9.10.2 Posibilidades del relé de tiempo 7PR4140 con accionamiento por motor

Los bornes separados para el motor (A1, A2) y el relé auxiliar (B1, B2) del relé de tiempo permiten seleccionar entre un diagrama de tiempo con o sin adición de tiempo. Para ello, básicamente, el pulsador del aparato debe estar en la posición "sin bloqueo de retroceso ante falla de tensión". En la figura 9.10/3 se presentan los diagramas de tiempos para el relé con y sin adición de tiempo.

Ciclo con adición de tiempo

Al aplicarse tensión al relé auxiliar (bornes B1, B2), se acopla el motor y acciona el contacto NA sin retardo (33, 34). El desarrollo del tiempo ajustado comienza con la excitación del motor (A1, A2).

Al caer la tensión aplicada al motor, también se interrumpe el período de tiempo, y cuando la tensión vuelve a su valor nominal, se continúa con el tiempo previamente interrumpido. Una vez transcurrido el tiempo ajustado accionan los contactos retardados (inversor 15–16 a 15–18 y NA 27–28). Al desexcitarse el relé auxiliar, se desacopla el motor, y todos los contactos conmutan a su posición inicial.

Ciclo sin adición de tiempo

El relé auxiliar (contactos B1, B2) se excita con el motor en funcionamiento ("arranque rápido"), y se acciona al mismo tiempo el contacto NA sin retardo (33, 34). Cuando se interrumpe la tensión aplicada al contacto auxiliar, se desacopla el motor, el relé de tiempo retrocede a su posición inicial, y el contacto NA sin retardo abre. Cuando retorna la tensión, comienza nuevamente el ciclo de tiempo.

El "arranque rápido" permite mejorar la precisión de repetición en la gama de hasta 6 s, que es del orden de ± 0,3 % cuando se trabaja en las condiciones de referencia (tensión asignada de alimentación, temperatura ambiente: + 25 °C).

El relé de tiempo 7PR4140 también puede operarse con accionamiento simultáneo del motor y el relé auxiliar. En este caso, con el botón correspondiente puede seleccionarse o no el bloqueo de retroceso ante falta de tensión.

¡Cuándo el aparato se utiliza con el mencionado botón en la posición "con bloqueo de retroceso", el relé auxiliar no debe desexcitarse solo antes de finalizar el período de tiempo ajustado, porque de lo contrario los contactos con retardo pasan a una posición indefinida al término de este tiempo!

Función con retardo a la desconexión

Los contactos separados de motor y relé auxiliar también permiten utilizar al aparato como relé de tiempo con retardo a la desconexión (Figura 9.10/4). Al cerrar el contacto NA S1, se excita el relé auxiliar (contactos B1, B2) del relé de tiempo K1, cierra el contacto NA sin retardo (33, 34), y se aplica tensión a K2. Cuando S1 abre el contacto NA y cierra el NC, se aplica tensión al motor (contactos A1, A2) y comienza a transcurrir el tiempo ajustado. Una vez transcurrido este tiempo, el contacto inversor con retardo del relé de tiempo conmuta de 15–16 a 15–18 y con ello desconecta K2.

9.11 Instalaciones de suministro de energía eléctrica de emergencia

Cuanto más complejos son los sistemas dependientes de la alimentación de energía eléctrica de la red, tanto más graves son los efectos producidos por una interrupción en dicho suministro, y cuanto más tiempo dure esta falla, tanto más se requiere un suministro autónomo de emergencia. Este concepto tiene una validez especial en todas las instalaciones donde se operan aparatos y sistemas de elevado valor, donde las informaciones y comunicaciones se encuentran en el primer plano, donde se produce, automatiza y administra, así como, allí donde incluso pequeñas interrupciones de la red pueden tener grandes repercusiones.

En la estructura de una instalación de suministro de energía eléctrica de emergencia se tiene la siguiente jerarquía y división del trabajo:

- ▷ La instalación de suministro de energía eléctrica libre de interrupciones (UPS) alimenta en forma continua los consumidores más sensibles. La batería suministra esta energía durante el tiempo que tarda en arrancar el generador de emergencia (grupo Diesel).
- ▷ El generador de emergencia en conjunto con la UPS suministra la energía eléctrica imprescindible para continuar sin problemas con el servicio, por ejemplo, iluminación, instalación de aire acondicionado, ascensores, entre otros.

Sólo se puede asegurar una alimentación confiable de energía eléctrica para los consumidores críticos cuando la UPS está integrada en el sistema. La UPS asegura que las variaciones de tensión o las interrupciones de la red, sean éstas breves (del orden de los milisegundos) o prolongadas (varios minutos), no afecten a estos consumidores críticos.

Los componentes principales de una instalación de UPS son el rectificador, el ondulador, los dispositivos de reconexión a la red y la derivación manual. Esta configuración, en conjunto con una batería utilizada para almacenar la energía eléctrica, constituye un suministro de energía eléctrica absolutamente libre de interrupciones.

Las interrelaciones entre las diferentes partes componentes de una instalación hacen que el funcionamiento conjunto con un sistema de emergencia para el suministro de energía eléctrica deba proyectarse con sumo cuidado.

Cuando se interrumpe la alimentación de la red, en la mayoría de los casos, la instalación de suministro de energía eléctrica de emergencia debe asumir automáticamente dicho suministro. La condición esencial para el funcionamiento automático del motor Diesel es que esté equipado con un sistema de arranque compuesto por un motor eléctrico (arrancador), batería de arranque y un generador para cargar esta batería cuando funciona el grupo electrógeno.

Un sistema de control de la tensión operado por un dispositivo de control conectado a la batería, realiza la conmutación automática de servicio alimentado por la red a suministro por grupo Diesel.

En la mayoría de los casos, además de esta conmutación automática, también se dispone de una operación manual y de prueba.

9.11.1 Conmutación tripolar de servicio normal a servicio de emergencia mediante contactores (con generador de emergencia)

En la figura 9.11/1 se representan los esquemas de una solución económica con contactores para la conmutación tripolar de servicio normal a servicio de emergencia.

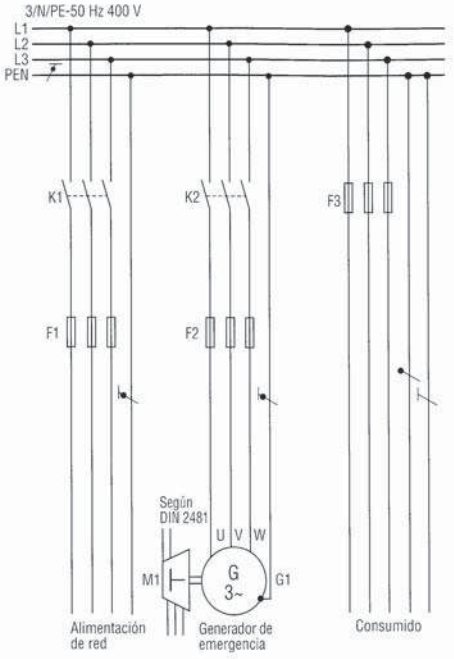
Operación (Figura 9.11/1 b)

Interruptor de mando S3 en la posición "manual" (H): con el pulsador S2 podrá conectarse el generador y con el pulsador S1, la red.

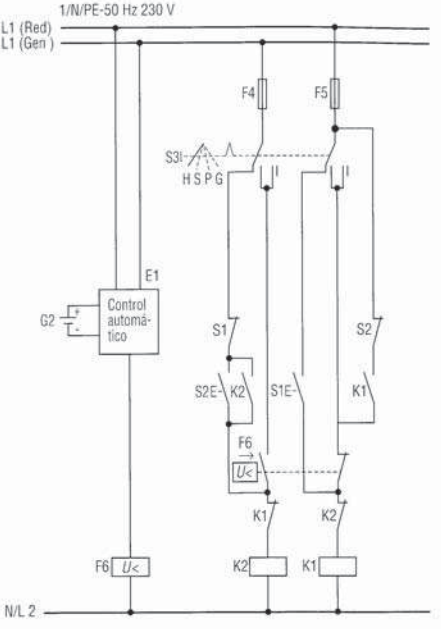
Interruptor de mando S3 en la posición "auto" (S): cuando se interrumpe el suministro de red, abre el contacto NC, y cierra el NA del relé de control de la tensión F6. El contactor de red K1 desconecta, su contacto NC cierra, y conecta el contactor K2 del generador. El aparato de control automático realiza el arranque del generador. Al retornar la tensión de red, abre el contacto NA de F6, se abre el contactor K2 del generador, cuyo control automático lo desconecta. El contacto NC del relé de control de la tensión F6 y el NC del contactor K2 del generador cierran, al igual que el contactor de red K1 y, por lo tanto, el sistema vuelve al servicio normal alimentado por la red.

9.11.2 Conmutación de servicio normal a servicio de emergencia, con desconexión tetrapolar de la red de servicio normal, mediante el empleo de dos contactores tripolares

En la figura 9.11/2 se representan los esquemas para la conmutación de servicio normal a servicio de emergencia, con desconexión tetrapolar de la red de servicio normal, mediante el empleo de dos contactores tripolares.



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Figura 9.11/1
Esquemas de conexión de la conmutación tripolar de servicio normal a servicio de emergencia mediante contactores

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1 y K2: 1 NA + 1 NC cada uno
Pulsadores S1 y S2: 1 NA + 1 NC cada uno
Relé de control de la tensión F6: 1 NA + 1 NC
Conmutador selector S3 con 4 posiciones

Operación (Figura 9.11/2 b)

Interruptor de mando S3 en la posición "manual" (H): con el pulsador S2 podrá conectarse el generador por medio del contactor K2, y con el pulsador S1 se conecta el contactor K3 del conductor neutro y el contactor K1 de la red.

El comando de conexión para el contactor de red K1 resulta efectivo cuando el contacto NA de K3 está cerrado.

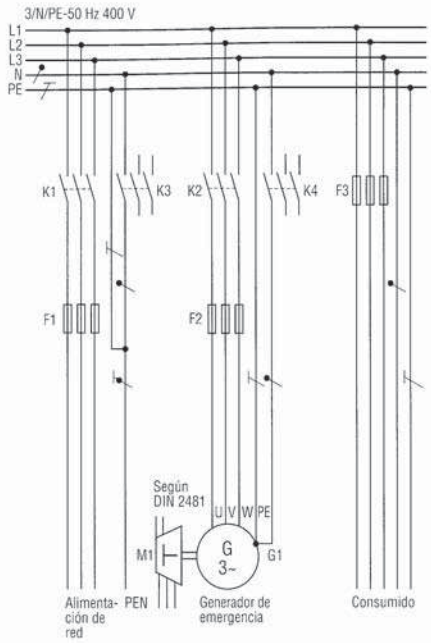
Interruptor de mando S3 en la posición "auto" (S): cuando se interrumpe el suministro de red, abre el contacto NC, y cierra el NA del relé de control de la tensión F6. El contacto NC de F6 desconecta el contactor K3 del conductor neutro. El contacto NA de K3 abre y desconecta el contactor de red K1.

El contacto normal abierto de F6 activa el contactor K2 del generador. El comando de conexión para el contactor K2 resulta efectivo cuando el contacto NC de K1 está cerrado, K2 conmuta a servicio por generador.

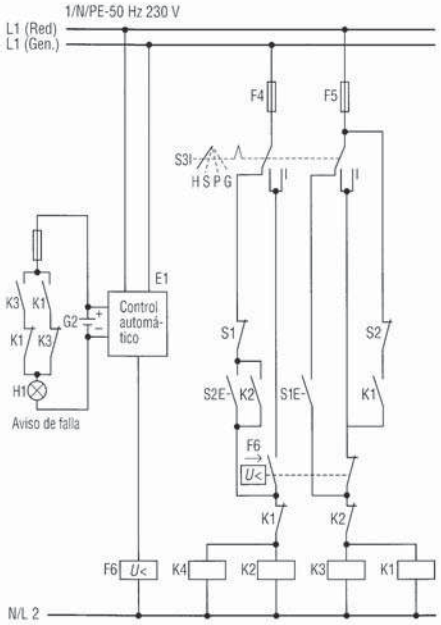
Al retornar la tensión de red, abre el contacto NA de F6 y el contactor K2 del generador, cuyo control automático lo desconecta. El contacto NC del relé de control de la tensión F6 y del contactor K2 cierran, al igual que el contactor del conductor neutro K3, y conecta el contactor de red K1.

Cuando los contactores K1 o K3 no están conectados o desconectados, se produce una señalización de falla por medio de la lámpara H1.

Para mayores detalles sobre la desconexión tri o tetrapolar de la red de distribución en instalaciones con grupos generadores de emergencia, ver la norma DIN VDE 0100, Parte 728.



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Figura 9.11/2
Esquemas de conexión de la conmutación de servicio normal a servicio de emergencia, con desconexión tetrapolar de la red de servicio normal

Contactos auxiliares requeridos:
Contactores K1, K2 y K3: 1 NA + 1 NC cada uno
Pulsadores S1 y S2: 1 NA + 1 NC cada uno
Relé de control de la tensión F6: 1 NA + 1 NC
Conmutador selector S3 con 4 posiciones

9.12 Medios auxiliares para realizar proyectos

Regla de cálculo para la selección de aparatos de maniobra

La regla de cálculo para la selección de aparatos de maniobra fue diseñada sobre la base de los esquemas más utilizados en las derivaciones para motores. Todos los aparatos de maniobra de los esquemas indicados pueden leerse en las ventanas previstas para el caso. En las mismas se señalan los números de pedido de los aparatos, los que de esta manera quedan completamente identificados. Al colocar la potencia del motor en la regla corrediza, se pueden seleccionar luego los aparatos de maniobra para la conexión prevista y la tensión de servicio correspondiente (400, 500 ó 690 V).

Esta regla de cálculo para la selección de los aparatos de maniobra podrá adquirirse a Siemens AG, Erlangen, República Federal de Alemania, con el número de pedido E20001-P285-Y167-V2.

Formularios para el pedido de aparatos de maniobra

Se dispone de formularios para aparatos de maniobra que permiten presentar ofertas claras y evitar consultas posteriores o desarrollar sin inconvenientes los pedidos.

Mayores detalles se suministran en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

Plantillas para el proyecto de sistemas de distribución

Para realizar el proyecto de los cuadros o tableros de distribución de los sistemas 8HP y 8HS, así como controles de los sistemas 8LW y 8LX, se dispone de plantillas en escala 1:10:

Para sistemas de distribución:
8HP, número de pedido E20001-A285-Y156.

8HS, número de pedido E74/5056 y A19100-E74-E266.

Para sistemas constructivos:
8LV/8LW/8LX, número de pedido E50001-U213-Y9.

Programas para PC

Los usuarios disponen de diferentes programas para PC que facilitan el proyecto y la selección de los aparatos. Estos programas funcionan con el sistema operativo MS-DOS[1] y pueden adquirirse con el pago de un arancel de protección. En la actualidad se dispone de los programas siguientes:

Programa "KUBS plus"
Para calcular las corrientes de cortocircuito uni y tripolares, representar las relaciones en la selectividad de corrientes y protección "back-up", así como para seleccionar interruptores automáticos (ver también la Sección 2.1.2).
Número de pedido E86010-D1801-A107-A3.

Manual "SIKOSTART 3RW22" con programa de PC para la selección de arrancadores electrónicos 3RW22.
Número de pedido E20001-P285-A485-V2.

Programa "ELLE", Versión 2.1
Este programa asiste al usuario y facilita la selección de contactores para corriente alterna de acuerdo con su potencia, categoría de empleo, vida útil eléctrica aun para casos de aplicación complicados como, por ejemplo, servicio mixto. Se suministra en versión multilingüe.
Número de pedido E86010-D1802-A117-A3.

Programa "SIPUK-PLUS y SIPUK-CAD" para la planificación y el cálculo de cuadros o tableros de distribución de Siemens (MS-DOS 3.2).
Números de pedido: 8GD9394 (SIPUK-PLUS)
8GD9396 (SIPUK-CAD, paquete básico)
8GD9397 (para distribuidores STAB y SIKUS)

Se podrán adquirir en: PCP GmbH, Franz-Schweiger-Str. 2, 93356 Teugn.

Programa "SIBKO"
Para el proyecto de unidades para la compensación de la energía reactiva con condensadores.
Número de pedido: E50001-U213-Y27.

9.12.1 Programa de selección para transformadores de control, ASIST-PC

Un transformador de control, para la alimentación de los circuitos de mando y señalización, se caracteriza por una potencia asignada $P_{S(S1)}$, que indica la carga admisible en servicio continuo, así como por la potencia de corta duración $P_{S(S6)}$.

[1] MS-DOS es una marca registrada de Microsoft Corporation.

La potencia que demanda un circuito de control está dada por el consumo de los diferentes aparatos incorporados en este circuito, tales como bobinas de contactores, lámparas de señalización, etc.

Para determinar el consumo que demanda un circuito de control tienen que sumarse todas las potencias activas de cada componente y por separado todas las reactivas. Además, debe tenerse en cuenta si los aparatos están conectados en forma permanente o en determinados momentos.

El programa de PC realiza todos estos cálculos y selecciona el transformador adecuado para los resultados obtenidos.

En el programa ya se encuentran los consumos correspondientes de los aparatos de maniobra de Siemens tales como las bobinas de contactores, las lámparas de señalización, etc. Por lo tanto, el proyectista sólo necesita ingresar el tipo y cantidad de aparatos utilizados. Cuando deban usarse aparatos cuyos datos no se encuentran en el programa, los mismos se ingresarán en forma manual. El usuario también debe indicar para cada aparato del circuito de control si el mismo está "conectado en forma permanente" o "intermitente".

Como resultado, el programa ASIST señala al usuario cuál es el transformador de Siemens apropiado y también indica cuál es el inmediato siguiente. El proyectista, sobre la base de estas informaciones, podrá elegir el transformador adecuado desde puntos de vista técnicos y económicos.

El programa ASIST podrá funcionar en el entorno MS-Windows a partir de la Versión 3.1 y siguientes.

El número de pedido del programa ASIST es E86010-D1802-A127-A1, multilingüe.

SIPOGEN – Herramienta para proyectar salidas a motores

La herramienta para proyectar salidas a motores SIPOGEN se desarrolló con el fin de seleccionar aparatos de maniobra de la nueva línea de productos SIRIUS 3R.

El usuario selecciona en primer lugar el tipo de derivación por medio de símbolos gráficos. Tiene a disposición arrancadores directos, inversores de marcha, arrancadores para motores con polos conmutables y arrancadores estrella-triángulo.

En otro menú de selección gráfica el usuario podrá definir si la derivación tendrá o no fusibles y si, por ejemplo, se empleará una salida a consumidores confeccionada en fábrica o aparatos individuales.

En el siguiente paso, el usuario ingresa los datos de la salida a consumidor, fija la potencia del motor y el programa determina la corriente del motor sobre la base de los datos de motores Siemens almacenados. Cuando el usuario quiera utilizar un motor diferente, también podrá ingresar directamente la corriente del mismo.

En los menús correspondientes, el usuario podrá elegir otras condiciones y opciones tales como tipo de arranque, tipo de coordinación, categoría de empleo o aparatos adicionales como, por ejemplo, transformadores de intensidad.

Además, se seleccionan todas las características restantes de los aparatos elegidos, necesarias para completar el número de pedido.

El programa SIPOGEN suministra como resultado una lista de aparatos con indicación de la cantidad de cada uno y un esquema unifilar.

El usuario también tiene la posibilidad de imprimir un formulario, mediante el cual podrá efectuar el pedido de los aparatos requeridos en forma directa con sólo enviarlo por carta o fax.

El programa SIPOGEN es una aplicación de Windows, su número de pedido es el E20001-P0371-Y138 (CD SIRIUS 3R).

Datos de productos comerciales

Base de datos

En la base de datos se incorporó la información comercial de unos 18 000 productos del campo comercial "Aparatos de Maniobra de Baja Tensión y Sistemas" de Siemens. Se trata de los productos solicitados con mayor frecuencia y las novedades más importantes. Esta selección apunta a que el usuario pueda encontrar en la mayoría de los casos el producto que busca en la base de datos y que sólo deba examinar la parte del espectro de productos que determina el programa.

La base de datos se suministra con diferentes formatos. Los más importantes podrán adquirirse en CD con el número de pedido E20002-D1803-A607-A7 abonando un arancel de protección. El CD con la base de datos contiene la información de los productos en los formatos siguientes:

- PROKOM (Formato ASCII especial)
- EXCEL V 4.0
- DATANORM V4
- ECAD – Norma de componentes V1.2

Otros formatos de datos como, por ejemplo, DBASE y similares, podrán obtenerse a pedido.

Con esto, el usuario dispone de datos tales como el número de pedido, la descripción del producto o el precio, que podrá procesar en su PC para los fines que estime conveniente.

Intercambio de datos

El usuario podrá actualizar los datos comerciales que no estuvieran en el CD por medio de un procedimiento de intercambio de datos. Para esto el usuario envía por correo un archivo de consulta al Grupo Accionamientos y Productos Estándar (ASI) de Siemens AG. Este archivo de consulta debería contener todos los números de pedido de los productos de los cuales necesita información comercial y en lo posible, tendría que estar confeccionado en el formato de consulta PROKOM u otro formato ASCII. Si media un acuerdo previo, también podrán usarse otros formatos corrientes tales como EXCEL, DBASE o similares. El usuario recibirá luego un disquete con un archivo respuesta que, elaborado sobre la base del archivo de consulta remitido, contiene todos los datos comerciales de los productos solicitados. Por lo general, el archivo respuesta se suministra procesado con el formato PROKOM; sin embargo, podrán utilizarse otros formatos acordados previamente.

AUSTER – Programa de selección y banco de datos de productos

Dentro del marco de los trabajos necesarios para realizar un proyecto y el trasfondo de una optimización de costos y tiempos, cada vez adquiere mayor importancia una selección rápida y correcta de productos apropiados para determinada función.

El programa de PC AUSTER (acrónimo del título alemán "**AUS**wahl **T**echnischer **Er**zeugnisse" – "Selección de Productos Técnicos") permite determinar el número de pedido completo de los productos de Siemens AG, por medio de una guía por menú fácilmente comprensible. El usuario selecciona el producto que necesita por pasos determinando los atributos técnicos de entre las opciones que el programa le ofrece.

El programa AUSTER es una aplicación de WINDOWS y como tal posee pantallas de operación sencillas que se explican por sí mismas, típicas de WINDOWS.

Para cada producto seleccionado el usuario podrá obtener una amplia gama de informaciones, subdivididas en datos técnicos, comerciales (precios), textos, gráficos (figuras acotadas y símbolos), así como fotografías del mismo. La aplicación de WINDOWS permite copiar datos completos o sólo partes a un archivo intermedio y exportarlos a diferentes aplicaciones para procesarlos luego en otros entornos. También es posible imprimir o almacenar los resultados en otros archivos.

El programa de PC AUSTER se suministra en CD-ROM. El catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens ofrece mayor información al respecto.

Actualización por PC de los códigos de los aparatos para adecuarlos a la nueva serie de productos SIRIUS 3R (COSMOS)

La actualización por PC de los códigos de los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens asiste al usuario en la selección de los aparatos pertenecientes a la nueva serie de productos SIRIUS 3R.

La actualización de los códigos podrá realizarse de dos maneras diferentes:

- ▷ Actualización del código a partir de un número de pedido individual.
- ▷ Actualización del código de una lista de números de pedido.

Cuando el código se actualiza a partir de un número de pedido individual, el usuario ingresa el número que se utilizaba anteriormente, y el programa determina el nuevo número de pedido del aparato de maniobra equivalente de la serie de productos SIRIUS 3R.

Cuando esta actualización se realiza a partir de una lista de números de pedido, el programa accede a un archivo de entradas que contiene los números de pedido "antiguos". Se podrán ingresar archivos con diferentes formatos (Excel, Lotus, ASCII, etc.) y distintas estructuras de campos.

Los números de pedido SIRIUS 3R determinados ingresan en una lista y podrán almacenarse en diferentes formatos de archivos (Excel, Lotus, ASCII, etc.).

El programa para la actualización de códigos por PC es una aplicación Windows.

Número de pedido: E20001-P0371-Y138 (CD SIRIUS 3R).

ERNA 90 – Procedimiento computadorizado para determinar la disipación térmica de combinaciones de aparato de maniobra

La temperatura ambiente en el interior de armarios o tableros de control y/o de distribución tiene una influencia esencial en las características más importantes de los aparatos de maniobra de baja tensión como, por ejemplo, la capacidad de carga. Por esta causa, los valores asignados de los aparatos de maniobra sólo son válidos dentro del margen de temperaturas ambiente determinado en las normas respectivas.

Los mismos aparatos de maniobra producen un calentamiento adicional en el lugar de montaje provocado por sus pérdidas propias que disipa en forma de calor. Cuando estos aparatos de maniobra están montados en armarios o tableros, al aumentar la temperatura en el interior de los mismos, también se incrementa la potencia calórica que este armario disipa al ambiente.

Así, se obtiene un estado estacionario con una temperatura determinada.

El procedimiento computadorizado ERNA 90 ofrece una posibilidad sencilla para determinar el balance térmico de armarios o tableros de control y/o distribución. Al determinar este balance térmico, podrá asegurarse que en el interior del armario la temperatura del aire no excederá el valor máximo admisible.

Como base de los cálculos se utiliza la norma DIN VDE 0660, Parte 507 que corresponde al Report IEC 890.

El usuario especifica, en primer lugar, la clase de montaje y las dimensiones del armario, el tipo de las entradas y salidas de aire, así como la temperatura ambiente y el factor de carga asignada.

Luego ingresa la sobretemperatura máxima, y el programa determina la temperatura límite para el aire dentro del armario.

Además, deberá ingresar guiado por el menú los datos técnicos de los aparatos de maniobra montados en el interior del armario. Cuando estos aparatos pertenecen al espectro de productos de Siemens, sus parámetros específicos ya están almacenados en el programa.

Por lo general, la potencia de pérdidas térmicas depende de la corriente real que circula por el aparato de maniobra. Por lo tanto, también se deberá ingresar este valor.

En caso de que se conozca la potencia de pérdidas, se la podrá ingresar en forma directa.

Una vez ingresados todos los datos de los aparatos montados en el interior del armario, podrá realizarse un primer balance térmico. La potencia de pérdidas total determinada para los aparatos de maniobra es una magnitud de guía para seleccionar todos los equipos adicionales necesarios para la evacuación del calor como, por ejemplo, un ventilador, un intercambiador de calor o un aparato refrigerador (ver también la Sección 8.4.6). La potencia calórica evacuada por este equipo debe ser igual o mayor que la potencia de pérdidas total de los aparatos de maniobra montados en el interior del armario.

El balance térmico final podrá imprimirse a los fines de incorporar esta información en la documentación de la instalación.

El procedimiento ERNA 90 es una aplicación MS-DOS que puede funcionar en todos los PC compatibles con el estándar IBM (a partir de un procesador de la serie 286) que posean lectora de disquetes.

Publicaciones

Entre otras, pueden obtenerse las siguientes publicaciones de orden general:

Überlast und Kurzschlußschutz in Niederspannungsanlagen (Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en instalaciones de baja tensión)[1)],
Número de pedido: E20001-P285-A326

Sicherungslose Motorabzweige (Salidas a motores libres de fusibles)[1],
Número de pedido: E20001-P285-A260-V1;

Selektivität und Back-up-Schutz (Selectividad y protección "back-up")[1],
Número de pedido: E20001-P285-A372-V1

Motorschutz für die Praxis (Protección de motores en la práctica)[1],
Número de pedido: E20001-P285-A292-V1;

AUSTER – Zentrale Fabrikate – Datenbank (AUSTER – Banco de datos central de productos)[1],
Número de pedido: E20001-P285-A383-V1;

En la Sección 10.13 se suministra una lista de publicaciones, libros y catálogos.

[1)] Los títulos se traducen a efectos informativos.

10 Apéndice

10.1 Fórmulas básicas, parámetros característicos y unidades de la electrotecnia

10.1.1 Fórmulas básicas de la electrotecnia

$U = I \cdot R$ Ley de Ohm

$R = \dfrac{2 \cdot l}{\varkappa \cdot q}$ Resistencia de un conductor (hilo de ida y de retorno)

$R_T = \dfrac{u_{Rr}}{100} \cdot \dfrac{U^2}{P}$, $X_T = \dfrac{u_s}{100} \cdot \dfrac{U^2}{P}$ (Transformadores)

$R_C \sim \dfrac{1}{F}$, $X_C = \dfrac{3 \cdot U^2}{P_C}$ (Condensadores)

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$, $Z = \dfrac{R}{\cos \varphi}$ (Impedancia)

$u_{kr} = \sqrt{u_{Rr}^2 + u_x^2}$

$W = I^2 \cdot R\, t = \dfrac{U^2}{R} \cdot t = P \cdot t$ Calor producido por la corriente eléctrica

$P = U \cdot I$ Potencia en corriente continua

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ Potencia activa en corriente alterna

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ Potencia activa trifásica

$\eta = \dfrac{P_1}{P_2}$ Rendimiento

Los términos de estas fórmulas tienen el significado siguiente:

U_e Tensión asignada de servicio, en V (en instalaciones de dos conductores, entre ambos conductores; en instalaciones trifilares de corriente continua, entre ambos conductores de línea; en instalaciones trifásicas, entre dos conductores de fase)
I Intensidad de la corriente en un conductor, en A
R Resistencia efectiva, en Ω
R_T Resistencia efectiva del transformador
X_T Reactancia del transformador
u_{kr} Tensión de cortocircuito, en %
u_{Rr} Caída de tensión óhmica, en %
u_x Caída de tensión inductiva, en %
W Trabajo eléctrico, en Ws
P Potencia activa, en W
P_1 Potencia activa entregada, en W
P_2 Potencia activa absorbida, en W
P_C Potencia reactiva capacitiva
η Rendimiento
$\varkappa$ Conductividad en $\dfrac{\text{S m}}{\text{mm}^2} = \dfrac{\text{m}}{\Omega\,\text{mm}^2}$
(por ejemplo, para cobre ≈ 55; para aluminio ≈ 35; para plata ≈ 63; para alambre de hierro ≈ de 7 a 10, con 20 °C, ver la Tabla 10.2/3)
$\cos \varphi$ Factor de potencia
q Sección del conductor, en mm²
l Longitud simple del tramo de conductor a considerar, en m
t Tiempo, en s

En la Tabla 10.1/1 se resumen las formulas para el cálculo de la caída de tensión Δu y la sección de los conductores.

La Tabla 10.1/2 contiene las formulas utilizadas para el cálculo de la potencia activa eléctrica de los motores.

Tabla 10.1/1
Fórmulas para el cálculo de la caída de tensión Δu (desde el comienzo hasta el final del conductor) y de la sección q de los conductores

	Corriente continua y corriente alterna monofásica (sin componente inductiva, $\cos \varphi = 1$)	Corriente trifásica
Caída de tensión Δu (en V)		
Conocida la corriente	$\Delta u = \dfrac{2l \cdot I}{\varkappa \cdot q}$	$\Delta u = \dfrac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\varkappa \cdot q}$
Conocida la potencia	$\Delta u = \dfrac{2l \cdot P}{\varkappa \cdot q \cdot U}$	$\Delta u = \dfrac{l \cdot P}{\varkappa \cdot q \cdot U}$
Sección del conductor q (en mm²)		
Conocida la corriente	$q = \dfrac{2l \cdot I}{\varkappa \cdot \Delta u}$	$\dfrac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\varkappa \cdot \Delta u}$
Conocida la potencia	$q = \dfrac{2l \cdot P}{\varkappa \cdot \Delta u \cdot U}$	$q = \dfrac{l \cdot P}{\varkappa \cdot \Delta u \cdot U}$

Tabla 10.1/2
Fórmulas para el cálculo de la potencia eléctrica activa de motores

	Potencia motora suministrada (en W)
Corriente continua	$P_1 = U \cdot I \cdot \eta$
Corriente alterna monofásica	$P_1 = U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta$
Corriente trifásica	$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta$
Rendimiento	$\eta = \frac{P_1}{P_2} \cdot 100\,\%$

P_1 Potencia mecánica suministrada en el eje del motor según la chapa de características
P_2 Potencia eléctrica absorbida por el motor

10.1.2 Parámetros característicos y unidades de la electrotecnia según las normas DIN EN, DIN VDE y Publicaciones IEC

En las normas DIN EN y DIN VDE, así como en las Publicaciones IEC correspondientes, se determinan los símbolos respectivos para los parámetros característicos más importantes. Las magnitues complejas, dependientes del tiempo se representan subrayadas de acuerdo con la norma DIN 5483, Parte 3.

En la Tabla 10.1/3 se representan los parámetros característicos más importantes de la electrotecnia y se señala cuando los símbolos determinados en las normas DIN EN y DIN VDE, así como en las Publicaciones IEC, difieren entre sí. En cada caso se recomienda consultar la versión válida de las normas actualizadas correspondientes.

Las normas DIN EN y DIN VDE, así como las Publicaciones IEC correspondientes son, entre otras, las siguientes:

- ▷ DIN EN 60947 y DIN VDE 0660. Disposiciones para aparatos de maniobra de baja tensión.
- ▷ DIN EN 60439-1 y DIN VDE 0660, para combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión.
- ▷ DIN VDE 0532. Disposiciones para transformadores y bobinas de impedancia.
- ▷ DIN VDE 0102. Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes trifásicas.
- ▷ Publicación IEC 947-3. Interruptores de baja tensión para conexión de motores en vacío, carga o seccionadores de motores, así como unidades compuestas por interruptores y fusibles.
- ▷ Publicaciones IEC 947-1 hasta 947-7 "Low-voltage switchgear and controlgear":

947-1, 1988	Disposiciones generales
947-2, 01.89	Interruptores automáticos
947-3, 03.90	Interruptores de potencia, seccionadores, seccionadores bajo carga, unidades compuestas por interruptores y fusibles
947-4, 05.90	Contactores y arrancadores para motores
947-5, 03.90	Contactos auxiliares
947-6 Sec. 1, 06.89	Conmutadores automáticos de red
947-7, 1989	Accesorios complementarios (por ejemplo, borneras para conductores de cobre).

La norma DIN 40 200, 10.81, redactada sobre la base de la Publicación IEC 50 (151), suministra definiciones de valores nominales, límites y asignados, así como informaciones de datos asignados. En esta norma se tienen las definiciones siguientes:

Valor nominal

Un valor adecuado, redondeado, de una magnitud para denominar o identificar un elemento, un grupo o un dispositivo.

Valor límite

En una determinación, es el valor máximo o mínimo admisible de una magnitud.

Valor asignado

Valor de una magnitud, válido para una condición de servicio predeterminada que, por lo general, fija el fabricante para un elemento, un grupo o un dispositivo.

Datos asignados

Combinación de valores asignados y condiciones de servicio. Así, la "tensión nominal" de una red eléctrica, por ejemplo, 10 kV, es un valor que caracteriza a dicha red (ver la norma DIN 40 002, "Tensiones nominales de 100 V a 380 kV"). Una tensión que supera el valor nominal en aproximadamente un 20 %, es decir, si se sigue con el ejemplo, 12 kV, se utiliza como base para diseñar determinados aparatos eléctricos en la red. Este valor se define como la "tensión asignada" y, con anterioridad, se denominaba "tensión nominal superior". Esta última denominación dejó de usarse porque contradice a la norma citada.

Tabla 10.1/3
Resumen de parámetros característicos de la electrotecnia. Símbolos de formulas e índices para aparatos de maniobra de baja tensión, transformadores trifásicos y otros aparatos eléctricos de acuerdo con normas DIN VDE e IEC

Símbolos de fórmulas	Parámetros característicos
U_i	Tensión asignada de aislamiento[1] (Tensión serie) según las normas DIN VDE 0110 y DIN VDE 0660
U_{imp}	Tensión asignada de impulso según la Publicación IEC 947-.
U_e	Tensión asignada de servicio[1]
U_c	Valor asignado de la tensión de accionamiento para el que se diseñó este accionamiento o el disparador, según la norma DIN VDE 0660, Parte 102; tensión de la bobina del circuito de mando según la Publicación IEC 947-1.
U_s	Tensión asignada de alimentación del circuito de mando[1] (Tensión del circuito de mando), según las normas DIN VDE 0660, Parte 102, IEC 947-1.
U	Tensión de circuito abierto o en vacío según la Publicación IEC 947-2, -3, -5.
U_r	Tensión de restablecimiento a frecuencia industrial (Publicación IEC 947-.).
U_n	Tensión nominal (entre las fases) de la red según la norma DIN VDE 0102.
	Tensión nominal[1] (entre los bornes de conexión de los conductores) de un bobinado de un transformador según la norma DIN VDE 0532.
U_0	Tensión de circuito abierto o vacío de un transformador según la norma DIN VDE 0532.
U_k	Tensión de cortocircuito de un transformador según la norma DIN VDE 0532.
u_{kr}	Valor relativo asignado de la tensión de cortocircuito de un transformador, en %, según la norma DIN VDE 0102, 01.90.
u_{Rr}	Caída de tensión óhmica (transformadores), según las normas DIN VDE 0532, DIN VDE 0102.
I_n	Corriente asignada[1] según la Publicación IEC 947-.
I_{th}	Corriente de ocho horas según la norma DIN VDE 0660; corriente térmica convencional al aire libre según la Publicación IEC 947-1 (definida como corriente de ocho horas); corriente térmica equivalente de breve duración (valor eficaz), según la norma DIN VDE 0103.
I_{the}	Corriente térmica convencional de aparatos montados en cajas.
I_u	Corriente asignada permanente[1] según la Publicación IEC 947-1.
I_e	Corriente asignada de servicio.
I_s	Corriente límite de selectividad (DIN VDE 0660).
I_{cm}	Capacidad asignada de cierre en cortocircuito[1] según la Publicación IEC 947-1.
I_{cn}	Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito[1] según la Publicación IEC 947-1.
I_{cs}	Capacidad asignada en servicio de ruptura en cortocircuito[1] según la Publicación IEC 947-1.
I_{cu}	Capacidad asignada límite de ruptura en cortocircuito[1] según la Publicación IEC 947-1.
I_{cw}	Corriente asignada de breve duración[1]
I_p	Corriente de prueba (en general) según la norma DIN VDE 0660. Corriente prevista según la norma DIN VDE 0636.
I_a	Corriente alterna de desconexión (valor eficaz) según la norma DIN VDE 0102.
i_p	Corriente máxima asimétrica de cortocircuito o de choque (valor instantáneo máximo) según la norma DIN VDE 0102.
I_k''	Corriente inicial (alterna) subtransitoria de cortocircuito (valor eficaz) según la norma DIN VDE 0102.
I_k	Corriente permanente de cortocircuito (valor eficaz) según la norma DIN VDE 0102, Corriente asignada de breve duración[1] según la norma DIN VDE 0660.

Símbolos de fórmulas	Parámetros característicos
i_D	Corriente de paso de fusibles y dispositivos interruptores rápidos (valor instantáneo máximo durante el tiempo de interrupción), según la norma DIN VDE 0102.
I_0	Corriente en el primario de un transformador con el secundario en circuito abierto o vacío (sin carga) según la norma DIN VDE 0532.
I_z	Intensidad de corriente máxima admisible
I_{er}	Corriente asignada de servicio del rotor según la norma DIN VDE 0660.
I_r	Corriente de ajuste según la norma DIN VDE 0660.
I_B	Corriente de transferencia.
$I_{\Delta n}$	Corriente nominal de defecto[1] según la norma DIN VDE 0664.
S_{nT}	Potencia nominal de un transformador según la norma DIN VDE 0532 (potencia aparente en kVA o MVA).
c	Factor para determinar la tensión equivalente que alimenta un cortocircuito
I_{kK}	Corriente permanente de cortocircuito en los bornes de un generador de baja tensión con la acción del dispositivo excitador.
R	Resistencia efectiva u óhmica.
R_{sG}	Valor de la resistencia (equivalente) de un generador determinante de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito o de choque considerando la componente amortiguada de corriente alterna.
S_k''	Potencia inicial alterna de cortocircuito (en forma abreviada: potencia aparente de cortocircuito).
$\ddot{u}_n$	Relación de transformación nominal para la derivación principal.
X	Reactancia.
Z	Impedancia (módulo).
$\varkappa$	Factor para determinar la corriente máxima asimétrica de cortocircuito o de choque i_p

Índices de los sistemas (primer dígito)

1	Sistema directo
2	Sistema inverso
3	Sistema homopolar

Índices de los estados (segundo dígito)

"	Superíndice: estado inicial (valor subtransitorio).
k	Cortocircuito Cuando no se indica otro índice se sobreentiende que se trata de un cortocircuito trifásico.
k_{2p}	Cortocircuito bipolar sin contacto a tierra.
k_{1p}	Cortocircuito unipolar, cortocircuito a tierra.
r	Valor asignado
n	Valor nominal[1] (normas DIN 40 200, DIN 1304, partes 1 y 3).

Índices de los equipos eléctricos (para el último dígito se prefieren letras mayúsculas)

A, B (C)	Barras colectoras en una red de baja tensión, instalación.
E	Tierra
F	Punto en el que se produce un defecto o cortocircuito.
G	Generador.
K	Borne.
L	Línea (línea aérea o cable).
M	Grupo de motores asincrónicos.
N	Centro estrella del sistema trifásico.
Q	Punto de conexión de una red.
T	Transformador.

[1] De acuerdo con las nuevas disposiciones DIN VDE vigentes, basadas en la Publicación IEC 947, se reemplazaron los valores nominales de los aparatos de maniobra de baja tensión por valores o datos asignados.

La diferenciación conceptual entre el "valor nominal" y el "valor asignado" se introdujo hace algunos años en la normativa alemana, con anterioridad se utilizaba para ambos conceptos la denominación "valor nominal". En el futuro se deberá prestar especial atención a la diferencia entre estos conceptos e incluso, modificar en la forma adecuada las normas existentes.

10.1.3 Diferencias entre las Publicaciones IEC 157-1 e IEC 947-2

En la Tabla 10.1/4 se realiza una comparación entre importantes conceptos definidos en las Publicaciones IEC 157-1 e IEC 947-2 y se señalan las modificaciones que se introdujeron. En la Publicación IEC 947 se resumen los contenidos de diferentes disposiciones internacionales para conformar una única norma coordinada y armonizada en el ámbito EN y, dado el caso, a nivel internacional que, a su vez,

Tabla 10.1/4
Comparación entre importantes conceptos definidos en la anterior Publicación IEC 157-1 y la IEC 947-2

Publicación IEC 157-1	Publicación IEC 947-2
–	Categoría de servicio A: – No apta para selectividad – Sin resistencia a la corriente de breve duración
–	Categoría de servicio B: – Interruptores automáticos aptos para selectividad – Corriente de breve duración $\geq 12 \cdot I_r$ durante 50 ms Las categorías de servicio se deben indicar en la placa de características.
Categorías de cortocircuito P-1: (secuencia de las maniobras: O-t-CO) Servicio reducido después de una ruptura de cortocircuito y/o P-2: (secuencia de las maniobras: O-t-CO-t-CO) En caso de duda, verificación del calentamiento de lasconexiones <70 K, a continuación disparo con $2{,}5 \cdot I_r$ según la curva característica ±20% de tolerancia Las categorías P-1 y/o P-2 se deben indicar en la placa de características.	Capacidad de ruptura en cortocircuito I_{cu}: Capacidad de ruptura límite asignada en cortocircuito (secuencia de las maniobras: O-t-CO). Servicio reducido después de una ruptura de cortocircuito *e* I_{cs}: Capacidad de ruptura asignada en servicio bajo cortocircuito (secuencia de las maniobras: O-t-CO-t-CO). Se requiere calentamiento de las conexiones <80 K, a continuación disparo con $1{,}45 \cdot I_r$ dentro de 2 h. En la Categoría de Servicio A: I_{cs} = 25, 50, 75 ó 100 % de I_{cu}. En la Categoría de Servicio B: I_{cs} = 50, 75 ó 100 % de I_{cu}. I_{cu} e I_{cs} se deben indicar en la placa de características.
El ensayo de tipo debe realizarse con un interruptor automático nuevo y limpio.	El ensayo de tipo debe realizarse con varios interruptores.

Disparador térmico: Sin compensación de temperatura, disparo con:				Disparador térmico: Sin compensación de temperatura, disparo con:			
$I_r \leq 63$ A	+20 °C ó 40 °C	1,05 ... 1,35	dentro de 1 h	$I_u \leq 63$ A	+30 °C ± 2 °C	1,05 ... 1,30	dentro de 1 h
$I_r > 63$ A	+20 °C ó 40 °C	1,05 ... 1,25	dentro de 2 h	$I_u > 63$ A	+30 °C ± 2 °C	1,05 ... 1,30	dentro de 2 h
Con compensación de temperatura, disparo con:				Con compensación de temperatura, disparo con:			
$I_r \leq 63$ A	– 5 °C	1,05 ... 1,40		$I_u \leq 63$ A	−5 a +40 °C	1,05 ... 1,30	dentro de 1 h
	+20 °C	1,05 ... 1,30	dentro de 1 h				
	+40 °C	1,00 ... 1,30					
$I_r > 63$ A	– 5 °C	1,05 ... 1,35		$I_u > 63$ A	−5 a +40 °C	1,05 ... 1,30	dentro de 2 h
	+20 °C	1,05 ... 1,25	dentro de 2 h				
	+40 °C	1,00 ... 1,24					

pueda servir de base para la redacción de las diferentes normas que se publicarán en cada uno de los países los que, incluso, podrían transcribir secciones completas de la misma.

10.1.4 Símbolos de fórmulas y unidades SI – Sistema Internacional de Unidades (SI)

Las organizaciones técnicas internacionales recomiendan el uso de las unidades básicas del "Sistema Internacional de Unidades" (SI) y las unidades derivadas como fundamento para el trabajo de normalización (Tabla 10.1/5). Las leyes promulgadas al respecto en los diferentes países hacen obligatorio su uso en el ámbito oficial, comercial e industrial.

Tabla 10.1/5
Unidades básicas SI

Magnitud básica	Unidad básica	
	Símbolo	Denominación
Longitud	m	Metro
Masa	kg	Kilogramo
Tiempo	s	Segundo
Intensidad de la corriente eléctrica	A	Amperio
Temperatura termodinámica[1)]	K	Kelvin
Cantidad de substancia	mol	Mol
Intensidad luminosa	cd	Candela

[1)] Cuando se indican temperaturas en grados centígrados también suele denominarse a esta unidad grado Celsius y en ese caso se utiliza el símbolo °C.

En un sistema de unidades se tiene una única unidad para cada magnitud.

Un sistema se denomina coherente cuando sus unidades se relacionan entre sí exclusivamente por ecuaciones en las que todos los factores numéricos son iguales a "1".

Por definición, los múltiplos y submúltiplos decimales (Tabla 10.1/6) de las unidades SI formados por prefijos no se consideran unidades SI.

En la Tabla 10.1/7 se reproducen valores numéricos de uso frecuente.

Además de las unidades SI, sus múltiplos y submúltiplos decimales, también se admiten otras unidades legales, definidas con independencia del Sistema Internacional, tales como el minuto, la hora, el día, el año y las unidades angulares grado (grado sexagesimal) con minuto y segundo, así como el gon (grado centesimal). De las mencionadas unidades de tiempo y de grados no se podrán formar múltiplos o submúltiplos decimales por adición de prefijos. La relación entre dos unidades SI iguales es "1".

En la Tabla 10.1/8 se suministra una selección de magnitudes y unidades SI según las normas DIN 1301, Parte 1, 12.85; DIN 1304, Parte 1, 03.89 y la

Tabla 10.1/6
Prefijos, múltiplos, submúltiplos decimales y sus denominaciones

Potencia de diez	Prefijo	Símbolo
10^{21}	zeta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k
10^{2}	hecto	h
10^{1}	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	ato	a
10^{-21}	zepto	z

Tabla 10.1/7
Valores numéricos de uso frecuente

Símbolo	Valor numérico	Símbolo	Valor numérico
$\sqrt{2}$	1,414213	$\sqrt{\pi}$	1,772454
$\sqrt{3}$	1,732051	$\sqrt{2\pi}$	2,506628
$\sqrt{10}$	3,162278	$1/\sqrt{\pi}$	0,564190
π	3,141593	π^2	9,869604
$3\,\pi$	9,424778	$4\pi^2$	39,478418
$4\,\pi$	12,566371	$\pi^2/\sqrt{2}$	6,978864
$\pi/\sqrt{2}$	2,221441	$\pi^2/4$	2,467401
$\pi/1.8$	1,745329	$1/\pi^2$	0,101321
$\pi/2$	1,570796	$(2/\pi)^2$	0,405285
$\pi/3$	1,047198	e	2,718282
$\pi/4$	0,785398	e^2	7,389056
$1/\pi$	0,318310	$1/e$	0,367879
$1.8/\pi$	0,572958	ln 2	0,693147
$2/\pi$	0,636620	ln 10	2,302585
$2.5/\pi$	0,795775	lg 2	0,301030
$3/\pi$	0,954930	$M = \lg e$	0,434294
$5/\pi$	1,591550	$= 1/\ln 10$	

Tabla 10.1/8
Magnitudes y unidades SI

Magnitud		Unidad SI		Relación, conversión
Símbolo de fórmulas	Significado	Símbolo	Denominación	
Magnitudes geométricas				
l	Longitud	m	Metro	
b	Ancho	m	Metro	
h	Altura	m	Metro	
d, δ	Espesor	m	Metro	
a	Distancia	m	Metro	
d, D	Diámetro	m	Metro	
r	Semidiámetro, radio	m	Metro	
s	Longitud de desplazamiento, longitud de la curva	m	Metro Metro	
H	Altitud de instalación sobre el nivel del mar	m		
A	Superficie en general Sección (transversal), área de la sección	m^2	Metro cuadrado	$10^4\,m^2 = 1$ ha
Q, q	(transversal)	m^2	Metro cuadrado	
O	Superficie, superficie de enfriamiento	m^2	Metro cuadrado	
V	Volumen	m^3	Metro cúbico	
Magnitudes de tiempo				
t	Tiempo, lapso de tiempo, duración	s	Segundo	
τ	Constante de tiempo	s	Segundo	
T	Duración del período, de la oscilación	s	Segundo	
f, ν	Frecuencia	Hz[1)]	Hertz	$1\,Hz = 1/s$[1)]
ω	Velocidad angular	r.p.s.	Revoluciones por segundo	$\omega = 2\pi f, \quad \omega = 2\pi\nu$
n	Velocidad de rotación, frecuencia de rotación	r.p.m.	Revoluciones por segundo	
v	Velocidad	m/s	Metro por segundo	$10^{-2}\,m/s^2 = 1$ Gal
g	Aceleración (local) de la gravedad	m/s^2	Metro por segundo al cuadrado	
Magnitudes de la mecánica				
m	Masa	kg	Kilogramo	
ϱ	Densidad	kg/m^3	Kilogramo por metro cúbico	
F	Fuerza, fuerza de apoyo o reacción	N	Newton	$1\,N = 1\,kg\,m/s^2$
p	Presión (Fuerza por superficie)	Pa	Pascal	$1\,Pa = 10^{-5}\,bar = 0,1\,N/mm^2$
	Presión en el caso de fluidos	bar	Bar	$1\,bar = 10^5\,Pa$
W	Energía, trabajo	J	Joule	$1\,J = 1\,Ws = 1\,Nm$
P	Potencia activa	W	Vatio	$1\,W = 1\,J/s = 1\,Nm/s$
S	Potencia aparente	VA	Voltamperio	
Q	Potencia reactiva	var	Var,	
Φ	Flujo térmico	W	Voltamperio reaktivo Vatio	$1{,}163\,W = 1\,kcal/h$
Magnitudes de transmisión del calor				
T	Temperatura termodinámica	K	Kelvin	
ϑ	Temperatura Celsius	°C	Grados Celsius	$\vartheta = T - T_0$ con $T_0 = 273{,}15$ K
$\Delta T, \Delta\vartheta$	Diferencia de temperaturas, sobretemperatura	K, admisible °C	Kelvin, admisible Grados Celsius	$1\,K = 1\,°C$
Q	Cantidad de calor	J	Joule	$1\,J = 1\,Ws = 1\,Nm$

[1)] Cuando se trata de frecuencias se utiliza el Hertz (Símbolo: Hz), una denominación especial de la unidad 1/s

Tabla 10.1/8 *(Continuación)*
Magnitudes y unidades SI

Magnitud		Unidad SI		Relación, conversión
Símbolo de fórmulas	Significado	Símbolo	Denominación	
Magnitudes eléctricas				
Q	Carga eléctrica	C	Culombio	$Q = n \cdot e$ (n número entero, e carga del electrón $\approx 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)
φ	Potencial eléctrico	V	Voltio	$\varphi = W/Q$ (W Trabajo)
U	Tensión eléctrica, diferencia de potencial	V	Voltio	$U_{12} = \int_1^2 E \cdot \mathrm{d}s = \varphi_1 - \varphi_2$ $1\,\mathrm{V} = 1\,\mathrm{W/A} = 1\,\mathrm{A\Omega}$
$\mathring{U}$	Tensión eléctrica de circulación, tensión eléctrica periférica	V	Voltio	$U = \oint E \cdot \mathrm{d}s$
E	Intensidad del campo eléctrico	V/m	Voltio por metro	$E = F/Q = \mathrm{d}U/\mathrm{d}x$ (F Fuerza)
D	Densidad de flujo eléctrico, desplazamiento dieléctrico	$\mathrm{C/m^2}$	Culombio por metro cuadrado	$D = \varepsilon \cdot E$
Ψ	Flujo eléctrico	C	Culombio	$\Psi = \int_A D \cdot \mathrm{d}A$
ε	Permitividad, constante dieléctrica	F/m	Faradio por metro	$\varepsilon = D/E$
ε_0	Constante del campo eléctrico o constante dieléctrica del vacío	F/m	Faradio por metro	$\varepsilon_0 = \dfrac{1}{\mu_0 \cdot c_0^2} = 8{,}854188 \cdot 10^{-12}$
ε_r	Permitividad relativa, constante dieléctrica relativa	1	–	$\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_0$
C	Capacidad eléctrica	F	Faradio	$C = Q/U$ $1\,\mathrm{F} = 1\,\mathrm{C/V}$
P	Polarización eléctrica	$\mathrm{C/m^2}$	Culombio por metro cuadrado	$P = D - \varepsilon_0 E$
P/ε_0	Electrización	V/m	Voltio por metro	$P/\varepsilon_0 = (\varepsilon_r - 1)\,E$
χ_e	Susceptibilidad eléctrica	1		$\chi_e = \dfrac{P}{\varepsilon_0 \cdot E} = \varepsilon_r - 1$
F_e	Fuerzas en el campo eléctrico	N	Newton	$F_{e1} = \dfrac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\varepsilon a^2}$ $F_{e2} = Q \cdot E$
W_e	Energía en el campo eléctrico	J	Joule	$W_e = \frac{1}{2} D \cdot E \cdot V$ $= \frac{1}{2} \varepsilon E^2 \cdot V = \frac{1}{2} Q \cdot U$ $= \frac{1}{2} Q^2/C = \frac{1}{2} C \cdot U^2$
I	Intensidad de la corriente eléctrica	A	Amperio	$I = Q/t$ para corriente continua $I = \mathrm{d}Q/\mathrm{d}t$ valor instantáneo
S	Densidad de la corriente eléctrica	$\mathrm{A/m^2}$	Amperio por metro cuadrado	$S = I/q$
A	Densidad específica (lineal) de la corriente eléctrica	A/m	Amperio por metro	$A = \Sigma I/l$
G	Conductancia eléctrica	S	Siemens	$G = 1/R = 1/U = 1/\Omega$
B	Susceptancia	S	Siemens	$B_L = -1/\omega \cdot L$ (en el caso de inductividades) $B_C = \omega C$ (en el caso de capacidades)

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 10.1/8 *(Continuación)*
Magnitudes y unidades SI

Magnitud		Unidad SI		Relación, conversión
Símbolo de fórmulas	Significado	Símbolo	Denominación	
Y	Admitancia	S	Siemens	$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$, $\tan\varphi = \frac{G}{B}$
$\varkappa, \gamma$	Conductibilidad eléctrica	S/m	Siemens por metro	$\varkappa = Gl/q$ $1\,\mathrm{S/m} = 1(\Omega\,\mathrm{m}) = 1\,\varrho$
R	Resistencia eléctrica	Ω	Ohm	$R = 1/G = U/I$ $1\,\Omega = 1\,\mathrm{V/A} = 1\,\mathrm{s}$
X	Reactancia	Ω	Ohm	$X_\mathrm{L} = \omega \cdot L$ $X_\mathrm{C} = -1/\omega \cdot C$
Z	Impedancia	Ω	Ohm	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$, $\tan\varphi = \frac{X}{R}$
ϱ	Resistencia eléctrica específica	Ω	Ohm metro	$\varrho = Rq/l$ $1\,\Omega\,\mathrm{m} = 1\,\mathrm{m/S} = 1\,\mathrm{V/A}$
U	Tensión eléctrica	V	Voltio	$U = I \cdot R = I/G$
P	Potencia eléctrica	W	Vatio	$P = I^2 \cdot R = U \cdot I$
Q, P_q	Potencia reactiva	var	Voltamperio reactivo	$Q = I^2 \cdot X = U \cdot I \sin\varphi$
S, P_s	Potencia aparente	VA	Voltamperio	$S = \sqrt{P_\mathrm{w}^2 + Q^2} = U \cdot I$
Magnitudes magnéticas				
Θ	Corriente magnetizante	A	Amperio	$\Theta = \int_A S_\mathrm{A} \cdot \mathrm{d}A = \Phi H_\mathrm{S}\,\mathrm{d}s$ $\Theta = I \cdot w$
V	Tensión magnética	A	Amperio	$V = \int_1^2 H \cdot \mathrm{d}s$
H	Intensidad del campo magnético	A/m	Amperio por metro	$H = B/\mu$
Φ	Flujo magnético	Wb	Wéber	$\Phi = V = V/R_\mathrm{m}$ $\Phi = \int_A B \cdot \mathrm{d}A$ $1\,\mathrm{Wb} = 1\,\mathrm{Vs}$
B	Densidad del flujo magnético, inducción magnética	T	Tesla	$B = \Phi/A = u_0 \cdot H$ $1\,\mathrm{T} = 1\,\mathrm{Wb/m^2}$
ψ	Flujo de concatenación	Wb	Wéber	$\psi = \xi w \Phi$
Λ	Conductancia o permeancia magnética	H	Henrio	$\Lambda = \Phi/V$ $1\,\mathrm{H} = 1\,\mathrm{Wb/A}$
R_m	Resistencia magnética o reluctancia	1/H	Henrio^{-1}	$R_\mathrm{m} = V/\Phi$ $1/\mathrm{H} = 1\,\mathrm{A/Wb}$
μ	Permeabilidad	H/m	Henrio por metro	$\mu = B/H$
μ_0	Constante del campo magnético	H/m	Henrio por metro	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ $= 1{,}256637 \cdot 10^{-6}$
μ_r	Índice de permeabilidad, permeabilidad relativa	1		$\mu_\mathrm{r} = \mu/\mu_0$
J	Polarización magnética	T	Tesla	$J = B - \mu_0 \cdot H$
M	Magnetización	A/m	Amperio por metro	$M = J/\mu_0 = (\mu_\mathrm{r} - 1) \cdot H$
χ_m	Susceptibilidad magnética	1		$\chi_\mathrm{m} = M/H = \mu_\mathrm{r} - 1$

Tabla 10.1/8 *(Continuación)*
Magnitudes y unidades SI

Magnitud		Unidad SI		Relación, conversión
Símbolo de fórmulas	Significado	Símbolo	Denominación	
L	Inductancia	H	Henrio	$L = \psi/i = \xi w^2 \Lambda$ 1 H = 1 Wb/A
u_i	Valor instantáneo de la tensión inducida	V	Voltio	$u_i = \frac{d\psi}{dt} = L\frac{di}{dt}$ 1 V = 1 Wb/A
F_m	Fuerzas que actúan en el campo magnético	N	Newton	$F_{m1} = i \cdot Bl$ $F_{m2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 i_2}{a} \cdot l$
m	Momento dipolar magnético	Wb m	Wéber por metro	$m = M/H$
m'	Momento electromagnético	A m^2	Amperio por metro cuadrado	$m' = M/B$
W_m	Energía en el campo magnético	J (Ws)	Joule (Vatiosegundo)	$W_m = \frac{1}{2}BHV = \frac{1}{2}\psi \cdot i$ $= \frac{1}{2}\psi^2/L = \frac{1}{2}L \cdot i^2$ (V Volumen)

Parte 3 "Símbolos de fórmulas para el suministro de energía eléctrica"[2]. En el caso del procesamiento computadorizado también se debe tener en cuenta la norma DIN 13 304, 03.82.

10.1.5 Conversión de unidades internacionales, británicas y estadounidenses

En la Tabla 10.1/9 se suministran los factores de conversión entre unidades internacionales, británicas y estadounidenses. En las normas DIN 4890, 02.75 y DIN 4892, 02.75 se proveen tablas detalladas de conversión de pulgadas (inch) a milímetros y la norma DIN 4893, 03.65, la conversión inversa.

La Tabla 10.1/10 ofrece una comparación entre la medida británica G de los alambres de cobre y la *A*merican *W*ire *G*auge (AWG) estadounidense y la Tabla 10.1/11 suministra la comparación entre secciones normalizadas en mm^2, *B*ritish *S*tandard *W*ire *G*auge (SWG) y la *A*merican *W*ire *G*auge (AWG).

[2] Ver también la publicación Tablas Técnicas – Magnitudes, Fórmulas y Conceptos de Siemens AG.

Tabla 10.1/9
Conversión de unidades internacionales, británicas y estadounidenses

Longitud

Unidad			mm	cm	m	in	ft	yd
Milímetro	1 mm	=	1	0,1	0,001	0,03937	0,0032808	0,0010936
Centímetro	1 cm	=	10	1	0,01	0,3937	0,032808	0,010936
Metro	1 m	=	1000	100	1	39,3701	3,28084	1,09361
Pulgada (inch)	1 in	=	25,4	2,54	0,0254	1	$0,08333\overline{3}$	$0,02777\overline{7}$
Pié (foot)	1 ft	=	304,8	30,48	0,3048	12	1	$0,333\overline{3}$
Yarda (yard)	1 yd	=	914,4	91,44	0,9144	36	3	1
Milla (mile)	1 mile	=			1609,344	63360	5280	1760
Milla marina (nautical mile)	1 nmile	=			1852			

1 fathom = 2 yd = 1,8288 m;
1 rod = 1 pole = 1 perch = 5,5 yd = 5,0292 m;
1 link = 0,201 168 m;
1 chain = 4 rods = 22 yd = 100 links = 20,1168 m;
1 furlong = 10 chains = 220 yd = 1000 links = 201,168 m;
1 mile = 8 furlong = 80 chains = 1760 yd = 1609,344 m;
1 mil = 0.001 in = 0,0254 mm;
1 hand = 10,16 cm.

Superficie

Unidad			mm^2	cm^2	m^2	in^2	ft^2	yd^2
Milímetro cuadrado	1 mm^2	=	1	0,01	0,000001	0,00155	0,0000107	0,00000119
Centímetro cuadrado	1 cm^2	=	100	1	0,0001	0,154999	0,0010763	0,00011959
Metro cuadrado	1 m^2	=	1000000	10000	1	1550	10,7639	1,19599
Pulgada cuadrada (square inch)	1 in^2	=	645,16	6,4516	0,00064516	1		
Pié cuadrada (square foot)	1 ft^2	=	92903	929,03	0,0929	144	1	0,1111
Yarda cuadrada (square yard)	1 yd^2	=	836130	8361,3	0,83613	1296	9	1

1 circular mil $= \frac{\pi}{4}\left(\frac{\text{in}}{1000}\right)^2 = 5,06707 \cdot 10^{-4}$ mm^2;
1 circular inch = 5,06707 cm^2;
1 square chain = 404,686 m^2;
1 rood = 1011,71 m^2.

Volumen

Unidad			dm^3 (l)	in^3	ft^3	yd^3
Decímetro cúbico (1 Litro)	1 dm^3	=	1	61,0237	$35,3147 \cdot 10^{-3}$	$1,3080 \cdot 10^{-3}$
Pulgada cúbica (cubic inch)	1 in^3	=	0,01638	1	$0,5787 \cdot 10^{-3}$	$21,4335 \cdot 10^{-6}$
Pié cúbico (cubic foot)	1 ft^3	=	28,3168	1728	1	$37,0\overline{370} \cdot 10^{-3}$
Yarda cúbica (cubic yard)	1 yd^3	=	764,5549	46656	27	1

Unidades británicas:
1 bushel = 8 gallons = 36,3687 dm^3(l);
1 quart = 2 pints = 1,1365 dm^3(l);
1 gill = 5 fluid ounces = 142,065 cm^3;
1 fluid drachm = 60 minims = 3,5516 cm^3;
1 UK-gallon = 4 quarts = 4,5461 dm^3(l);
1 pint = 4 gills = 0,5683 dm^3;
1 fluid ounce = 8 fluid drachms = 28,4131 cm^3

Unidades estadounidenses:
1 US-Barrel = 42 US-gallons = 158,987 dm^3(l);
1 US-gallon = 0,8327 UK-gallon = 6,6614 pints
= 3,7855 dm^3(l);
1 board foot = 2,35974 dm^3(l);
1 cord (cd) = 3,62456 m^3

Tabla 10.1/9 *(Continuación)*
Conversión de unidades internacionales, británicas y estadounidenses

Peso

Unidad			kg	lb (av)[1]
Kilogramo	1 kg	=	1	2,2046
Libra (pound av)[1]	1 lb (av)[1]	=	0,45359	1

1 ton = 2240 lb (av); 1 shtn = 2000 lb (av); 1 cwt = 112 lb (av); 1 drachm = 60 grain (av) = 60/7000 b (av) = 3,8879 g;
1 lb (av) = 16 oz (av); 1 grain (av) = 1/7000 lb (av) = 64,7989 mg; 1 oz (av) = 480/7000 lb (av); 1 lb (av) = 5760/7000 lb (av);
1 dram (av) = 1,7718 g; 1 stone = 6,35029 kg; 1 quarter = 12.70 kg.
1 ounce (oz) = 437,5 grain (av) = 16 dram (av) = 28,3495 g;

[1] avoirdupois: Sistema comercial de pesas utilizado en GB y en EE.UU.

Velocidad

Unidad			m/s	km/h	mile/h	kn
Metro por segundo	1 m/s	=	1	3,6	2,2369	1,9438
Kilometro por hora	1 km/h	=	$0,277\overline{7}$	1	0,6214	0,5400
Milla por hora	1mile/h	=	0,4470	1,6093	1	0,8690
Nudos	1kn	=	$0,514\overline{4}$	1,852	1,1508	1

1 kn = 1 sm/h;
1 ft/s = 0,3048 m/s;

Aceleración de la gravedad normalizada
$g_n = 9,80665\ m/s^2 = 32,17405\ ft/s^2$.

Presión (para líquidos y gases)

Unidad			bar	at	Torr	mm WS	Pulgadas de columna de mercurio	Pies de columna de agua
Bar	1 bar	=	1	1,0197	750	10 197	29,53	33,4553
Atmósfera técnica	1 at	=	0,980	1	735,559	104	28,959	32,8084
Torr	1 Torr	=	0,00133	0,001359	1	13,5951	–	–
Milímetros de columna de agua	1 mm WS	=	98,0665	10^{-4}	$73,5559 \cdot 10^{-3}$	1	–	–
Pulgadas de columna de mercurio (inch of mercury)	1 in of m.	=	0,03386	$34,531 \cdot 10^{-3}$	–	–	1	1,1329
Pies de columna de agua (foot of water)	1 in of w.	=	0,02989	$30,48 \cdot 10^{-3}$	–	–	0,8827	1

1 Pa = 1 N/m² = 10^{-5} bar;
1 MPa = 1 N/mm² = 10 bar
1 atm = 760 Torr = 1,01325 bar;

1 at = 1 kp/cm²;
1 Torr ≈ 1 mm Hg;
1 mm WS = 1 kp/m².

Temperaturas

Grados Celsius °C	−10	−5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90	+100	+110	+120
Grados Fahrenheit °F	14	23	32	41	50	59	68	77	86	104	122	140	158	176	194	212	230	248

1 °C = 5/9 ϑ − 32 °F;
1 °F = 9/5 ϑ + 32 °C.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 10.1/9 *(Continuación)*
Conversión de unidades internacionales, británicas y estadounidenses

Potencia

Unidad		W	kcal/h	Btu/h	ft · lbf/s
Vatio	1 W =	1	0,8598	3,4121	0,7376
Kilocalorías por hora	1 kcal/h =	1,163	1	3,9683	0,8578
Unidad térmica inglesa/hora (British thermal unit/hour)	1 Btu/h =	0,2931	0,2520	1	0,2162
Pié libra fuerza/segundo (foot pound force/second)	1 ft · lbf/s =	1,3558	1,1658	4,6263	1

1 hp = 550 ft · lbf/s = 0,736 kW;
$1\frac{\text{Btu}}{\text{lbh}} = \frac{5}{9}\frac{\text{kcal}}{\text{kgh}} = 2326\frac{\text{J}}{\text{kgh}}$;
1 kcal/h = 1,163 W;
1 SKE [1] = 7000 kcal = 29,3076 MJ = 8,141 kWh.

[1] SKE = Steinkohleneinheit: Unidad o equivalente de carbón de piedra.

Fuerza

Unidad		N	kp	lbf	pdl
Newton	1 N =	1	0,101972	0,22481	7,2230
Kilopondio	1 kp =	9,80665	1	2,20462	70,9316
Libra fuerza (pound force)	1 lbf =	4,44822	0,45362	1	32,1740
poundal	1 pdl =	0,13826	$14,0981 \cdot 10^{-3}$	$31,0810 \cdot 10^{-3}$	1

1 tonf (tonelada fuerza) = 2240 lbf = 9,9640 kN

Tabla 10.1/10
Conversión de la medida británica G (en lb/milla) para alambres de cobre en milímetros y en el sistema AWG (American Wire Gauge)

G [1]	lb/milla	4	6,5	10	20	40	50	100	160	220
D	mm	0,40	0,51	0,63	0,90	1,27	1,42	2,01	2,54	2,98
AWG [2]		26	24	22	19	16	–	12	10	–
D	mm	0,40	0,51	0,64	0,91	1,29		2,05	2,59	

[1] Para la conversión del diámetro del alambre D en la medida británica G se puede aplicar la fórmula práctica siguiente: $G = 25 \cdot \left(\frac{D}{\text{mm}}\right)^2 \approx \frac{G}{\text{lb/milla}}$
[2] Un número AWG que se incrementa en una unidad equivale a un diámetro D reducido en aproximadamente el 89,05%.

Tabla 10.1/11
Comparación de secciones asignadas normalizadas q_n para alambres y conductores flexibles según British Standard Wire Gauge (SWG) británica y American Wire Gauge (AWG) estadounidense o Mille Circular Mil (MCM) o kcmil (kilo circular mil).

Sección asignada normalizada q_n			Wire-Gauge-N°		Sección asignada normalizada q_n			Wire-Gauge-N°	
Monofilar mm²	Conductor flexible mm²	in²	SWG	AWG [1]	Monofilar mm²	Conductor flexible mm²	in²	SWG	AWG [1]
0,196	–	0,000304	–	–	27,27	–	0,0424	4	–
0,2	**0,2**			(24)	33,62	–	0,0521	–	2
0,203	–	0,000314	25	–	**35**	**25**	0,0542	–	(2)
0,205	–	0,000317	–	24					
0,245	–	0,000380	24	–	38,60	–	0,0598	2	–
0,283	–	0,000438	–	–	42,41	–	0,0657	–	1
0,292	–	0,000452	23	–	45,60	–	0,0707	1	–
0,324	–	0,000504	–	22	**50** [2]	**35**	0,0728	–	(0)
0,397	–	0,000616	22	–					
0,5	**0,5**	0,000775	–	(20)	53,20	–	0,0824	0(1/0)	–
					53,51	–	0,0829	–	0(1/0)
0,519	0,5	0,000802	21	20	61,40	–	0,0952	00(2/0)	–
0,657	–	0,001018	20	–	67,44	–	0,1045	–	00(2/0)
0,75	**0,75**	0,001162	–	(18)	**70**	**50**	0,1085	–	(00)
0,811	–	0,001257	19	–	70,12	–	0,1087	000(3/0)	(00)
0,821	–	0,001272	–	18	81,08	–	0,1257	0000(4/0)	–
1,0	**1,0**	0,001550	–	–	85,03	–	0,132	–	000(3/0)
					95	**70**	0,147	–	(000)
1,168	–	0,001810	18	–					
1,307	–	0,002026	–	16	107,22	–	0,166	–	0000(4/0)
1,5	**1,5**	0,002325	–	(16)	**120**	**95**	0,186	–	–
									MCM [1]
1,589	–	0,002463	17	–					
2,082	–	0,003228	16	14					
2,5	**2,5**	0,003875	–	(14)	126,68	–	0,196	–	250
					(120)				
2,627	–	0,004072	15	–					
3,243	–	0,005027	14	–	**150**	**120**	0,233	–	(300)
3,309	–	0,005129	–	12	152,01	–	0,236	–	300
4	**2,5**	0,006200	–	(14)	177,35	–	0,275	–	350
4,289	–	0,006337	13	–	**185**	**150**	0,287	–	(400)
5,260	–	0,008152	–	10	202,68	–	0,314	–	400
5,481	–	0,008495	12	–	**240**	**185**	0,372	–	(500)
6	**4**	0,009300	–	(10)					
					253,35	–	0,393	–	500
6,818	–	0,010568	11	–	**300**	**240**	0,471	–	600
8,302	–	0,012868	10	–	(304,0)				
8,365	–	0,012967	–	8	354,71	–	0,55	–	700
10	**6**	0,01550	–	(8)					
10,507	–	0,01628	9	–	380,0	–	0,589	–	750
					400	300	0,628	–	800
12,972	–	0,02011	8	–	(405,36)				
13,296	–	0,02061	–	6	456,04	–	0,768	–	900
15,700	–	0,02433	7	–	**500**	**400**	0,785	–	1000
16	**10**	0,02480	–	(6)	(506,70)				
18,700	–	0,02895	6	–	633,38	–	0,982	–	1250
21,150	–	0,03278	–	4	760,05	–	1,178	–	1500
22,773	–	0,0353	5	–	886,7	–	1,374	–	1750
25	**16**	0,0388	–	(4)	1013,4	–	1,571	–	2000

[1] AWG American Wire Gauges, escala estadounidense de calibres normalizados para alambres con secciones de hasta 107,2 mm².
MCM Mille Circular Mil (1 MCM ≡ 0,5067 mm²) o kcmil, escala estadounidense de calibres normalizados para alambres con secciones mayores que 126,7 mm².

[2] Sección real 47 mm².

10.2 Valores climáticos, influencias de la temperatura y conducción del calor

10.2.1 Valores climáticos

Atmósfera normalizada

En la Tabla 10.2/1 se indican diferentes valores de la atmósfera normalizada según la norma DIN ISO 2533

Tabla 10.2/1 Atmósfera normalizada según la norma DIN ISO 2533

Altitud con respecto al nivel del mar m	Temperatura °C	Presión mbar	Densidad kg/m³	Presión de saturación mbar	Punto de ebullición del agua °C
0	15	1013	1,226	17	100
500	11,8	955	1,168	13,7	98
1000	8,5	899	1,112	11	97
2000	2	795	1,007	7	93
4000	–11	616	0,819	2,4	87
8000	–37	356	0,525	0,13	74
15000	–56,5	120	0,194	–	51
30000	–56,5	11	0,02	–	15

Tabla 10.2/2 Humedad absoluta y relativa del aire en función de la temperatura

Temperatura °C	Humedad relativa 20	30	40	50	60	70	80	90	100%
	Humedad relativa en g/m³								
0	1,0	1,5	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,3	4,8
2	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,6
4	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,5	5,1	5,7	6,4
6	1,5	2,2	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,5	7,3
8	1,7	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,4	8,3
10	1,9	2,9	3,8	4,7	5,6	6,5	7,5	8,5	9,4
12	2,1	3,2	4,3	5,3	6,4	7,4	8,5	9,6	10,7
14	2,4	3,6	4,8	6,0	7,3	8,5	9,7	10,9	12,1
16	2,7	4,1	5,5	6,8	8,2	9,5	10,9	12,3	13,6
18	3,1	4,6	6,2	7,7	9,2	10,7	12,3	13,8	15,4
20	3,5	5,2	6,9	8,6	10,4	12,1	13,8	15,6	17,3
22	3,9	5,9	7,8	9,7	11,7	13,6	15,5	17,5	19,4
24	4,4	6,5	8,7	10,9	13,1	15,3	17,4	19,6	21,8
26	4,9	7,4	9,8	12,2	14,6	17,1	19,6	22,0	24,4
28	5,5	8,2	10,9	13,6	16,3	19,1	21,8	24,5	27,3
30	6,1	9,2	12,1	15,2	18,2	21,3	24,3	27,4	30,4
32	6,7	10,1	13,5	16,9	20,3	23,7	27,1	30,5	33,8
34	7,5	11,3	15,0	18,8	22,6	26,3	30,1	33,9	37,7
36	8,3	12,5	16,7	20,9	25,0	29,2	33,4	37,6	41,7
38	9,2	13,9	18,6	23,2	27,8	32,4	37,0	41,6	46,2
40	10,2	15,3	20,4	25,6	30,7	35,8	40,9	46,0	51,1

y su variación en función de la altitud con respecto al nivel del mar.

Humedad relativa y absoluta del aire ambiental

La humedad del aire ambiental se mide, por lo general, con un higrómetro que indica la humedad relativa ambiente en % de la saturación (= 100%) para la temperatura ambiental respectiva. De la Tabla 10.2/2 se puede obtener la humedad absoluta del aire en g/m³ para una temperatura y humedad relativa ambiente dadas.

10.2.2 Influencias de la temperatura y conducción del calor

Resistencia específica

La Tabla 10.2/3 suministra los valores de la resistencia específica ρ, el coeficiente térmico α y la conductividad específica κ de diferentes metales o aleaciones.

Conducción del calor

El flujo térmico Φ a través de una pared plana con una superficie A, un espesor δ y una conductibilidad térmica λ es la siguiente:

$$\Phi = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta\vartheta}{\delta}.$$

Tabla 10.2/3
Resistencia específica ρ, coeficiente térmico α y conductividad específica χ de diferentes metales o aleaciones a 20 °C

Sustancia	ρ_{20} $\Omega\,mm^2/m$	α_{20} K^{-1}	$\varkappa_{20}$ $m/\Omega\,mm^2$
Aluminio	0,029	$4{,}1 \cdot 10^{-3}$	34,7
Plomo	0,21	$4 \cdot 10^{-3}$	4,8 hasta 10
Alambre de hierro	0,10 hasta 0,15	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$	6,7
Oro	0,023	$3{,}8 \cdot 10^{-3}$	43,5
Constantán	0,49 hasta 0,51	$\pm 0{,}03 \cdot 10^{-3}$	2,04 hasta 1,96
Cobre	0,0182	$3{,}95 \cdot 10^{-3}$	55
Magnesio	0,043	$4{,}1 \cdot 10^{-3}$	23,2
Manganina	0,42	0,001 hasta $0{,}01 \cdot 10^{-3}$	2,4
Latón, CuZn40	$\geq 0{,}067$	$2 \cdot 10^{-3}$	≥ 15
Niquelina	0,40 hasta 0,44	$0{,}1 \cdot 10^{-3}$	2,5 hasta 2,27
NiCr8020	1,09	$0{,}1 \cdot 10^{-3}$	0,92
Mercurio	0,962	$0{,}99 \cdot 10^{-3}$	1,04
Plata	0,016	$4{,}1 \cdot 10^{-3}$	62,5
Cinc	0,06	$4{,}2 \cdot 10^{-3}$	16,7

El flujo térmico Φ a través de la pared plana de un tubo recto con sección circular (diámetro externo d_2 e interno d_1) y una longitud l es la siguiente:

$$\Phi = \frac{2\pi \cdot \lambda \cdot l \cdot \Delta\vartheta}{\ln(d_2/d_1)}.$$

Convección forzada

La circulación turbulenta a lo largo de una pared lisa (con una longitud l y una conductibilidad térmica λ del fluido que circula) implica:

$$\mathrm{Nu} = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} = 0{,}037\ \mathrm{Re}^{0{,}8} \cdot \mathrm{Pr}^{0{,}4}.$$

La circulación turbulenta a través de un tubo con sección circular (y diámetro interior libre d) es la siguiente:

$$\mathrm{Nu} = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} = 0{,}023\ \mathrm{Re}^{0{,}8} \cdot \mathrm{Pr}^{0{,}4}.$$

Estas expresiones permiten calcular el coeficiente de transmisión o de transferencia del calor α aplicando los parámetros característicos siguientes:

Número de Nußelt: $\mathrm{Nu} = \dfrac{\alpha \cdot l}{\lambda}$

Número de Reynolds: $\mathrm{Re} = \dfrac{\vartheta \cdot l}{\nu}$

Número de Prandtl: $\mathrm{Pr} = \dfrac{\nu \cdot \rho \cdot c_p}{\lambda}$

Los términos de estas expresiones significan:

l Longitud característica

ϑ Velocidad media de circulación

ρ Densidad del fluido

ν Viscosidad cinemática del fluido

c_p Capacidad térmica específica del fluido con presión constante.

Radiación térmica

El flujo térmico o calorífico del intercambio entre dos superficies con reflexión difusa A_1 y A_2, las temperaturas T_1 y T_2, así como los grados de emisión ε_1 y ε_2, es el siguiente:

$$\Phi = \Phi_{12} - \Phi_{21} = \varepsilon_{12} \cdot A_1 \cdot C_S \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

con la constante técnica de radiación del cuerpo negro σ

$$C_S = \sigma \cdot 10^{-8} = 5{,}67\ \mathrm{W\,m^{-2}\,K^{-4}}.$$

σ Constante de Stefan-Boltzmann

El grado de emisión resultante ε_{12} para esferas concéntricas es:

$$\frac{1}{\varepsilon_{12}} = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{A_1}{A_2}\left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right), \quad A_2 > A_1,$$

Para un cuerpo relativamente pequeño en un espacio grande se tiene:

$$\varepsilon_{12} \approx \varepsilon_1, \quad A_2 \gg A_1,$$

Cuando las paredes son paralelas vale lo siguiente:

$$\frac{1}{\varepsilon_{12}} = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1, \quad A_2 \approx A_1.$$

En el caso de las superficies con nervaduras no se debe considerar toda la superficie de estas nervaduras como radiante sino sólo la correspondiente al contorno exterior.

En la Tabla 10.2/4 se suministran los valores correspondientes a diferentes características térmicas de algunas sustancias sólidas.

Tabla 10.2/4 Características térmicas de algunas sustancias sólidas

Sustancia	ϑ_S °C	ρ kg/dm^3	λ W/(K · m)	c_W J/(kg · K)	α 10^{-6} K^{-1}
Aluminio técnico	658	2,7	210	910	23,9
Hormigón, secado al aire	–	2,2–2,5	0,8–1,3	880	10–14
Hierro (acero)	≈ 1350	7,7–7,9	40–60	460	11–13
Vidrio	≈ 1000[1)]	2,2–3,9	≈ 0,8	500–840	7–10
Cobre técnico	1080	8,96	380	386	16,9
Latón (MS67)	900	8,4–8,9	117	380	18,7
Plata pura	961	10,5	408	237	19,3
Cinc	419	7,13	113	390	30

[1)] Temperatura de elaboración

ϑ_S Punto de fusión ρ Densidad λ Conductibilidad térmica c_w Capacidad térmica específica α Coeficiente de dilatación térmica lineal

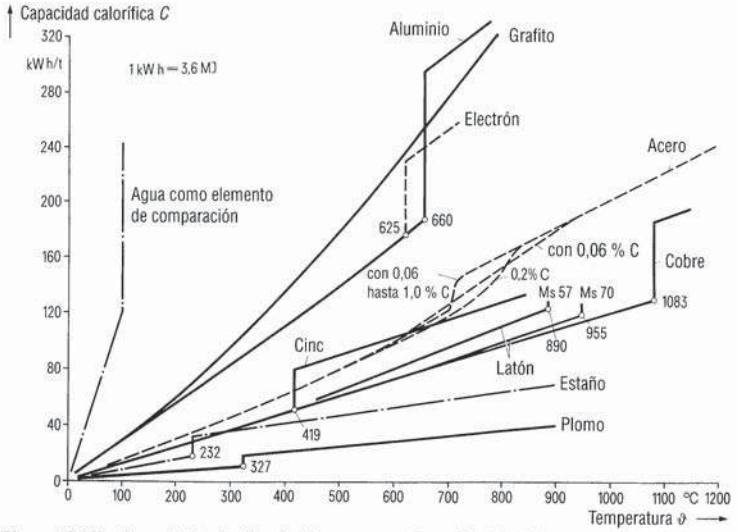


Figura 10.2/1 Capacidad calorífica de diferentes metales en función de la temperatura.

En la Tabla 10.2/5 se indica el grado de emisión de algunas superficies técnicas.

Capacidad calorífica de metales

En la figura 10.2/1 se ilustra gráficamente la variación de la capacidad calorífica de diferentes metales en función de la temperatura.

El coeficiente de transmisión térmica por convección natural (libre) y radiación para una temperatura superficial de 40 a 50 °C de una superficie metálica pintada es la siguiente:

α = 11 a 12 W/(K · m^2) con convección natural sin ninguna perturbación y

α = 15 W/(K · m^2) con condiciones ambientales normales.

Tabla 10.2/5 Grado de emisión de algunas superficies empleadas en la técnica

Sustancia	Superficie	Temperatura °C	Grado de emisión ε
Cuerpo negro	–	Arbitraria	1,0
Aluminio	desnudo, pulido	20	0,039
Cobre	desnudo, pulido	20	0,030
Plata	desnudo, pulido	20	0,020
Hierro	oxidado	20	0,61–0,85
Cobre	oxidado negro	20	0,78
Cinc	oxidado gris	20	0,23–0,28
Capa de aluminio bronceado		20	0,20–0,40
Esmaltes de laca		20	0,85–0,95
Barniz negro	mate	80	0,97
Capa de minio	mate	100	0,93
Cartón asfaltado		20	0,91–0,93
Hielo	liso	0	0,97
Madera (haya, roble)		20	0,89–0,93
Mampostería (ladrillos, mortero, revoque)		20	0,93
Porcelana	vidriada	20	0,93
Productos textiles (telas de algodón, lana, seda)		20	0,78

10.3 Intensidad de corriente máxima carga admisible y protección de cables, conductores y barras colectoras ante sobreintensidades

Cuando se considera la protección de cables, conductores y barras colectoras, no sólo se debe tener en cuenta un calentamiento excesivo (riesgo de incendio), sino también la confiabilidad del circuito correspondiente, es decir, los dispositivos de protección no deberían dispararse innecesariamente. Si bien la selectividad no es una exigencia de la norma DIN VDE 0100-430, se le debería asignar un primer plano en todo proyecto (ver la Sección 3.4.6).

En todos los conductores, conectados a tierra o no, se tienen que prever dispositivos de protección contra sobreintensidades. En los conductores de protección (inclusive conductores PEN) y de equilibrio de potencial, es decir, en todos los conductores que tienen funciones de protección (protección contra descargas eléctricas), en cambio, no se deben instalar dispositivos de protección contra sobreintensidades. Sin embargo, estos conductores deben quedar comprendidos en las medidas de protección dispuestas para los demás conductores. Los dispositivos de protección sólo deben desconectar el conductor sobrecargado, sin afectar a todos los otros conductores salvo cuando esto pueda representar un peligro.

También se tiene protección ante sobrecargas y cortocircuitos sin los dispositivos correspondientes cuando la fuente sólo suministra una intensidad de la corriente que no sobrepasa la carga admisible I_z de los conductores, por ejemplo, en el caso de transformadores para campanillas, transformadores de soldadura y determinadas clases de generadores termoeléctricos.

Los dispositivos de protección contra sobreintensidades podrán eliminarse de los conductores de neutro en sistemas TT y NT cuando se cumplen las condiciones siguientes:

▷ La sección del conductor neutro es la misma que la del conductor de fase.

▷ La sección del conductor neutro es menor que la del conductor de fase.

Para ello se deben cumplir al mismo tiempo las condiciones siguientes:

- En caso de cortocircuito, el conductor del neutro queda protegido por el dispositivo de protección en el conductor de fase.
- La intensidad máxima de la corriente en el conductor neutro durante el servicio normal no sobrepasa la capacidad admisible I_z de este conductor. La condición para que esto pueda cumplirse es una distribución tan uniforme de las cargas en los conductores de fase como sea posible.

En todos los demás casos deberán disponerse dispositivos sensores de sobreintensidades en el conductor neutro que provoquen la desconexión de los conductores de fase sin que por ello deban desconectar necesariamente este conductor neutro (Se deben tener en cuenta las normas vigentes en cada país).

En los sistemas IT se debe prever la detección de sobreintensidades en el conductor neutro de cada circuito, salvo en los casos siguientes:

- El conductor neutro en cuestión queda protegido por un dispositivo conectado aguas arriba, o
- este circuito queda protegido por un dispositivo de corriente de defecto que interrumpe todos los conductores incluso el neutro y cuya intensidad de la corriente asignada (corriente nominal de defecto) comprenda como máximo 0,15 veces la intensidad de corriente máxima admisible del conductor neutro correspondiente.

Las normas subdividen la protección ante sobreintensidades en las siguientes clases:

- Coordinación de dispositivos de protección ante sobrecargas y cortocircuitos según las normas DIN VDE 0100-430, DIN VDE 0100-473 y DIN VDE 0100, Anexo 5, así como
- a intensidad de la corriente máxima admisible de cables/conductores aislados considerando las condiciones del tendido, agrupamiento, material de los conductores y del aislante según las normas:
  DIN VDE 0100-430, Anexo 1:91-11,
  DIN VDE 0298-4:79-11,
  DIN VDE 0298-2:79-11[1)],
  DIN VDE 0276 Teil 2 bajo consideración de la DIN VDE 0276 Parte 100,
  Intensidad de corriente máxima admisible de barras colectoras según la norma DIN 43 670 (aluminio) o DIN 43 671 (cobre) y de conductores aislados y desnudos en combinaciones de aparatos de maniobra según la norma DIN VDE 0660, Parte 507 que se ejecutan como combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión con homologación parcial.

[1)] La norma DIN VDE 0298-2 dejó de tener validez el 31.12.1995, por lo tanto, rigen directamente los valores de las cargas admisibles de las diferentes normas para cables. Sin embargo, como los principios físicos de la norma DIN VDE 0298-2 no han perdido vigencia, se la podrá seguir aplicando.

10.3.1 Asignación de dispositivos de protección

10.3.1.1 Protección ante sobrecargas

Las sobrecargas en los diferentes conductores se deben interrumpir antes de que el aislamiento, los puntos de conexión y empalme, así como el medio ambiente sufran un calentamiento perjudicial.

Se *tiene* que prever una protección para sobrecarga – salvo que el dispositivo de protección conectado aguas arriba puede asumir esta protección – para toda reducción de la intensidad de corriente máxima, por ejemplo, en los casos siguientes:

- Reducción de la sección del conductor (conductores conectados en paralelo con secciones menores no se consideran una reducción, por ejemplo, $2 \times 35\ mm^2$ en lugar de $1 \times 85\ mm^2$).
- Modificaciones en el tendido.
- Modificaciones en la estructura de los cables o conductores.

La longitud de los conductores con la intensidad de corriente admisible reducida no tiene importancia en este caso. En ningún caso tiene validez el razonamiento que en caso de conductores cortos se pueden reducir las secciones con una intensidad asignada invariable de la corriente del dispositivo de protección. Sin embargo, en la práctica se observa que para tramos muy cortos (≤ 1 m) no se requiere una reducción de la intensidad de corriente admisible cuando se modifican las condiciones del tendido o las temperaturas ambiente.

La protección contra sobrecargas podrá ubicarse en *cualquier lugar* del tramo de conductores cuando no se tienen derivaciones ni dispositivos enchufables y se tiene una protección contra cortocircuitos. Lo mismo se aplica cuando el tramo tiene una longitud de hasta 3 m, fue tendido protegido contra cortocircuitos y puesta a tierra, y en sus cercanías no se encuentran sustancias inflamables.

La protección contra sobrecargas *se puede eliminar* (no es aplicable, por ejemplo, en zonas con peligro de incendio o explosión) en los casos siguientes:

- Cuando no se prevén sobrecargas y tampoco se tienen derivaciones ni dispositivos enchufables, por ejemplo, interconexiones entre la fuente (transformador, generador) y el tablero.
- En circuitos auxiliares.
- En redes públicas de distribución, o
- cuando el dispositivo correspondiente conectado aguas arriba aún puede asumir la protección.

Atención: las reducciones mencionadas sólo podrán aplicarse en forma condicional en los sistemas IT.

Por razones de seguridad se recomienda *eliminar* los dispositivos de protección ante sobrecargas en los siguientes casos, en los que se recomienda el uso de un dispositivo de *aviso*:

- Circuitos excitadores de máquinas.
- Alimentación de electroimanes elevadores.
- Circuito secundario de transformadores de intensidad.
- Circuitos de seguridad, por ejemplo, dispositivos extintores.

En la selección de los dispositivos de protección contra sobrecargas deben tenerse en cuenta las importantes condiciones siguientes, las que, sin embargo, no garantizan siempre una protección completa en caso de sobrecargas:

Condición 1:

$$I_b \leq I_r \leq I_z$$

Condición 2:

$$I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_z$$

En estas expresiones el significado de los términos es el siguiente:

I_b Intensidad de la corriente de servicio del circuito.

I_z Intensidad de la corriente máxima admisible de acuerdo con las normas DIN VDE 0100-430, Anexo 1 o DIN VDE 0298-4 o DIN VDE 0298-2 o DIN VDE 0273, Partes 603 y 1000.

I_r Corriente asignada (nominal) del dispositivo de protección.

I_2 Corriente que produce el disparo bajo condiciones determinadas (máxima corriente de prueba).

La corriente asignada (nominal) del dispositivo de protección o el valor ajustado podrá ser igual al valor de la carga admisible I_z.

Conforme con esto tienen validez las características siguientes:

- Interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) con las características B, C, D y la A disponible en los aparatos de Siemens: $I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_r$,
- Interruptores automáticos: $I_2 \leq 1{,}35 \cdot I_r$ [1)],

[1)] Los fusibles con $I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_r$ aún no son habituales en algunos países como, por ejemplo, Alemania.

- Relés de sobrecarga térmicamente retardados: $I_2 \leq 1{,}25 \cdot I_r$[1)].

La corriente I_r[1)] equivale al valor ajustado en el caso de los dispositivos de protección ajustables.

Protección ante sobrecargas para conductores conectados en paralelo

La carga I_z en el caso de conductores conectados en paralelo protegidos contra sobrecargas por un dispositivo común será la suma de los diferentes valores de I_z cuando se cumplen las condiciones siguientes:

- Coinciden las características eléctricas (material de los conductores, aislante y sección), al igual que
- las condiciones de tendido (agrupamiento, longitud).
- No existen derivaciones.

En el interior de las combinaciones de aparatos de maniobra podrán tenerse derivaciones.

10.3.1.2 Protección ante cortocircuitos

Se considera que existe protección ante cortocircuitos cuando se tienen instalados dispositivos de protección que permiten interrumpir las corrientes de cortocircuito antes de que el aislamiento, los puntos de conexión y empalme, así como el medio ambiente sufran un calentamiento excesivo o se produzcan efectos mecánicos perjudiciales.

Esta protección queda asegurada cuando la capacidad de ruptura del dispositivo de protección contra sobreintensidades equivale, como mínimo, a la máxima corriente de cortocircuito que puede circular en el lugar de montaje. En el caso que no pueda cumplirse con esta condición, deben tenerse en cuenta las indicaciones de la norma DIN VDE 0100-430:91-11, Sección 6; es decir, se requiere una protección de "Back-up" (ver la Sección 3.4.6.2).

Ejemplo:

Se necesita conectar un interruptor cortacircuitos automático con una corriente asignada de 16 A (corriente nominal) y una capacidad de ruptura de 6 kA en un punto donde se puede producir una I_k'' de 10 kA. El interruptor se podrá proteger conectando delante del mismo (aguas arriba) una protección "Back-up" formada por fusibles gL de 63 A. En cada caso se tiene que determinar cuál es la protección de "Back-up" efectiva de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes. Sin embargo, esto puede significar que si se produce un cortocircuito inmediatamente detrás (aguas abajo) del interruptor ya no se verifique una selectividad adecuada y ambas protecciones desconectan. La selectividad recién volverá a ser efectiva si la falla se produce a una cierta distancia del interruptor o cuando se tiene una distancia relativamente grande entre el interruptor y la protección de "Back-up". Esto se debe a la acción de las impedancias de los conductores que limitan la corriente de cortocircuito.

Cuando se conectan fusibles, por lo general, no se verifican problemas en cuanto a la capacidad de ruptura de la corriente de cortocircuito ya que las normas prevén un valor de 50 kA y los fabricantes aseguran de 80 a 100 kA.

Se debe prever una protección contra cortocircuitos en los casos siguientes:

- Al comienzo de cada circuito,
- capacidad reducida ante cortocircuitos, por ejemplo, en reducciones de la sección, en derivaciones o ante cambios del aislamiento de los conductores.

El dispositivo de protección ante cortocircuitos *se podrá* desplazar un máximo de 3 m en el tramo de conductores a proteger cuando se cumplen las siguientes condiciones para los conductores con reducida capacidad de manejar cortocircuitos aguas arriba:

1. Es casi imposible que en condiciones normales de servicio se produzca un cortocircuito en ese lugar.
2. El riesgo de incendio y daños personales se limita a un mínimo.

Podrá prescindirse completamente de una protección contra cortocircuitos en los casos siguientes:

- Los cables o conductores constituyen la interconexión entre una fuente (transformador o generador) con el tablero (cuadro). En este caso el tablero deberá tener un dispositivo de protección ante cortocircuitos y sobrecargas.
- Circuitos cuya interrupción implicaría un riesgo.
- Determinados circuitos de medición (por ejemplo, los circuitos de los transformadores de intensidad).
- Redes de distribución pública con cables tendidos en tierra o líneas aéreas.
- Circuitos en los que se verifican simultáneamente las condiciones siguientes:
  - El riesgo de un cortocircuito se limita a un mínimo y
  - los conductores no se encuentran en las cercanías de materiales de construcción inflamables.

Para la protección ante cortocircuitos deben cumplirse las condiciones siguientes:

$$q = \frac{\sqrt{t} \cdot I_a}{k}$$

Los términos de esta fórmula tienen el significado siguiente:

q sección del conductor en mm^2 [1]

I_a valor eficaz de la corriente durante un cortocircuito en A, equivale a la corriente que interrumpe el dispositivo de protección en el tiempo t o la máxima corriente que puede circular debida a la impedancia del circuito.

t tiempo de desconexión en s, se limita a un máximo de 0,1 a 5 s para asegurar protección contra descargas eléctricas (protección contra corrientes peligrosas que pueden circular por el cuerpo humano).

Nota:

Cuando la corriente de cortocircuito se determinó sobre la base de la impedancia del circuito debe obtenerse el tiempo de desconexión de las curvas características de los fusibles para luego incluirla en la fórmula.

k Coeficiente del material:
Para conductores de cobre aislados con PVC:
$115\ A \cdot \sqrt{s}/mm^2$
Para conductores de aluminio aislados con PVC:
$76\ A \cdot \sqrt{s}/mm^2$
Para conductores de cobre aislados con goma:
$141\ A \cdot \sqrt{s}/mm^2$

La ecuación precedente para el cálculo de la sección del conductor sólo puede aplicarse para tiempos de desconexión de hasta un máximo de 5 s, por lo tanto, los cortocircuitos deben desconectarse en este tiempo.

Sólo deben considerarse fallas "sin impedancia" (es decir, ¡sólo se tendrá en cuenta la impedancia de los conductores!).

En el caso de protecciones coordinadas (se describe en la página siguiente) se podrá prescindir del tiempo máximo de 5 s. Sin embargo, debe tenerse en cuenta la protección contra la circulación de corrientes peligrosas través del cuerpo humano, es decir, la "protección por desconexión" en la cual no podrá excederse un tiempo de desconexión que varía entre 0,1 y 5 s según la clase del circuito y el valor de la tensión.

Estos requerimientos señalan que la longitud de los cables o conductores representa un factor importante para el cumplimiento de la condición de desconexión.

[1] En la norma correspondiente se la denomina S.

Para el cálculo de la longitud máxima admisible después del dispositivo de protección contra cortocircuitos considerando la temperatura de los conductores en servicio y en cortocircuito se aplica para consumidores trifásicos la ecuación siguiente (ver también la Hoja de Cálculo de la Sección 1.4.2.1, figura 1.4/11):

$$l_z = \frac{\frac{U_0 \cdot 10^3}{I''_{kef.}} - Z_v}{Z'}.$$

Los téerminos en esta ecuación tienen el signivicado siguiente:

l_z Longitud máxima admisible de los cables (distancia) detrás del dispositivo de protección, en m

U_0 Tensión con respecto a tierra o conductor puesto a tierra, en V

I''_{kef} Intensidad de la corriente de cortocircuito en A, que dispara la protección en un tiempo tal que el conductor no se calienta en forma inadmisible y, además, cumple con el requerimiento de la "Protección contra corrientes peligrosas para el cuerpo humano" (es decir, interrumpe entre 0,1 y 5 s, ver también la Sección 1.4.2.1).

Z_v Impedancia del circuito que se extiende desde la fuente (transformador) hasta el dispositivo de protección, en mΩ

Z' Impedancia del circuito para un 1 m de cable/conductor detrás del dispositivo de protección, en mΩ/m (ver la Sección 1.4.2.1).

Para consumidores de corriente alterna se aplica la fórmula siguiente (ver también la Hoja de Cálculo de la Sección 1.4.2.1, figura 1.4/11):

$$l = \frac{\varkappa \cdot q \cdot 10^{-3}\left(\frac{U_0 \cdot 10^3}{I''_{kef.}} - Z_v\right)}{2}.$$

Los términos en esta ecuación tienen el significado antes señalado y además, los siguientes:

$\varkappa$ Susceptancia, en $m\Omega/mm^2$

q Sección, en mm^2

2 Factor que tiene en cuenta la conversión longitud/distancia, en el caso de medio conductor de retorno se debe utilizar 3.

Consideración de los valores $I^2 \cdot t$ de los dispositivos de protección contra cortocircuitos

En los circuitos monofásicos y trifásicos, cuando los tiempos de desconexión del dispositivo de protección son muy cortos (≤ 0,1 s), por ejemplo, con corrientes

Tabla 10.3/1
Valores $k^2 \cdot q^2$ para conductores aislados

Conductor de cobre mm²	Aislamiento			
	PVC ($k = 115$) A² · s	Goma ($k = 141$) A² · s	VPE, EPR ($k = 143$) A² · s	II K ($k = 134$) A² · s
0,5	$3{,}306 \cdot 10^3$	$4{,}97 \cdot 10^3$	$5{,}112 \cdot 10^3$	$4{,}489 \cdot 10^3$
0,75	$7{,}439 \cdot 10^3$	$11{,}183 \cdot 10^3$	$11{,}502 \cdot 10^3$	$10{,}100 \cdot 10^3$
1	$13{,}225 \cdot 10^3$	$19{,}881 \cdot 10^3$	$20{,}449 \cdot 10^3$	$17{,}956 \cdot 10^3$
1,5	$29{,}756 \cdot 10^3$	$44{,}732 \cdot 10^3$	$46{,}010 \cdot 10^3$	$40{,}401 \cdot 10^3$
2,5	$82{,}656 \cdot 10^3$	$124{,}3 \cdot 10^3$	$127{,}8 \cdot 10^3$	$112{,}225 \cdot 10^3$
4	$211{,}6 \cdot 10^3$	$318{,}1 \cdot 10^3$	$327{,}2 \cdot 10^3$	$287{,}3 \cdot 10^3$
6	$476{,}1 \cdot 10^3$	$715{,}7 \cdot 10^3$	$736{,}2 \cdot 10^3$	$646 \cdot 10^3$
10	$1322{,}5 \cdot 10^3$	$1988{,}1 \cdot 10^3$	$2044{,}9 \cdot 10^3$	$1795{,}6 \cdot 10^3$
16	$3385{,}6 \cdot 10^3$	$5089{,}5 \cdot 10^3$	$5234{,}9 \cdot 10^3$	$4596{,}7 \cdot 10^3$
25	$8265{,}6 \cdot 10^3$	$12426 \cdot 10^3$	$12781 \cdot 10^3$	$11223 \cdot 10^3$
35	$16200 \cdot 10^3$	$24354 \cdot 10^3$	$25050 \cdot 10^3$	$21996 \cdot 10^3$
50	$33063 \cdot 10^3$	$49703 \cdot 10^3$	$51123 \cdot 10^3$	$44890 \cdot 10^3$
70	$64803 \cdot 10^3$	$97417 \cdot 10^3$	$100200 \cdot 10^3$	$87984 \cdot 10^3$
95	$119356 \cdot 10^3$	$179426 \cdot 10^3$	$184552 \cdot 10^3$	$162053 \cdot 10^3$
120	$190440 \cdot 10^3$	$286286 \cdot 10^3$	$258566 \cdot 10^3$	$258566 \cdot 10^3$
150	$297563 \cdot 10^3$	$447323 \cdot 10^3$	$460103 \cdot 10^3$	$404010 \cdot 10^3$
185	$452626 \cdot 10^3$	$680427 \cdot 10^3$	$699867 \cdot 10^3$	$614544 \cdot 10^3$
240	$761760 \cdot 10^3$	$1145146 \cdot 10^3$	$1177862 \cdot 10^3$	$1034266 \cdot 10^3$
300	$1190250 \cdot 10^3$	$1789290 \cdot 10^3$	$1840410 \cdot 10^3$	$1616040 \cdot 10^3$
400	$2116000 \cdot 10^3$	$3180960 \cdot 10^3$	$3271840 \cdot 10^3$	$2872960 \cdot 10^3$
500	$3306250 \cdot 10^3$	$4970250 \cdot 10^3$	$5112250 \cdot 10^3$	$4489000 \cdot 10^3$

de cortocircuito muy elevadas debido a pequeñas impedancias o cuando se utilizan fusibles como protección, la componente continua hace que se deba tener en cuenta el valor $I^2 \cdot t$ del dispositivo correspondiente, indicado por los fabricantes (ver la Sección 3.4.4.4) para la protección ante cortocircuitos. Sobre la base de estas consideraciones podrán verificarse problemas cuando los dispositivos de protección, por ejemplo, interruptores automáticos e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos), desconectan en tiempos ≤ 0,1 s. Aquí tiene validez la expresión siguiente:

$$I^2 \cdot t \leq k^2 \cdot q^2$$

Los términos de esta expresión tienen el siguiente significado:

I Valor eficaz de la corriente en un cortocircuito pleno (corriente de paso), en A

t Tiempo de desconexión, en s

k Coeficiente del material (Tabla 10.3/1)

q Sección en mm²

La Tabla 10.3/1 reproduce los valores $k^2 \cdot q^2$ para conductores aislados. Estos valores deben compararse con los $I^2 \cdot t$ correspondientes de los dispositivos de protección. En la Tabla 10.3/2a se suministran los valores $I^2 \cdot t$ para interruptores automáticos con características B y C según las normas VDE y la Tabla 10.3/2b los correspondientes de los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) de Siemens con las características B y C, mientras que la Tabla 10.3/3 indica los valores para fusibles gL-, gG- y gM.

Para la protección contra cortocircuito de conductores conectados en paralelo se fijará (según CENELEC) la siguiente disposición complementaria:

"En la acometida a los conductores conectados en paralelo se podrá utilizar un dispositivo común de protección ante cortocircuitos, cuando éste reacciona con la menor corriente de cortocircuito posible de uno de los tramos conectados en paralelo".

Esta disposición complementaria debe tenerse en cuenta cuando se utiliza un dispositivo común de protección.

Sin embargo, continua vigente la posibilidad de disponer dispositivos de protección ante cortocircuitos en cada uno de los diferentes conductores. En este caso será necesario intercalar dispositivos de protección tanto en el punto inicial como en el final de cada uno de los tramos conectados en paralelo.

Tabla 10.3/2
Valores de $I^2 \cdot t$ para interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos)
a) Característica B (denominación anterior L) y C según la norma DIN EN 60 898 (VDE 0641, Parte 1)

Corriente asignada A	$I^2 \cdot t$ con $I_k'' = 3$ kA $A^2 \cdot s \cdot 10^3$		$I^2 \cdot t$ con $I_k'' = 6$ kA $A^2 \cdot s \cdot 10^3$		$I^2 \cdot t$ con $I_k'' = 10$ kA $A^2 \cdot s \cdot 10^3$	
Característica	B	C	B	C	B	C
hasta 16 A	15	18	35	42	70	84
hasta 32 A	18	22	45	55	90	110
hasta 125 A	Sin indicaciones en las normas VDE					

b) Valores para interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) de Siemens

Corriente asignada A	$I^2 \cdot t$ $A^2 \cdot s \cdot 10^3$			Corriente asignada A	$I^2 \cdot t$ $A^2 \cdot s \cdot 10^3$		
Característica	B 6 kA	B 10 kA	C		B 6 kA	B 10 kA	C
0,5	–	–	0,3	10	15	23	18
1	–	–	1,5	13	15	23	–
1,6	–	–	5	16	18	28	21
2	–	–	5	20	18	28	21
3	–	–	8	25	21	35	28
4	–	–	10	32	21	35	35
6	10	15	12	40	–	–	60
8	–	–	15	50	–	–	60

Tabla 10.3/3
Valores de $I^2 \cdot t$ para fusibles gL según la norma DIN VDE 0636, así como las características gG y gM

Corriente asignada A	$I^2 \cdot t$ ($A^2 \cdot s \cdot 10^3$) gL	gG/gM	Corriente asignada A	$I^2 \cdot t$ ($A^2 \cdot s \cdot 10^3$) gL	gG/gM
2	0,0144	–	160	185	250
4	0,576	–	200	302	400
6	0,16	–	224[1)]	293	–
10	0,64	–	250	557	760
16	1,21	1,0	300[1)]	750	–
20	2,5	1,8	315	900	1300
25	4	3,0	355[1)]	950	–
32	5,75	5,0	400	1600	2250
35	6,75	–	425[1)]	1410	–
40	9	9,0	500	2700	3800
50	13,7	16,0	630	5470	7500
63	21,2	27,0	800	10000	13600
80	36	46,0	1000	17400	25000
100	64	86,0	1250	33100	47000
125	104	140,0	–	–	–

Los fusibles con las características gG y gM según la norma DIN EN 60269-1 (VDE 0636, Parte 10), reemplazaron a los que tenían las características gL, gI y gII. Estas denominaciones tienen el siguificado siguiente:

gG Fusibles de uso general para la protección de diversas instalaciones, en especial, también aptos para motores.

gM Fusibles de uso general para la protección de circuitos de motores.

¡Los valores correspondientes para los interruptores automáticos se deben solicitar a los fabricantes respectivos!

[1)] Valores sin normalizar suministrados por los fabricantes.

Protección coordinada ante sobrecargas y cortocircuitos

La protección ante sobrecargas y cortocircuitos podrá implementarse por medio de un dispositivo común de protección ante sobreintensidades. Aquí, la *longitud* de los conductores no es relevante. Sin embargo, como también debe tenerse en cuenta la "Protección contra corrientes peligrosas para el cuerpo humano", esta posibilidad sólo podrá aplicarse en los casos siguientes:

- Cuando se tienen instalados dispositivos de protección contra corrientes de defecto con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA, o
- en sistemas IT con protección por alarma dada, por ejemplo, por un dispositivo de vigilancia del aislamiento y compensación de potencial adicional.

10.3.1.3 Conductores a prueba de cortocircuitos y contacto a tierra – conductores resistentes al cortocircuito

En la práctica se suelen interpretar erróneamente las expresiones "a prueba de cortocircuitos y contacto a tierra", así como "resistentes al cortocircuito". A continuación se explicará el concepto de las mismas para tratar que en el futuro se puedan evitar confusiones.

A prueba de cortocircuitos y contacto a tierra

Se considera que el tendido o montaje de conductores (cables y conductores aislados o desnudos) se realiza "a prueba de cortocircuitos y contacto a tierra" cuando en su ejecución, por medio de un tendido especial o el uso de materiales aislantes particulares (por ejemplo, aislamiento con elevada resistencia

mecánica), se puede evitar que bajo condiciones normales de servicio, se produzcan cortocircuitos y contactos a tierra (descargas a tierra).

Es decir, una ejecución que se realiza de manera muy cuidadosa (y como es natural, también conexiones ejecutadas con gran esmero), permite excluir en este campo cualquier cortocircuito o contacto a tierra.

Los conceptos "a prueba de cortocircuitos y contacto a tierra" se utilizaban en la norma DIN VDE 0100-520 (VDE 0100, Parte 520): 1985-11 en relación con el tendido de cables y conductores. Lo mismo se podía decir con respecto al Proyecto A5 de la norma DIN VDE 0660-500 (VDE 0660, Parte 500).

En el ínterin, ambas normas fueron reemplazadas y, por lo tanto, también estos conceptos.

Sin embargo, el problema de su aplicación aún persiste, pero ahora se describe de una manera diferente (ver los requerimientos siguientes).

Resistente a cortocircuitos

Como resistentes a cortocircuitos se designan aquellas conexiones eléctricas y los equipos eléctricos (por ejemplo, aparatos de maniobra) que están protegidas contra los efectos de un cortocircuito por medio de dispositivos conectados delante (aguas arriba) de los mismos (por ejemplo, una protección de back-up, ver la Sección 10.6.7). También se puede clasificar como "resistente al cortocircuito" un conductor o equipo eléctrico conectado a una fuente que sólo es capaz de suministrar una corriente de cortocircuito inferior a la que resiste el equipo en cuestión. Es decir, cada cortocircuito que se produce en un tramo "resistente" será desconectado por un dispositivo de protección aguas arriba o la intensidad de la corriente de cortocircuito no alcanza valores superiores a la que puede resistir el equipo eléctrico respectivo. Esto presupone, como es natural, que el dispositivo de protección se seleccionó de acuerdo con la máxima corriente de cortocircuito que puede producirse en la instalación.

A pesar de que los conceptos de "a prueba de cortocircuitos y contacto a tierra" ya no se mencionan en las normas, para las conexiones sin protección contra cortocircuitos, condición que sólo se admite en casos excepcionales, se deben satisfacer los requerimientos siguientes:

De acuerdo con la norma DIN VDE 0100-430 (VDE 0100, Parte 430): 1991-11, Sección 6.4.2.1.

Los dispositivos de protección ante cortocircuitos podrán suprimirse en los casos siguientes:

- Conductores o cables que interconectan generadores, transformadores, rectificadores o baterías de acumuladores con su tablero (cuadro).
- Circuitos cuya interrupción podría poner en peligro la continuidad del servicio de la instalación.
- Determinados circuitos de medición.
- Cables tendidos bajo tierra y líneas aéreas de las redes públicas de distribución.
- Conductores o cables cuya ejecución asegura que el riesgo de un cortocircuito es mínimo, requisito que puede alcanzarse por medio de las siguientes condiciones:
  - La longitud del tendido no supera los 3 m.
  - Mayor protección contra influencias externas, por ejemplo, tendido en una cañería protectora.
  - El riesgo de incendio o daños a personas queda limitado a un mínimo y el cable o los conductores no se encuentra en las cercanías de materiales de construcción inflamables.

En las tres condiciones mencionadas se presupone que el tendido de los conductores o cables se realiza en la forma protegida correspondiente.

De acuerdo con la norma DIN EN 60 439 (VDE 0660, Parte 500): 1994–04, Sección 7.5.5.1.2, se debe verificar lo siguiente:

En el interior de un armario podrán diseñarse los conductores que conectan un dispositivo de protección ante cortocircuitos aguas abajo, de acuerdo con el esfuerzo por cortocircuito reducido que se verifica en la salida de ese dispositivo de protección. Se presupone que dicha interconexión se ejecuta de forma tal que bajo condiciones normales de servicio no puede producirse un cortocircuito ni una conexión a tierra.

Este requerimiento puede verificarse de acuerdo con la norma DIN EN 60 439-1-A1 con los conductores y tipos de tendido reseñados en la Tabla 10.3/4:

Tabla 10.3/4
Tipo de conductor y requerimientos para instalar dentro de tableros (cuadros) los conductores conectados delante de dispositivos de protección ante cortocircuitos

Tipo de conductor	Requerimientos
Conductores desnudos (por ejemplo, barras) o conductores unipolares con aislamiento básico, por ejemplo, H07V-U (según las normas IEC 227-3, DIN VDE 0281-3 (VDE 0281, Parte 3).	Debe evitarse el contacto entre los conductores o de éstos con otras partes conductoras (cuerpos), por ejemplo, colocando separadores.
Conductores unipolares con aislamiento básico y una temperatura de servicio admisible ≥ 90 °C (según las normas IEC 245-3, DIN VDE 0250-1 (VDE 0250, Parte 1), Tabla 2) o conductores aislados con PVC resistente al calor según la Publicación IEC 227-3.	Se admite un contacto entre los aislantes de los conductores o con partes conductoras (cuerpos) siempre que el mismo se produzca sin ejercer presión y que el tendido no se realice sobre bordes filosos. Debe evitarse toda posibilidad de daño mecánico. La carga que se conecte en el extremo de estos conductores debe ser tal que la temperatura de servicio de los mismos no exceda los 70 °C.
Conductores unipolares con aislamiento básico, por ejemplo, H07V-U (según las normas IEC 227-3, DIN VDE 0281-3 (VDE 0281, Parte 3)) con una protección mecánica adicional, por ejemplo, recubrimiento individual con tubo aislante o tendido en forma individual dentro de cañerías de material plástico.	
Conductores cuyo aislante brinda una resistencia mecánica muy elevada, por ejemplo, conductores aislados con ETFE (según la norma DIN VDE 0250-106 (VDE 0250, Parte 106)) o conductores con doble capa de aislante, tales como, NSGAFöu (para tensiones de hasta 3 kV, por ejemplo, cables según las normas IEC 502, DIN VDE 0250-602 (VDE 0250, Parte 602)).	No existen requerimientos adicionales siempre que se evite todo riesgo de daño mecánico.
Cables unipolares o multipolares, por ejemplo, NYY (por ejemplo, según la norma IEC 245-4 o las IEC 227-4, DIN VDE 0271 (VDE 0271)).	
La longitud máxima admisible hasta el dispositivo de protección ante cortocircuitos aguas abajo es de: 3 m.	

10.3.2 Máxima intensidad de corriente admisible

A continuación se detallan las disposiciones y los requerimientos correspondientes relevantes en la práctica para la ejecución de instalaciones eléctricas.

Norma DIN VDE 0100-430, Suplemento 1

Esta norma contiene tablas correspondientes a la máxima intensidad de corriente admisible y las asignaciones de los dispositivos de protección ante sobrecargas para las clases de tendido utilizadas con mayor frecuencia, en especial, en edificios para viviendas y una temperatura de 25 °C en el entorno de los conductores.

Norma DIN VDE 0298-4

Esta norma se aplica a todas las clases de tendido en aire, usuales para cables o conductores, en especial, en edificios para viviendas y oficinas. En la misma se diferencia entre conductores con tendido fijo, conductores flexibles, así como aquellos con mayor resistencia a temperaturas elevadas.

La máxima intensidad de corriente admisible I_z depende del factor de reducción f, que a su vez depende del material y del aislamiento del conductor y de las siguientes características:

- La temperatura del entorno (f_1) (norma DIN VDE 0298-4, Tabla 10, ver también la Tabla 10.3/6 de la presente obra).
- Agrupación de conductores (f_2) (norma DIN VDE 0298-4, Tablas 11 y 12, ver también la figura 10.3/1 de la presente obra).
- El número de conductores (f_3) (norma DIN VDE 0298-4, Tablas 13).

Con estos factores se tiene un factor de cálculo total que vale:

$f_{total} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$

DIN VDE 0298-2

Esta norma tiene validez para cables con U_0/U de 0,6/1 kV hasta 18/30 kV, tendidos en aire o tierra y en forma condicional para conductores NYM.

La máxima intensidad de corriente admisible depende del material y del aislamiento del conductor, así como de las siguientes características:

- a temperatura del entorno (f_{L1}, f_{E1}).
- Como se agrupan los conductores y la clase de tendido (f_{L2}, f_{E2}).
- El número de conductores (f_{L3}, f_{E3}).
- El tendido en tierra (f_{E4}).

Con estos factores se tiene un factor de cálculo total que vale:

En tierra: $f_{E\ total} = f_{E1} \cdot f_{E2} \cdot f_{E3} \cdot f_{E4}$.

En aire: $f_{L\ total} = f_{L1} \cdot f_{L2} \cdot f_{L3}$.

No se incluyen las tablas correspondientes a los factores de reducción, por una parte porque son muy extensas y por la otra, porque esta norma, tal como ya se señaló, fue revocada en 1995. En la asignación de informaciones a normas específicas de productos se podrán producir modificaciones.

La norma DIN VDE 0276-603 reemplazó a la DIN VDE 0298-2, sin embargo, en la misma sólo se tienen valores de la máxima intensidad de corriente admisible para cables tendidos en tierra o aire. Los factores correspondientes se publican en la norma DIN VDE 0276-1000; la máxima intensidad de corriente admisible se puede calcular de la misma manera (con los factores $f..$).

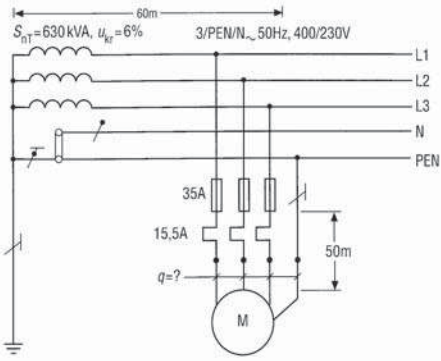
La Tabla 10.3/5 indica la máxima intensidad de corriente admisible para diferentes clases de tendido y una temperatura ambiente de 30 °C. La Tabla 10.3/6 contiene los factores de conversión para la máxima intensidad de corriente admisible en % de los valores de la Tabla 10.3/5 y temperaturas ambiente de 10 a 70 °C.

El factor de reducción f_2 por la agrupación de los conductores se podrá extraer de la figura 10.3/1 aplicables a los valores de carga admisible de las clases de tendido A, B1, B2 y C. Los factores para cables multipolares se publican en la Tabla 13 de la norma DIN VDE 0298-4.

En el ejemplo siguiente se presenta la forma en la que se determina la sección de los conductores y su longitud máxima admisible, considerando la protección ante sobrecargas y cortocircuito.

Ejemplo:

Cálculo de la sección y la longitud máxima de los conductores considerando la protección ante sobrecargas y cortocircuito.



Protección ante sobrecargas

Se tienen los datos siguientes:

NYM, agrupados sobre una pared con otros 7 sistemas trifásicos.

Temperatura ambiente: 40 °C, relé de sobrecarga con retardo térmico ajustado en 15,5 A.

Se quiere determinar:

la sección de los conductores q

Solución:

f_1 Según la norma DIN VDE 0298-4, Tabla 10, columna 3, para 40 °C = 0,87 (ver también la Tabla 10.3/6 de la presente obra).

f_2 Según la figura 10.3/1, para 8 sistemas = 0,52.

$f_{total} = 0{,}87 \cdot 0{,}52 = 0{,}45$

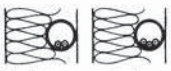
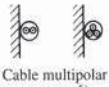
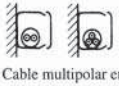
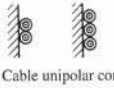
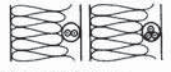
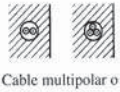
q Según la norma DIN VDE 0298-4, Tabla 3 (ver también la Tabla 10.3/5 de la presente obra), clase de tendido C, columna 9 (3 conductores con carga) y una intensidad de la corriente calculada I_{cal} siguiente:

$$I_{cal} = \frac{I_z}{f_{total}} = \frac{15{,}5\ \text{A}}{0{,}45} = \underline{34{,}4\ \text{A};}$$

$q = \underline{6\ \text{mm}^2\ \text{Cu}}$

Tabla 10.3/5
La máxima intensidad de corriente admisible de los conductores y líneas de cobre para tendido fijo, así como instalados libres en el aire. Servicio continuo con una temperatura ambiente de **30 °C**, temperatura de servicio admisible: 70 °C (Resumidos de las Tablas 3 y 4 de la norma DIN VDE 0298-4/02.88)[1]. Las asignaciones de las corrientes I_r de los dispositivos de protección a los valores I_Z de la tabla no se encuentran en la norma DIN VDE 0294-4, sino son similares a las del Suplemento 1 de la norma DIN VDE 0100-430. Esta asignación es válida para dispositivos de protección con una gran corriente de prueba $\leq 1{,}45$

a) Clases de tendido A, B1, B2 y C

Material aislante	PVC							
Código del cable[2]	NYM, NHXMH, NYBUY, NHYRUZY, NYIF, NYIFY, SIENOPYR, SIFLA, H07V-U, H07V-R, H07V-K							
Temperatura de servicio admisible	70 °C							
Temperatura ambiente	30 °C[3]							
Número de conductores con carga	2	3	2	3	2	3	2	3
Clase de tendido	A		B1		B2		C	
	En paredes aislantes del calor		Sobre o en paredes o bajo revoque En cañerías o canales de instalaciones eléctricas				Tendido directo	
	 Conductores en cañerías de instalaciones eléctricas[4] [7]		 Conductores en cañerías de instalaciones eléctricas sobre pared[5]		 Cable multipolar en cañería de instalaciones eléctricas sobre pared o piso		 Cable multipolar sobre pared o piso[6]	
	 Cables multipolares en cañerías de instalaciones eléctricas[7]		 Conductores en canales de instalaciones eléctricas sobre pared		 Cable multipolar en canal de instalaciones eléctricas sobre pared o piso		 Cable unipolar con vaina sobre pared o piso	
	 Cables multipolares en la pared		 Conductores, cables unipolares con vaina, cables multipolares en cañerías de instalaciones eléctricas empotradas[8]				 Cable multipolar o cable multipolar plano, empotrado o bajo revoque[9]	

Sección asignada q_r	Máxima intensidad de corriente admisible I_z y corriente asignada I_r del dispositivo de protección contra sobre intensidades con $I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_z$ en A															
mm²	I_z	I_r	I_z	I_r	I_z	I_r	I_z	I_r	I_z	I_r	I_z	I_r	I_z	I_r	I_z	I_r
1,5	15,5	13	13	13	17,5	16	15,5	13	15,5	13	14	13	19,5	16	17,5	16
2,5	19,5	16	18	16	24	20	21	20	21	20	19	16	26	25	24	20
4	26	25	24	20	32	32	28	25	28	25	26	25	35	35	32	32
6	34	32	31	25	41	40	36	35	37	35	33	32	46	40	41	40
10	46	40	42	40	57	50	50	50	50	50	46	40	63	63	57	50
16	61	50	56	50	76	63	68	63	68	63	61	50	85	80	76	63
25	80	80	73	63	101	100	89	80	90	80	77	63	112	100	96	80
35	99	80	89	80	125	125	111	100	110	100	95	80	138	125	119	100
50	119	100	108	100	151	125	134	125	–	–	–	–	–	–	–	–
70	151	125	136	125	192	160	171	160	–	–	–	–	–	–	–	–
95	182	160	164	160	232	200	207	200	–	–	–	–	–	–	–	–
120	210	200	188	160	269	250	239	225	–	–	–	–	–	–	–	–

Notas al pié, ver la página 671

Tabla 10.3/5
(Continuación)

b) Clase de tendido E, libre en el aire

Material aislante	PVC	
Código del cable[2)]	NYY, NYCWY, NYKY, NYM, NYMZ, NYMT, NYRUY, NHYRUZY	
Temperatura de servicio admisible	70 °C	
Temperatura ambiente	30 °C[3)]	
Número de conductores con carga	2	3
Clase de tendido	E	E
	Tendido libre en aire, manteniendo las distancias indicadas	

[1)] Indicaciones para el proyecto se suministran en el libro Cables y Conductores para Energía Eléctrica, Parte 1 (1987) y Parte 2 (1989) de L.Heinhold y R. Stubbe, publicado por Siemens AG, Berlín y Munich, así como en la norma DIN VDE 0298-2.

[2)] Listado de los códigos de la ejecución con indicaciones de la norma correspondiente de los cables o conductores (ver las normas DIN VDE 0298-1/11.82 y DIN VDE 0298-3, así como DIN VDE 0298-300).

[3)] En el caso que las temperaturas ambiente difieran del valor indicado, se podrá calcular la máxima intensidad de corriente admisible I_z con los factores indicados en la Tabla 10.3/6 que corresponde a la Tabla 10 de la norma DIN VDE 0298-4.

[4)] También es válido para conductores en cañerías para instalaciones eléctricas colocadas en canales de piso cerrados.

[5)] También es válido para conductores en cañerías para instalaciones eléctricas colocadas en canales de piso ventilados.

[6)] También es válido para conductores multipolares en canales ventilados o abiertos.

[7)] También es válido para conductores, conductores unipolares con vaina, conductores multipolares en canales de instalaciones eléctricas en el piso.

[8)] También es válido para conductores en cañerías para instalaciones eléctricas colocadas en el cielo raso.

[9)] También es válido para conductores multipolares en el cielo raso.

Sección asignada q_r	Máxima intensidad de corriente admisible I_z y corriente asignada I_r del despositivo de protección contra sobre intensidades con $I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_z$ en A			
mm²	I_z	I_r	I_z	I_r
1,5	20	20	18,5	16
2,5	27	25	25	25
4	37	35	34	32
6	48	40	43	40
10	66	63	60	63
16	89	80	80	80
25	118	100	101	100
35	145	125	126	125
50	–	–	153	125
70	–	–	196	160
95	–	–	288	250
120	–	–	–	–

Tabla 10.3/6
Máxima intensidad de corriente admisible I_z en % de los valores de la Tabla 10.3/5 para conductores aislados y cables tendidos fuera de la tierra con temperaturas ambiente de 10 a 70 °C. Máxima intensidad de corriente admisible para cables con aislamiento de papel impregnado con masa aislante y revestimiento metálico (ver la norma DIN VDE 0255, 11.72). La presente tabla es análoga a la Tabla 10 de la norma DIN VDE 0298-4.

Temperatura ambiente	Máxima intensidad de corriente admisible I_z en % de los valores de la Tabla 10.3/5	
	Aislamiento de goma[1], temperatura admisible de los conductores 60 °C	Aislamiento de PVC[2) 3)], máxima temperatura admisible de los conductores 70 °C
°C		
más de 20 hasta 25	108	106
más de 25 hasta 30	100	100
más de 30 hasta 35	91	94
más de 35 hasta 40	82	87
más de 40 hasta 45	71	79
más de 45 hasta 50	58	71
más de 50 hasta 55	41	61
más de 55 hasta 60	–	50

[1] NR caucho natural SR caucho sintético [2] PVC polivinilcloruro
[3] Polietileno reticulado (XLPE) 90 °C y goma siliconada (SiR) 180

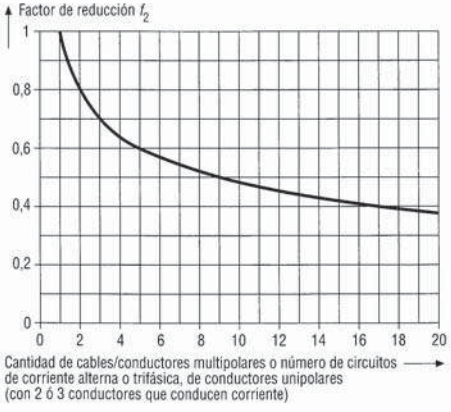


Figura 10.3/1
Factor de reducción f_2 para conductores agrupados, se aplica a los valores de la intensidad de la corriente admisible de las clases de tendido A, B1, B2 y C. Para el caso de conductores agrupados en la clase de tendido E, ver la Tabla 12 de la norma DIN VDE 0298-4

Si se desarrolla el mismo ejemplo para el caso en el que se reemplaza el relé de sobrecarga por un protector del motor por termistor, los fusibles deben asumir la protección ante sobrecargas y cortocircuitos porque este protector no afrece seguridad a los conductores.

$$I_{kal} = \frac{I_r \cdot I_2}{1{,}45 \cdot f_{ges}} = \frac{35\,A \cdot 1{,}6}{1{,}45 \cdot 0{,}45} = \underline{85{,}8\,A;}$$

$$q = \underline{25\ mm^2\ Cu}$$

Protección ante cortocircuito

Se tienen los datos siguientes:

Transformador con $S_{nT} = 630$ kVA;

$u_{kr} = 6\%$;

$Z''_{transformador}$ = 15 mΩ (según la Tabla 1.4/5 de la Sección 1.4.2.1).

Interconexión entre el transformador y el distribuidor:

NYY 3 × 95/50 mm, $l = 60$ m;

$Z'_{cable\ 95/50} = 0{,}681$ mΩ/m (según la Tabla 1.4/6 de la Sección 1.4.2.1).

Salida a motor:

NYM-J 4 × 6 mm², $l = 50$ m;

$Z'_{cable\ 6}$ = 8,93 mΩ/m (según datos de la Hoja de Cálculo 1, figura 1.4/11 de la Sección 1.4.2.1).

Se quiere determinar:

la longitud máxima de los conductores l_Z

Solución:

$Z_V = Z_{transformador} + Z_{cable\ 60\ m}$

$Z_{transformador} = 15$ mΩ

$Z_{cable\ 95/50\ m} = 0{,}681 \cdot 60 = 40{,}86$ mΩ

$Z_v = \underline{55{,}86\ m\Omega}$

$Z' = \underline{8{,}93\ m\Omega/m}$

De donde se obtiene la máxima longitud admisible l_Z después del dispositivo de protección reemplazando los valores correspondientes en la fórmula:

$$l_z = \frac{\frac{230 \cdot 10^3}{173} - 55{,}86}{8{,}93} \approx \underline{142\ m.}$$

Por lo tanto, la ejecución prevista en el ejemplo con $q = 6$ mm² satisface los requerimientos correspondientes.

Intensidad de corriente máxima admisible para barras colectoras

La carga admisible para barras colectoras se determina como ya se mencionó, de acuerdo con la norma DIN 43 670 ó la 43 671.

Para los dos casos de aplicación definidos con 35 y 55 °C de temperatura ambiente también se podrán aplicar los valores consignados en las tablas 1.3/1 y 1.3/2a (Sección 1.3). Para el cálculo de las temperaturas en el interior de los armarios se considera el borde superior de los mismos, pero como la temperatura se reduce hacia la parte inferior, se acreditó en la práctica el método que considera una temperatura promedio de 50 °C para determinar las secciones de los conductores. Los valores correspondientes se reproducen en la Tabla 1.3/2b de la Sección 1.3.

10.3.3 Intensidad de corriente máxima admisible para conductores aislados en temperaturas ambiente de 30 a 70 °C y asignación de fusibles para protección de conductores según las normas estadounidenses y canadienses

En la Tabla 10.3/7 se reproducen los valores admisibles según las normas de EE.UU. y Canadá para la intensidad de la corriente que circula por conductores aislados con temperaturas ambiente de hasta 30 °C y la Tabla 10.3/8 para temperaturas ambiente superiores a 30 °C y hasta 70 °C.

Las indicaciones de las Tablas 10.3/7 y 10.3/8 se elaboraron sobre la base de las disposiciones siguientes:

EE.UU. National Electrical Code (NEC), 1993, Tabla 310-16 y 310-17.

Canadá Canadian Electrical Code (CEC), Parte 1, 1993, Tabla 1-4, 13.

Para el cableado de instalaciones de maniobra industriales, por lo general, se utilizan los siguientes conductores aislados:

- Para corrientes asignadas de hasta 100 A: conductores del tipo TW (aislamiento de material termoplástico, resistente a la humedad y retardante de las llamas), temperatura límite 60 °C.
- Para corrientes asignadas mayores que 100 A: conductores del tipo RH (aislamiento de goma, resistente al calor) o del tipo THW (aislamiento de material termoplástico, resistente a la humedad y al calor), temperatura límite 75 °C.

Cuando se deban determinar las secciones de los conductores y la intensidad de la corriente asignada para fusibles con temperaturas ambiente superiores a 30 °C, se utilizará el procedimiento siguiente:

De la Tabla 10.3/8 se obtiene la carga admisible permanente para el conductor en función de la temperatura ambiente requerida como porcentaje de los valores de la Tabla 10.3.7. Aunque en el caso que para temperaturas mayores que 30 °C se obtenga una sección de conductores mayor, se deberán seleccionar los fusibles de acuerdo con la sección de conductores determinada por la Tabla 10.3/7.

Ejemplo

Se requiere determinar la sección de tres conductores de cobre aislados del tipo RH, con una intensidad de la corriente permanente de 100 A, tendidos en cañería y con una temperatura ambiente de 50 °C.

La carga admisible es, de acuerdo con la Tabla 10.3/8, del 75 % del valor indicado en la Tabla 10.3/7. Por lo tanto, en esta última tabla se deberá seleccionar una sección para 100 A : 0,75 = 133 A. De aquí, para un conductor del tipo RH se obtiene la sección AWG 1/0.

La corriente asignada para los fusibles será de 100 A de acuerdo con la carga permanente (correspondiente a un conductor del tipo RH con una carga permanente de 100 A y 30 °C, es decir, la de un conductor AWG 3).

10.3.4 Carga térmica admisible en barras colectoras y bornes de conexión

En la selección de las secciones para las barras colectoras deben tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

- Las temperaturas admisibles en servicio asignado y cortocircuito para las barras y los aparatos según las disposiciones DIN VDE correspondientes.
- Las indicaciones adicionales de los fabricantes correspondientes a los equipos eléctricos conectados.
- Las temperaturas máximas admisibles de los equipos montados en las cercanías.
- Las temperaturas máximas admisibles de los materiales aislantes, por ejemplo, los de los conductores aislados conectados a estas barras.

Las temperaturas máximas admisibles para servicio asignado son las siguientes:

- Empalmes atornillados de barras colectoras, según la norma DIN 43 673, 02.82,
  sin óxido y engrasados 120 °C,
  plateados o con un tratamiento equivalente 160 °C,

Tabla 10.3/7
Carga permanente admisible para conductores de Cu o Al y temperaturas ambiente de **30 °C** (según disposiciones de EE.UU., por ejemplo, NEC y de Canadá) y los fusibles asignados correspondientes para protección de los conductores

Calibre del conductor	Sección asignada q_r (equivalente)	Sección asignada ISO	Hasta tres conductores aislados **en cañería**, o cable tripolar						Un conductor aislado **libre en aire**					
			Conductor de cobre			Conductor de aluminio			Conductor de cobre			Conductor de aluminio		
			Carga permanente admisible según[5)/6)]		Corriente asignada de los fusibles[4)]	Carga permanente admisible según[5)/6)]		Corriente asignada de los fusibles[4)]	Carga permanente admisible según[5)/6)]		Corriente asignada de los fusibles[4)]	Carga permanente admisible según[5)/6)]		Corriente asignada de los fusibles[4)]
			Tipo	Tipo		Tipo	Tipo		Tipo	Tipo		Tipo	Tipo	
			TW[2)] UF	RH[3)] THW RHW 75		TW[2)] UF	RH[3)] THW RHW 75		TW[2)] UF	RH[3)] THW RHW 75		TW[2)] UF	RH[3)] THW RHW 75	
AWG[1)]	mm²	mm²	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
14	2,08	2,5	20/15	20/15	15	–	–	–	25/15	30/15	15	–	–	–
12	3,31	4	25/20	25/20	20	20/15	20/15	15	30/20	35/20	20	25/15	30/15	15
10	5,26	6	30	35/30	30	25	30/25	25	40/25	50/25	30	35/25	40/25	25
8	8,37	10	40	50	40/50	30	40	30/40	60	70	60/70	45	55	45/60
6	13,3	16	55	65	60/70	40	50	40/50	80	95	80/100	60	75	60/80
4	21,15	25	70	85	70/90	55	65	60/70	105	125	110/125	80	100	80/100
3	26,66	–	85	100	90/100	65	75	70/80	120	145	125/150	95	115	100/125
2	33,63	35	95	115	100/125	75	90	80/90	140	170	150/175	110	135	110/150
1	42,41	–	110	130	110/150	85	100	90/100	165	195	175/200	130	155	150/175
1/0	53,51	50	125	150	125/150	100	120	100/125	195	230	200/250	150	180	150/200
2/0	67,44	70	145	175	150/175	115	135	125/150	225	265	225/300	175	210	175/225
3/0	85,02	95	165	200	175/200	130	155	150/175	260	310	300/350	200	240	200/250
4/0	107,22	–	195	230	200/250	150	180	150/200	300	360	300/400	235	280	250/300
kcmil (MCM)[1)]														
250	126,8	120	215	255	225/300	170	205	175/225	340	405	350/450	265	315	300/350
300	152,01	150	240	285	250/300	190	230	200/250	375	445	400/450	290	350	300/350
350	177,35	185	260	310	300/350	210	250	225/250	420	505	450/600	330	395	350/400
400	202,68	–	280	335	300/350	225	270	225/300	455	545	500/600	355	425	400/450
500	253,35	240	320	380	350/400	260	310	300/350	515	620	600/700	405	485	450/500
600	304,0	300	355	420	400/450	285	340	300/350	575	690	600/700	455	540	500/600
700	354,71	–	385	460	400/500	310	375	350/400	630	755	700/800	500	595	500/600
750	380,0	–	400	475	400/500	320	385	350/400	655	785	700/800	515	620	600/700
800	405,36	400	410	490	450/500	330	395	350/400	680	815	700/1000	535	645	600/700
900	456,04	–	435	520	450/600	355	425	400/450	730	870	800/1000	580	700	600/700
1000	506,70	500	455	545	500/600	375	445	400/450	780	935	800/1000	625	750	700/800
1250	633,38	–	495	590	500/600	405	485	450/500	890	1065	1000/1200	710	855	700/1000
1500	760,05	–	520	625	600/700	435	520	450/600	980	1175	1000/1200	795	950	800/1000
1750	886,7	–	545	650	600/700	455	545	500/600	1070	1280	1200/1600	875	1050	800/1000
2000	1013,4	–	560	665	600/700	470	560	500/600	1155	1385	1200/1600	960	1150	1000/1200

[1)] AWG American Wire Gauges, escala estadounidense de calibres normalizados para conductores con secciones de hasta 107,2 mm², ver también la Tabla 10.1/11.
kcmil = kilo circular mil (1 kcmil ≙ 0,5067 mm²), o MCM = Mille Circular Mil, escala estadounidense de calibres normalizados para conductores con secciones mayores que 126,7 mm².

[2)] Temperatura del conductor 60 °C

[3)] Temperatura del conductor 75 °C

[4)] El primer dígito se utiliza para conductores tipo TW y UF, el segundo, para los RH, THW y RHW75

[5)] National Electrical Code, Parte 1 (CEC), 1993

[6)] Canadian Electrical Code, Parte 1 (CEC), 1993

Tabla 10.3/8
Carga permanente admisible de conductores aislados en % de los valores de la Tabla 10.3/7 para temperaturas ambiente superiores a 20 y hasta 70 °C.

Temperatura ambiente	Carga permanente admisible en % de los valores de la Tabla 10.3/7, conductores aislados	
°C	Tipo TW, UF	Tipo RH, THW
más de 20 hasta 25	108	105
más de 25 hasta 30	100	100
más de 30 hasta 35	91	94
más de 35 hasta 40	82	88
más de 40 hasta 45	71	82
más de 45 hasta 50	58	75
más de 50 hasta 55	41	67
más de 55 hasta 60	–	58
más de 60 hasta 70	–	33

- ▷ Apoyos y pasamuros según la norma DIN VDE 0674, Parte 1, 12.84 — 85 °C,
- ▷ Para materiales aislantes de las clases indicadas en el Proyecto de norma DIN VDE 0301, Parte 1, 08.83 (Publicación IEC 85, 1984) — >90 °C.

Temperaturas máximas recomendadas *en caso de cortocircuito* según la norma DIN VDE 0103:

- ▷ Para conductores desnudos, macizos o cableados, de cobre o aluminio — 200 °C
- ▷ Para conductores desnudos, macizos o cableados, de acero — 300 °C
- ▷ Para conductores aislados con papel y/o materiales plásticos, macizos o cableados se deben considerar las temperaturas correspondientes indicadas en las normas de los equipos respectivos.

Las *temperaturas máximas* admisibles[1] en los bornes de los aparatos según la norma DIN EN 60 947-1 (VDE 0660, Parte 100) para conexiones externas son las siguientes:

- ▷ Para cobre desnudo — 60 K,
- ▷ Para latón desnudo o para latón/cobre estañados — 65 K,
- ▷ Para cobre o latón plateados/niquelados — 70 K[2]

[1] Las sobretemperaturas indicadas podrán sobrepasarse en 10 K en el caso de aparatos de pequeñas dimensiones y según el tipo de éstos.
[2] Sobretemperaturas máximas para el caso de la conexión de cables de PVC.

Barras de cobre

En la Tabla 10.3/9 se suministran los valores de las cargas admisibles para barras de cobre con una temperatura ambiente de 35 °C y una temperatura de servicio en las barras de 65 °C.

Cuando las temperaturas del ambiente y de las barras difieren de estos valores, se *dividirán* los valores consignados en la Tabla 10.3/9 por el factor k_2 que suministra la figura 10.3/2.

Para las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión con homologación parcial, habitualmente se considera 50 °C como temperatura ambiente de las barras y 70 °C, temperatura de servicio de las mismas. En este caso se aplican los valores indicados aunque en la parte superior del armario se tienen 55 °C según la comprobación de calentamiento, porque las barras, si bien por lo general se montan en la parte superior, se las instala alejadas de la chapa del techo del armario.

Por lo tanto, estos valores pueden tomarse como básicos aunque la norma DIN EN 60 439, Parte 507 A1 se basa en 55 °C.

La temperatura de las barras podrá fijarse en 85 °C cuando no se les conectan conductores aislados con PVC. Con esto se obtiene un factor de 0,78 para 50 y 70 °C y de 1,07 para 85 °C. Para las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas se pueden fijar temperaturas de servicio de las barras de 125 °C.

Ejemplo

Para una instalación de maniobra de baja tensión que se ejecutará como combinación de aparatos de maniobra de baja tensión con homologación parcial se requieren barras colectoras desnudas de sección rectangular de 250 A (C. A. 50 Hz). Con una temperatura ambiente de las barras de 50 °C se requiere que la temperatura admisible de servicio de las mismas no exceda los 70 °C.

Para este caso, de la figura 10/3.2, se obtiene un factor de $k_2 = 0{,}78$. Por lo tanto, la sección de los conductores se debe seleccionar para una intensidad de la corriente de 250 A : 0,78 ≈ 320 A. De la tabla 10.3/9 para una sección rectangular de 30×5 mm, se tiene una corriente de carga admisible de 379 y, por lo tanto, satisface los requerimientos.

Tabla 10.3/9
Barras colectoras de cobre según la norma DIN 43 671, 12.75 (extracto) para una temperatura ambiente ϑ_u de **35 °C** una temperatura de servicio ϑ_S de 65 °C, material: E-CuF30.

Dimensiones	Sección q	Dimensiones	Peso	Corriente permanente							
				Corriente alterna hasta 60 Hz				Corriente continua y corriente alterna hasta $16^2/_3$ Hz			
				Número de barras pintadas en paralelo		Número de barras desnudas en paralelo		Número de barras pintadas en paralelo		Número de barras desnudas en paralelo	
mm	mm^2	pulgadas	kg/m	I A	II A	I A	II A	I A	II A	I A	II A
20× 5	99,1	0,75×0,20	0,882	319	560	274	500	320	562	274	502
30× 5	149	1 ×0,25	1,33	447	760	379	672	448	766	380	676
40× 5	199	1,25×0,25	1,77	573	952	482	836	576	966	484	848
50× 5	249	1,5 ×0,25	2,22	697	1140	583	994	703	1170	588	1020
20×10	199	0,75×0,5	1,77	497	924	427	825	499	932	428	832
30×10	299	1 ×0,5	2,66	676	1200	573	1060	683	1230	579	1080
40×10	399	1,25×0,5	3,55	850	1470	715	1290	865	1530	728	1350
50×10	499	1,50×0,5	4,44	1020	1720	852	1510	1050	1830	875	1610
60×10	599	2 ×0,5	5,33	1180	1960	985	1720	1230	2130	1020	1870
80×10	799	2,5 ×0,5	7,11	1500	2410	1240	2110	1590	2730	1310	2380
100×10	999	3 ×0,5	8,89	1810	2850	1490	2480	1940	3310	1600	2890
120×10	1200	3,75×0,5	10,7	2110	3280	1740	2866	2300	3900	1890	3390
160×10	1600	5 ×0,5	14,2	2700	4130	2220	3590	3010	5060	2470	4400
200×10	2000	6 ×0,5	17,8	3290	4970	2690	4310	3720	6220	3040	5390

Barras de aluminio

Para las barras colectoras de aluminio se aconseja el uso del material E-Al MgSi05F17. Esta recomendación se efectúa teniendo en cuenta la resistencia dinámica y el uso de tornillos de calidad 8 y con ello, la corriente de carga admisible y los esfuerzos por temperatura. La máxima intensidad de la corriente admisible, que se podrá determinar de acuerdo con la norma DIN 43671, se reduce en más de un tercio frente a la que ofrecen las barras de cobre.

10.3.5 Resistencia de conductores de cobre y de aluminio

Para determinar las intensidades de las corrientes de cortocircuitos tripolares o bipolares según la norma DIN VDE 0102, 01.90 pueden utilizarse los valores de las resistencias efectivas por longitud simple de conductores de cobre y de aluminio a 20 °C consignados en la Tabla 10.3/10. Estos valores se podrán convertir a los que corresponden a una temperatura de las barras de 80 °C con la ecuación de la página siguiente. Los valores de las resistencias de los cables de cobre aislados con PVC para determinar la corriente del cortocircuito unipolar (a tierra) referida a una temperatura de 55 °C en los conductores se podrán obtener de las tablas 1.4/6a–1.4/6d de la Sección 1.4.2.1.

Las resistencias de los conductores, según su longitud y sección, podrán amortiguar en gran medida la intensidad de la corriente del cortocircuito (tripolar) que pueda producirse en los bornes del transformador. Esta amortiguación será tanto más efectiva cuanto menor es la potencia, la tensión secundaria y mayor la u_{kr} del transformador. En la Sección 2.1.6 se detalló un ejemplo que puntualiza la cuestión. Como regla práctica se puede indicar:

Una corriente de corto circuito I_k'' de, por ejemplo, 50 kA en los bornes del secundario de un transformador de una red de 400 V se amortigua a unos 30 kA si la falla se produce después de 10 m de un cable de 70 mm^2 de cobre. Para un cable de 240 mm^2 la misma atenuación se verifica a los 33 m (Figura 2.1/17).

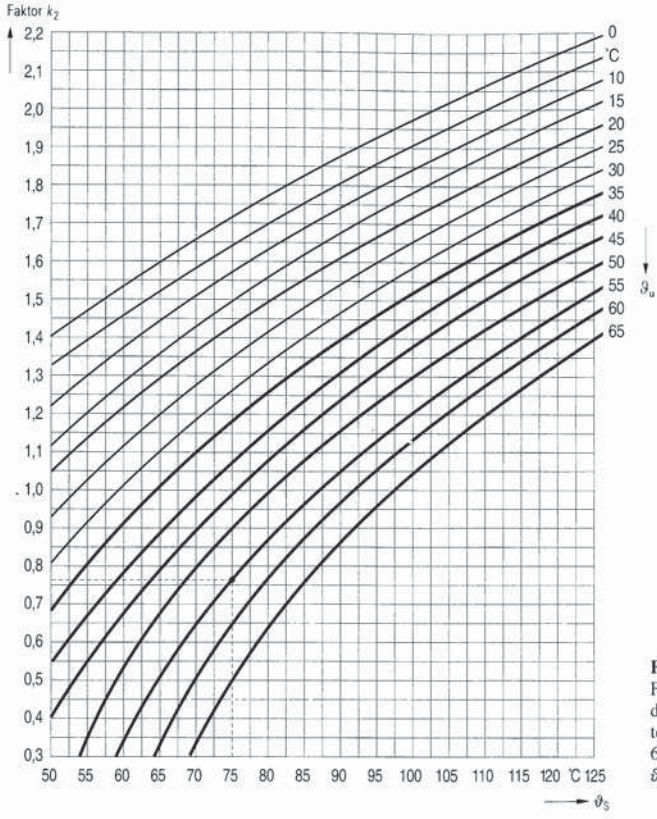


Figura 10.3/2
Factor k_2 para determinar la sección de barras colectoras de cobre para temperaturas ambiente ϑ_u de 0 a 65 °C y/o temperaturas de servicio ϑ_S de hasta 125 °C

Los valores dados en la Tabla 10.3/10 para las resistencias efectivas R' de los conductores de cobre y aluminio se deben convertir cuando las temperaturas de los mismos superan los 20 °C aplicando la fórmula siguiente:

$R_{\vartheta_2} = R_{20}\,(1 + \alpha_{20} \cdot \Delta\vartheta)$.

Para cobre: $\alpha_{20} = 0{,}00393$

Para aluminio: $\alpha_{20} = 0{,}00403$.

En las tablas 10.3/10 y 10.3/11 se indican los valores de las resistencias efectivas y reactancias para *un* conductor por unidad *simple* de longitud.

$X'_{60\,\mathrm{Hz}} = 60/50 \cdot X'_{\mathrm{L}} = 1{,}2 \cdot X'_{\mathrm{L}}$.

Los valores indicados en la Sección 1.4 se refieren a "distancias", por ejemplo, en una instalación, es decir, al conductor de ida y al de retorno.

Esto significa que la resistencia efectiva R_ϑ con algo más de 80 °C supera en un 25% los valores indicados en la Tabla 10.3/10.

Los valores indicados en la Tabla 10.3/11 para las reactancias inductivas X'_{L} de conductores de cobre y aluminio se suministran para 50 Hz, para otras frecuencias se modificarán en forma proporcional, por ejemplo, para 60 Hz:

$X'_{60\,\mathrm{Hz}} = 60/50 \cdot X'_{\mathrm{L}} = 1{,}2\,X'_{\mathrm{L}}$

Tabla 10.3/10
Resistencia óhmica R'_L por unidad simple de longitud de conductores de cobre y aluminio para 20 °C de temperatura de los mismos

Cobre		Aluminio[1)]	
Sección asignada q_r mm^2	Resistencia óhmica mΩ/m	Sección asignada q_r mm^2	Resistencia óhmica mΩ/m
0,75	24,17	–	–
1	18,09	–	–
1,5	12,06	–	–
2,5	7,26	–	–
4	4,55	–	–
6	3,02	–	–
10	1,81	10	2,88
16	1,14	16	1,89
25	0,73	25	1,20
35	0,53	35	0,88
50	0,39	50	0,64
70	0,27	70	0,45
95	0,20	95	0,32
120	0,157	120	0,26
150	0,129	150	0,21
185	0,10	185	0,17
240	0,080	240	0,13
300	0,069	300	0,105

[1)] La resistencia óhmica de los conductores de aluminio es aproximadamente 1,7 veces mayor que la de los conductores de cobre de la misma sección.

Tabla 10.3/11
Reactancia inductiva X'_L por longitud simple de conductores de cobre y aluminio para 50 Hz y 20 °C de temperatura de los mismos (para otras frecuencias se los debe modificar en forma proporcional)

Sección asignada q_r	Cables para 0,6/1 kV		
	N(A)KBA, 4-conductores	N(A)KLEY, $3^1/_2$-conductores	N(A)YY, NYCY, N(A)YCWY, 4-Leiter
mm^2	X'_L mΩ/m	X'_L mΩ/m	X'_L mΩ/m
1,5	–	–	0,115
2,5	–	–	0,110
4	–	–	0,107
6	–	–	0,100
10	0,103	–	0,094
16	0,099	–	0,090
25	0,094	–	0,086
35	0,092	–	0,083
50	0,090	0,071	0,083
70	0,087	0,069	0,082
95	0,086	0,068	0,082
120	0,086	0,068	0,080
150	0,085	0,067	0,080
185	0,085	0,067	0,080
240	0,084	0,066	0,079
300	0,084	–	0,079

10.4 Corrientes asignadas de motores trifásicos

En la Tabla 10.4/1 se reproducen como ejemplo, las intensidades de las corrientes asignadas de los motores asincrónicos trifásicos de cuatro polos para redes de 50 y 60 Hz. Estas corrientes podrán variar ligeramente de un fabricante a otro. En la Tabla 10.4/2 se muestra la relación entre el número de polos del motor conectado a una red de 50 Hz y sus velocidades para marcha en vacío y carga asignada. Cuando los motores se conectan a una red de 60 Hz se incrementa en un 20% la velocidad indicada para 50 Hz y en 1,15 veces la potencia asignada de 50 Hz, mientras que el factor de potencia (cos φ) se mantiene prácticamente constante. En el caso que los motores se conecten a redes con tensiones diferentes a las indicadas, deben convertirse las corrientes en la forma correspondiente.

Tabla 10.4/1
Corrientes asignadas de motores trifásicos asincrónicos de cuatro polos, ejecución básica, clase de protección IP 54, 50 ó 60 Hz (1500 ó 1800 r.p.m.)

Potencia asignada normalizada del motor		200 V[1]	208 V[1]	230 V[2]	230 V[1] (220–240 V)	400 V/ 380 V[2]	460 V[1] (440–480 V)	500 V[2]	575 V[1] (550–600 V)	690 V[2]
kW[3]	HP[1]	Corrientes asignadas I_r en A								
0,25	1/3	1,75	1,7	1,6	1,5	0,9	0,75	–	–	–
0,37	1/2	2,5	2,4	2,0	2,2	1,1	1,1	–	0,9	–
0,55	3/4	3,7	3,5	2,6	3,2	1,5	1,6	1,2	1,3	0,9
0,75	1	4,8	4,6	3,3	4,2	1,9	2,1	1,5	1,7	1,1
1,1	1,5	6,9	6,6	4,3	6,0	2,5	3,0	2,0	2,4	1,4
1,5	2	7,8	7,5	5,8	6,8	3,3	3,4	2,6	2,7	1,9
2,2	3	11	10,6	8,3	9,6	4,7	4,8	3,8	3,9	2,7
3	–	–	–	–	11,0	–	6,3	–	5,0	–	3,6
(3,7)	5	17,5	16,7	–	15,2	–	7,6	–	6,1	–
4	–	–	–	–	14	–	8	–	6,5	–	4,7
5,5	7,5	25,3	24,2	19	22	11	11	9,0	9,0	6,3
7,5	10	32,2	30,8	26	28	15	14	12	11	8,5
11	15	48,3	46,2	36	42	21	21	17	17	12
15	20	62,1	59,4	50	54	28	27	23	22	16
18,5	25	78,2	74,8	61	68	35	34	28,5	27	20
22	30	92	88	73	80	42	40	33	32	24
30	40	120	114	99	104	57	52	45	41	33
37	50	150	143	120	130	69	65	55	52	40
45	60	177	169	140	154	81	77	65	62	47
55	75	221	211	173	192	100	96	80	77	58
75	100	285	273	228	248	131	124	105	99	76
90	125	359	343	281	312	162	156	129	125	94
110	150	414	396	339	360	195	180	156	144	113

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 10.4/1
(Continuación)

Potencia asignada normalizada del motor		200 V[1]	208 V[1]	230 V[2]	230 V[1] (220–240 V)	400 V/ 380 V[2]	460 V[1] (440–480 V)	500 V[2]	575 V[1] (550–600 V)	690 V[2]
kW[3]	HP[1]	Corrientes asignadas I_r en A								
132	–	–	–	405	–	233	–	187	–	135
–	200	552	528	–	480	–	240	–	192	–
160	–	–	–	496	–	285	–	228	–	165
–	250	–	–	–	–	–	302	–	242	–
200	–	–	–	611	–	352	–	281	–	204
–	300	830	794	–	722	–	361	–	289	–
250	–	–	–	785	–	431	–	360	–	262
–	350	952	911	–	828	–	414	–	336	–
–	400	1097	1050	–	954	–	477	–	382	–
315	–	–	–	925	–	532	–	426	–	308
335	450	1230	1177	975	1070	561	515	448	412	325
355	–	–	–	–	–	608	–	486	–	352
375	500	1357	1298	1057	1180	637	590	509	472	369
400	–	–	–	1190	–	684	–	547	–	397
450	600	–	–	1338	1416	770	708	615	567	446
500	–	–	–	1470	–	846	–	676	–	490
530	700	–	–	1578	1652	907	826	726	661	526
560	–	–	–	–	–	950	–	760	–	551
600	800	–	–	–	1888	1017	944	813	755	589
630	–	–	–	–	–	1064	–	851	–	617
670	900	–	–	–	2124	1140	1062	912	850	661
710	–	–	–	–	–	1216	–	973	–	705
750	1000	–	–	–	2360	1283	1180	1026	944	743
800	–	–	–	–	–	1378	–	1102	–	799
850	–	–	–	–	–	1463	–	1170	–	848
900	1200	–	–	–	2832	1549	1416	1239	1132	898
950	–	–	–	–	–	1634	–	1307	–	947
1000	–	–	–	–	–	1720	–	1376	–	997

[1] Hasta 500 HP según NEC 96, potencias mayores que 500 HP, según UL 508 (19.09.77), Tabla 24.4 para 60 Hz.
[2] Corriente asignada aproximada de un motor trifásico asincrónico de cuatro polos conectado en una red de 50 Hz.
[3] Según la norma DIN 42973.

Tabla 10.4/2
Relación entre el número de polos y la velocidad de rotación de un motor conectado a redes de 50 ó 60 Hz

Número de polos	Velocidad sincrónica n[1]		Velocidad con carga asignada	
	50 Hz R.P.M.	60 Hz R.P.M.	50 Hz R.P.M.	60 Hz R.P.M.
2	3000	3600	2800–2950	3360–3540
4	1500	1800	1400–1470	1680–1765
6	1000	1200	900– 985	1080–1180
8	750	900	690– 735	830– 880
10	600	720	550– 585	660– 700

[1] Velocidad en vacío aproximada.

10.5 Transformadores trifásicos de distribución

En la Tabla 10.5/1 se reproducen los datos característicos más importantes de transformadores trifásicos de distribución. Las corrientes de cortocircuito permanente máximas y las potencias de cortocircuito de las redes se indican en la Tabla 10.5/2. Las corrientes asignadas y de cortocircuito de los transformadores trifásicos de distribución de 50 a 3150 kVA se suministran en la Tabla 10.5/3.

Procedimientos aproximados para determinar las corrientes de cortocircuito en redes radiales de baja tensión

Fórmulas prácticas:

Corriente asignada del transformador:

$$I_r \text{ [en A]} = K \cdot S_{rT} \text{ [en kVA]} \quad \begin{array}{ll} \text{bei 400 V:} & K = 1{,}45, \\ \text{bei 525 V:} & K = 1{,}1, \\ \text{bei 690 V:} & K = 0{,}85. \end{array}$$

Corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito del transformador:

$$I_k'' \approx I_k = \frac{I_r \cdot 100}{u_{kr}}$$

Las dos curvas representadas en la figura 10.5/1, correspondientes a transformadores usuales, muestran el margen en el que se encuentran las corrientes permanentes de cortocircuito en función de la potencia asignada y del valor asignado de la tensión de cortocircuito. Se podrá observar que en la mayoría de los casos las corrientes de cortocircuito de los transformadores no alcanzan, por lo general, los valores supuestos. En esta figura se indican, como ejemplos, los valores correspondientes a un transformador de 630 kVA con $u_{kr} = 6\%$ y $u_{kr} = 4\%$, así como de otro transformador de 2000 kVA con $u_{kr} = 6\%$.

Identificación de la clase de enfriamiento según la norma DIN VDE 0532, Parte 2, 01.89[1]

Medio refrigerante:

O Aceite mineral o líquido refrigerante y aislante sintético con punto de inflamación ≤ 300 °C.

K Líquido refrigerante y aislante sintético con punto de inflamación > 300 °C.

L Líquido refrigerante y aislante sintético no inflamable.

A Aire

Circulación del medio refrigerante:

N Circulación natural (autoenfriamiento)

F Circulación forzada (aceite no dirigido)

D Circulación forzada (aceite dirigido)

Secuencia utilizada para las siglas, por ejemplo, ONAN:

Refrigeración de los bobinados		Refrigeración exterior	
1ª letra	2ª letra	3ª letra	4ª letra
Medio refrigerante	Circulación del medio refrigerante	Medio refrigerante	Circulación del medio refrigerante

[1] Equivalente a la norma CENELEC-HD 398-2, incluida la Modificación 1

Tabla 10.5/1
Datos característicos principales de los transformadores trifásicos de distribución

Ejecución		Potencias asignadas S_{rT} kVA	Tensión máxima U_m para los equipos eléctricos kV	Tensión de cortocircuito asignada u_{kr} %	Clase de enfriamiento	DIN
Transformadores en baño de aceite		50– 630 1000–3150	24 24	4 6	ONAN ONAN	42500[1] 42500[1]
Transformadores enfriados por aire	E, B, F	100– 630	1,1	4	AN	42524
	E, B, F	100– 630	12	4		
	E, B, F	250–1600	12	6		
en clase de aislamiento:	H	100– 630	1,1	4		
	H	250–1600	1,1	6		
	H	400– 630	12	4		
	H	400–1600	12	6		
Transformadores encapsulados en resina colada		100– 630	12	4	AN	42523[2]
		1000–2500	12	6		
		250–2500	24	6		

[1] Norma de la CE, equivale a la HD-428 del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica CENELEC.
[2] Se prevé una serie *N*ormal (N) y otra *R*educida (R) que, frente a la N, tiene pérdidas en vacío un 23 % menores y un nivel de potencia sonora A reducido en 8 dB.

Tabla 10.5/2
Corrientes permanentes de cortocircuito y su duración máxima admisible según la norma DIN VDE 0532, Parte 5, 05.84

Valores típicos de la tensión de cortocircuito asignada de transformadores con dos bobinados separados		Máxima duración admisible de cortocircuitos en redes alemanas o austríacas[1]	Potencia de cortocircuito de la red que se puede utilizar cuando no se dispone de información específica	
Potencia asignada S_{rT}	Tensión de cortocircuito asignada u_{kr}		Tensión máxima U_m para los equipos eléctricos	Potencia de cortocircuito S de la red
kVA	%	s	kV	MVA
bis 630	4,0	2	7,2; 12; 17,5; 24	500
631 bis 1250	5,0	3	36	1000
1251 bis 3150	6,25	4	52; 72,5	3000

$$I_k = \frac{U_{rT} \cdot 10^3}{(Z_T + Z_s)\sqrt{3}} \quad \text{con} \quad Z_s = \frac{U_s^2}{S} \quad \text{y} \quad Z_T = \frac{10 \cdot u_{kr} \cdot U_{rT}^2}{S_{rT}}; \quad \text{en el caso de } Z_s = 0 \text{ se obtiene } I_k/I_r = \frac{100}{u_{kr}}\,^{2)}$$

I_k Corriente permanente de cortocircuito, en A
I_r Corriente asignada del bobinado afectado, en A
U_{rT} Tensión asignada del bobinado afectado, en kV
U_s Tensión nominal de la red, en kV
Z_s Impedancia de cortocircuito de la red, en Ω/Fase[2]
Z_T Impedancia de cortocircuito del transformador, en Ω/Fase

[1] La Publicación 76–5 (1976) de la IEC prevé una duración estándar de 2 s para el cortocircuito con $I_k/I_r \leq 25$
[2] Z_s sólo se considera cuando $S_{rT} \leq 3\,150$ kVA y $Z_s/Z_T > 0{,}05$

Tabla 10.5/3
Corrientes asignadas y corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito de los transformadores trifásicos de distribución de 50 hasta 3 150 kVA

Tensión asignada U_{rT}	400/230 V, 50 Hz			525 V, 50 Hz			690/400 V, 50 Hz		
Tensión de cortocircuito asignada u_{kr}		4%[1]	6%[2]		4%[1]	6%[2]		4%[1]	6%[2]
Potencia asignada	Corriente asignada I_r	Corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito I_k''[3]		Corriente asignada I_r	Corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito I_k''[3]		Corriente asignada I_r	Corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito I_k''[3]	
kVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A
50	72	1800	1200	55	1375	910	42	1040	690
100	144	3600	2400	110	2750	1830	84	2080	1390
160	230	5770	3850	176	4400	2930	133	3320	2230
200	288	7200	4810	220	5500	3660	167	4160	2780
250	360	9025	6015	275	6875	4580	209	5220	3480
315	455	11375	7580	346	8560	5770	262	6650	4360
400	578	14400	9630	440	11000	7330	335	8330	5580
500	722	18050	11030	550	13750	9160	418	10450	6960
630	910	22750	14860	693	17300	11550	525	13120	8760
800	1154	28850	19260	880	22000	14660	670	16750	11160
1000	1444	36100	24060	1100	27500	18330	836	20900	13930
1250	1805	45125	30080	1375	34375	22910	1046	26160	17430
1600	2310	57800	36530	1760	44000	29300	1330	33250	22170
2000	2887	–	48180	2200	55000	36660	1674	41850	27890
2500	3608	–	60150	2749	–	45800	2090	–	34840
3150	4550	–	75850	3470	–	57840	2640	–	44000

[1] $u_{kr} = 4\%$, normalizada según DIN 42503 para $S_{rT} = 50 \ldots 630$ kVA
[2] $u_{kr} = 6\%$, normalizada según DIN 42511 para $S_{rT} = 100 \ldots 1600$ kVA
[3] I_k'' Corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito del transformador conectado a una red con potencia de cortocircuito ilimitada.

Sobretemperaturas admisibles según la norma DIN VDE 0532, Parte 2, 01.89

Transformadores en baño de aceite:

Clase térmica A:

Bobinado 65 K con enfriamiento ON u OF

70 K con enfriamiento OD:

Aceite (en la zona superior):

60 K en transformadores con recipiente de expansión para aceite o transformadores herméticamente cerrados.

55 K en transformadores sin recipiente de expansión para aceite o transformadores sin cierre hermético.

Transformadores enfriados por aire:

Clase térmica		A	E	B	F	H	C
Bobinados	K	60	75	80	100	125	≥ 150

Temperatura del medio refrigerante:

– *enfriamiento por aire*
Temperatura máxima: 40 °C,
Temperatura mínima: –25 °C
(durante un tiempo breve: –30 °C),
Temperatura media: por día: máx. 30 °C,
por año: máx. 20 °C;

– *enfriamiento por agua*

Temperatura de entrada: 25 °C

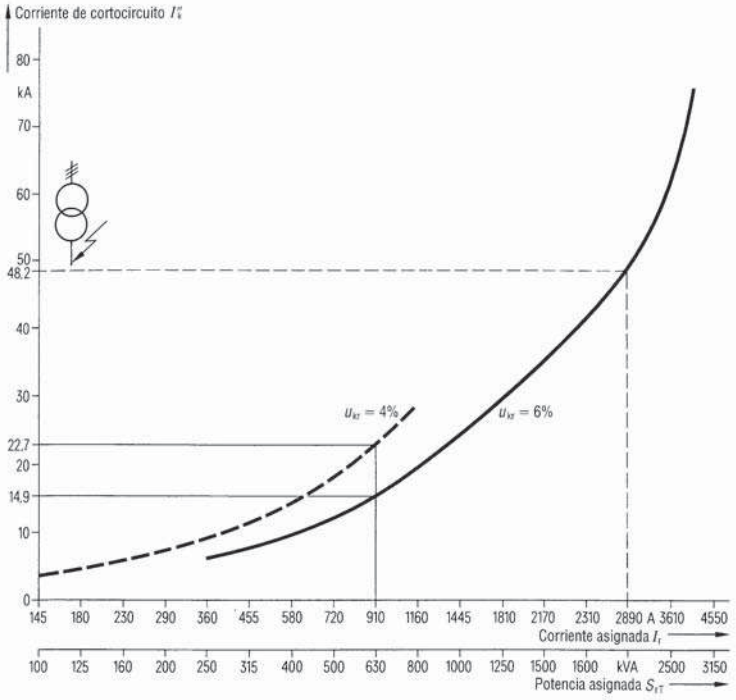


Figura 10.5/1
Corriente inicial subtransitoria (alterna) de cortocircuito I_k'' de transformadores (400 V, 50 Hz), en función de la potencia asignada S_{rT} y del valor asignado de la tensión de cortocircuito u_{kr}

10.5.1 Símbolos y grupos de conexión de transformadores trifásicos de distribución

En la actualidad el suministro de energía eléctrica se basa en los sistemas trifásicos y, por lo tanto, los transformadores de potencia se construyen casi siempre como unidades trifásicas. De aquí se desprende que existen numerosas posibilidades de conectar los tres bobinados de alta (media) y los tres de baja tensión, las más importantes se resumen en la norma DIN VDE 0532.

La representación de los bobinados con todas las denominaciones de los bornes se realiza de acuerdo con la norma DIN 42402. Los números 1 y 2 que anteceden a las letras U, V y W designan los bobinados de alta o baja tensión. Los números 1 y 2 indicados a continuación de las letras mencionadas, que con frecuencia se omiten, señalan el comienzo y final de cada bobinado.

El grupo sirve para identificar la conexión de los bobinados de alta (media) y baja tensión. El grupo de conexión indica además la posición relativa entre las fases de las tensiones (Tabla 10.5/4). Las conexiones en estrella, triángulo y zigzag permiten implementar tres posibilidades de conexión en cada lado. A cada una de estas posibilidades en el lado de alta (media) tensión se les asigna una de las letras siguientes: Y, D y Z.

Cuando el centro estrella de las bobinas conectadas en estrella o zigzag queda accesible se agrega una N o n como identificación, por ejemplo, Dyn5, Yzn, Ynd5.

En la Tabla 10.5/4 se representan los grupos de conexión de los transformadores trifásicos de distribución de uso frecuente. Los recuadros señalan los grupos preferidos.

Tabla 10.5/4
Grupos de conexión de los transformadores trifásicos de distribución de uso frecuente, según la norma DIN VDE 0532, Parte 4.

Cifra característica	Grupo de conexión[1]	Esquema vectorial TS	Esquema vectorial TI	Esquema de conexiones[2] TS	Esquema de conexiones[2] TI
0	Dd0				
	Yy0				
	Dz0				
5	Dy5				
	Yd5				
	Yz5				
6	Dd6				
	Yy6				
	Dz6				
11	Dy11				
	Yd11				
	Yz11				

[1] Cuando el centro estrella de las bobinas queda accesible se debe agregar una N o n detrás del símbolo representativo del bobinado.

[2] Se presupone que el sentido del arrollamiento en los bobinados es el mismo, es decir, si se tiene en cuenta el sentido espacial, en los esquemas de conexiones se deben considerar los bobinados rebatidos hacia abajo. Los centros estrella accesibles se identifican con 1N o 2N.

10.6 Características de disparo de interruptores y dispositivos de protección

10.6.1 Curvas características de disparo de interruptores automáticos, interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) y relés de sobrecargas

En el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens se publican las curvas características de disparo de los interruptores automáticos para múltiples aplicaciones, tales como la protección de motores, las combinaciones de arranque y las instalaciones, al igual que las correspondientes a los relés de sobrecarga.

Las curvas características de disparo A, B, C, y D de los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) se describen con mayores detalles en el catálogo de Siemens "Aparatos de Maniobra y Protección Sistema N", al igual que en la Sección 10.6.3 de la presente obra.

Para los interruptores automáticos 3VU, 3VF y 3WN se pueden suministrar plantillas y papel cuadriculado doble logarítmico con dimensiones normalizadas según DIN.

Las curvas características de disparo de los relés de sobrecarga 3UA, 3UB y 3RU se podrán consultar en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens, al igual que en las Secciones 3.4.3.4 y 3.4.3.5 de la presente obra.

10.6.2 Curvas características tiempo de fusión – corriente de fusibles (Clases de servicio gL[1]/gG, aM y gR)

Un fusible, en principio, no es otra cosa que un conductor con sección reducida. La sobreintensidad que pueda circular por este "punto débil" (inventado por Edison) con mayor resistencia provoca un calentamiento mayor en este punto que en el resto de los conductores, por lo tanto, funde con mayor rapidez y protege a la parte restante del circuito.

El tiempo de fusión se representa en función de la sobreintensidad en un diagrama característico tiempo-corriente (ver también la Sección 3.4.3.1).

[1] La clase de servicio gL ya no está normalizada, pero Siemens continúa fabricando fusibles con esta característica.

Tabla 10.6/1
Clases de servicio de los fusibles de baja tensión

Denominación	Corriente permanente hasta	Corriente de desconexión	Protección de:
Fusibles de uso general (general purpose fuses)			
gL/gG gR gB gTr	I_n	$\geq I_{mín}$	Cables y conductores Semiconductores Instalaciones mineras Transformadores
Fusibles de uso parcial (accompanied fuses)			
aM aR	I_n	$\geq 6{,}3 \cdot I_n$ $\geq 2{,}7 \cdot I_n$	Aparatos de maniobra Semiconductores

En el caso de fusibles con intensidades de la corriente superiores a 25 A (ver la norma DIN VDE 0636, Partes 21, 31 y 41):

- Corriente convencional de no fusión: $1{,}3 \cdot I_n$
- Corriente convencional de fusión: $1{,}6 \cdot I_n$

Cuando por el fusible circula la corriente convencional de no fusión, durante el tiempo prefijado no se debe fundir el mismo. En cambio, si el ensayo se realiza con la corriente convencional de fusión, el fusible debe fundir dentro del tiempo previsto.

Cuando circulan corrientes de cortocircuito muy elevadas, el fusible funde antes de que la corriente alcance su valor de cresta. De esta forma el fusible limita la corriente de cortocircuito.

Aquí son determinantes dos factores:

- Elevada densidad de corriente y tiempo de fusión t_s reducido
- Tensión de arco elevada.

El fusible limita la corriente y, por lo tanto, está en condiciones de desconectar corrientes de cortocircuito muy elevadas, por ejemplo, hasta 120 kA con 500/690 V C.A. La norma DIN VDE 0636 y la Publicación IEC 269 subdividen a los fusibles en las clases de servicio que reproduce la Tabla 10.6/1.

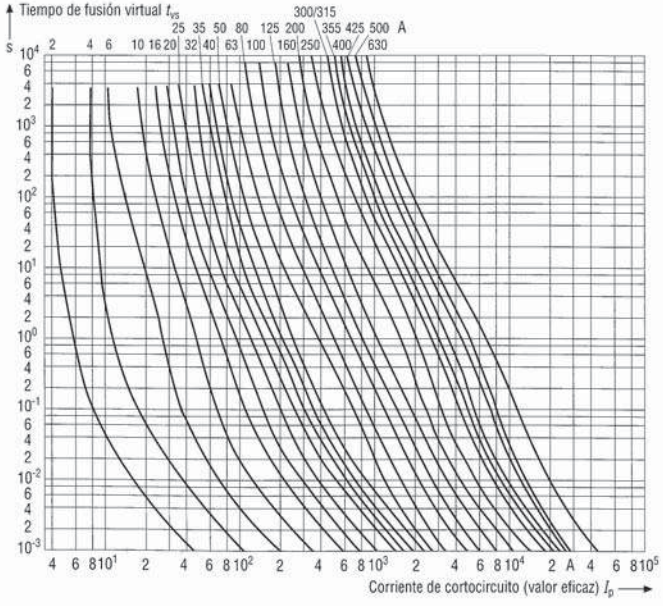


Figura 10.6/1
Curvas características tiempo-corriente de fusibles NH 3NA2/3NA3 de la clase de servicio gL/gG

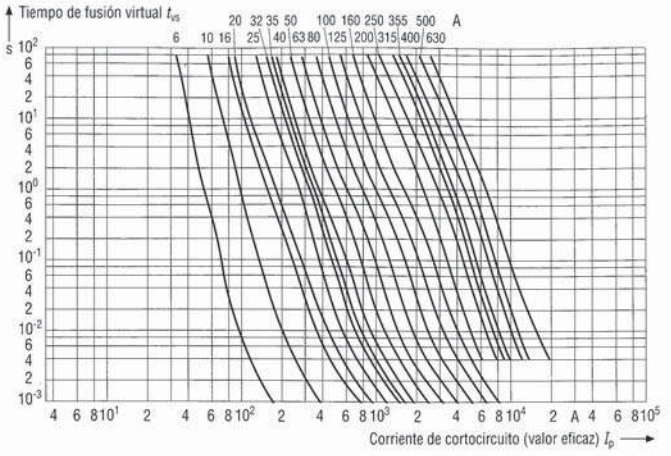


Figura 10.6/2
Curvas características tiempo-corriente de fusibles para protección de aparatos de maniobra 3ND1 de la clase de servicio aM

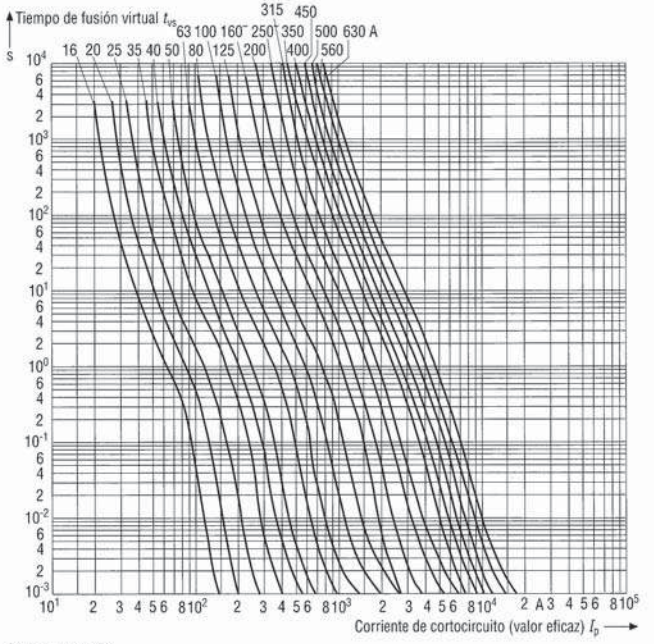


Figura 10.6/3
Curvas características tiempo-corriente de fusibles SITOR 3NE1 de la clase de servicio gR

500/690 V C.A. La norma DIN VDE 0636 y la Publicación IEC 269 subdividen a los fusibles en las clases de servicio que reproduce la Tabla 10.6/1.

Además, debe tenerse en cuenta la norma DIN VDE 0680 "Dispositivos de Protección y Aparatos para Trabajar con Partes Bajo Tensión de hasta 1000 V".

Los cartuchos fusibles SITOR de la serie 3NE1 y clase de servicio gR para protección de semiconductores también fueron diseñados para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos, los cables, los conductores y las barras colectoras.

Se puede asegurar una protección ante sobrecargas cuando la corriente asignada del fusible SITOR 3NE1 se selecciona con $I_n \leq I_z$ (ver la norma DIN VDE 0100, Parte 430).

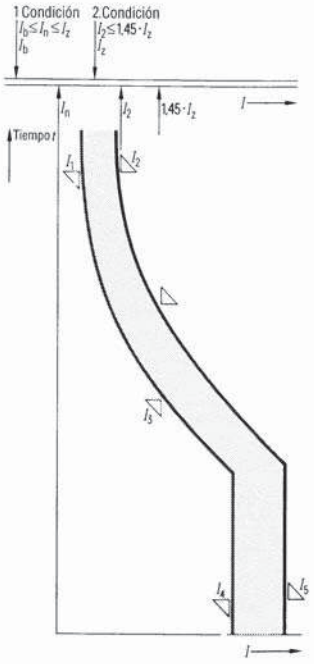
Cuando se seleccionan cartuchos fusibles para semiconductores como protección ante cortocircuitos en cables, conductores y barras colectoras, deben aplicarse las normas DIN VDE 0100, Parte 430.

La figura 10.6/1 muestra las curvas características tiempo de fusión-corriente para fusibles NH de la clase de servicio gL[1]/gG de uso general para la protección de cables y conductores. En cambio, la figura 10.6/2 representa las curvas correspondientes de los fusibles de protección para aparatos de maniobra (clase de servicio aM – uso parcial, protección de aparatos de maniobra).

En la comparación de las curvas características gL[1]/gG y aM se puede observar que los fusibles de la clase de servicio AM no ofrecen protección contra sobrecargas. Por lo tanto, la gama de corrientes hasta alrededor de 6,3 veces la corriente asignada tiene que cubrirse siempre con una protección adicional ante sobrecargas.

En la figura 10.6/3 se representan las curvas características tiempo de fusión-corriente de los fusibles SITOR 3NE1 de la clase de servicio gR. La curva característica de estos fusibles en la gama de las sobrecargas equivale a la de los fusibles NH de la clase de servicio gL[1]/gG, pero en la zona de los cortocircuitos presenta una curva con una pendiente mucho más pronunciada, es decir, los fusibles SITOR son considerablemente más rápidos ante un cortocircuito (limitación de corrientes, protección de semiconductores).

[1] La clase de servicio gL ya no está normalizada, pero Siemens continúa fabricando fusibles con esta característica.



I_b Corriente de servicio determinada por el consumo durante el funcionamiento normal.

I_z Corriente permanente admisible para un conductor sin que se sobrepase la temperatura límite permanente del aislamiento.

$1{,}45 \cdot I_z$ Intensidad de la corriente de sobrecarga máxima admisible por un tiempo limitado en el que el exceso de la temperatura límite permanente por un tiempo breve no provoca una reducción de las características del aislante relevantes para la seguridad.

I_n Corriente asignada del interruptor cortacircuitos automático (termomagnético). A este valor se refieren otras magnitudes asignadas (valor de ajuste).

I_1 Corriente convencional que no produce disparo, es decir, aquella corriente que bajo condiciones definidas no provoca la desconexión.

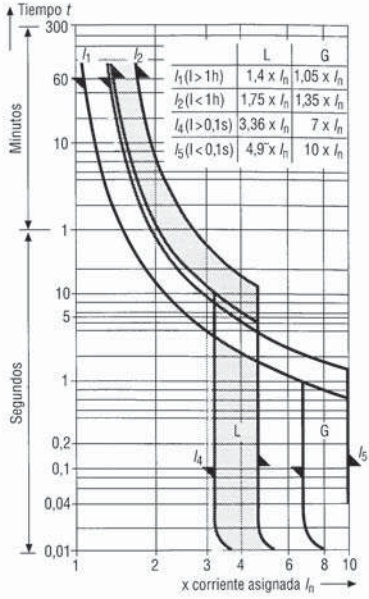
I_2 Corriente convencional de disparo, es decir, aquella corriente que bajo condiciones definidas provoca la desconexión en el lapso de 1 hora ($In \leq 63$ A).

I_3 Límite de tolerancia.

I_4 Corriente límite inferior de intervención del disparador electromagnético sin retardo (disparo por cortoircuito).

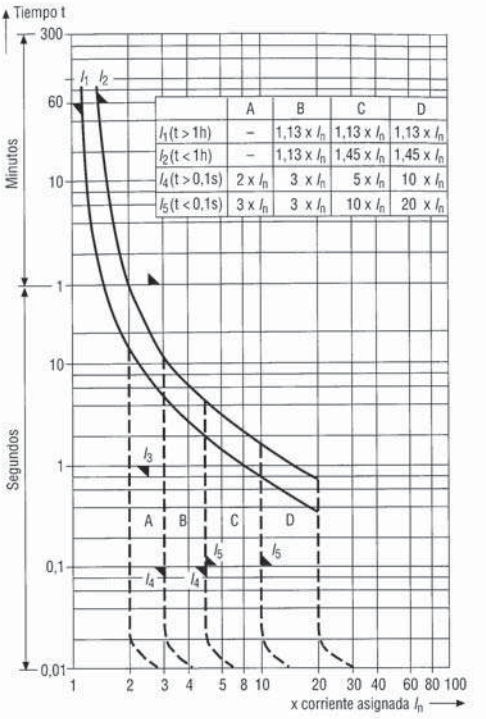
I_5 Corriente de intervención del disparador electromagnético sin retardo (disparo por cortocircuito).

Figura 10.6/4
Valores de referencia del conductor y del dispositivo de protección.



	L	G
I_1 (I > 1h)	1,4 x I_n	1,05 x I_n
I_2 (I < 1h)	1,75 x I_n	1,35 x I_n
I_4 (I > 0,1s)	3,36 x I_n	7 x I_n
I_5 (I < 0,1s)	4,9 x I_n	10 x I_n

Figura 10.6/5
Anteriormente: Características L y G según las normas DIN VDE 0641, 6.78 y CEE 19/1



	A	B	C	D
I_1 (t > 1h)	–	1,13 x I_n	1,13 x I_n	1,13 x I_n
I_2 (t < 1h)	–	1,13 x I_n	1,45 x I_n	1,45 x I_n
I_4 (t > 0,1s)	2 x I_n	3 x I_n	5 x I_n	10 x I_n
I_5 (t < 0,1s)	3 x I_n	3 x I_n	10 x I_n	20 x I_n

Figura 10.6/6
En la actualidad: Características B, C y D según la norma DIN EN 60 898 (VDE 0641, Parte 11).
La característica A pertenece al programa de Siemens aunque no está normalizada.
Corriente continua: I_4/I_5 se incrementa 1,2 veces con respecto a corriente alterna

so de producirse una falla, el aislante de los conductores no debe dañarse y, por lo tanto, las temperaturas de los mismos no deberán sobrepasar determinados valores; por ejemplo, para aislamientos de PVC, 70 °C en forma permanente o 160 °C durante un máximo de 5 s (cortocircuito), ver también la Sección 1.4.2.1.

Estos interruptores tienen, por lo general, dos disparadores independientes para asegurar la protección de los conductores. En caso de sobrecargas desconecta un bimetal en función de la intensidad de la corriente con un cierto retardo. Cuando se sobrepasa un determinado valor umbral (cortocircuito) desconecta en forma instantánea un disparador electromagnético de sobreintensidad.

La zona de disparo (banda límite tiempo-corriente) de los interruptores termomagnéticos según la norma DIN VDE 0641, Parte 11 se determina a través de los valores característicos I_1 hasta I_5 indicados en la figura 10.6/4. Los valores característicos del conductor, I_b e I_z se representan en relación con los anteriores.

Hasta el año 1978 la norma VDE 0641 consideraba las curvas características H y L, con posterioridad sólo comprendía la L.

En la Publicación 19.1 de la CEE se definió además, una característica G que se derivó de la curva para interruptores automáticos y protectores de motores según la Publicación IEC 947-2 y la norma DIN VDE 0660, Parte 101 (Figura 10.6/5).

Al editarse la Publicación IEC 898/1987 para interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) se fijaron con carácter internacional las nuevas características B, C y D. La norma DIN EN 60898

Tabla 10.6/2
Relación entre los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) y la sección de los conductores.
Ejemplo: cable plano multipolar sobre pared o empotrado, clase de tendido C[1] con temperatura ambiente de 30 °C

Sección asignada q_n	Intensidad de la corriente asignada I_n del interruptor termomagnético para protección de:		I_z (conductor)	
	2 conductores cargados	3 conductores cargados	2 conductores cargados	3 conductores cargados
mm^2	A	A	A	A
1,5	16	16	19,5	17,5
2,5	25	20	26	24
4	32	32	35	32
6	40	40	46	41
10	63	50	63	57
16	80	63	85	76
25	100	80	112	96
35	125	100	138	119

[1] Clase de tendido C según las normas DIN VDE 0298-4 y DIN VDE 0100, Parte 430, Anexo 1. Los conductores se deben fijar de manera tal que su distancia con respecto a la superficie de la pared es menor que 0,3 veces el diámetro exterior de los conductores (ver la Sección 10.3.2f).

interruptores automáticos y protectores de motores según la Publicación IEC 947-2 y la norma DIN VDE 0660, Parte 101 (Figura 10.6/5).

Al editarse la Publicación IEC 898/1987 para interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) se fijaron con carácter internacional las nuevas características B, C y D. La norma DIN EN 60898 (VDE 0641, Parte 11) respetó este desarrollo y adoptó las características B, C y D. Por lo tanto, los productos que satisfacen sus requerimientos podrán llevar el símbolo de normalización.

Las curvas características L y G, de disparo térmico y electromagnético, que con anterioridad se diferenciaban (Figura 10.6/5), se unificaron ahora en la zona de sobrecarga térmica (Figura 10.6/6). La banda límite se desplazó hacia la característica G, mientras que se coordinaron entre sí los límites de reacción de los disparadores electromagnéticos sin retardo (por cortocircuito).

Estas nuevas condiciones de disparo de los interruptores termomagnéticos facilitan la asignación a las secciones de los conductores. En la norma DIN VDE 0100, Parte 430 se consignan las dos condiciones siguientes:

Condición 1

$I_b \leq I_n \leq I_z$ (Regla de la corriente asignada)

Condición 2

$I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_z$ (Regla de la corriente de disparo)

Como para las nuevas curvas características se cumple en forma automática la condición 2 (se fijan las curvas características $I_z = I_n$), se simplifica la selección del interruptor termomagnético que sólo debe elegirse por la relación $I_n \leq I_z$.

De aquí deriva una nueva relación entre las corrientes asignadas de los interruptores termomagnéticos y la sección de los conductores (Tabla 10.6/2), referida a una temperatura ambiente de 30 °C, tal como se indica en la norma DIN VDE 0100, Parte 430, Anexo 1 (ver también la Tabla 10.3/5).

Las nuevas curvas características en la zona del disparo rápido por efectos electromagnéticos sólo representan una subdivisión sin ninguna modificación básica y, por lo tanto, se mantienen invariables las acreditadas características de los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos), tan importantes para la seguridad: capacidad de ruptura, selectividad, protección de "back-up".

Siemens ofrece al usuario estos interruptores con las nuevas características B, C y D y el símbolo VDE.

Además, Siemens ofrece un interruptor termomagnético con la característica de disparo A, no normalizado (Figura 10.6/6). Estos aparatos cumplen con todos los requerimientos impuestos por las normas DIN VDE 0641, Parte 11 y EN 60898, pero no llevan el símbolo VDE.

10.6.4 Diagramas de limitación de la corriente

El efecto limitador de la corriente se representa en los diagramas respectivos por medio de las curvas características de ruptura limitada (de paso). La limitación de la corriente comienza a partir de la co-

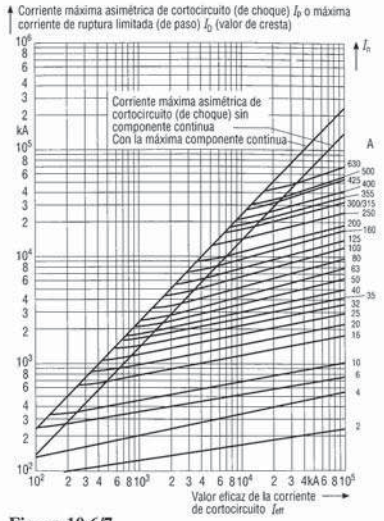


Figura 10.6/7
Curvas características de la corriente de ruptura limitada (de paso) de fusibles NH del tipo 3NA2/3NA3 de la clase de servicio gL/gG para 500 V, 50 Hz, con cos φ de 0,1 a 0,7

rriente de cortocircuito I_k, en el punto en el que la

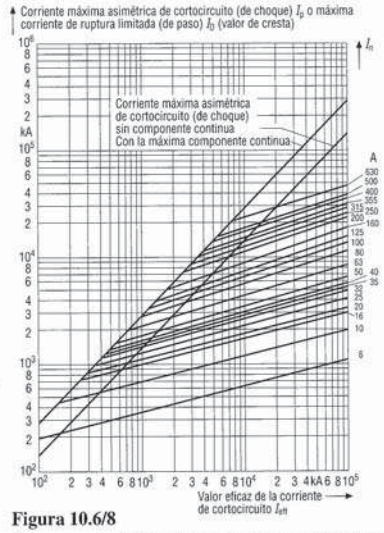


Figura 10.6/8
Curvas características de la corriente de ruptura limitada (de paso) de fusibles NH del tipo 3NA2/3NA3 de la clase de servicio gL/gG para 660/690 V, 50 Hz, con cos φ de 0,1 a 0,7

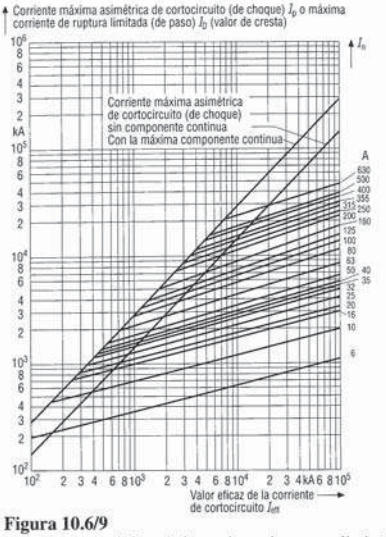


Figura 10.6/9
Curvas características de la corriente de ruptura limitada (de paso) de fusibles para protección de aparatos de maniobra del tipo 3ND1 de la clase de servicio aM, intensidades de la corriente asignada de hasta 160 A, 500 V, 50 Hz e intensidades de la corriente asignada de 200 hasta 630 A, para 660/690 V, 50 Hz, con cos $\varphi \leq 0,7$.

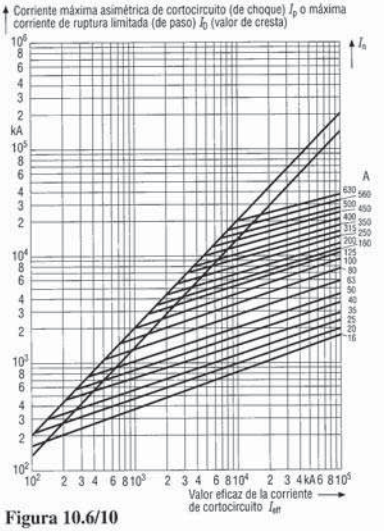


Figura 10.6/10
Curvas características de la corriente de ruptura limitada (de paso) de fusibles SITOR del tipo 3ND1 de la clase de servicio gR, 690 V, 50 Hz, cos $\varphi \leq 0,7$

recta de la corriente de ruptura limitada (de paso) I_D corta a la recta de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) no limitada I_p. Este efecto será mayor tanto menor sea la corriente asignada del fusible y mayor la corriente de cortocircuito I_k (ver también la Sección 3.4.3.1).

Las figuras 10.6/7 y 10.6/8 muestran las curvas características de la corriente de ruptura limitada (de paso) para fusibles NH del tipo 3NA2/3NA3 con las clases de servicio gL[1]/gG para 500 V C.A. y 660/690 V[2], 50 Hz.

La figura 10.6/9 muestra las curvas características de la corriente de ruptura limitada para fusibles de protección de aparatos de maniobra del tipo 3ND1 con la clase de servicio aM para 660/690 V[2] y la 10.6/10 las curvas correspondientes a fusibles SITOR del tipo 3NE1 con la clase de servicio gR para 690 V, 50 Hz, $\cos \varphi \leq 0{,}7$.

Los diagramas de limitación de la intensidad de la corriente de ruptura limitada (de paso) para interruptores automáticos 3VF, 3VU y 3RV se pueden consultar en el catálogo "Aparatos y Sistemas" de Siemens.

10.6.5 Selectividad de fusibles e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos)

Las redes de los consumidores, por lo general, son radiales. En cada reducción de la sección de los conductores debe preverse un dispositivo de protección contra sobreintensidades. De esta forma se obtiene una conexión serie de diferentes elementos de protección con corrientes asignadas escalonadas que debería ser selectiva.

Selectividad significa que, en caso de falla, sólo desconecta el dispositivo de protección más cercano al punto en el que se produjo esa falla. Así, otros circuitos de corriente paralelos pueden mantener la alimentación de energía eléctrica.

10.6.5.1 Selectividad de fusibles

Según la norma DIN VDE 0636, para unos 320 V se tiene selectividad de fusibles de la clase de servicio gL cuando mantienen una relación de 1 : 1,6.

Para los fusibles NH de Siemens, al igual que para los fusibles DIAZED y NEOZED se indica la selectividad siguiente:

[1] La clase de servicio gL ya no está normalizada, pero Siemens continúa fabricando fusibles con esta característica.
[2] Tensión de red 690 V C.A. + 5%

Tabla 10.6/3
Selectividad entre fusibles 3ND1 para protección de aparatos de maniobra y 3NA para protección de conductores

Posconectados: fusibles 3ND1 para protección de aparatos de maniobra, clase de servicio aM	Preconectados: fusibles 3NA3 o 3NA5 para protección de aparatos de maniobra, clase de servicio gL, con tensión de servicio asignada		
	400 V, AC	500 V, AC	690 V, AC
I_{n2} A	I_{n1} A	I_{n1} A	I_{n1} A
200	200	250	250
250	250	300/315	300/315
315	300/315	300/315	400
400	400	425	500
630	630	800	800

I_{n1} Intensidad de la corriente asignada del fusible preconectado (aguas arriba)
I_{n2} Intensidad de la corriente asignada del fusible posconectado (aguas abajo)

con una tensión alterna asignada de servicio de:

≤ 400 V 1 : 1,25,

$\leq 500/690$ V 1 : 1,6.

Las curvas características de los fusibles NH de la clase de servicio gL del tipo 3NA3/5 según la norma DIN VDE 0636, una vez que se las armonice con la Publicación 269 del IEC pasarán a la clase gG (Tipo gL/gG).

En la Tabla 10.6/3 se representa la información relacionada con la selectividad de diferentes clases de servicio de fusibles NH.

En la Sección 3.4.6. se analizó la selectividad entre interruptores automáticos y de éstos con fusibles.

10.6.5.2 Selectividad de interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos)

La selectividad de un interruptor termomagnético con fusibles preconectados (aguas arriba), se mantiene hasta la intensidad de la corriente para la cual el valor I^2t de paso del interruptor sea inferior al valor I^2t de fusión del fusible.

El límite de selectividad depende esencialmente de la característica de disparo y de la limitación de corriente del interruptor termomagnético.

Tabla 10.6/4
Selectividad entre interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) de la serie 5SX2.. y fusibles según la norma DIN VDE 0636, Parte 21, valores promedio para 250 V C.A., cos φ de 0,8 a 1

Interruptor termomagnético		Fusibles preconectados DIN VDE 0636 Teil 21							
	I_n [A]	16 A	20 A	25 A	35 A	50 A	63 A	80 A	100 A
Característica A	≤ 2	0,4	0,7	2,0	•	•	•	•	•
	3	0,3	0,6	1,0	2,0	•	•	•	•
	4	0,3	0,6	0,9	1,6	•	•	•	•
	6	0,2	0,4	0,8	1,2	3,0	3,2	•	•
	10		0,4	0,6	1,1	2,2	3,0	•	•
	16			0,5	0,9	2,0	2,5	4,5	•
	20				0,8	2,0	2,2	4,1	•
	25					1,5	2,0	3,1	•
	32					1,2	1,8	2,5	5,0
	40						1,7	2,5	4,0
Característica B	6	0,3	0,4	0,7	1,2	3,0	3,2	•	•
	10		0,4	0,6	1,0	2,2	3,0	5,0	•
	13			0,6	1,0	2,2	3,0	5,0	•
	16				1,0	2,0	2,4	4,0	•
	20					2,0	2,4	4,0	•
	25						2,2	3,5	•
	32						2,0	3,4	•
	40							2,0	4,0
	50								4,0
Característica C	≤ 2	0,3	0,5	1,2	1,7	•	•	•	•
	3	0,3	0,4	0,8	1,4	4,0	5,0	•	•
	4	0,3	0,4	0,6	1,1	3,0	4,0	•	•
	6		0,4	0,6	1,0	2,4	3,3	•	•
	8			0,5	0,9	1,4	2,6	3,1	•
	10			0,5	0,9	1,4	2,1	3,1	•
	13				0,8	1,3	2,0	3,0	•
	16				0,8	1,3	2,0	3,0	•
	20					1,3	2,0	2,7	•
	25						2,0	2,4	5,0
	32							2,2	4,0
	40								3,5
	50								3,0
Característica D	≤ 2	0,3	0,4	0,7	1,3	3,0	•	•	•
	3	0,3	0,4	0,7	1,2	3,0	•	•	•
	4		0,4	0,6	1,0	2,5	4,0	•	•
	6			0,5	0,9	2,0	3,0	•	•
	8				0,7	1,4	2,0	3,1	•
	10					1,4	2,0	3,1	•
	13						1,7	3,0	•
	16						1,7	3,0	•
	20							2,4	5,0
	25								5,0
	32								4,0

• $\triangleq$ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito ≥ 6000 A

Tabla 10.6/5
Selectividad entre interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) de la serie 5SX4.. y fusibles según la norma DIN VDE 0636, Parte 21, valores promedio para 250 V C.A., cos φ de 0,8 a 1

Interruptor termomagnético		Fusibles preconectados DIN VDE 0636 Teil 21								
	I_n [A]	16 A	20 A	25 A	35 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A
Característica B	6	0,3	0,4	0,8	1,4	3,2	4,5	9,0	•	•
	10		0,4	0,7	1,2	2,5	3,5	5,0	•	•
	13			0,7	1,2	2,5	3,5	5,0	•	•
	16				1,0	2,0	2,8	4,2	9,0	•
	20				1,0	2,0	2,6	4,2	9,0	•
	25					1,7	2,2	3,7	7,0	•
	32					1,7	2,2	3,7	7,0	•
	40						1,6	2,2	4,0	6,0
	50							2,2	4,0	6,0
Característica C	$\leq$ 2	0,3	0,5	1,5	2,0	9,0	•	•	•	•
	3	0,3	0,4	1,1	1,6	5,0	6,0	•	•	•
	4	0,3	0,4	0,9	1,4	3,5	5,0	9,0	•	•
	6		0,4	0,8	1,4	2,7	4,5	6,0	•	•
	8			0,6	1,2	2,2	3,5	5,0	7,0	•
	10			0,5	1,2	2,0	3,0	4,2	7,0	•
	13				1,0	1,6	2,4	3,4	6,0	•
	16				1,0	1,5	2,2	3,0	6,0	•
	20					1,3	2,2	3,0	6,0	•
	25						2,2	2,9	5,0	9,0
	32							2,4	4,0	7,0
	40							2,0	3,5	4,0
	50								3,0	4,0

• $\triangleq$ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito $\geq$ 1000 A

Tabla 10.6/6
Selectividad entre interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) de las series 5SX6 y 5SX7.. y fusibles según la norma DIN VDE 0636, Parte 21, valores promedio para 250 V C.A., cos φ de 0,8 a 1

Interruptor termomagnético		Fusibles preconectados DIN VDE 0636 Teil 21					
	I_n [A]	100 A	125 A	160 A	200 A	224 A	250 A
5SX6..	40	3,5	5,0	•	•	•	•
Característica C	50	3,1	4,2	•	•	•	•
	63	2,8	3,9	5,5	•	•	•
	80	2,4	3,3	4,9	•	•	•
	100		3,0	4,3	•	•	•
	125			4,3	•	•	•
Característica D	40	3,0	4,2	•	•	•	•
	50	2,6	3,9	5,5	•	•	•
	63	2,3	3,3	4,9	•	•	•
	80	2,1	3,0	4,3	•	•	•
	100		2,8	4,0	•	•	•
	125			4,0	•	•	•
5SX7..	40	3,7	5,2	7,4	•	•	•
Característica C	50	3,3	4,5	6,3	•	•	•
	63	3,0	4,1	5,6	9,1	•	•
	80	2,5	3,5	5,1	7,5	9,2	•
	100		3,3	4,5	6,5	8,0	•
	125			4,5	6,5	8,0	•

• $\triangleq$ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito 5SX6.. $\geq$ 6000 A, 5SX7.. $\geq$ 10000 A

Por lo tanto, para estos interruptores con diferentes características de disparo y capacidades de ruptura asignadas también se obtienen distintos valores de selectividad (ver las Tablas 10.6/4 a 10.6/6).

En la publicación "Selectividad y Protección Back-up en Derivaciones de Baja Tensión sin Fusibles" (N° de Pedido E 20001-P285-A372-V1) se suministra información relacionada con la selectividad entre interruptores termomagnéticos e interruptores automáticos.

10.6.6 Límites de selectividad entre interruptores automáticos e interruptores termomagnéticos y entre interruptores automáticos

Las tablas siguientes se elaboraron sobre la base de ensayos realizados de acuerdo con las normas DIN EN 60 947-2/A1 (VDE 0660, Parte 101, A1-02.1994). En estas tablas se reproducen los valores límites de la selectividad entre dos interruptores conectados en serie.

La Tabla 10.6/7 reproduce los valores límite de la selectividad entre un interruptor automático y un interruptor cortacircuitos automático (termomagnético) posconectado en serie (aguas abajo).

La Tabla 10.6/8 reproduce los valores límite de la selectividad entre dos interruptores automáticos conectados en serie, uno a continuación del otro (aguas abajo).

Tabla 10.6/7
Límites de selectividad entre interruptores automáticos e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos), mono-/tripolares, 230/400 V C.A., 50 Hz

Interruptor termomagnético posconectado				Interruptor automático preconectado									
				3VU13				3VU16					
	I_n [A]			10	16	20	25	10	16	25	32	40	52
		$I >>$ [A]		120	190	240	300	120	192	300	384	480	600
			I_{cn} [kA]	10	6	6	6	100	100	100	35	35	35
				Límite de selectividad (kA)									
5SX2...-5	2	6	6		0,2	0,6	1	0,2	0,6	2,1	2,7	6	6
	10	30	6		0,2	0,3	0,4		0,3	0,6	0,6	0,9	1,2
	16	48	6			0,3	0,4			0,6	0,6	0,9	1,2
	32	96	6									0,8	1
	40	120	6										1
5SX2...-8	2	40	6		0,3	0,4	0,6		0,4	0,8	0,8	1,2	2,1
	6	120	6			0,3	0,4		0,3	0,6	0,6	0,8	1,2
	10	200	6			0,2	0,3			0,5	0,5	0,8	1
	16	320	6								0,5	0,6	1
	32	640	6										
	40	800	6										
	50	1000	6										
5SX41...-6	6	30	10		0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,7	0,7	1	1,5
	10	50	10		0,2	0,3	0,4		0,3	0,6	0,7	1	1,2
	y	65	10		0,2	0,2	0,3		0,2	0,6	0,6	0,8	1,2
	16	80	10			0,2	0,3			0,6	0,6	0,8	1,2
	20	100	10				0,3			0,6	0,6	0,8	1,2
	25	125	10								0,5	0,8	1
	32	160	10									0,8	1
	40	200	10										1
	50	250	10										
5SX41...-7	0,5	5	10	0,2	0,3	0,4	0,6	0,2	0,4	0,8	1	1,5	4
	1	10	10	0,2	0,3	0,4	0,6	0,2	0,4	0,8	1	1,5	4
	1,5	15	10	0,2	0,3	0,4	0,6	0,2	0,4	0,8	1	1,5	4
	2	20	10	0,2	0,3	0,4	0,6	0,2	0,4	0,8	1	1,5	4
	3	30	10		0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,7	1	1,4
	4	40	10		0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,7	1	1,4
	6	60	10		0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,7	1	1,4
	8	80	10		0,2	0,2	0,3		0,2	0,5	0,6	0,8	1,2
	10	100	10		0,2	0,2	0,3		0,2	0,5	0,6	0,8	1,2
	13	130	10		0,2	0,2	0,3		0,2	0,5	0,6	0,8	1,2
	16	160	10			0,2	0,3			0,5	0,6	0,8	1,2
	20	200	10				0,3			0,5	0,6	0,8	1,2
	25	250	10								0,5	0,7	1
	32	320	10									0,7	1
	40	200	10										0,8
	50	500	10										

Los valores de selectividad que superan la capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cn} del interruptor posconectado, se encuentran dentro del campo de la protección de "back-up".
Los valores de los límites de selectividad para disparadores ajustables corresponden al valor máximo $I_n \equiv$ corriente asignada.

3VF1[1]							3VF1[2]			
10	16	25	32	40	50	63	35	56	65	80
120	192	300	380	480	600	760	420	672	780	960
100	100	100	100	42	30	22	100	42	30	22
	0,2	1,1	1,5	6	6	6	2,6	6	6	6
		0,4	0,6	1	1,2	1,5	0,6	1	2,1	2,7
		0,4	0,5	1	1	1,2	0,6	0,8	1,5	2,5
				0,9	1	1,2		0,8	1,5	2,1
					0,8	1		0,8	1,2	1,5
	0,3	0,5	0,7	1,5	1,5	2,3	0,8	1,5	3,6	5,3
		0,4	0,5	1	1,2	1,2	0,6	1	1,5	2,6
		0,3	0,5	0,9	1	1,2	0,5	0,8	1,5	2,2
			0,4	0,7	0,8	1	0,5	0,7	1,5	2
						0,8			1,2	1,5
										1,2
0,1	0,2	0,4	0,6	1,2	1,3	1,5	0,7	1	2,6	3,8
	0,2	0,4	0,6	1	1,2	1,2	0,7	1	2	3
	0,2	0,4	0,5	1	1,2	1,2	0,6	1	1,5	2,5
		0,4	0,5	1	1,2	1,2	0,6	1	1,5	2,5
		0,4	0,5	1	1,2	1,2	0,6	1	1,5	2,5
			0,4	0,8	1	1,2	0,5	0,8	1,5	2,1
				0,8	1	1,2		0,8	1,5	2,1
					1	1,2		0,8	1,5	1,9
						1			1,2	1,5
0,2	0,3	0,6	0,8	3,2	3,5	4,6	1	1,5	10	10
0,2	0,3	0,6	0,8	3,2	3,5	4,6	1	1,5	10	10
0,2	0,3	0,6	0,8	3,2	3,5	4,6	1	1,5	10	10
0,2	0,3	0,6	0,8	3,2	3,5	4,6	1	1,5	10	10
0,1	0,2	0,4	0,6	1	1,2	1,5	0,7	1	2,1	3,4
0,1	0,2	0,4	0,6	1	1,2	1,5	0,7	1	2,1	3,4
0,1	0,2	0,4	0,6	1	1,2	1,5	0,7	1	2,1	3,4
	0,2	0,3	0,5	1	1	1,2	0,6	0,8	1,9	2,5
	0,2	0,3	0,5	1	1	1,2	0,6	0,8	1,9	2,5
	0,2	0,3	0,5	1	1	1,2	0,6	0,8	1,5	2,2
		0,3	0,5	1	1	1,2	0,6	0,8	1,5	2,2
		0,3	0,5	1	1	1,2	0,6	0,8	1,5	2,2
			0,4	0,8	0,8	1	0,5	0,8	1,5	1,9
				0,8	0,8	1		0,8	1,5	1,9
					0,8	0,8		0,7	1,2	1,5
						0,8			1,2	1,5

[1] Para la protección de motores y combinaciones de arranque
[2] Para valores divergentes de las corrientes asignadas para combinaciones de arranque

(*Continua en la página siguiente*)

Tabla 10.6/7
(*Continuación*)

Interruptor termomagnético posconectado				Interruptor automático preconectado para la protección de instalaciones											
				3VF3 ajustable						3VF3 con ajuste fijo					
	I_n [A]			50	63	80	100	125	160	50	63	80	100	125	160
		I>> [A]		500	630	800	1000	1250	1600	400	500	630	800	1000	1280
			I_{cn} [kA]	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100
				Límite de selectividad (kA)											
5SX2 ..-5	2	6	6	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	10	30	6	1,6	4,7	6,0	6,0	6,0	6,0	2,5	4,0	4,0	4,5	4,9	6,0
	16	48	6	1,4	4,7	6,0	6,0	6,0	6,0	2,3	3,7	3,7	4,4	5,0	6,0
	32	96	6	1,2	3,6	4,6	6,0	6,0	6,0	1,8	3,0	3,0	3,5	3,7	6,0
	40	120	6	1,0	2,5	3,1	6,0	6,0	6,0	1,5	2,0	2,0	2,4	2,7	3,2
5SX2 ..-8	2	40	6	2,4	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	4,2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	6	120	6	1,4	4,2	4,8	6,0	6,0	6,0	2,3	4,1	3,8	4,2	4,3	6,0
	10	200	6	1,3	3,9	5,5	6,0	6,0	6,0	1,9	3,7	3,2	3,7	4,0	6,0
	16	320	6	1,1	3,5	4,2	4,9	6,0	6,0	1,7	3,3	2,9	3,3	3,5	4,7
	32	640	6			3,3	3,9	4,2	6,0				2,4	2,7	3,7
	40	800	6				3,1	3,3	4,9					1,5	3,0
	50	1000	6					2,9	4,8						2,6
5SX41...-6	6	30	10	2,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	3,2	10,0	9,7	10,0	10,0	10,0
	10	50	10	1,8	6,6	10,0	10,0	10,0	10,0	2,5	6,2	4,8	6,2	6,5	10,0
	13	65	10	1,6	5,1	8,2	10,0	10,0	10,0	2,3	4,6	3,8	4,6	5,1	8,9
	16	80	10	1,6	5,1	8,2	10,0	10,0	10,0	2,3	4,6	3,8	4,6	5,1	8,9
	20	100	10	1,6	5,1	8,2	10,0	10,0	10,0	2,3	4,6	3,8	4,6	5,1	8,9
	25	125	10	1,4	3,5	4,6	5,5	6,0	10,0	2,1	3,4	3,0	3,4	3,7	5,2
	32	160	10	1,4	3,5	4,6	5,5	6,0	10,0	2,1	3,4	3,0	3,4	3,7	5,2
	40	200	10	1,3	2,4	2,8	3,3	4,5	6,7	1,8	2,3	2,2	2,4	2,5	3,6
	50	250	10		2,4	2,8	3,3	4,3	5,8		2,3	2,2	2,4	2,7	3,6
5SX41...-7	0,5	5	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	1	10	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	1,5	15	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	2	20	10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	3	30	10	1,9	9,5	10,0	10,0	10,0	10,0	2,5	8,2	6,3	8,2	8,6	10,0
	4	40	10	1,9	9,5	10,0	10,0	10,0	10,0	2,5	8,2	6,3	8,2	8,6	10,0
	6	60	10	1,9	9,5	10,0	10,0	10,0	10,0	2,5	8,2	6,3	8,2	8,6	10,0
	8	80	10	1,7	4,2	7,9	10,0	10,0	10,0	2,3	3,7	3,3	3,8	4,6	9,4
	10	100	10	1,7	4,2	7,9	10,0	10,0	10,0	2,3	3,7	3,3	3,8	4,6	9,4
	13	130	10	1,5	4,2	5,5	10,0	9,7	10,0	2,1	3,9	3,2	3,8	4,4	7,5
	16	160	10	1,5	4,2	5,5	10,0	9,7	10,0	2,1	3,9	3,2	3,8	4,4	7,5
	20	200	10	1,5	4,2	5,5	10,0	9,7	10,0	2,1	3,9	3,2	3,8	4,4	7,5
	25	250	10	1,1	3,4	4,5	5,4	5,7	8,8	1,9	3,0	2,6	3,0	3,6	4,9
	32	320	10	1,1	3,4	4,5	5,4	5,7	8,8	1,9	3,0	2,6	3,0	3,6	4,9
	40	200	10	0,9	2,2	2,6	2,8	3,1	4,8	1,4	2,1	2,0	2,2	2,3	2,9
	50	500	10		2,1	2,5	2,8	3,1	4,8			1,9	2,1	2,2	2,9

Los valores de selectividad que superan la capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cn} del interruptor posconectado, se encuentran dentro del campo de la protección de "back-up". Los valores de los límites de selectividad para disparadores ajustables corresponden al valor máximo. $I_n \equiv$ corriente asignada.
En el caso del interruptor 3VF8, también se debe ajustar el tiempo de retardo t_d en 100 ms o un valor mayor.

3VF4				3VF5				3VF6	3VF7	3VF8	3WN1	3WN6	3WS1
125	160	200	250	200	250	315	400	315–800	400–1250	800–2500	315–6300	315–3200	315–2500
1250	1600	2000	2500	2000	2500	3150	4000	1575–6400	15000	20000	3780–75600	3780–48000	3780–30000
40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	45/70 100	45/70 100	45/70 100	45/70 100	45/70 100	50/70 100	70/100	65/80 100	65/75	50/65
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
3,9	4,6	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
4,0	4,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
4,0	4,8	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
9,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
9,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
5,1	5,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
8,0	9,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
8,0	9,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
3,6	4,8	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
3,6	4,8	6,2	6,2	6,2	6,2	6,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Tabla 10.6/8
Selectividad entre interruptores automáticos conectados en serie, 400 V C.A., 50 Hz

Interruptor automático posconectado				Interruptor automático preconectado											
				3VU13				3VU16							
	I_n [A]			10	16	20	25	10	16	25	32	40	52	63	
		$I>>$ [A]		120	190	240	300	120	192	300	384	480	600	600	
			I_{cn} [kA]	10	6	6	6	100	100	100	35	35	35	35	
				Límite de selectividad (kA)											
3VU13	0,16	1,9	100	10	6	6	6	65,5	65,5	65,5	35	35	35	35	
	0,24	2,9	100	10	6	6	6	65,5	65,5	65,5	35	35	35	35	
	0,4	4,8	100	10	6	6	6	65,5	65,5	65,5	35	35	35	35	
	0,6	7,2	100	10	6	6	6	65,5	65,5	65,5	35	35	35	35	
	1	12	100	10	6	6	6	65,5	65,5	65,5	35	35	35	35	
	1,6	19,2	100			2,2	6		1,9	65,5	35	35	35	35	
	2,4	29	100							0,9	1,2	2,7	35	35	
	4	48	100									0,9	1,6	1,6	
	6	72	100									1	1,5	1,5	
	10	120	10										1	1	
	16	190	6										1	1	
	20	240	6										1	1	
	25	300	6										1	1	
3VU16	1,6	19	100	0,2	0,6	2,1	6,0	0,3	1,7	50,7	35	35	35	35	
	2,4	29	100	0,1	0,3	0,4	0,6	0,2	0,4	1,2	1,6	4,8	35	35	
	4	48	100	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,3	0,6	0,6	0,8	1,2	1,2	
	10	120	100		0,2	0,2	0,3		0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	
	16	190	100			0,2	0,3			0,4	0,4	0,5	0,8	0,8	
	25	300	100								0,4	0,5	0,8	0,8	
	40	480	35										0,6	0,6	
	52	600	35												
	63	600	35												
3VF1	10	120	100							0,6	0,6	1	1,2	1,2	
	16	192	100								0,5	1	1,2	1,2	
	25	300	100								0,5	0,8	1	1	
	32	380	100									0,8	1	1	
	40	480	42										1	1	
	50	600	30												
	56	672	42												
	63	760	22												
	65	780	30												
	80	960	22												

$I_n \equiv$ corriente asignada
$I_{cn} \equiv$ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
En los campos sin valores se aplica como límite de selectividad el valor de disparo ($I\gg$) del interruptor preconectado.
Los valores de los límites de selectividad para disparadores ajustables corresponden al valor máximo.

3VF1										
10	16	25	32	35	40	50	56	63	65	80
120	192	300	380	420	480	600	672	760	780	960
100	100	100	100	100	42	30	42	22	30	22
65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	42	30	42	22	30	22
65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	42	30	42	22	30	22
65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	42	30	42	22	30	22
65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	42	30	42	22	30	22
65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	42	30	42	22	30	22
		65,5	65,5	65,5	42	30	42	22	30	22
				1,2	3,5	8,4	3,8	22	30	22
					1	1,2	1	2	3,3	5,1
					1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	2
			0,9		1	1	1	1	1,2	1,5
						1		1	1,2	1,2
						1		1	1,2	1,2
						1		1	1,2	1,2
0,2	0,5	31,7	50,7	50,7	42	30	42	22	30	22
0,1	0,2	0,5	1	1,6	7,8	30	13,9	22	30	22
0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	1	1,2	1	1,5	2,5	4,3
	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	1	1,2
		0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	1	1,2
			0,3	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	1	1,2
						0,6		0,8	1	1,2
								0,8	0,9	1
										1
			0,5	0,6	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	2,4
				0,5	1	1,2	1	1,2	1,5	1,9
				0,5	0,8	1	0,8	1,2	1,2	1,5
					0,8	1	1	1,2	1,2	1,5
								1	1,2	1,2
									0,9	1
									1,2	1,2

(*Continua en la página siguiente*)

Tabla 10.6/8 (*Continuación*)

Interruptor termomagnético posconectado				Interruptor automático preconectado para la protección de instalaciones										
				3VF7	3VF8	3WN1								
	I_n [A]			800–1250	1600–2500	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
		$I>>$ [A]		15000	20000	3780	4800	6000	7560	9600	12000	15000	19200	24000
			I_{cn} [kA]	0	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
				Límite de selectividad (kA)										
3VU13	1	7	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	1	12	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	2	19	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	2	29	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	4	48	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	6	72	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	10	120	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	16	190	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	20	240	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	25	300	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3VU16	2	19	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	2	29	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	4	48	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	6	72	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	10	120	100	50/70/100	70/100	65	65	65	65	65	65	65	80	80
	16	190	100	50/70/100	70/100	20	65	65	65	65	65	65	80	80
	25	300	100	50/70/100	70/100	15	40	65	65	65	65	65	80	80
	32	380	35	35	35	12	25	35	35	35	35	35	35	35
	40	480	35	35	35	12	20	35	35	35	35	35	35	35
	50	600	35	35	35	12	20	35	35	35	35	35	35	35
	63	600	35	35	35	12	20	35	35	35	35	35	35	35
3VF1231-1D..	10	120	100	50/70/100	50/70/100	65	65	65	65	65	65	80	80	80
	16	190	100	50/70/100	50/70/100	50	50	65	65	65	65	80	80	80
	20	240	100	50/70/100	50/70/100	30	30	65	65	65	65	80	80	80
	32	380	100	50/70/100	50/70/100	20	20	65	65	65	65	80	80	80
	40	480	42	42	42	15	20	42	42	42	42	42	42	42
	50	600	30	30	30	10	20	30	30	30	30	30	30	30
	56	672	42	42	42	15	20	42	42	42	42	42	42	42
	63	760	22	22	22	12	20	22	22	22	22	22	22	22
	65	780	30	30	30	12	20	30	30	30	30	30	30	30
	80	960	22	22	22	10	15	22	22	22	22	22	22	22

$I_n \equiv$ corriente asignada
$I_{cn} \equiv$ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
En los campos sin valores se aplica como límite de selectividad el valor de disparo ($I \gg$) del interruptor preconectado.
Los valores de los límites de selectividad para disparadores ajustables corresponden al valor máximo.

					Interruptor automático preconectado 3WN6										
2500	3200	4000	5000	6300	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200
30000	37800	48000	60000	75600	4725	6000	7500	9450	12000	15000	18750	24000	24000	37500	48000
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	100	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
80	80	100	100	100	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	80	100	100	100	50	50	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	80	100	100	100	30	30	65	65	65	65	65	65	75	75	75
80	80	100	100	100	20	20	65	65	65	65	65	65	75	75	75
42	42	42	42	42	15	20	42	42	42	42	42	42	42	42	42
30	30	30	30	30	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30
42	42	42	42	42	15	20	42	42	42	42	42	42	42	42	42
22	22	22	22	22	12	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22
30	30	30	30	30	12	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30
22	22	22	22	22	10	15	22	22	22	22	22	22	22	22	22

(Continua en la página siguiente)

Tabla 10.6/8 (*Continuación*)

Interruptor termomagnético posconectado para la protección de instalaciones				Interruptor automático preconectado para la protección de instalaciones		Interruptor automático preconectado					
				3VF7	3VF8	3WN1					
	I_n [A]			800–1250	1600–2500	315	400	500	630	800	1000
		$I>>$ [A]		15000	20000	3780	4800	6000	7560	9600	12000
			I_{cn} [kA]	0	70/100	65	65	65	65	65	65
				Límite de selectividad [kA]							
VF3	50	500	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	28	40/50/50	40/65/65
ajustable	63	630	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	25	40/50/50	40/65/65
	80	800	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	25	40/50/50	40/65/65
	100	1000	40/70/100	40/70/70	40/70/100	6,4	10	14,7	25	40/50/50	40/65/65
	125	1250	40/70/100	40/70/70	40/70/100	6,4	10	14,7	25	40/50/50	40/65/65
	160	1600	40/70/100	40/65/65	40/70/100	6,4	10	14,7	22	35	40/65/65
con ajuste fijo	16	400	40/70	40/70	40/65	7	10	15	28	40/50	40/65
	20	400	40/70	40/70	40/65	7	10	15	28	40/50	40/65
	25	400	40/70	40/70	40/65	7	10	15	28	40/50	40/65
	32	400	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	28	40/50/50	40/65/65
	40	400	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	28	40/50/50	40/65/65
	50	400	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	28	40/50/50	40/65/65
	63	500	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	25	40/50/50	40/65/65
	80	630	40/70/100	40/70/70	40/70/100	7	10	15	25	40/50/50	40/65/65
	100	800	40/70/100	40/65/65	40/70/100	7	10	14,7	22	35	40/65/65
	125	1000	40/70/100	40/65/65	40/70/100	7	10	14,7	22	35	40/65/65
	160	1280	40/70/100	40/65/65	40/70/100	7	10	14,7	22	35	40/65/65
	200	2400	40/70/100	40/65/65	40/70/100	6,7	11	15	22	35	40/65/65
	225	2400	40/70/100	40/65/65	40/70/100	6,7	11	15	22	35	40/65/65
VF4	125	1250	40/70/100	33	40/65/65	5,4	7,5	10	14	22	33
	160	1600	40/70/100	33	40/65/65	5,3	7,5	10	13	22	33
	200	2000	40/70/100	33	40/65/65	5,3	7,5	10	13	22	33
	250	2500	40/70/100	33	40/65/65	5,3	7,5	10	13	22	33
VF5	200	2000	45/70/100	30	45/60/60	5,2	7,7	10	13	20	30
	250	2500	45/70/100	28	45/60/60	5,2	7,3	9,8	13	19	28
	315	3150	45/70/100	28	45/60/60		7,3	9,8	13	19	28
	400	4000	45/70/100	28	45/60/60			9,8	13	19	28
VF6	315	3200	45/70/100	21	35		6,8	9,1	12	16	22
	400	4000	45/70/100	21	35			9,1	12	16	22
	500	5000	45/70/100	21	35				12	16	22
	630	6300	45/70/100	21	35					16	22
	800	6400	50		35						22
VF7	800	15000	50/70/100		17						
	1250	15000	50/70/100		17						
VF8	1600	20000	70/100								
	2000	20000	70/100								

$I_n \equiv$ corriente asignada
$I_{cn} \equiv$ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
En los campos sin valores se aplica como límite de selectividad el valor de disparo ($I \gg$) del interruptor preconectado.
Los valores de los límites de selectividad para disparadores ajustables corresponden al valor máximo.

1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300
15000	19200	24000	30000	37800	48000	60000	75600
65	80	80	80	100	100	100	100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70
40/65	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70
40/65	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70	40/70
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	35/65/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/65/65	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
62	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
62	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
62	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
62	40/70/80	40/70/80	40/70/80	40/70/100	40/70/100	40/70/100	40/70/100
40/50	45/70/80	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	40/65/100
40/50	45/70/80	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	40/65/100
40/50	45/70/80	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	40/65/100
40/50	45/70/80	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	40/65/100
32	45/55/55	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	45/70/100
32	45/55/55	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	45/70/100
32	45/55/55	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	45/70/100
32	45/55/55	45/70/80	45/70/80	45/70/100	45/70/100	45/70/100	45/70/100
32	50	50	50	50	50	50	50
	22	30	45	50	40/65/100	40/65/100	40/65/100
	22	30	45	50	40/65/100	40/65/100	40/65/100
			34	45	65/65	65/75	65/100
			34	45	65/65	65/75	65/100

(*Continua en la página siguiente*)

Tabla 10.6/8 (*Continuación*)

Interruptor termomagnético posconectado para la protección de instalaciones				Interruptor automático preconectado 3WN6		
	I_n [A]			315	400	500
		I>> [A]		4725	6000	7500
			I_{cn} [kA]	65	65	65
				Límite de selectividad (kA)		
VF3 ajustable	50	500	40/70/100	4,5	6,3	10
	63	630	40/70/100	4,5	6,3	10
	80	800	40/70/100	4,5	6,3	10
	100	1000	40/70/100	4,5	6,3	10
	125	1250	40/70/100	4,5	6,3	10
	160	1600	40/70/100	4,5	6,3	10
con ajuste fijo	16	400	40/70	4,5	6,8	10
	20	400	40/70	4,5	6,8	10
	25	400	40/70	4,5	6,8	10
	32	400	40/70/100	4,5	6,8	10
	40	400	40/70/100	4,5	6,8	10
	50	400	40/70/100	4,5	6,8	10
	63	500	40/70/100	4,5	6,8	10
	80	630	40/70/100	4,5	6,8	10
	100	800	40/70/100	4,5	6,8	10
	125	1000	40/70/100	4,5	6,8	10
	160	1280	40/70/100	4,5	6,8	10
	200	2400	40/70/100	5	6,6	10
	225	2400	40/70/100	5	6,6	10
VF4	125	1250	40/70/100	4,3	5,3	7,2
	160	1600	40/70/100	4	5,2	7,2
	200	2000	40/70/100	4	5,2	7,2
	250	2500	40/70/100	4	5,2	7,2
VF5	200	2000	45/70/100	4	5	7,3
	250	2500	45/70/100	4	5	7
	315	3150	45/70/100		5	7
	400	4000	45/70/100			7
VF6	315	3200	45/70/100		4,5	6,5
	400	4000	45/70/100			6,5
	500	5000	45/70/100			
	630	6300	45/70/100			
	800	6400	50			
VF7	800	15000	50/70/100			
	1250	15000	50/70/100			
VF8	1600	20000	70/100			
	2000	20000	70/100			

I_n ≡ corriente asignada
I_{cn} ≡ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito
En los campos sin valores se aplica como límite de selectividad el valor de disparo ($I \gg$) del interruptor preconectado.
Los valores de los límites de selectividad para disparadores ajustables corresponden al valor máximo.

630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200
9450	12000	15000	18750	24000	24000	37500	48000
65	65	65	65	65	75	75	75
14	27	40/50/50	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	25	40	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	25	40	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	24	40	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	24	40	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	20	33	35/65/60	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	27	40/50	40/65	40/65	40/70	40/70	40/70
14	27	40/50	40/65	40/65	40/70	40/70	40/70
14	27	40/50	40/65	40/65	40/70	40/70	40/70
14	27	40/50/50	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	27	40/50/50	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	27	40/50/50	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	25	40	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	25	40	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	22	33	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	22	33	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
14	22	33	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
15	20	35	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
15	20	35	40/65/65	40/65/65	40/70/75	40/70/75	40/70/75
10	14	20	30	40/60/60	40/70/75	40/70/75	40/70/75
10	13	19	30	40/60/60	40/70/75	40/70/75	40/70/75
10	13	19	30	40/60/60	40/70/75	40/70/75	40/70/75
10	13	19	30	40/60/60	40/70/75	40/70/75	40/70/75
10	13	20	29	45/55/55	45/70/75	45/70/75	45/70/75
9	12	18	27	45/50/50	45/70/75	45/70/75	45/70/75
9	12	18	27	45/50/50	45/70/75	45/70/75	45/70/75
9	12	18	27	45/50/50	45/70/75	45/70/75	45/70/75
9	11	15	20	32	45/50/50	45/70/75	45/70/75
9	11	15	20	32	45/50/50	45/70/75	45/70/75
9	11	15	20	32	45/50/50	45/70/75	45/70/75
	11	15	20	32	45/50/50	45/70/75	45/70/75
		15	20	32	50	50	50
				16	22	28	45
				16	22	28	45
							33
							33

10.6.7 Protección de "back-up" con interruptor automático preconectado e interruptor cortacircuitos automático (termomagnético) o interruptor automático posconectado

Las tablas siguientes se elaboraron sobre la base de ensayos realizados de acuerdo con las normas DIN EN 60 947-2/A1 (VDE 0660, Parte 101, A1-02.1994). En estas tablas se reproducen las condiciones seguras de las corrientes de cortocircuito para los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) o interruptores automáticos posconectados (aguas abajo) y con las que, por lo tanto, se los puede utilizar aunque la capacidad asignada de ruptura en cortocircuito I_{cn} es menor que la corriente inicial alterna de cortocircuito en el lugar de montaje. Los nuevos interruptores automáticos SIRIUS del tipo 3RV no requieren protección "back-up" por medio de un interruptor automático preconectado porque su capacidad asignada de ruptura en cortocircuito de 50 ó 100 kA con 400 V C.A. supera los valores de las corrientes de cortocircuito presumibles en el lugar de montaje de los interruptores.

La Tabla 10.6/9 reproduce los valores de la protección de "back-up" para un interruptor automático e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) posconectados (aguas abajo).

Tabla 10.6/9
Valores de la protección de "back-up" para un interruptor automático e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) mono- tripolares posconectados (aguas abajo), 230 / 400 V C.A., 50 Hz

Interruptor termomagnético posconectado					**Interruptor automático preconectado**										
					3VU13				**3VU16**						
Interruptor termomagnético	Característica de disparo	I_n (A)			10	16	20	25	10	16	25	32	40	52	63
			I_i (A)		120	192	240	300	120	190	300	380	480	600	600
			I_{cn} (kA)		10	6	6	6	100	100	100	35	35	35	35
5SN 5SX2 5SX4	B	6	6 kA y 10 kA	Protección "back-up" hasta: (kA)	10	6	6	6	30	17,5	15	12,5	12	12	12
		10				6	6	6		17,5	15	12,5	12	12	12
		13				6	6	6		17,5	15	12,5	12	12	12
		16					6	6			15	12,5	12	12	12
		20						6			15	12,5	12	12	12
		25										12,5	12	12	12
		32											12	12	12
		40												12	12
		50													12
	C	0,5–2	6 kA und 10 kA		10	6	6	6	50	50	50	35	35	35	35
		3			10	6	6	6	35	35	35	35	35	35	35
		4			10	6	6	6	30	17,5	15	12,5	12	12	12
		6			10	6	6	6	30	17,5	15	12,5	12	12	12
		8			10	6	6	6	30	17,5	15	12,5	12	12	12
		10				6	6	6		17,5	15	12,5	12	12	12
		13				6	6	6		17,5	15	12,5	12	12	12
		16					6	6			15	12,5	12	12	12
		20						6			15	12,5	12	12	12
		25										12,5	12	12	12
		32											12	12	12
		40												12	12
		50													12

$I_n \equiv$ Corriente asignada
$I_i \equiv$ Corriente de ajuste del disparador instantáneo por cortocircuito
$I_{cn} \equiv$ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito

La Tabla 10.6/10 suministra los valores de la protección de "back-up" para un interruptor automático con otros posconectados en serie (aguas abajo).

3VF1 [1]							3VF1 [2]			
10	16	25	32	40	50	63	35	56	65	80
120	192	300	380	480	600	760	420	672	780	960
100	100	100	100	42	30	22	100	42	30	22
20	20	20	20	15	15	15	20	15	15	15
	20	20	20	15	15	15	20	15	15	15
	20	20	20	15	15	15	20	15	15	15
		20	20	15	15	15	20	15	15	15
		20	20	15	15	15	20	15	15	15
			20	15	15	15	20	15	15	15
				15	15	15		15	15	15
					12	12		12	12	12
						10			10	10
50	50	50	50	42	30	22	50	42	30	22
35	35	35	35	35	30	22	35	35	30	22
35	35	35	35	35	30	22	35	35	30	22
20	20	20	20	15	15	15	20	15	15	15
20	20	20	20	15	15	15	20	15	15	15
	20	20	20	15	15	15	20	15	15	15
	20	20	20	15	15	15	20	15	15	15
		20	20	15	15	15	20	15	15	15
		20	20	15	15	15	20	15	15	15
			15	15	15	15	20	15	15	15
				15	15	15		15	15	15
					12	12		12	12	12
						10			10	10

[1] Para la protección de motores y combinaciones de arranque
[2] Para valores divergentes de las corrientes asignadas para combinaciones de arranque

Tabla 10.6/9
(*Continuación*)

Interruptor termomagnético posconectado					**Interruptor automático preconectado para la protección de instalaciones**											
					3VF3 ajustable						**3VF3 con ajuste fijo**					
Interruptor termomagnético	Característica de disparo	I_n (A)			50	63	80	100	125	160	50	63	80	100	125	160
			I_i (A)		500	630	800	1000	1250	1600	400	500	630	800	1000	1280
			I_{cn} (kA)		40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100
5SN	B	6	6 kA	Protección "back-up" hasta: (kA)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
5SX2		10	y		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
5SX4		13	10 kA		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		16			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		20			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		25			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		32			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		40			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		50				10	10	10	10	10		10	10	10	10	10
	C	0,5–2	6 kA		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		3	y		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
		4	10 kA		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
		6			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		8			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		10			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		13			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		16			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		20			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		25			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		32			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		40			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		50				10	10	10	10	10		10	10	10	10	10

I_n ≡ Corriente asignada
I_i ≡ Corriente de ajuste del disparador instantáneo por cortocircuito
I_{cn} ≡ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito

3VF4				3VF5				3VF6	3VF7	3VF8	3WN1 3WS1
125	160	200	250	200	250	315	400	315 ... 630	400 ... 1250	1600 ... 2000	315 .. 6300
1250	1600	2000	2500	2000	2500	3150	4000	3200 ... 6300	15000	20000	3780 ... 75600
40/70 100	40/70 100	40/70 100	40/70 100	45/70 100	45/70 100	45/70 100	45/70 100	45/70 100	50/70/100	70/100	50 ... 100
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15,0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,0
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15,0
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabla 10.6/10
Valores de la protección de "back-up" para un interruptor automático con interruptores automáticos posconectados, 400 V C.A., 50 Hz

Interruptor automático posconectado					Interruptor automático preconectado										
					3VU16		3VF1231-1D...								
	I_n (A)				1,6/25	32/63	10,0	16,0	25,0	32,0	40,0	50,0	56,0	63,0	65,0
		I_i (A)			19/300	300/600	120	192	300	380	480	600	672	760	780
			I_{cn} (kA)		100	35	100	100	100	100	42,0	30,0	42,0	22,0	30,0
3VU13	≦ 6,0	≦ 72,0	100	Protección "back-up" hasta: (kA)	100	35		100	100	100	42	30	42	22	30
	10,0	120	10		100	35		100	100	100	42	42	18	18	18
	16,0	192	6		20	15			30	25	22	20	15	12	12
	20,0	240	6			15			25	22	18	15	12	10	10
	25,0	300	6			15				22	16	15	12	10	10
3VU16	≤25	≤300	100												
	32	380	35												
	40	480	35												
	50	600	35												
	63	600	35												
3VF1231-1D...	≤32,0	≤380	100												
	40,0	480	42												
	50,0	600	30												
	56,0	672	42												
	63,0	760	22												
	65,0	760	22												
	80,0	960	22												
3VF3	50	400	40												
	hasta	hasta	70												
	160	1600	100												
3VF4	125	1250	40												
	hasta	hasta	70												
	250	2500	100												
3VF5	200	2000	45												
	hasta	hasta	70												
	400	4000	100												
3VF6	315	3200	45												
	hasta	hasta	70												
	630	6300	100												

I_n ≡ Corriente asignada
I_i ≡ Corriente de ajuste del disparador instantáneo por cortocircuito
I_{cn} ≡ Capacidad asignada de ruptura en cortocircuito

Interruptor automático preconectado para la protección de instalaciones

3VF3			3VF4			3VF5			3VF6			3VF6			3VF7			3VF8	
50 hasta 160			125 hasta 250			200 hasta 400			315			400 hasta 630			400 hasta 1250			1600 hasta 2000	
400 hasta 1600			1250 hasta2500			2000 hasta 4000			3200			4000 hasta 6300			15000			20000	
40	70	100	40	70	100	45	70	100	45	70	100	45	70	100	50	70	100	70	100
40	70	100	40	70	100	45	70	100	45	70	100	45	70	100	40	65	65	70	100
15	15	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	10	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	10	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
40	70	100	40	70	100	45	70	100	45	70	100	45	70	100	50	65	100	70	100
40	65	65	40	50	50	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
40	65	65	40	50	50	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
40	65	65	40	50	50	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
40	65	65	40	50	50	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
40	70	100	40	70	100	40	65	100	45	70	100	45	65	100	50	65	100	70	100
40	65	65	40	65	65	40	65	65	45	65	65	42	42	42	42	42	42	42	42
40	65	65	40	65	65	40	65	65	45	65	65	30	30	30	30	30	30	30	30
40	65	65	40	65	65	40	65	65	45	65	65	42	42	42	40	42	42	42	42
40	65	65	40	65	65	40	65	65	45	65	65	22	22	22	22	22	22	22	22
40	65	65	40	65	65	40	65	65	45	65	65	30	30	30	30	30	30	30	30
40	65	65	40	65	65	40	65	65	45	65	65	22	22	22	22	22	22	22	22
			40	70	100	40	70	100	45	70	100	45	65	100	50	65	65	65	65
			40	70	100	40	70	100	45	70	100	45	65	100	50	70	65	70	70
			40	70	100	40	70	100	45	70	100	45	65	100	50	70	100	70	100
						40	70	100	45	70	100	45	65	100	50	65	65	65	65
						40	70	100	45	70	100	45	65	100	50	65	70	70	65
						40	70	100	45	70	100	45	65	100	50	65	70	70	100
									45	70	100	45	70	100	50	65	65	65	65
									45	70	100	45	70	100	50	70	70	70	70
									45	70	100	45	70	100	50	70	70	70	100
																	65	65	65
																	70	70	70
																	70	70	100

En el caso de que en las combinaciones no se tengan indicaciones se deben tener en cuenta las capacidades asignadas de ruptura en cortocircuito I_{cn} de ambos interruptores automáticos.

10.7 Corrientes de cortocircuito

10.7.1 Amortiguación de las corrientes de cortocircuito por efecto de los conductores y cables

En la Sección 2.1.6 se describió el efecto que tienen los transformadores y los conductores sobre la intensidad de la corriente de cortocircuito. En la figura 2.1/17 de esa sección se representa en forma gráfica la influencia que tiene la longitud del conductor y su sección en la intensidad de la corriente de cortocircuito.

En las tablas 10.7/1 y 10.7/2 se resumen los valores exactos de los cálculos de las corrientes de cortocircuito elaborados con los criterios mencionados. En los valores consignados en las tablas mencionadas se incluyó un 10% para valorar en forma global los factores cuya evaluación, por lo general, es dificultosa, tales como las resistencias óhmicas y las reactancias inductivas, las resistencias de paso de bornes y los contactos o las influencias inductivas de los elementos ferrosos de las construcciones (corrientes de Foucault). Los conductores deben resistir al cortocircuito hasta el valor de la corriente de cortocircuito prevista.

Estas tablas suministran los valores de las corrientes de cortocircuito que se prevén en el extremo de conductores de cobre de diferentes longitudes, secciones asignadas y temperaturas de servicio en redes de 230 ó 400 V (sistemas TN-C), así como un cortocircuito tripolar con $I_k = 10$ kA o $I_k = 50$ kA en el punto de alimentación.

En la publicación "Protección ante Sobrecargas y Cortocircuitos en Instalaciones de Baja Tensión" (Nº de Pedido E 20001–P285–A326) de Siemens, se suministra información más detallada relacionada con este tema, incluso para otras tensiones de red.

10.7.2 Esfuerzos dinámicos de la corriente de cortocircuito

La fuerza que ejercen entre sí los conductores principales rígidos a la flexión por los que circula corriente eléctrica toma valores considerables en caso de cortocircuito. En la figura 10.7/1 se representa a esta fuerza F por unidad de longitud del conductor para un cortocircuito bipolar, en función del valor de cresta de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) i_p, con la distancia a entre conductores como parámetro.

Tabla 10.7/1
Amortiguación de las corrientes de cortocircuito en el extremo de conductores de cobre de diferentes longitudes ante cortocircuitos tripolares en sistemas TN-C, $I_k = \mathbf{10}$ kA en el punto de alimentación y una tensión de red de 230 ó 400 V, 50 Hz

Longitud del conductor	0,3 m		1,0 m		3,0 m		10 m		30 m		50 m	
Sección asignada q_r en mm²	Tensión de red											
	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
240	9,98	9,99	9,92	9,96	9,77	9,87	9,26	9,58	8,06	8,83	7,14	8,19
120	9,97	9,98	9,89	9,94	9,69	9,82	9,02	9,42	7,48	8,41	6,36	7,58
95	9,96	9,98	9,88	9,93	9,64	9,79	8,88	9,33	7,17	8,19	5,96	7,27
70	9,96	9,97	9,85	9,92	9,56	9,75	8,64	9,19	6,64	7,82	5,32	6,75
50	9,94	9,97	9,81	9,89	9,44	9,68	8,27	8,96	5,89	7,27	4,50	6,02
35	9,93	9,96	9,76	9,86	9,29	9,59	7,83	8,69	5,14	6,65	3,75	5,28
25	9,91	9,95	9,69	9,82	9,08	9,47	7,24	8,30	4,31	5,88	3,01	4,45
16	9,86	9,92	9,53	9,73	8,63	9,20	6,18	7,54	3,17	4,66	2,10	3,29
10	9,79	9,88	9,29	9,59	7,95	8,79	4,92	6,49	2,20	3,44	1,40	2,29
6	9,65	9,80	8,84	9,33	6,86	8,07	3,51	5,07	1,40	2,29	0,87	1,46
4	9,48	9,70	8,30	9,01	5,77	7,24	2,56	3,92	0,96	1,61	0,59	1,00
2,5	9,18	9,53	7,42	8,45	4,42	6,04	1,71	2,76	0,61	1,04	0,37	0,64
1,5	8,65	9,22	6,13	7,54	3,07	4,57	1,07	1,79	0,37	0,64	0,23	0,39

Ejemplo:

Corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) $i_p = 80$ kA;

Distancia entre conductores $a = 30$ cm;

Separación entre dos soportes $l = 50$ cm.

Del diagrama representado en la figura 10.7/1 se obtiene un valor de 43 N/cm, que se deben multiplicar por la longitud de los conductores:

$F = 43\ \text{N/cm} \cdot 50\ \text{cm} = 2150\ \text{N}.$

El cálculo de la fuerza (ver la Sección 2.1.4) para el cortocircuito *bipolar* suministra el valor siguiente:

$$F_{p2} = 0{,}2 \cdot i_p^2 \cdot \frac{l}{a} = 0{,}2 \cdot (80)^2 \cdot \frac{50}{30} = 2133\ \text{N}.$$

Para el cortocircuito *tripolar* se obtiene el valor siguiente:

$$F_{p3} = 0{,}17 \cdot i_p^2 \cdot \frac{l}{a} = 0{,}17 \cdot (80)^2 \cdot \frac{50}{30} = 1813\ \text{N}.$$

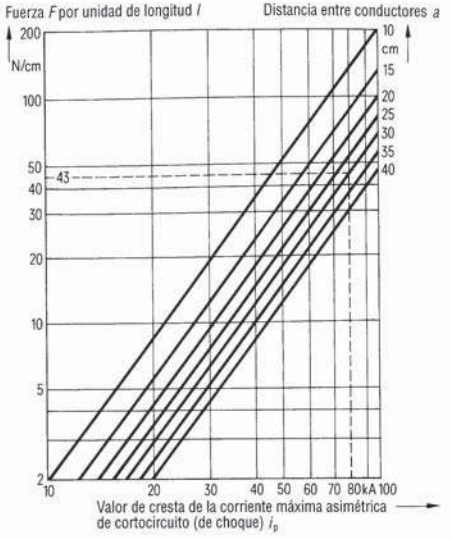


Figura 10.7/1
Fuerza que desarrolla la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) por unidad de longitud en función de la separación entre conductores

Tabla 10.7/2
Amortiguación de las corrientes de cortocircuito en el extremo de conductores de cobre de diferentes longitudes ante cortocircuitos tripolares en sistemas TN-C, $I_k = \mathbf{50}$ kA en el punto de alimentación y una tensión de red de 230 ó 400 V, 50 Hz

Longitud del conductore	0,3 m		1,0 m		3,0 m		10 m		30 m		50 m	
Sección asignada q_r en mm²	Tensión de red											
	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
240	49,49	49,71	48,32	49,03	45,24	47,18	36,77	41,57	23,57	30,71	17,23	24,20
120	49,37	49,64	47,93	48,81	44,04	46,50	33,36	39,37	18,68	26,24	12,78	19,31
95	49,31	49,60	47,70	48,68	43,32	46,10	31,49	38,08	16,56	24,02	11,05	17,16
70	49,20	49,54	47,32	48,47	42,07	45,40	28,37	35,83	13,57	20,61	8,78	14,11
50	49,03	49,45	46,67	48,12	39,96	44,22	24,09	32,33	10,40	16,53	6,59	10,86
35	48,81	49,33	45,84	47,69	37,36	42,71	20,05	28,49	8,03	13,14	4,98	8,39
25	48,49	49,15	44,54	47,00	33,75	40,22	15,95	23,97	6,02	10,08	3,69	6,30
16	47,76	48,77	41,68	45,47	27,35	35,70	10,98	17,56	3,92	6,7	2,38	4,11
10	46,50	48,12	37,06	42,81	20,37	29,21	7,24	12,05	2,51	4,33	1,51	2,63
6	43,98	46,81	29,81	37,87	13,55	21,18	4,44	7,57	1,51	2,62	0,91	1,58
4	40,65	45,02	23,30	32,29	9,44	15,43	2,98	5,14	1,01	1,75	0,61	1,06
2,5	35,0	41,63	16,37	24,82	6,08	10,26	1,88	3,26	0,63	1,10	0,38	0,66
1,5	27,06	35,76	10,54	17,07	3,72	6,38	1,13	1,97	0,38	0,66	0,23	0,40

10.8 Número de ciclos de maniobras de los aparatos de maniobra con diferentes tiempos de uso por día

La Tabla 10.8/1 permite determinar de manera sencilla el número de maniobras que realizó un aparato después de varios años de uso. Para esto se toma como base el número de maniobras por hora para una operación con uno, dos o tres turnos por día y 250 jornadas laborales por año (ver también la Sección 7.5).

Ejemplo:

Un aparato que realiza 100 maniobras/h durante 16 horas de trabajo por día, después de 5 años efectuó 2 millones de maniobras.

Una maniobra comprende un ciclo completo, es decir, una operación de cierre y otra de apertura.

Tabla 10.8/1
Número de maniobras en función del tiempo de uso y las maniobras por hora

Tiempo de uso		Maniobras[1]/h						
Años	Horas por día	1	5	10	50	100	500	1000
		Total de maniobras realizadas (en millones)						
3	8	0,006	0,03	0,06	0,3	0,6	3	6
	16	0,012	0,06	0,12	0,6	1,2	6	12
	24	0,018	0,09	0,18	0,9	1,8	9	18
5	8	0,010	0,05	0,10	0,5	1	5	10
	16	0,020	0,10	0,20	1,0	2	10	20
	24	0,030	0,15	0,30	1,5	3	15	30
10	8	0,020	0,10	0,20	1,0	2	10	20
	16	0,040	0,20	0,40	2,0	4	20	40
	24	0,060	0,30	0,60	3,0	6	30	60

[1] Una maniobra comprende un ciclo completo, es decir, una operación de cierre y otra de apertura

10.9 Tensiones y frecuencias de las redes de baja tensión en diferentes países

A continuación se suministra un listado de las tensiones y frecuencias correspondientes a las redes públicas de baja tensión en diferentes países fuera de Alemania. Este listado es informativo y no pretende ser completo.

Cuando se suministran dos valores para las tensiones de red de hasta 1000 V, la menor se utiliza, en primer lugar, para iluminación y aparatos pequeños (por ejemplo, receptores de radio), mientras que la mayor se emplea, en especial, para los aparatos consumidores con potencias mayores (por ejemplo, motores).

Si la relación entre las dos tensiones indicadas es de 1:2 (por ejemplo, 100/200 V), se tiene un sistema monofásico de tres conductores, de los cuales dos corresponden a la fase y el tercero al conductor central.

En el caso que la relación entre estas tensiones es de 1,73 (por ejemplo, 230/400 V), implica que el sistema es trifásico con cuatro conductores (estrella con neutro) en el que la tensión mayor indica la diferencia de potencial entre fases y la menor, entre fase y neutro.

Cuando sólo se indica un valor de tensión, por ejemplo, 500 V, en ese caso se trata de un sistema trifásico de tres conductores de fase (triángulo).

Europa Occidental

Austria
50 Hz 230/400 – 500[1] – 690[1] V

Bélgica
50 Hz 230/400 – 127/220 – 220 V

Dinamarca
50 Hz 230/400 V

España
50 Hz 230/400 V

Finlandia
50 Hz 230/400 – 500[1] – 660[1] V

Francia
50 Hz 127/220 – 230/400 – 500[1] – 380/660[1]
525/910[1] V

Gran Bretaña
50 Hz (230/400 V)[3]

Grecia
50 Hz 230/400 – 127/220[2] V

Irlanda
50 Hz 230/400 V

Irlanda del Norte
50 Hz 230/400 V – Belfast 220/380 V

Islandia
50 Hz 127/220[2] – 230/400 V

Italia
50 Hz 127/220 – 230/400 V

Luxemburgo
50 Hz 230/400 V

Noruega
50 Hz 230 – 230/400 – 500[1] – 690[1] V

Países Bajos
50 Hz 230/400 – 660[1] V

Portugal
50 Hz 230/400 V

Suecia
50 Hz 230/400 V

Suiza
50 Hz 230/400 – 500[2] V

Europa Oriental

Albania
50 Hz 230/400V

Bulgaria
50 Hz 230/400 – 127/220 – 220 V

Croacia
50 Hz 230/400 V

[1] Sólo industria
[2] Ya no se amplía
[3] A partir del año 2003

Eslovaquia
50 Hz 230/400 – 500[1] – 690[1] V

Eslovenia
50 Hz 230/400 V

Hungría
50 Hz 230/400 V

Polonia
50 Hz 230/400 V

República Checa
50 Hz 230/400 – 500[1] – 690[1] V

Rumania
50 Hz 230/400 – 127/220 [2] V

Servia
50 Hz 230/400 V

Territorio de la ex UdRSS
50 Hz 230/400 V – 690[1] V

Cercano Oriente

Afganistán
50 Hz 220/380V

Arabia Saudita
60 Hz 127/220 – 220/380 – 480[1] V
(220/380 – 240/415 V, 50 Hz : sólo redes residuales)

Bahrein
50 Hz 230/400 V

Chipre
50 Hz 240/415 V

Emiratos Arabes Unidos
(Abu Dhabi, Ajman, Dubai, Fujairah, Ras al-Khaimah, Sharjah, Umm al-Gaiwain)
50 Hz 220/380 – 240/415 V

Irán
50 Hz 220/380V

Irak
50 Hz 220/380V

Israel
50 Hz 230/400 V

Jordania
50 Hz 220/380V

Kuwait
50 Hz 240/415 V

Líbano
50 Hz 110/190 – 220/380V

Omán
50 Hz 220/380 – 240/415 V

Qatar
50 Hz 240/415 V

Siria 50
Hz 115/200 – 220 – 380 – 400[1] V

Turquía
50 Hz 220/380 V (partes de Estambul: 110/190 V)

Yemen del Norte
50 Hz 220/380 V

Yemen del Sur
50 Hz 230/400 V

Extremo Oriente

Bangladesh
50 Hz 230/400 V

Birmania
50 Hz 230/400 V

Camboya
50 Hz 120/208 V – Phnom Penh: 220/238 V

Corea del Norte
60 Hz 220/380 V

Corea del Sur
60 Hz 100/200[2] – 220/380 – 400[1] V

Filipinas
60 Hz 110/220 – 440 V

[1] Sólo industria
[2] Ya no se amplía

Hong Kong
50 Hz 200/346 V

India
50 Hz 220/380 – 230/400 – 240/415 V

Indonesia
50 Hz 127/220 – 220/380 – 400[1] V

Japón
50 Hz 100/200 – 400[1] V

Sur de Honshu, Shikoku, Kyushu, Hokkaido, Norte de Honshu
60 Hz 110/220 – 440[1] V

Malasia
50 Hz 240/415 V

Paquistán
50 Hz 230/400 V

República Popular China
50 Hz 127/220 – 220/380 V (en explotaciones mineras: 1140 V)

República Popular de Mongolia
50 Hz 220/380 V

Singapur
50 Hz 240/415 V

Sri Lanka
50 Hz 230/400 V

Tailandia
50 Hz 220/380 V

Taiwan
60 Hz 110/220 – 220/440 V

Vietnam
50 Hz 220/380 V

América del Norte

Canadá
60 Hz 600 – 120/240 – 460 – 575 V

Estados Unidos
60 Hz 120/208 – 120/240 – 277/480 – 600[1] V

América Central

Bahamas
60 Hz 115/200 – 120/208 V

Barbados
60 Hz 110/190 – 120/208 V

Belice
60 Hz 110/220 – 220/440 V

Costa Rica
60 Hz 120/208[2] – 120/240 – 127/220[2] – 254/440[2] – 277/480[1] V

Cuba
60 Hz 120/240 – 220/380 – 277/480[1] – 440[1] V

El Salvador
60 Hz 110/220 – 120/208 – 127/220 – 220/440 – 240/480[1] – 254/440[1] V

Guatemala
60 Hz 120/208 – 120/240 – 127/220 – 277/480[1] – 480[1] – 550[1] V

Haití
50 Hz 220/380 V (Jacmel)
60 Hz 110/220

Honduras
60 Hz 110/220 – 127/220 – 277/480 V

Jamaica
50 Hz 110/220 – 440[1] V

México
60 Hz 127/220 – 440[1] V

Nicaragua
60 Hz 110/220 – 120/240 – 127/220 – 220/440 – 254/440[1] V

Panamá
60 Hz 120/208[1] – 120/240 – 254/440[1] 277/480[1] V

Puerto Rico
60 Hz 120/208 – 480 V

[1] Sólo industria
[2] Ya no se amplía

República Dominicana
60 Hz 120/208 – 120/240 – 480[1] V

Trinidad y Tobago
60 Hz 110/220 – 120/240 – 230/400

América del Sur

Argentina
50 Hz 220/380 V

Bolivia
60 Hz 220/380 – 480 V
50 Hz 110/220 – 220/380 V (excepciones)

Brasil
60 Hz 110/220 – 220/440 – 127/220 – 220/380 V

Colombia
60 Hz 110/220 – 150/260 – 440 V

Chile
50 Hz 220/380 V

Ecuador
60 Hz 120/208 – 127/220 V

Guyana
50 Hz 110/220 V (Georgetown),
60 Hz 110/220 – 240/480 V

Paraguay
50 Hz 220/380 – 220/440V

Perú
60 Hz 220 – 220/380 – 440 V

Surinam
60 Hz 115/230 – 127/220 V

Uruguay
50 Hz 220 V

Venezuela
60 Hz 120/208 – 120/240 – 208/416 – 240/480 V

[1] Sólo industria
[2] Ya no se amplía

Africa

Africa del Sur
50 Hz 220/380 – 500[1] – 550/950 V

Angola
50 Hz 220/380 V

Argelia
50 Hz 127/220 – 220/380 V

Benin
50 Hz 220/380 V

Camerún
50 Hz 127/220 – 220/380 V

Congo
50 Hz 220/380 V

Costa de Marfil
50 Hz 220/380 V

Egipto
50 Hz 110/220 – 220/380 V

Etiopía
50 Hz 220/380 V

Gabón
50 Hz 220/380 V

Ghana
50 Hz 127/220 – 220/380 V

Guinea
50 Hz 220/380 V

Kenia
50 Hz 240/415 V

Liberia
60 Hz 120/208 – 120/240 V

Libia
50 Hz 127/220[2] – 220/380 V

Madagascar
50 Hz 127/220 – 220/380 V

Malawi
50 Hz 220/380 V

Malí
50 Hz 220/380 V

Marruecos
50 Hz 115/200 – 127/220 – 220/380 – 500[1)] V

Mauricio
50 Hz 240/415 V

Mozambique
50 Hz 220/380 V

Namibia
50 Hz 220/380 V

Níger
50 Hz 220/380 V

Nigeria
50 Hz 240/415 V

Ruanda
50 Hz 220/380 V

Senegal
50 Hz 127/220 – 220/380 V

Sierra Leona
50 Hz 220/380 V

Somalia
50 Hz 220 – 220/440 V

Suazilandia
50 Hz 220/380 V

Sudan
50 Hz 240/415 V

Tanzania
50 Hz 230/400 V

Togo
50 Hz 127/220 – 220/380 V

Túnez
50 Hz 115/200 – 220/380 V

1) Sólo industria

Uganda
50 Hz 240/415 V

Zaire
50 Hz 220/380 V

Zambia
50 Hz 220/380 – 415 – 550[1)] V

Zimbabwe
50 Hz 220/380 V

Oceanía

Australia
50 Hz 240/415 V, Australia Oeste: 254/440 V

Nueva Zelanda
50 Hz 230/400 V

10.10 Directivas de la Comunidad Europea para equipos de baja tensión

Los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens se desarrollan, construyen y prueban para su uso en el mercado mundial. La base de esto está dada por las correspondientes normas internacionales, regionales y nacionales, tales como las publicaciones IEC, las normas europeas, (EN o DIN EN), las normas DIN, así como las normas y disposiciones DIN VDE.

Además, los aparatos satisfacen las Directivas del Consejo de la Comunidad Económica Europea del 19.02.1993 (73/23/EWG) conocida como Directiva de la Comunidad Europea para Equipos de Baja Tensión ("EG-Richtlinie für Niederspannungs-Betriebsmittel") y que, de acuerdo con la resolución de este Consejo tiene carácter obligatorio para todos los países miembros de la CEE.

Desde el 1° de enero de 1995 está en vigencia en la CE la legislación que prohibe el lanzamiento al mercado de todas aquellas máquinas que no cumplen los requerimientos de la Directiva de Máquinas ("Maschinen–Richtlinie" – M RL).

El símbolo de identificación CE relacionado con esto es una condición previa para la comercialización de los productos debido a que su validez no se extiende sólo a las máquinas (93/68/EWG), sino

también, por ejemplo, a los equipos según la Directiva de Baja Tensión (73/23/EWG). Todo producto debe ajustarse a las Directivas que le conciernen como condición previa para su comercialización dentro del ámbito de la Unión Europea (EU).

El fabricante certifica la conformidad de su producto con las mencionadas directivas con el símbolo CE aplicado sobre dicho producto.

Por lo tanto, esta identificación con el símbolo CE es condición para el servicio dentro de la EU.

La identificación de los productos con el símbolo CE es una medida administrativa que demuestra a los entes estatales de contralor que el producto cumple con los requerimientos fundamentales de las Directivas EU correspondientes. En el ínterin ya se dispone de 14 Directivas CE de la nueva concepción que se incorporaron en la legislación alemana.

Para los productos de la industria eléctrica tienen especial significado las tres directivas CE detalladas en la Tabla 10.10/1. Los requerimientos de las mismas, con frecuencia, tienen aplicación conjunta.

Los campos de aplicación de las directivas según la nueva concepción, por lo general, se formulan con una base amplia y abstracta y, por lo tanto, en el futuro no se podrá determinar en forma inmediata e inequívoca los contenidos de las directivas que deben aplicarse a un producto en particular. También pueden producirse problemas cuando se superponen los campos de aplicación.

En este caso tiene que verificarse cuál es (son) la(s) directiva(s) que debe(n) aplicarse al producto en particular.

Así, por ejemplo, en el Artículo 1, Párrafo 5 de la Directiva para Máquinas 89/392/EWG, modificada por la 91/368/EWG se indica: "... cuando los riesgos emergentes de una máquina son esencialmente de naturaleza eléctrica, corresponde aplicar exclusivamente la Directiva 73/23/EWG (Directiva de Baja Tensión – "NS RL") ...".

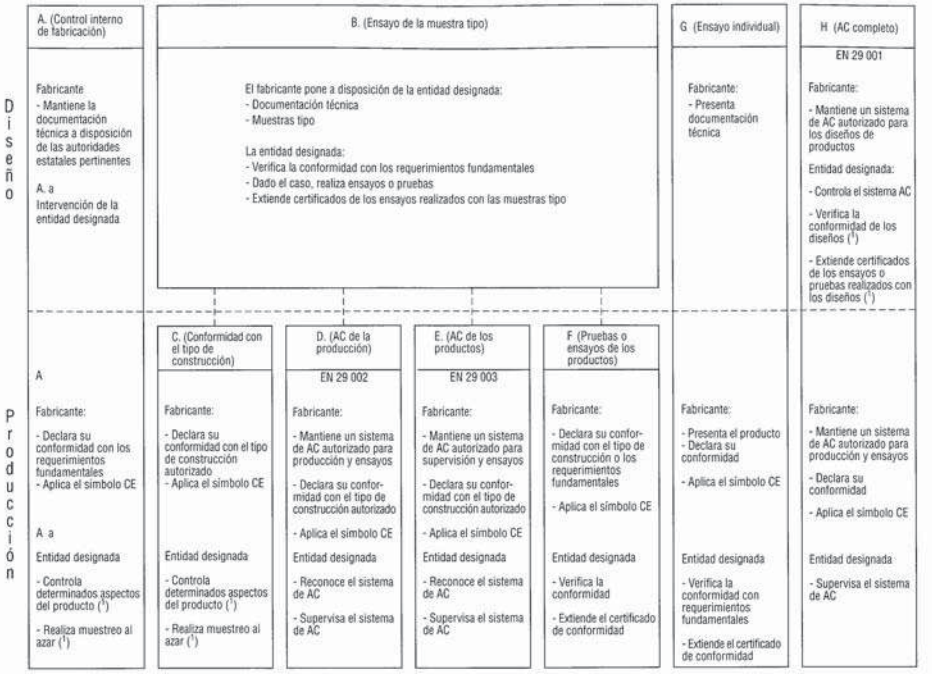
Es decir, para este caso y con toda claridad, la Directiva de Baja Tensión se extrajo del campo de aplicación de la Directiva de Máquinas.

Una gran parte de los equipos eléctricos comprendidos en la Directiva de Baja Tensión 73/23/EWG, también pertenecen al campo de aplicación de la Directiva de Compatibilidad Electromagnética 89/336/EWG, modificada por la Directiva 92/31/EWG y la 93/68/EWG (ver la Sección 1.6.3).

Las directivas antes mencionadas no contienen detalles técnicos y sólo mencionan requerimientos globales de protección. Las normas genéricas básicas ("Generic Standards") sólo se aplican, según la Directiva de Compatibilidad Electromagnética, cuando no existen las normas de producto ("Product Standards") correspondientes. A comienzos de 1997 se tenían cuatro normas genéricas básicas, EN 50 081-2 y 50 082-2 "Emisión y resistencia a las señales perturbadoras en el campo industrial", así como las

Tabla 10.10/1
Directivas de la CE para productos de la industria eléctrica

Título	Nº europeo de referencia	Ley alemana	Símbolo CE	
			Permitido	Obligatorio
Disposición para Baja Tensión (NS RL)	73/23/EWG	1ª GSGV del 11.06.1979	01.01.1995	01.01.1997
Disposición de Compatibilidad Electromagnética (EMV RL)	89/336/EWG	Ley de Compatibilidad Electromagnética del 10.11.1992	01.01.1992	01.01.1996
Disposición para Máquinas (M RL)	89/392/EWG	9ª GSGV del 10.05.1993	01.01.1993	01.01.1995



AC = Aseguramiento de la Calidad = QS (alemán) = QA (inglés).

(1) En directivas específicas pueden fijarse otras disposiciones.

Figura 10.10/1
Procedimiento para evaluar la conformidad CE en el marco de la legislación de la Comunidad Europea

EN 50 081-1 y 50 082-1 "Emisión y resistencia a señales perturbadoras en el campo de las viviendas, los comercios y las pequeñas industrias".

En la norma EN 60 947 ("Product Standards") se fijan valores para la emisión e inmisión correspondiente a los aparatos de maniobra de baja tensión. En la mayoría de los casos no se requiere la actuación de la "entidad oficial" correspondiente.

Se debe tener en cuenta que las normas de producto ("Product Standards") tienen mayor prioridad que las normas genéricas ("Generic Standards").

La figura 1.6/2 de la Sección 1.6.3 representa el diagrama de flujo del procedimiento que se debe seguir para aplicar a un producto el símbolo de conformidad CE de acuerdo con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética.

Para acreditar la conformidad de un producto con la "Directiva" se desarrollo un procedimiento modular (93/465/EWG) en el marco de la legislación de la Comunidad Europea (Figura 10.10/1). Para los productos comprendidos en la Directiva de Baja Tensión ("NS RL") se fijó el módulo A. Este módulo admite un control interno de fabricación (en contraposición de una certificación realizada por un tercero). En este procedimiento, el fabricante debe tener la documentación técnica a disposición de las autoridades competentes durante la fase del desarrollo.

En la fase de la producción, el fabricante declara que su producto cumple con los requerimientos respectivos (Declaración de Conformidad CE) y con su exclusiva responsabilidad aplica al producto el símbolo CE.

10.11 Vocabulario técnico resumido

En la presente sección se aclaran numerosos conceptos técnicos con el fin de facilitar la comprensión general de la obra aunque no todos se encuentren definidos a nivel internacional.

Una flecha → delante de una palabra indica que ese término también se aclara en esta sección.

Accionamiento

1. Los accionamientos o grupos de accionamientos comprenden la totalidad de las máquinas eléctricas y los dispositivos eléctricos y mecánicos correspondientes, sin depender de la disposición.

2. Parte de un aparato de maniobras que transmite o realiza un movimiento mecánico. Según la clase de operación se dividen en los siguientes grupos:

a) accionamiento manual

b) accionado por pedal o pié

c) accionamiento magnético

d) accionamiento motorizado

e) accionamiento neumático.

Accionamiento forzado

Movimiento de maniobra, que en condiciones determinadas asegura que los contactos auxiliares de un → aparato de maniobras mecánico se encuentran en sus respectivas posiciones de abierto o cerrado en correspondencia con los contactos principales.

Accionamiento independiente del operador

Maniobra realizada a través de un → accionamiento por acumulación de energía, dispositivo en el cual la energía necesaria se carga en forma manual y luego se libera de golpe, de esta manera se asegura que la velocidad y la fuerza para el movimiento de los contactos no dependan del operador.

Accionamiento magnético

→ Accionamiento mecánico, para → aparatos de maniobra operados a distancia, por ejemplo, → contactores.

Sus principales componentes son una bobina y un núcleo magnético, cuya parte móvil se denomina → armadura (del electroimán).

Una señal de entrada que se aplica a la bobina, origina el movimiento de la armadura el que, a su vez, provoca el cierre o la apertura del aparato.

Accionamiento manual dependiente

El → accionamiento, la velocidad y la fuerza necesarias para el movimiento de los contactos dependen exclusivamente de la fuerza que el operador ejerce sobre el elemento de mando.

Accionamiento mecánico

→ Accionamiento, cuya maniobra no se realiza por medio de la fuerza humana.

Accionamiento mecánico dependiente

→ Accionamiento, cuya maniobra no se realiza por medio de la fuerza humana, por lo tanto, la apertura o el cierre completo de los contactos depende de la continuidad del suministro de energía (por ejemplo, → accionamientos magnéticos, por motor, o por aire comprimido).

Accionamiento por acumulación de energía

La maniobra se realiza por medio de la energía almacenada en el mecanismo de accionamiento, la que alcanza para ejecutarla bajo condiciones determinadas. La energía debe estar acumulada antes de comenzar la → operación.

Actuador

Denominación común de los aparatos capaces de convertir señales provenientes del sistema de automatización en señales de conexión o desconexión que influyen en el proceso, por ejemplo, contactores o electroválvulas.

Acumulador de energía

→ Acumulador de fuerza.

Acumulador de fuerza

Parte del → interruptor con cerrojo que, a través de la tensión de un resorte cargado al comenzar el movimiento de cierre del interruptor automático, almacena suficiente energía para completar por sí mismo el ciclo de operación bajo las condiciones previstas y establecidas.

Aislamiento de protección

→ Medida de protección realizada por medio de:

- un aislamiento adicional al básico o
- un refuerzo del aislamiento básico

De forma tal que ante una falla del aislamiento básico evitará la circulación de corrientes peligrosas para el cuerpo humano.

Ajuste de la intensidad
(de un disparador por sobreintensidad)

Valor de la intensidad para el que se ajusta un → disparador, y para el cual se establecen las condiciones de operación del mismo.

Alimentador

Unidad funcional cuya función es conducir la energía eléctrica hacia los → tableros o cuadros.

ALPHA

La Asociación para la Prueba y Certificación de Aparatos de Baja Tensión (E.R.), instituto de la industria eléctrica alemana que se fundó para actuar como complemento de las autoridades de normalización nacionales e internacionales existentes. Su objetivo es el de transferir mayor responsabilidad a los diferentes fabricantes y asistirlos en la obtención de una amplia aceptación de pruebas internas, certificaciones y declaraciones de conformidad.

Para ello, ALPHA elabora módulos de prueba, directivas para la documentación de los resultados de las pruebas y el uso profesional de especificaciones válidas. ALPHA, con la colaboración de → LOVAG, trata de lograr el reconocimiento mutuo de las certificaciones, así como acortar los procedimientos para lograr las aprobaciones e instituir un único certificado de normalización con validez en toda Europa y luego extenderlo a nivel mundial.

Altitud de instalación

Cuando el montaje de los equipos eléctricos se realiza a una altitud que supera los 2000 m sobre el nivel del mar o 1000 m para los aparatos electrónicos, disminuye la capacidad de disipación térmica de los componentes a causa de la reducción de la densidad del aire. A raíz de esto se debe disminuir la corriente asignada de servicio. Del mismo modo se puede disminuir la rigidez dieléctrica.

American Wire Gauge – AWG (Número)

Número que identifica la sección de los conductores o alambres redondos de origen estadounidense. Con cada número AWG el área de la sección transversal varía en un 26%. Para definir estos números se aplican las reglas siguientes:

1. A diámetros mayores corresponden números AWG menores.
2. Un alambre de cobre AWG 10, tiene un diámetro aproximado de 2,54 mm, un área de la sección transversal de unos 5 mm^2 y una resistencia de 1,0 Ω para 304,8 m de longitud.
3. Una reducción de 3 AWG (por ejemplo, de AWG 10 a AWG 7), implica una duplicación del área de la sección transversal y la masa (peso), mientras que la resistencia de corriente continua se reduce a la mitad.
   A la inversa, un aumento de 3 AWG, reduce la sección y el peso a la mitad e incrementa al doble la resistencia de corriente continua.
4. Una reducción de 6 AWG (por ejemplo, de AWG 10 a AWG 4), implica una duplicación del diámetro. A la inversa, un aumento de 6 AWG (por ejemplo, de AWG 10 a AWG 16) reducirá el diámetro a la mitad.

Los calibres AWG no pueden convertirse en forma directa por cálculo a milímetros cuadrados. Ver también las tablas 10.1/11 y 10.3/6.

Ángulo de maniobra

Ángulo que debe girarse → el elemento de mando de un → aparato de maniobras para operar el mismo.

Aparato de mando

Aparatos operados en forma manual que, incluidos en los → circuitos auxiliares, permiten comandar (por ejemplo, → conectar, → desconectar) los aparatos de maniobra dispuestos en el → circuito principal.

Apertura forzada

Movimiento de apertura que asegura que todos los → contactos principales están abiertos cuando el accionamiento del → aparato de maniobras se encuentra en la posición correspondiente a abierto.

Aprobación (Approbation)

Homologación de los aparatos de maniobra y tableros o cuadros, sobre la base de la aplicación parcialmente obligatoria de las normas vigentes en los diferentes países en conjunto con normativas como → IEC, → CENELEC, → CEE, etc. Así, por ejemplo, para el mercado de EE.UU. o de Canadá, se requiere la "Approbation" del UL o del CSA. En este caso se tiene además la obligatoriedad de aplicar sobre el aparato el símbolo o sello de aprobación.

Arco eléctrico

Fenómeno que se produce cuando se abre un circuito eléctrico con tensiones superiores a 15 V. La magnitud del arco eléctrico depende, entre otros factores, del tipo y valor de la carga, del factor de potencia, así como del instante en el que ocurre la separación de los contactos. En el interior de un arco eléctrico pueden producirse temperaturas de 10000 a 15000 °C, las cuales vaporizan parte del → material del contacto. Como el arco eléctrico influye en forma directa sobre la → vida útil de los → contactos, se deben arbitrar medidas que lo limiten o lo extingan con la mayor rapidez posible (→ desionización).

Arco eléctrico, su formación

Un arco eléctrico se forma cuando una corriente eléctrica se descarga por el aire, o mejor dicho, a través de una columna de gases ionizados. Mientras que la tensión a lo largo de un conductor con determinada longitud y resistencia óhmica se incrementa en forma proporcional a la corriente que circula, en el caso del → arco eléctrico se produce el efecto inverso. Si se supone una longitud constante, la caída de tensión diminuye a lo largo del arco eléctrico con corriente creciente. Esto se explica a través del hecho de que la conductividad de una columna de gases ionizados depende de la temperatura, es decir, para mayor intensidad del arco, aumenta la temperatura y en consecuencia también se incrementa el grado de ionización. En los aparatos de baja tensión, la temperatura en un arco eléctrico alcanza

temperaturas típicas que varían entre 10000 y 15 000 °C. Cuando se abre un circuito eléctrico con tensiones superiores a 15 V, siempre se forman arcos eléctricos (ver también → arco eléctrico). Los cortocircuitos son, por lo general, la consecuencia de una formación de arcos eléctricos fuera de control entre → partes conductoras con diferente potencial (descarga eléctrica).

Los cortocircuitos entrañan un peligro de incendio y pueden causar enormes daños si no se los controla o interrumpe inmediatamente. (Ver también → dispositivos de protección ante cortocircuitos).

Armadura magnética

Es la parte móvil de un → sistema magnético, tal como el que se utiliza en un → contactor o en un disparador electromagnético. La armadura (magnética), por lo general, está formada por un núcleo magnético laminado. Cuando se excita la bobina del sistema, la parte fija (núcleo) del sistema magnético atrae a la armadura. La armadura de los → contactores está vinculada con los → contactos móviles.

Arrancador de motor

Se denomina de esta manera a la combinación de todos los aparatos requeridos para el arranque y la parada de un motor eléctrico en relación con una protección contra sobrecargas apropiada. Se puede tratar, por ejemplo, de una combinación de aparatos de maniobra como un → contactor, un → relé de sobrecarga, → elementos de mando y, para casos dados, lamparas de señalización, todos cableados y montados en una caja (armario); o un → interruptor automático para la protección del motor con disparadores a y n.

Arrancador estrella-triángulo

Es un → arrancador de motor (por lo general, para motores con rotor jaula de ardilla), que en el arranque inicia la marcha en conexión estrella y luego de un cierto tiempo conmuta a triángulo. Los arrancadores estrella-triángulo se utilizan en aquellos lugares de la red donde deben evitarse corrientes de arranque elevadas que produzcan caídas bruscas de tensión en la misma. Durante la primera etapa del arranque (conexión en estrella), la intensidad de la → corriente de arranque se limita a 1/3 de la que circularía en un → arranque directo. El par de arranque también se limita a 1/3 del valor correspondiente a un arranque en la conexión triángulo. Cuando el motor alcanza el 90% de su velocidad asignada, se conmuta a la conexión triángulo (de servicio). En los arrancadores estrella-triángulo automáticos, (por lo general, una → combinación de aparatos de maniobra formada por tres → contactores, un → relé de sobrecargas y el mando correspondiente), el tiempo de conmutación se ajusta por medio de un → relé de tiempo. En el caso de un arrancador estrella-triángulo con operación manual (por ejemplo, con un → interruptor de mando), el operador determina cuando se realiza la conmutación.

Ejecuciones especiales de estos arrancadores son, por ejemplo, arrancadores estrella-triángulo con conmutación sin interrupción y → arrancadores estrella-triángulo de cuatro etapas.

Los arrancadores estrella-triángulo también se denominan "Arrancadores YΔ".

Arrancador estrella-triángulo de cuatro etapas

Los arrancadores estrella-triángulo de cuatro etapas (sólo se pueden utilizar para motores eléctricos con bobinados divididos y nueve bornes de conexión) se aplican en el caso de accionamientos con par antagónico tan elevado que los arrancadores normales en conexión estrella-triángulo no logran acelerar el motor hasta la velocidad necesaria para la conmutación (ver también → arrancador estrella-triángulo).

Arrancador suave

Es un → arrancador que reduce el par de arranque (o el par inicial de arranque) del motor para disminuir las sacudidas de la máquina accionada. En el caso de motores con rotor jaula, al iniciar la operación de arranque se disminuye el par de arranque reduciendo la tensión aplicada en los bornes del motor a un valor inferior a la tensión asignada (el par de arranque en un motor asincrónico, es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada). La tensión aplicada en los bornes del motor se eleva en cuanto el motor gira. Los métodos clásicos para reducir la tensión aplicada en bornes del motor son, por ejemplo, → arrancador estrella-triángulo, arranque mediante autotransformador y arranque por medio de resistencias intercaladas en el circuito del estator. En la práctica se impone cada vez en mayor medida el uso de equipos de control con semiconductores (por ejemplo, SIKOSTART) con circuitos tiristorizados para regular la tensión en los bornes del motor con rotor jaula (ver también → parada suave).

En el caso de los motores con anillos rozantes, el arranque suave se logra a través de la regulación de las resistencias intercaladas en su circuito rotórico.

El arranque suave también se puede lograr con elementos mecánicos, por ejemplo, con cajas reductoras hidráulicas, acoples, etc.

Arrancar

Significa iniciar un movimiento giratorio desde el reposo hasta la velocidad nominal o de régimen.

La condición necesaria para que un motor pueda arrancar es que para todas las velocidades, el par impulsor suministrado por este motor supere el par de carga o resistente de la máquina accionada.

Arranque

Acción de conectar un aparato o → consumidor eléctrico, con preferencia motores, como mínimo, por medio de una etapa intermedia o en forma continua hasta alcanzar el régimen de servicio.

La desconexión de resistencias en las etapas intermedias o el uso de arrancadores electrónicos SIKOSTART permiten obtener pares de arranque con características determinadas o limitar las elevadas intensidades de la corriente de arranque.

Arranque pesado

Se define como "arranque pesado" el que se produce cuando, por una relación especial de cargas, desde el momento de la conexión de un motor y el instante en el que éste alcanza su velocidad asignada, pasan más de 10 ó 15 s. En este caso la solicitación del motor durante el arranque es superior a la que luego debe vencer durante el servicio asignado. Para alcanzar la velocidad asignada se requiere un tiempo prolongado porque tienen que acelerarse grandes masas (por ejemplo, las de trenes de laminación o de máquinas centrífugas). Para la protección de los motores con arranque pesado se requiere el uso de → relés de sobrecarga especiales (relés para arranque pesado, relés electrónicos de sobrecarga o → aparatos de protección de motores por termistores).

"AS-Inteface" o AS-i

→ Interfaz actuador – sensor

Asociación internacional "AS-i"

Esta asociación fomenta el uso de la interfaz "AS-i" como norma industrial independiente del fabricante y está a disposición de los usuarios y fabricantes de la misma, al igual que de las instituciones de investigación. En diferentes países se encuentran grupos afines.

AS-International Association,
Auf dem Broich 4a,
D 51 5129
Odental,
República Federal de Alemania;
Teléfono: ++21 74-4 07 56, Fax: ++21 74-4 15 71.

AUSTER

Procedimiento computadorizado para seleccionar on–line, off-line, productos con sus datos técnicos completos (Banco de datos centralizado de productos)

Autorretención

Circuito mediante el cual un → contactor se puede mantener en la "posición de conectado", después de que un pulso lo accionó.

Autotransformador de arranque

Se utiliza para implementar un → arranque suave de motores con rotor jaula de ardilla. El autotransformador con una relación adecuada reduce la tensión en los bornes del motor durante su arranque.

AWG

Sigla **A**merican **W**ire **G**auge: Sistema estadounidense de dimensiones normalizadas para la sección de los conductores de hasta 107,2 mm^2 = AWG 4/0 (también AWG 0000).

Baja tensión de protección

→ Medida de protección, en la que los circuitos se operan aislados de tierra con una tensión asignada de 50V en corriente alterna o 120V en corriente continua[1)], y cuando la alimentación desde circuitos con tensiones superiores presenta una separación segura.

Bastidor

Construcción portante que forma parte de un → tablero (o cuadro) (→ combinación de aparatos de maniobra), que soporta diferentes componentes y dado el caso, el cerramiento o caja de la combinación de aparatos de maniobra.

BERO

BERO es el acrónimo de la expresión en alemán **B**erührungslose **E**ndtaster mit **r**ückgekoppeltem **O**szillator, es decir, fin de carrera sin contacto con oscilador realimentado. Su principio de funcionamiento puede ser inductivo, capacitivo o por ultrasonido. Se trata de un interruptor fin de carrera electrónico sin ningún contacto físico y, por lo tanto, no posee partes móviles o deslizantes expuestas a un desgaste mecánico. En las normas se los denomina "detectores de proximidad".

Binario

Binario significa "compuesto por dos unidades". Ambos valores se caracterizan, por lo general, por los estados 0 o L (**L**ow = bajo), así como 1 o H (**H**igh = alto). La ventaja de la representación binaria está dada por la sencilla realización de ambos valores en la electrónica por medio de "se tiene tensión" o "no se tiene tensión". La mayor parte de los aparatos de maniobra como, por ejemplo, → contactores e → interruptores automáticos solo pueden adoptar la posición de cerrado o de abierto (SI o NO / conectado o desconectado) y, por lo tanto, se los considera aparatos binarios.

Bit, bitio

Acrónimo de "**bi**nary digi**t**", es decir, dígito binario o cifra de dos dígitos significativo. Es la menor unidad de información en la técnica digital, 1 bit corresponde a una decisión binaria (→ binario), por ejemplo, H (**H**igh = alto) o L (**L**ow = bajo).

Blindaje electromagnético

Revestimiento o envoltura conductora que confiere una protección eléctrica o magnética a los equipos electrónicos

[1)] Estos valores de la tensión podrán variar de acuerdo con las reglamentaciones vigentes en los diferentes países.

que debe eliminar la emisión de señales perturbadoras o la interferencia de señales externas en el funcionamiento interno de estos equipos.

Bloque de contactos auxiliares

Módulo en el cual se podrán asociar diferentes combinaciones de contactos auxiliares y que, por lo general, se puede montar con posterioridad sobre un → aparato de maniobras (construcción modular → principio modular).

Bloqueo de reconexión

Este bloqueo impide toda nueva conexión por medio de una orden de mando hasta que se lo elimina ex profeso.

Bobina de apertura por tensión o por corriente de trabajo

La bobina de apertura por tensión también se denomina bobina de disparo por corriente de trabajo. → disparador auxiliar para desconexión a distancia y para enclavamiento de → interruptores con cerrojo. Cuando se excita la bobina de este electroimán, atrae una armadura que, a su vez, libera el cerrojo. La fuente de tensión para la excitación puede ser independiente del → circuito principal.

Bobina de mínima tensión

→ Disparador que libera, con o sin retardo, la apertura o cierre de un → aparato de maniobras mecánico cuando la → tensión de comando en los bornes de la bobina cae por debajo de un valor prefijado. Impide un nuevo arranque automático de máquinas al retornar la tensión después de una interrupción de la misma. Otras aplicaciones de este dispositivo son: enclavamiento y desconexión a distancia.

Bobina de soplado

Bobina especial con un número de espiras dado, integrada en cada vía de corriente o polo principal de un interruptor de corriente continua, a fin de mejorar la → extinción del arco eléctrico durante la apertura del sistema de → contactos. La corriente de apertura que circula por la bobina genera un campo magnético que sopla el → arco eléctrico hacia la → cámara apagachispas, en la que se lo enfría y apaga definitivamente. De esta forma se interrumpe la circulación de la corriente. Un imán permanente ubicado en la cámara apagachispas asume la función de soplar el arco cuando el campo magnético de la bobina resulta demasiado débil. En los interruptores para corriente alterna se obtiene un efecto similar mediante una curva o lazo individual en cada vía de corriente. Las condiciones para la extinción del arco en este caso no son tan relevantes como en corriente continua porque en cada media onda la corriente alterna pasa por el valor cero. No obstante, este método del lazo de corriente también se denomina "soplado magnético".

Bus

Sistema de conductores comunes entre unidades funcionales sobre el que se realiza el intercambio de datos, por ejemplo, para mandos, avisos, o parametrización. El trayecto de transmisión común, con el cual están conectados todos los participantes, tiene dos posiciones terminales definidas.

Byte

Serie de ocho (8) → bit que se considera una unidad.

Caja (carcasa)

Es la parte de un equipo eléctrico que lo protege de determinadas condiciones ambientales externas y, además, impide el contacto directo desde cualquier dirección con una → clase de protección, mínima: IP2X.

Calefactor

Aparato utilizado para calentar el aire interior en armarios, tableros y cajas de uso eléctrico. De esta manera se asegura una temperatura mínima en el armario, se reduce la humedad relativa y con ello se provee protección contra condensación.

Cámara apagachispas

Parte de un → aparato de maniobras, ubicado sobre los → contactos para conducir y extinguir el → arco eléctrico. Además, protege ante arcos entre los diferentes polos (→ Cámara extintora con deflectores metálicos) de ese aparato.

Cámara de deionización

→ Cámara extintora de arco con deflectores metálicos, → cámara apagachispas.

Cámara de extinción

→ Cámara apagachispas, → cámara extintora de arco con deflectores metálicos.

Cámara extintora de arco con deflectores metálicos

El → arco eléctrico se divide en numerosos arcos individuales mediante las placas metálicas existentes en la cámara (también denominada → cámara de desionización). En corriente alterna, los arcos se extinguen en el paso de la corriente por cero. Se evita un nuevo encendido del arco eléctrico al restablecerse la tensión desplazándolo desde los → contactos hacia las → placas de extinción en la cámara apagachispas y la subdivisión del arco mencionada.

Campo de trabajo

Rango admisible en el que la tensión de mando (auxiliar) puede diferir de la asignada sin que se afecte la seguridad de servicio del aparato de maniobras (por ejemplo, un contactor).

Capacidad asignada de cierre sobre cortocircuitos I_{cm}

La capacidad asignada de cierre sobre cortocircuitos I_{cm} está dada por el valor de la intensidad de la corriente de cortocircuito, indicado por el fabricante, que un interruptor automático puede cerrar con: → la tensión asignada de servicio, → la frecuencia asignada, → el factor de potencia definido (o → la constante de tiempo establecida). Se la expresa por medio del valor máximo de cresta de la corriente de cortocircuito (franca o no influenciada).

En el caso de los interruptores de potencia para corriente alterna, el valor de la capacidad asignada de cierre sobre cortocircuitos debe ser, como mínimo, igual al de la → capacidad asignada de ruptura de cortocircuitos multiplicado por el factor n.

Para los interruptores de potencia de corriente continua, el valor de la capacidad asignada de cierre sobre cortocircuitos debe ser, como mínimo, igual al de la → capacidad asignada de ruptura de cortocircuitos. Aquí se considera que la intensidad final de la corriente de cortocircuito es constante.

La capacidad asignada de conexión de cortocircuitos, considera que el interruptor automático puede cerrar una intensidad de corriente correspondiente a una tensión de hasta el 110% de la tensión de servicio asignada.

Capacidad asignada de ruptura de cortocircuito I_{cn}

La capacidad asignada de ruptura de cortocircuito I_{cn} está dada por el valor de la intensidad de la → corriente de cortocircuito, indicado por el fabricante, que un interruptor automático puede desconectar con: → la tensión asignada de servicio, → la frecuencia asignada, el factor de potencia definido (o la constante de tiempo establecida). Se considera válida la corriente franca o no influenciada (en corriente alterna es el valor eficaz de la componente alterna). En el caso de los interruptores de potencia para corriente alterna, el valor de la capacidad asignada de ruptura de cortocircuitos debe ser independiente de la magnitud de las componentes de continua (→ componente de corriente continua). La capacidad asignada de ruptura de cortocircuito, considera que el interruptor automático puede desconectar toda corriente hasta la intensidad correspondiente a la tensión de restablecimiento a frecuencia de red con hasta el 110% de la → tensión de servicio asignada. Esto vale para las condiciones siguientes:

- en corriente alterna: para diferentes factores de potencia siempre que no sean inferiores al establecido en las respectivas especificaciones de ensayo.
- en corriente continua: cuando el fabricante no establece otra condición, con cualquier constante de tiempo que no sea mayor que el valor establecido en las respectivas especificaciones de ensayo.

La capacidad de ruptura de cortocircuito deja de tener validez para tensiones de restablecimiento a frecuencia de red superiores al 110% de la → tensión asignada de servicio.

Capacidad de carga o carga máxima admisible

Es la capacidad de un conductor o de un aparato para conducir o maniobrar bajo determinadas condiciones, la mayor intensidad admisible de la corriente.

La carga máxima admisible de un aparato de maniobras depende, entre otros factores, de su tamaño constructivo, encapsulado o carcasa y de la temperatura ambiente.

Carga eléctrica máxima admisible:
→ Corriente de carga

Capacidad de carga mecánica:
→ Vida útil mecánica

Capacidad de carga térmica:
→ Temperatura límite, corriente asignada de breve duración

Capacidad de carga dinámica → Estabilidad dinámica de cortocircuito, corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque)

Capacidad de conexión asignada o poder de cierre asignado

Es la máxima intensidad de la corriente que un aparato de maniobras puede conectar bajo determinadas condiciones.

Capacidad de conexión o de apertura en cortocircuito

→ Capacidad de conexión o de apertura, en la que las condiciones especificadas incluyen un → cortocircuito en las conexiones de un → interruptor automático.

Capacidad de maniobra

Corriente que un → aparato de maniobras puede conectar y desconectar bajo condiciones establecidas (→ capacidad de apertura y → capacidad de conexión).

Cuando la capacidad de conexión de un aparato de maniobras es mayor que su capacidad de apertura o viceversa, se puede indicar por separado la → capacidad de apertura o la → capacidad de conexión.

Capacidad de maniobra asignada

Es la → capacidad de conexión asignada y → capacidad de apertura asignada. La → capacidad de maniobra de la corriente de cortocircuito se expresa por medio de la corriente de cortocircuito permanente no influenciada en el lugar de montaje del → interruptor automático. En corriente alterna tiene validez el valor eficaz de la componente simétrica.

Capacidad de ruptura o de desconexión

→ Valor eficaz de la corriente, para un cos φ y tensión determinados, que un aparato de maniobras o fusible aún puede desconectar con seguridad de servicio (→ capacidad de ruptura asignada). Para corriente alterna tiene validez el valor eficaz de la componente simétrica.

Capacidad de ruptura o de desconexión asignada

Es la máxima corriente, que un → aparato de maniobras puede desconectar bajo determinadas condiciones.

Característica $I^2 \cdot t$

Curva representativa de los valores $I^2 \cdot t$ en función de los tiempos de desconexión (por lo general, se indican los valores máximos o mínimos de $I^2 \cdot t$) como una función de la → corriente no influenciada (corriente prevista), con condiciones establecidas de servicio.

Carga

Concepto perteneciente a la técnica de mediciones. Con carga se indica la resistencia total conectada en el circuito secundario de un transformador de medida e incluye la resistencia eléctrica de los conductores y la de los instrumentos conectados en ese circuito.

Categoría de servicio

La categoría de servicio se utiliza para caracterizar la aplicación y solicitación de los → aparatos de maniobra. Las disposiciones pertinentes (por ejemplo, la norma DIN VDE 0660 y la Publicación IEC 947) establecen combinaciones de requerimientos para determinados grupos de empleo o servicio que definen casos de aplicación prácticos. Cada categoría de servicio se identifica por las características siguientes:

1. Valores de las corrientes de conexión / desconexión como un múltiplo de la → corriente asignada de servicio.
2. Valores de la tensión como múltiplo de la → tensión asignada de servicio (→ tensión asignada),
3. Valores del factor de potencia cos φ o de la constante de tiempo τ,
4. Comportamiento en caso de → cortocircuito, la → selectividad y la → protección selectiva de respaldo o de "back-up".

Para los interruptores automáticos se establecieron las categorías de servicio siguientes:

"A": El diseño no se orienta hacia la → selectividad, por ejemplo, no se prevé un retardo en la reacción ante cortocircuitos para obtener una → selectividad bajo condiciones de cortocircuito y, por lo tanto, no se indican datos de la → corriente asignada de breve duración I_{cw}.

"B": Diseño adecuado, en especial, para → selectividad bajo condiciones de cortocircuito frente a otros dispositivos de protección conectados en serie en el lado de la carga. Esto se logra, por ejemplo, a través de un retardo breve ajustable. En estos interruptores automáticos se debe indicar la intensidad de la → corriente asignada de breve duración I_{cw}.

CCM o MCC

Abreviatura de **C**entro de **C**ontrol de **M**otores (o **M**otor **C**ontrol **C**enter), con la que se denominan los armarios o tableros eléctricos de baja tensión en técnica extraíble para alimentación de motores eléctricos con → interruptor principal y enclavamiento de puertas.

CEE

Es la abreviatura de "**C**ommission de l'**é**quipement **é**lectrique", es decir la **C**omisión Internacional del **E**quipamiento **E**léctrico, encargada de la redacción de las "Reglas para la aprobación de los productos electrotécnicos". Esta institución asumió la responsabilidad de redactar normas internacionales sobre la base de regulaciones o recomendaciones nacionales. Estas reglas tienen como objetivo facilitar a los fabricantes de productos electrotécnicos la comercialización a nivel mundial de sus productos.

CENELEC

Es la abreviatura de "**C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation **El**ectrotechnique", es decir el **C**omité **E**uropeo para la **N**ormalización **El**ectrotécnica. CENELEC tiene la función de elaborar una normalización internacional para la industria eléctrica europea sobre la base de las Publicaciones → IEC y considerando las normas y recomendaciones nacionales de los países participantes.

Cerrojo de un interruptor

Parte de un → interruptor con cerrojo que bloquea a este → interruptor en la posición de conectado (cerrado). El cerrojo incluye todos los elementos mecánicos para la transmisión de la maniobra y su ensamble para formar una parte constructiva cerrada. Contiene además el dispositivo de → disparo libre.

Certificación del PTB

Certificado otorgado por el "Instituto Físico-Técnico Federal" (PTB) de Alemania al fabricante del aparato como comprobante de que el mismo cumple con determinados requerimientos especificados por dicho fabricante. Esta certificación se prescribe, en especial, para dispositivos de protección de motores (→ arrancadores de motores, → relés de sobrecarga, → protección de motor por termistores) cuando estos aparatos se utilizan para la protección de motores eléctricos del tipo constructivo (Ex)e.

En conexión con una característica de disparo del aparato de maniobras (→ disparador), en el certificado del PTB se documenta que el dispositivo de protección del motor tiene características tales que ante un funcionamiento apropiado de la instalación en ambientes con peligro de explosión, no se producirán temperaturas peligrosas en el motor (→ protección contra explosión).

El fabricante de los aparatos de maniobra debe suministrar el Certificado del PTB y la(s) característica(s) de disparo cuando el instalador o el usuario de la instalación lo soliciten.

Circuito auxiliar

Comprende todas las partes conductivas de una combinación de aparatos de maniobra que pertenecen a un circuito (con excepción del → circuito principal) que se utiliza para comando, medición, avisos, regulación, enclavamiento, procesamiento de datos, etc. (→ circuito de mando).

Nota:

Los circuitos de auxiliares también pueden utilizarse para realizar funciones adicionales, e incluso podrán ser parte del → circuito de mando de otros aparatos de maniobra.

Circuito de mando (→ Circuito auxiliar)

Es parte de un → circuito auxiliar para conexión y desconexión de aparatos de maniobra, comprende todas las partes del circuito que no pertenecen al circuito principal, es decir, la fuente de tensión, los → contactos de los → aparatos de mando, los actuadores eléctricos de los → aparatos de maniobra (bobinas o motores de accionamiento), así como → contactos auxiliares. Los circuitos de mando se utilizan para las funciones siguientes:

- Formación y entrada de señales.
- Procesamiento de señales, esto incluye su conversión, almacenamiento, enclavamiento y amplificación.
- Generación de señales y comando de reguladores, accionadores y emisores de señales.

Circuito principal

Circuito que contiene equipos eléctricos para generar, transformar, distribuir, conectar/desconectar o consumir energía eléctrica.

Clase de aislamiento

Las partes aislantes y los aislamientos externos e internos de los arrollamientos o bobinas, se subdividen según la clase de material utilizado. En las normas de productos, se asigna la clase de aislamiento a una determinada → sobretemperatura máxima y/o límite. Según la norma DIN VDE 0660, Parte 102 y la Publicación IEC 947-4-1, por ejemplo, rigen las siguientes temperaturas límites para las bobinas aisladas en aire (→ temperatura ambiente: −5 hasta +40 °C):

Clase del material aislante	Sobretemperatura límite (K)
A	85
E	100
B	110
F	135
H	160

Clases de disparo (→ CLASS)

La clase de disparo de un → relé de sobrecarga dependiente de la intensidad de la corriente (incluidos los relés de sobrecarga térmicos y electrónicos, así como disparadores) indica el tiempo de disparo máximo con determinada carga a partir del estado frío. El número de la clase de disparo (por ejemplo, CLASS 10, 20, 30) indica el → tiempo de disparo máximo admisible en segundos, cuando el relé se carga desde el estado frío en forma simétrica en sus tres fases con 7,2 veces la corriente de ajuste (Publicación IEC 947-4-1; norma DIN VDE 0660, Parte 107). Las clases de disparo 20 y 30 se utilizan para la protección de motores que funcionan en condiciones de → arranque pesado.

Clases de funcionamiento

Las clases de funcionamiento determinan el rango de corrientes que el fusible puede interrumpir. (Norma DIN VDE 0636).

Clase de funcionamiento g:

Fusibles de uso general, que pueden conducir en forma permanente corrientes de, como mínimo, una intensidad de hasta su valor asignado y, además, están en condiciones de interrumpir las corrientes de fusión más pequeñas hasta llegar a su → corriente asignada de desconexión.

Clase de funcionamiento a:

Fusibles de uso parcial, que pueden conducir en forma permanente corrientes de, como mínimo, hasta su intensidad asignada y, además, están en condiciones de interrumpir las corrientes que representan un múltiplo de su corriente asignada hasta la corriente asignada de desconexión. Los fusibles para la protección de aparatos de maniobra pertenecen a la clase de funcionamiento **aM**, cuyo rango de desconexión comienza en una intensidad que supera en cuatro veces la corriente y, por lo tanto, sirven como protección ante cortocircuitos. La clase de fusibles **aR** para la protección de semiconductores tiene una característica tiempo-corriente de aproximadamente $2{,}7 \cdot I_n$.

Clases de limitación de energía

La clase de limitación de energía indica el valor de → $I^2 \cdot t$ en el que el interruptor cortacircuitos automático (termomagnético) limita en relación con su característica de disparo y su capacidad asignada de ruptura.

Clases de protección

La clase de protección de un aparato señala el grado de protección en relación con su entorno. Este incluye la protección de las personas contra el contacto con partes bajo tensión y la protección de los aparatos de servicio eléctrico contra la entrada de cuerpos sólidos y de agua en las cajas y carcasas (Norma DIN VDE 0470-1).

La clase de protección se indica en forma internacional mediante una combinación de letras y números (IP = International Protection). El primer dígito define el grado de protección contra contactos y la penetración de cuerpos extraños, el segundo la protección contra agua.

Clases de servicio de fusibles

La clase de servicio para fusibles de baja tensión se identifica por medio de letras, de las cuales la primera se refiere a la capacidad de interrupción (→ clase de funcionamiento), las que se indican a continuación señalan el objeto a proteger, se definieron los objetos siguientes:

L cables y conductores, en el futuro pasará a denominarse G (de uso general)

M aparatos de maniobra

R semiconductores

B instalaciones mineras

Tr transformadores

Según el campo de desconexión y el objeto de la protección se tienen las siguientes clases de servicio de los fusibles:

gG/gL	protección de uso general para cables y conductores
aM	protección de uso parcial para aparatos de maniobra
aR	protección de uso parcial para semiconductores
gR	protección de uso general para semiconductores
gB	protección de uso general para instalaciones mineras
gTr	protección de uso general para transformadores

Campos de desconexión (clase de funcionamiento)

Los campos de desconexión definen el rango de corrientes que el fusible puede interrumpir.

Campo de desconexión (clase de funcionamiento) g

Este campo lo dominan los fusibles de uso general, que pueden conducir en forma permanente corrientes de, como mínimo, una intensidad de hasta su valor asignado y, además, están en condiciones de interrumpir las corrientes de fusión más pequeñas hasta llegar a su → corriente asignada de desconexión.

Ámbito de desconexión (clase de funcionamiento) a

Este campo lo dominan los fusibles de uso parcial que, como mínimo, pueden conducir en forma permanente corrientes de hasta su intensidad asignada y, además, están en condiciones de interrumpir las corrientes que representan un múltiplo de su valor asignado hasta la corriente asignada de desconexión.

Clases de servicio de motores

Indicaciones relacionadas con la clase de servicio o régimen de trabajo de motores eléctricos con condiciones determinadas.

Se debe diferenciar entre las siguientes clases de servicio:

1. Servicio permanente (S1)
   Servicio con carga constante y durante el tiempo necesario para que el motor alcance su temperatura de régimen.
2. Servicio de corta duración (S2)
   Servicio con carga constante, cuya duración es tan corta que el motor no alcanza su temperatura de régimen.
3. Servicio intermitente (S3 hasta S6).
   Servicio que se compone de una serie idéntica de ciclos de conexiones – desconexiones. Clases de Servicio S7 – S9 ver la Sección 2.2.3.

CLASS (tiempo)

Indica el tiempo de disparo máximo, en s, de un → relé de sobrecarga con carga trifásica desde el estado frío con 6 veces la corriente ajustada.

Clima ambiental

Estados físicos y químicos de la atmósfera incluida las influencias climáticas locales específicos como temperatura, humedad del aire circundante, interpretados en el sentido de las normas técnicas.

Código de colores

Las normas DIN EN 60 073 (VDE 0199) y DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113) y la Publicación IEC 73, 1991 establecen una codificación de colores que individualizan los aparatos de mando y señalización que se utilizan en máquinas industriales. Los cinco colores, rojo – amarillo – verde – blanco y azul conforman la base. Los tres primeros indicados tienen el mismo significado que en los semáforos de control del tráfico: rojo = peligro, parada; amarillo = atención, advertencia; verde = arranque. En la actualidad en los puestos de mando o control sólo se admite la indicación del estado operativo de la máquina en lugar del estado de la conexión.

Combinaciones de aparatos de maniobra

Las combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión se construyen y prueban de acuerdo con la norma DIN EN 60 439, Parte 1, (VDE 0660, Parte 500). Esta norma diferencia entre combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas (→ TSK) y con homologación parcial (→ PTSK).

TSK: Combinación de aparatos de maniobra que coinciden sin desviaciones significativas con el tipo o

sistema original, homologado (con pruebas de tipo certificadas) en la concordancia con las especificaciones de la norma citada.

PSTK: Combinación de aparatos de maniobra, que incluyen módulos componentes homologados (con pruebas certificadas de tipo) y otros sin homologar. Por lo tanto, se debe demostrar que cumplen los requerimientos de la norma citada.

Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión

Una combinación de esta clase está conformada por uno o más aparatos de maniobra de baja tensión, con los correspondientes medios o elementos de servicio para el mando, la medición, la señalización y los respectivos dispositivos de protección y de regulación. El fabricante será el responsable del montaje completo de estas combinaciones, con todas sus piezas eléctricas y mecánicas interiores, así como las conexiones y las partes constructivas funcionales.

Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión con homologación parcial

Combinación de aparatos de maniobra según la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500), que contiene módulos homologados y otros sin aprobación de tipo se denomina PTSK. Se debe certificar que cumple con los requerimientos respectivos por medio de ensayos y/o verificaciones con métodos de cálculo apropiados. Un módulo también puede estar formado, por ejemplo, por un único aparato de maniobras de baja tensión con sus correspondientes conexiones o sólo por una → caja (armario) (Se reproduce la sigla PTSK por su amplia difusión en la bibliografía alemana).

Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologadas

Es una combinación de aparatos de maniobra de baja tensión que se construyó de acuerdo con la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500), sus muestras tipo fueron homologadas según esa misma norma y, además, no presenta diferencias esenciales con el tipo o sistema original homologado se denomina TSK. La → combinación de aparatos de maniobra podrá contener elementos de servicio electrónicos y/o electromecánicos (Se reproduce esta sigla por su amplia difusión en la bibliografía alemana).

Combinación de aparatos de maniobra montadas en fábrica

Las combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica con su cableado interno y probadas, incluidos sus elementos de fijación y conexiones, dado el caso, también las barras, otros equipos eléctricos y accesorios *se denominaban* FSK. En la actualidad la norma DIN EN 60 439, Parte 1 (VDE 0660, Parte 500) las denomina → TSK y → PTSK (Se reproduce esta sigla por su amplia difusión en la bibliografía alemana).

Compartimentación

Subdivisión o separación que se logra por medio de paredes divisorias o intermedias. Se requiere una compartimentación cuando se debe asegurar que los eventuales daños se expandan desde su origen a otros equipos e instalaciones, en especial, cuando existen peligros para las personas y el medio ambiente.

Compartimiento

Unidad constructiva de un tablero o cuadro (combinación de aparatos de maniobra), entre dos divisiones planas verticales consecutivas.

Compatibilidad electromagnética

Como compatibilidad electromagnética (EMC) se define la aptitud de un dispositivo eléctrico de funcionar sin perturbaciones en su entorno electromagnético, es decir, sin que influencias externas lo afecten y, a su vez, sin influenciar dicho entorno.

Compensación

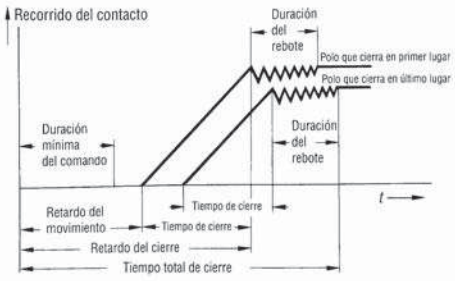
Medidas tendientes a elevar el rendimiento económico de una instalación eléctrica. En este proceso se compensa la → potencia reactiva que se origina durante el servicio de cargas o → consumidores inductivos (→ Consumidor). La intensidad de la corriente en el alimentador de una instalación compensada es menor que la de una instalación similar sin compensación. De esta manera se pueden reducir las secciones de los conductores, tanto en cables como en los bobinados de transformadores y generadores. Según el tipo de conexión se distingue entre → compensación individual, en grupos y compensación centralizada.

Compensación de temperatura

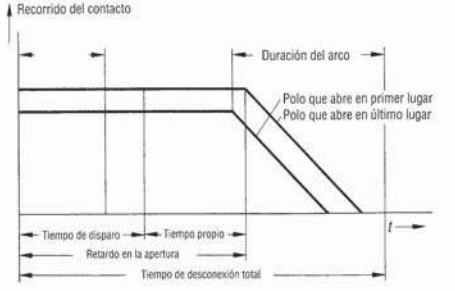
Se utiliza en los → disparadores y relés de sobrecargas con retardo dependiente de la corriente (térmicos) donde en el → tiempo de disparo no sólo influyen los efectos térmicos de la corriente que circula sino también la → temperatura ambiente. La influencia de las variaciones de la temperatura ambiente se compensan por medio de la acción de una tira bimetálica adicional. La corriente que circula por el circuito no calienta esta tira adicional. En los relés electrónicos de sobrecarga, la compensación se efectúa por medios también electrónicos.

Compensación individual

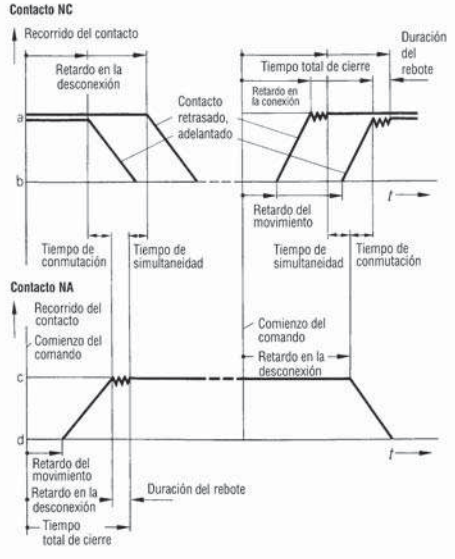
En este tipo de compensación se conectan los condensadores directamente a los bornes de cada uno de los → consumidores que, a su vez, se operan a través de un único → aparato de maniobras.



a) Proceso de conexión en aparatos de maniobra



b) Proceso de desconexión en aparatos de maniobra



c) Proceso de conexión y desconexión de contactos auxiliares
Conmutación sin interrupción.
Por ejemplo, de NC a NA, se obtiene por NC con retraso o también por NA adelantados
a Contacto NC en posición de cerrado
b Contacto NC en posición de abierto
c Contacto NA en posición de cerrado
d Contacto NA en posición de abierto
NA: contacto normalmente abierto
NC: contacto normalmente cerrado

Figura 10.11/1
Conceptos de tiempo para los procesos de conexión y desconexión de los aparatos de maniobra y contactos auxiliares

Componente de corriente continua

Magnitud de la desviación de la línea de cero de una oscilación sinusoidal de corriente. Se produce, por ejemplo, con una duración breve en el caso de un cortocircuito. La componente de corriente continua puede alcanzar como máximo el 100% del valor de cresta de la corriente alterna de cortocircuito simétrica, en las redes de baja tensión habituales llega a un valor del 50 %.

Conceptos de tiempo

Los conceptos de tiempo utilizados en el transcurso de la conexión de los aparatos de maniobra y de los contactores auxiliares se representan en la figura 10.11/1.

Condensador antiparásitos

Es un medio de protección contra tensiones perturbadoras que tiene el objeto de reducir o suprimir las sobretensiones que se producen entre los → contactos de un aparato de maniobras al desconectar → consumidores inductivos en circuitos alimentados por corriente continua.

Condiciones de conexión

Los institutos → VDE y → DIN, elaboraron disposiciones y directivas para las instalaciones de fuerza motriz con tensiones asignadas de hasta 1000 V. Para la conexión de estas instalaciones a la red de baja tensión de las compañías distribuidoras de energía eléctrica se deben tener en cuenta las condiciones técnicas de conexión establecidas por dichas compañías prestatarias locales (en Alemania estas condiciones se denominan → TAB).

Conductor

Construcción

El conductor es la parte metálica de una línea eléctrica o de un cable para conducir energía eléctrica. Un conductor puede estar formado por un único alambre individual o por varios alambres individuales retorcidos entre sí.

El material conductor preferido es el cobre porque tiene una muy elevada conductividad eléctrica. Para grandes → secciones del conductor se utiliza con frecuencia aluminio, porque tiene menor peso y ofrece mayores facilidades de elaboración.

Identificación de los conductores

Conductores de fase (L1, L2, L3),

son los conductores que conectan la fuente con los → consumidores y que no parten del punto central o de estrella.

Conductor de Neutro (N)

Es el conductor vinculado con el centro de estrella que también conduce energía eléctrica.

Conductor de protección (PE)

Conductor, que en algunas → medidas de protección, se utiliza para interconectar partes conductoras que no pertenecen al circuito de la corriente de servicio, o conectarlas con partes conductivas externas, así como con los electrodos de tierra (jabalinas).

Conductor PEN

Conductor que reúne en sí mismo la función del conductor neutro y la del de protección.

Conductor de fase

Es el conductor que conecta la fuente con los → consumidores y que no parten del punto central o de estrella.

Conductor de protección (PE)

Conductor que se utiliza en algunas → medidas de protección contra contactos indirectos, para interconectar las carcasas o partes conductoras externas que no pertenecen a la → combinación de aparatos de maniobra, ni a conductores de tierra, partes activas puestas a tierra, como tampoco al conductor PEN del borne de tierra de la fuente o puntos medios artificiales.

Conductor fusible

Conductor de cobre (en casos especiales de plata) conformado de manera particular en un cuerpo del fusible para formar el → elemento fusible. Este conductor se fundirá en caso de → sobrecarga o → cortocircuito debido al calor desarrollado por la corriente que lo atraviesa. Los puntos de soldadura y los estrechamientos en su estructura tienen una importancia esencial en su función. Los puntos de soldadura funden en caso de sobrecargas, mientras que los estrechamientos son lugares de fusión definidos para los cortocircuitos.

Conductor Neutro (N)

Es el conductor conectado con el centro o punto de estrella de la red y, que además, puede conducir energía eléctrica.

Conductor PEN

Conductor del punto de estrella puesto a tierra con función de protección en un sistema trifásico.

Conectar

Es la operación de establecer un circuito eléctrico cerrado mediante el cierre de los → contactos de un → aparato de maniobras.

Conector de bus

Representa la vinculación física entre la estación → maestra o la → esclava y el conductor del bus.

Conexión

Acción por la cual el → interruptor automático pasa de la posición de abierto a la de cerrado.

Conexión eléctrica, unión metálica

Conexión permanente (por ejemplo, a través de soldadura en sus diversas formas) de parte metálicas para establecer una vía conductora que ofrezca suficiente conductividad y → capacidad de carga para la aplicación prevista. Cuando no se pueda asegurar que la conexión de las partes metálicas provee la conductibilidad eléctrica requerida (por ejemplo, conductor metálico con una cañería eléctrica y una carcaza metálica), podrá ser necesario un conductor de igualación de potencial (es decir, un conductor separado).

Conexión en cascada

Conexión en serie de → interruptores automáticos con diferentes capacidades de ruptura, pero con un → retardo a la apertura similar en caso de cortocircuito. Para una → corriente de cortocircuito que supera la capacidad de ruptura del interruptor posconectado, opera el interruptor antepuesto con una capacidad de ruptura mayor, de esta manera se tienen en serie dos puntos de interrupción. El aparato conectado aguas abajo podrá así operar corrientes de cortocircuito mayores que su propia capacidad de ruptura (→ Protección selectiva de respaldo o de "back-up").

Confiabilidad de contacto

La confiabilidad de contacto, por ejemplo, de un → contacto auxiliar, se define como la probabilidad de que se produzca un estado de conexión que origine una falla o perturbación en el circuito de mando (falla de contacto). El estado de conexión queda definido por la → resistencia de contacto admisible para una intensidad de la corriente determinada. Un eventual ensuciamiento o una película de oxido sobre la superficie del contacto influye en gran medida en

dicha resistencia de contacto. En los → aparatos de maniobra mecánicos se puede mejorar la confiabilidad de contacto por medio de las medidas siguientes:

- → fuerza de contacto elevada,
- formas especiales de las piezas de contacto (por ejemplo, cuchillas de contacto),
- movimiento deslizante o autolimpiante (→ contacto de paso),
- contactos individuales en lugar de contactos dobles (resistencia individual),
- conexión en paralelo de las vías de corriente (por ejemplo, puente doble),
- montaje de las piezas de contacto en una cámara de contacto cerrada.

Conmutador de red

Interruptor utilizado para conectar uno o varios → consumidores a dos redes independientes entre sí.

Los conmutadores de red se aplican en aquellas partes de la instalación donde se requiere una alimentación segura aún en casos de falla de la red normal de suministro de energía eléctrica.

Consumidores

Aparatos o instalaciones que transforman energía eléctrica en otra forma de energía no eléctrica. En la técnica de corriente alterna los consumidores se dividen en las categorías siguientes:

Consumidor óhmico: es aquél que no origina desfase entre la corriente y la tensión, por ejemplo, calefactores y lámparas incandescentes.

Consumidor inductivo: es aquél que origina un atraso angular entre la corriente y la tensión, por ejemplo, motores, bobinas y electroimanes.

Consumidor capacitivo: es aquél que causa un adelanto angular entre la corriente y la tensión, por ejemplo, condensadores.

Consumidores lineales

Los consumidores denominados "lineales", son aquéllos, que cuando se conectan a una red con tensión sinusoidal, absorben una corriente también sinusoidal, que puede o no estar desfasada con respecto a dicha tensión.

Contacto

Estado en el que dos partes conductoras destinadas a esta función (por ejemplo, → contactos), se unen con determinada fuerza y permiten el paso una corriente eléctrica. Esta denominación también se aplica a un contacto individual o a una pieza de contacto.

Contacto apagachispas

Parte de un → contacto, por lo general de cobre o hierro, en la que se forma el arco sin vaporizar un volumen excesivo del → material de contacto propiamente dicho (plata).

Contacto (o defecto) a tierra

Conexión a → tierra o con partes vinculadas a la misma de un conductor de fase o neutro aislado, a través de una falla o de un arco eléctrico.

Contacto de alarma

Contacto auxiliar de un → interruptor automático que se acciona al producirse el disparo del mismo.

Contacto de paso

→ Contacto auxiliar que durante la transición de una posición a otra del → aparato de maniobras cierra o abre un circuito durante un tiempo muy breve.

Contacto Lira

Soporte portacontactos fijo con la forma de una lira en el cual se introduce el contacto móvil cuando se produce el → cierre de ambos contactos. Como la corriente circula en el mismo sentido en ambos brazos de la lira (contacto cerrado), ambos brazos se atraen dinámicamente entre sí. Cuanto mayor es la intensidad de la corriente que circula, tanto más elevada es la → fuerza de contacto entre los brazos de la lira y la cuchilla del contacto móvil. Los contactos lira se utilizan ampliamente en bases portafusibles para → fusibles NH, seccionadores fusibles bajo carga y seccionadores bajo carga con fusibles. La cuchilla de contacto del fusible NH se inserta en el contacto Lira de la base portafusibles.

Contacto normalmente abierto (NA)

Contacto de mando o → contacto auxiliar, que permanece abierto cuando los → contactos principales del → interruptor automático están cerrados y queda cerrado cuando el interruptor automático está abierto.

Contacto normalmente cerrado (NC)

Contacto de mando o → contacto auxiliar, que permanece cerrado cuando los → contactos principales del → interruptor automático están cerrados y queda abierto cuando el interruptor automático lo está. Es decir, es el contacto que en la posición de no-accionado está abierto y en la de accionado, está cerrado.

Contactor

Aparato de maniobras con una única posición de reposo, en forma normal sin bloqueo mecánico, que no se acciona a mano y que bajo condiciones normales del circuito pueden conectar, conducir y desconectar corrientes, inclusive →

sobrecargas de servicio. Los contactores se diseñan, por lo general, para una elevada → frecuencia de maniobras. Se diferencia entre contactores para maniobras de motores y → contactores auxiliares para mando.

Nota:

Un contactor puede conectar y desconectar corrientes de cortocircuito si fue diseñado para ello. Por lo general, los contactores no se utilizan como seccionadores. Un contactor que en su estado de reposo está en la posición de cerrado, se denomina en idioma francés "rupteur". En inglés no existe un término equivalente.

Contactor en vacío

→ Contactor, cuyos → contactos principales abren y cierran en una cámara sin aire. Estos contactores representan una alternativa limpia y no contaminante frente a los contactores tradicionales que operan en aire bajo la presión atmosférica porque incluso los pequeños → arcos que se producen quedan confinados en dicha cámara.

Contactos

Partes del sistema de contactos que están incluidos en un circuito con la función de abrir o cerrar el mismo. Se diferencian de acuerdo con su diseño en contactos fijos y móviles, así como según su aplicación en contactos principales o auxiliares.

Contactos auxiliares

Contacto dispuesto en un → circuito auxiliar. Según su función de operación se pueden tener las siguientes clases de contactos: → normal cerrado (NC), → normal abierto (NA), → inversor (I) o → de paso.

Contactos auxiliares de un aparato de maniobras

Contacto dispuesto en un → circuito auxiliar del aparato de maniobras que lo acciona en forma mecánica.

Nota:

El contacto auxiliar también se utiliza para funciones adicionales como aviso, enclavamiento, etc. En este caso se lo puede incluir en el circuito de mando de otros aparatos de maniobra.

Contactos auxiliares del accionamiento

→ Contacto auxiliar en el accionamiento de un aparato de maniobras y accionado directamente por el mismo sin depender de la posición de los contactos del aparato de maniobras.

Contactos no simultáneos

→ Contactos que están dispuestos mecánicamente de forma tal que un → NC y un → NA nunca podrán estar cerrados simultáneamente. En esta operación debe asegurarse también que durante toda la → vida útil, incluso en estado de falla, se mantiene una distancia mínima de 0,5 mm entre los contactos.

Contactos principales

Contactos dispuestos en el → circuito principal de un → aparato de maniobras que en la posición de cerrado puede conducir la intensidad de la corriente de ese circuito principal.

Contenido armónico

En las redes de corriente alterna es el grado de deformación armónica impuesto a un semiperíodo de una onda sinusoidal por medio de generadores de armónicas de orden superior (por ejemplo, un inductor saturado).

Control a distancia

Comando de un aparato de maniobras desde una distancia arbitraria por medio de un → accionamiento motriz (actuador) o de un → disparador auxiliar (→ Interruptor a distancia).

Controlador de frenado o monitor de velocidad

Aparato que actúa en conjunto con el contactor de frenado para lograr una rápida parada de accionamientos eléctricos, que se tienen que frenar en un tiempo muy breve por medio de contracorriente. Este aparato interrumpe en forma automática la corriente de frenado cuando el accionamiento alcanza una velocidad reducida, es decir, cuando está por alcanzar el estado de reposo.

Controlador de lógica programable (PLC)

Control electrónico en el que los procedimientos o secuencias de mando se almacenan como programas en una memoria dispuesta para ese fin. El control lee estos programas y efectúa la operación correspondiente. Para ingresar o modificar los programas se requiere un aparato programador (PG) separado. Se los conoce también por la sigla PLC (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontrol).

Corriente alterna de cortocircuito

Es la componente de corriente alterna, a la frecuencia de servicio, de la → corriente de cortocircuito. En el caso de cortocircuito cercano a los bornes del generador, la corriente alterna de cortocircuito se amortigua desde la → corriente de cortocircuito inicial hasta el valor de la de cortocircuito permanente. En el caso de generador lejano, la corriente alterna de cortocircuito permanece aproximadamente constante mientras dura el mismo. De esta forma, la corriente inicial de cortocircuito I''_k es igual a la corriente permanente I_k.

Corriente asignada de choque (→ Corriente máxima asimétrica de cortocircuito) i_p

Valor instantáneo máximo (de cresta) admisible de la corriente de cortocircuito no influenciada en la vía de corriente más solicitada. Caracteriza la → estabilidad dinámica en cortocircuito de un aparato de maniobras.

Corriente de arranque

La corriente de arranque depende de la ejecución, fabricante y corriente asignada del motor considerado. Puede alcanzar entre 5 y 13 veces el valor de la corriente asignada del motor en cuestión. Con velocidad de rotación creciente desciende la corriente de arranque hasta alcanzar la intensidad de la → corriente de servicio asignada o de trabajo al llegar al valor de la velocidad asignada.

Corriente de carga

Es la corriente que circula por un circuito (por ejemplo, conductor o aparato de maniobras) en forma permanente durante un lapso breve sin que constituya una sobrecarga térmica (→ temperatura límite) o dinámica.

Corriente de conexión (→ extracorriente de conexión)

Es la corriente que se establece inmediatamente después del cierre de los → contactos de un aparato de maniobras al conectar un motor o un transformador. Su intensidad depende del instante en el que se produce la conexión (posición de la fase de la tensión). El valor máximo de la corriente se verifica para una conexión en el instante del paso de la tensión por cero, después de unos 20 ms desciende hasta el valor asignado.

Corriente de contacto a tierra

Es la corriente que circula a causa de una → conexión o contacto a tierra.

Corriente de corta duración

Corriente que puede conducir un → aparato de maniobras en la posición de cerrado durante un tiempo breve establecido y bajo condiciones predeterminadas.

Nota:

Se deben tener en cuenta los factores siguientes: el valor → $I^2 \cdot t$ *mientras circula la corriente y los efectos electromecánicos provocados por el valor de cresta de la corriente.*

Corriente de corte (→ Efecto Chopping)

Corriente que circula durante el proceso de desconexión en el instante en el que se interrumpe el arco antes del paso natural por cero (Importante para la tecnología de los interruptores en vacío).

Corriente de cortocircuito (permanente) I_k

Sobreintensidad que, en caso de falla, circula por un circuito eléctrico, por ejemplo, cuando se produce un cortocircuito en los bornes de un → aparato de maniobras o a causa de un puente defectuoso en un circuito eléctrico.

Corriente de cortocircuito asimétrica

→ Corriente de cortocircuito que en primer lugar se desarrolla en forma asimétrica con respecto del eje de abscisas porque, además de la componente alterna de cortocircuito contiene una componente continua. La componente continua se amortigua y tiende a cero, luego la corriente de cortocircuito adopta una forma simétrica.

Corriente de cortocircuito no influenciada

Valor máximo de una → sobreintensidad permanente en un determinado lugar de un circuito o en un equipo eléctrico causado por una falla con una impedancia despreciable (es decir, un → cortocircuito) entre los → conductores activos o entre un conductor y → tierra) en dicho punto.

Corriente de cortocircuito prevista

Es la corriente no influenciada que probablemente circule en un circuito en caso de falla, → corriente de cortocircuito, si no se dispone de dispositivos de protección que amortigüen tal corriente en el conductor solicitado por la misma.

Corriente de defecto (→ corriente diferencial)

La corriente de defecto es aquélla que puede circular a causa de una falla en el aislamiento. Es la diferencia medida por un dispositivo adecuado entre las corrientes entrantes a la instalación y las salientes (norma DIN VDE 0664).

Corriente de desconexión

Corriente que circula en el instante en el que se abren los contactos (incluso puede ser una corriente de sobrecarga o de cortocircuito). Entre otros factores, depende de la tensión, así como de la inductividad o capacidad del circuito.

Corriente de desconexión crítica

Valor de la corriente de desconexión, menor que la → capacidad de ruptura asignada de cortocircuito, para la cual, sin embargo, la duración del arco eléctrico es considerablemente mayor o la energía del mismo, notablemente más elevada que la correspondiente a la capacidad de ruptura asignada de cortocircuito.

Corriente de disparo (de un disparador por sobrecargas)

Intensidad de la corriente para la cual un disparador actúa en un tiempo definido.

Corriente de fuga

Corriente que puede circular sobre la superficie de una sustancia aisladora seca y limpia a causa de partículas conductoras en el espacio entre partes conductoras bajo tensión.

Corriente de paso i_D o corriente de cortocircuito limitada

Valor instantáneo máximo de la corriente durante el tiempo de interrupción de un → aparato de maniobras o de un fusible. La corriente será influenciada cuando, debido a la resistencia propia, demora en la operación o tensión del arco del interruptor, se reduce la amplitud de la corriente de cortocircuito. La corriente de paso de un aparato (por ejemplo, fusible o interruptor automático limitador de la corriente), determina la solicitación térmica (valor $I^2 \cdot t$) de los aparatos posconectados o aguas abajo del mismo (→ Limitación de la corriente).

Corriente de reacción con retardo breve (z)

Cuando se sobrepasa esta intensidad de la corriente se produce la reacción del disparador después de un determinado tiempo de retardo.

Corriente de reacción por defecto a tierra (g)

Cuando se alcanza o sobrepasa esta intensidad de la corriente de defecto a tierra reacciona el disparador (g) y provoca, por ejemplo, la apertura de un interruptor automático para desconectar la sección de falla.

Corriente de reacción por sobrecarga (a)

Cuando se sobrepasa esta intensidad de la corriente permanente se produce la reacción del disparador dentro de un tiempo determinado (¡Disparo con retardo dependiente de la corriente!).

Corriente de reacción sin retardo (n)

Cuando se sobrepasa esta intensidad de la corriente se produce la reacción del disparador sin retardo (en forma instantánea).

Corriente de ruptura

Corriente que circula por el polo de un aparato de maniobras o por un fusible en el instante en el que se forma el arco (en el caso de corriente alterna → valor eficaz de la componente alterna).

Corriente de transferencia entre características

Valor límite de la corriente en la intersección de las respectivas curvas características tiempo-corriente, de dos dispositivos de protección de sobreintensidad conectados en serie (valor $I^2 \cdot t$ o característica homogénea tiempo-corriente).

Nota:

Cuando además de un interruptor automático se utiliza un segundo aparato de maniobras (Fusible u otro interruptor automático) con el objeto de protegerlo ante corrientes de cortocircuito que superan su propia capacidad de ruptura debe diferenciarse entre las corrientes siguientes:

- *Corriente de transferencia I_B: valor máximo de la sobreintensidad para la cual el aparato de maniobras adicional abre en todo caso. (Esta corriente I_B, también se define como la corriente de intervención límite del aparato adicional) y*
- *Corriente límite de selectividad I_S: valor máximo de la sobreintensidad con selectividad para la cual el interruptor automático abre en forma individual.*

Corriente diferencial (→ corriente de defecto)

En una red libre de perturbaciones la suma vectorial de los valores instantáneos de las corrientes es igual a cero. Se define como corriente diferencial a la suma ($\neq 0$) de los valores instantáneos de todas las corrientes que circulan a través de los conductores activos de un circuito eléctrico que pasan por un punto de la instalación eléctrica. (En el caso de los dispositivos de protección contra corrientes de defecto según la norma DIN VDE 0664, a la corriente diferencial se la denomina "corriente de falla o de defecto".

Corriente inicial subtransitoria de cortocircuito (valor eficaz) I''_k

Valor eficaz de la corriente de cortocircuito no influenciada en el instante en el que se produce el mismo. Cuando el cortocircuito ocurre cerca de los bornes del generador, este valor se amortigua hasta el del cortocircuito permanente I_k. Para cortocircuitos alejados de los bornes del generador el valor de la corriente I''_k es igual a la corriente de cortocircuito permanente y permanece sensiblemente constante mientras dura el mismo.

Corriente máxima asimétrica de cortocircuito o de choque i_p

Valor instantáneo máximo de la corriente no influenciada después de producirse el → cortocircuito. Se compone de una corriente de cortocircuito y una → componente continua. Se indica como valor de cresta.

Corriente no influenciada

La corriente no influenciada en un circuito, por ejemplo, en el lugar de montaje de un → aparato de maniobras o un fusible, es la intensidad de la corriente que circularía si un → conductor con impedancia despreciable reemplazaría la vía de corriente de cada polo del aparato o del fusible. Este valor es importante, en especial, para la selección del dispositivo de protección con → limitación de la corriente frente a las → corrientes de cortocircuito, porque el valor de la corriente de cortocircuito dada es la que circularía sin disposi-

tivo de protección. Los métodos para calcular e indicar los datos de las corrientes no influenciadas se pueden diferenciar en las distintas especificaciones de los aparatos.

Corriente no influenciada (r)

Se trata de la corriente de cortocircuito de prueba indicada en la especificación de aparatos IEC (Norma DIN VDE 0660, Parte 102, Publicación IEC 947-4-1) para → contactores y → arrancadores. Para cada campo de la → corriente asignada I_e, se indica un valor especial, por ejemplo, 3 kA para los arrancadores cuyas corrientes asignadas se encuentran en un rango entre 16 y 63 A (los valores se indican para la categoría de servicio AC-3).

Corriente simétrica no influenciada en circuitos de corriente alterna

La → corriente simétrica no influenciada circula cuando → contactos ideales se cierran de tal forma que al comenzar a circular la corriente no se produce ningún proceso transitorio. En los análisis de cortocircuitos se considera la corriente no influenciada de cortocircuito simétrica como el valor de cresta de la corriente no influenciada, que es simétrica cuando la componente continua se amortigua. La corriente no influenciada simétrica también se expresa como valor eficaz de la corriente "permanente" de cortocircuito.

Cortina móvil o shutter

Parte móvil, que en una de sus posiciones finales permite la conexión de contactos seccionables de partes intercambiables (por ejemplo, → unidad extraíble), con los → contactos fijos y, en la otra, cubre estos contactos fijos de la → combinación de aparatos de maniobra, e impide todo contacto directo.

Cortocircuito

Contacto entre dos conductores bajo tensión, a través de una impedancia de valor despreciable. La corriente que circula en consecuencia representa un múltiplo de la corriente asignada de servicio y origina una sobrecarga térmica (→ intensidad de la corriente asignada de corta duración) o mecánica (→ corriente de choque asignada) en los aparatos de maniobra y partes de las instalaciones eléctricas.

Cos φ

Factor de potencia, relación entre la potencia activa y la aparente en redes monofásicas y trifásicas.

Cubierta (de protección)

Parte que ofrece protección contra contacto directo en cada o en todas las partes accesibles y, dado el caso, contra la producción de arcos eléctricos en los aparatos de maniobra y similares.

Curva característica de disparo

La curva característica de disparo es la representación gráfica de la relación entre el → tiempo de disparo y la magnitud controlada (→ curva característica). Del diagrama tiempo–corriente se puede determinar, por ejemplo, el tiempo de reacción del → disparador o del relé de disparo para una determinada intensidad de la corriente.

Desacoplamiento

Implica independizar distintas unidades funcionales entre sí. Las señales eléctricas se pueden desacoplar mediante optoacopladores electrónicos. En los sistemas lógicos sin contactos se logra el desacoplamiento mediante diodos, que evitan la influencia mutua de las señales de salida de varios módulos conectados entre sí.

Desbloqueo

Dispositivo (por ejemplo, pulsador) para reponer (→ Reset) de un bloqueo mecánico que se utiliza por motivos de seguridad para evitar una reconexión no deseada de un equipo eléctrico después de un disparo, por ejemplo, en el caso de relés de sobrecarga o → protectores de motores por termistores.

Cuando este dispositivo se encuentra dentro de la → caja o carcasa del aparato, se lo denomina desbloqueo interior, si en cambio se lo opera desde el exterior, se lo designa como desbloqueo externo.

Desconectar

Interrupción arbitraria y voluntaria de un circuito a través de la apertura de los contactos de un aparato de maniobras.

Desconexión

En las instalaciones de fuerza motriz consiste en desconectar o seccionar todos los conductores activos (es decir, no comprende los conductores de puesta a tierra) de una instalación, una parte de ella o un elemento de servicio.

Desconexión programada de carga

Es un método que, a través de determinadas maniobras de cargas, permite mantener conectados un número mínimo de → consumidores esenciales y desconectar rápidamente los menos importantes, para limitar la carga conectada a valores que no sobrepasen una potencia o corriente máxima establecida.

Desgaste

La fricción entre dos cuerpos sólidos que rozan entre sí produce desgaste.

En el caso de los → contactos es la perdida del material activo de los mismos por el movimiento de rozamiento luego del primer contacto físico que se produce cuándo éstos se cierran.

Desgaste de los contactos por erosión eléctrica

Perdida del → material del contacto por causa de los arcos eléctricos que se producen durante la desconexión bajo carga. El desgaste del contacto ocurre por vaporización y chisporroteo del material.

En el desgaste del contacto influyen decisivamente, además del tipo del material de contacto otros factores físicos como la intensidad de la corriente, el ángulo de fase de la corriente al separarse los → contactos, la velocidad de apertura de los mismos, así como su capacidad térmica y de disipación del calor.

Desionización

Acción física de neutralizar los gases ionizados (plasmas).

Cuando se interrumpen corrientes eléctricas se producen arcos que ionizan el aire circundante en el espacio entre los contactos que se abren, tornándolo conductor. Este efecto peligroso se elimina en el menor tiempo posible en la cámara de desionización (apagachispas). En dicha cámara se divide el arco en numerosos trayectos más pequeños mediante las placas metálicas deflectoras, que aceleran la desenergización del arco y consecuente apagado del mismo.

Detector inductivo de proximidad (→ BERO)

→ Interruptor de posición que actúa sin contacto físico directo con el objeto o la posición controlada. Su actuación se logra por la acción de un metal en las cercanías de la → superficie activa del sensor. Sus ventajas están dadas, entre otras, por la ausencia de desgaste mecánico, que asegura una → vida útil prácticamente ilimitada, elevada frecuencia de maniobra, así como insensibilidad ante condiciones ambientales y vibraciones en el medio de trabajo.

Digital

Representación de una magnitud en forma de signos o números. El desarrollo funcional de una magnitud variable originalmente analógica, se representa por medio de pasos o escalones con valores fijos asignados previamente.

Disparador a

Denominación abreviada de → relés o → disparadores por sobrecargas con retardo dependiente de la intensidad de la corriente.

Disparador auxiliar

Disparador para la desconexión de un → aparato de maniobras en un → circuito auxiliar, por ejemplo, para desconectar a distancia (telecontrol) → interruptores con cerrojo contando con la ayuda de → bobinas de apertura por tensión, o → de mínima tensión.

Disparador (relé) de potencia inversa en una red enmallada

Estos disparadores o relés se utilizan en conjunto con los → interruptores de potencia inversa en una red enmallada. Aseguran una desconexión rápida y selectiva de cables de alta tensión dañados. El relé registra la inversión en el flujo de la energía eléctrica cuando, por causa de un cortocircuito en dicho cable, se produce la circulación de elevadas corrientes a través de la red y los transformadores hacia el punto de falla. En este caso el relé reacciona en forma instantánea y a través de una → bobina de apertura por tensión y un acumulador de energía, dispara el interruptor automático correspondiente.

Disparador (de un aparato de maniobras mecánico)

Dispositivo vinculado con un aparato de maniobras mecánico, que produce el desbloqueo cuando se excede o no se alcanza determinada magnitud (por ejemplo, corriente o tensión) y permite la apertura o cierre del aparato.

Disparador f

Denominación abreviada de las → bobinas de apertura por tensión (disparadores por corriente de trabajo).

Disparador fc

Denominación abreviada de las → bobinas de apertura por tensión (disparadores por corriente de trabajo) con aparato de condensadores (→ Disparador de potencia inversa en una red enmallada).

Disparador instantáneo (sin retardo)

Disparador que reacciona sin ningún retardo previsto.

Disparador instantáneo por cortocircuito

→ Disparador de un → interruptor automático que asume la protección de los conductores o → consumidores posconectados (aguas abajo) de ese interruptor. Este disparador, en caso de → cortocircuito, debe desconectar todos los polos de un interruptor automático sin demora o con un retardo breve.

Disparador n

Denominación abreviada de los → disparadores electromagnéticos por sobreintensidad sin retardo (instantáneos).

Disparador por cero tensión

Los disparadores por cero tensión son → bobinas de mínima tensión especiales, que reaccionan cuando la tensión cae a un valor entre el 35% y el 10 % de la tensión de comando asignada.

Disparador por corriente de conexión

→ Disparador, que durante la maniobra de conexión de un → interruptor automático provoca su apertura sin retardo previsto, cuando la corriente de conexión supera un valor prefijado. Este disparador no actúa cuando el interruptor completó su maniobra de cierre.

Disparador por corriente diferencial (→ Disparador por corriente de defecto)

Disparador que libera con o sin retardo la apertura de un → aparato de maniobras mecánico, cuando la → corriente diferencial supera un valor prefijado.

Disparador por sobrecarga

Se denomina de esta forma al dispositivo de protección contra → sobrecargas (sobreintensidad).

Disparador por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad (disparador "a")

Disparador térmico por sobrecarga, que trabaja con un retardo de tiempo inverso, es decir, cuando aumenta la intensidad de la corriente, se reduce el tiempo.

Disparador por sobreintensidad

Disparador que libera con o sin retardo la apertura de un → aparato de maniobras cuando la intensidad de la corriente supera un valor prefijado. Se utiliza para proteger los aparatos eléctricos contra → sobrecargas o de los efectos dañinos de las → corrientes de cortocircuito.

Disparador por sobreintensidad con retardo independiente

Disparador por sobreintensidad, que trabaja con un retardo ajustable, independiente de la intensidad de la corriente.

Disparador por sobreintensidad directo

Disparador o relé de sobreintensidad accionando en forma directa por la intensidad que circula por la vía de corriente principal de un → interruptor automático.

Disparador r

Denominación abreviada para la → bobina de mínima tensión

Disparador rc

Denominación abreviada para la → bobina de mínima tensión con retardo capacitivo.

Disparador remoto

→ Disparador auxiliar.

Disparador z

Denominación abreviada de los → disparadores electromagnéticos de sobreintensidad con retardo breve y bloqueo de conexión.

Disparo libre

Característica constructiva de → interruptores con cerrojo y disparador. El disparo libre excluye cualquier limitación en el disparo del aparato, incluso cuando el → accionamiento está bloqueado o el operador lo retiene en forma manual en la posición de "conectado" (cerrado).

Disponible ("listo") para conectar

Estado de un aparato de maniobras, en el que se cumplieron todas las condiciones previas (seguridad, reposición, desenclavamientos, etc.), para conectar un → consumidor o instalación eléctrica.

Dispositivo de desconexión de emergencia

Según la norma DIN VDE 0100, Parte 460, un dispositivo de desconexión de emergencia se utiliza para la desconexión de la tensión de alimentación (→ Interruptor de emergencia).

Dispositivo de enclavamiento

Dispositivo que hace que la operación de un → aparato de maniobras dependa de la posición o el efecto de uno o más componentes de una instalación.

Dispositivo de protección ante cortocircuitos ("SCPD, Short-circuit protective device")

Dispositivo (por ejemplo → interruptor automático o fusible), que por desconexión o limitación de las corrientes de cortocircuito protege a un circuito o a partes del mismo contra los efectos de estas corrientes (Ver → limitación de la corriente).

Dispositivo de protección por corriente diferencial

Dispositivos de protección por corriente diferencial según la norma DIN VDE 0664 son interruptores de protección por corrientes de defecto (interruptores FI) que desconectan la instalación cuando por las partes conductoras no pertenecientes al circuito de servicio o por el cuerpo de una persona, circula una → corriente de defecto (corriente diferencial) que supera la intensidad de disparo (→ intensidad de la corriente de defecto asignada) de dicho interruptor.

Distancia de aire a tierra

Es la distancia entre las partes conductoras de un polo y las partes conectadas o previstas para la → puesta a tierra.

Distancia (líneas) de fuga

Se denomina de esta manera la longitud mínima entre dos puntos de referencia a lo largo de la superficie de un material aislante (se deben considerar eventuales acanaladuras), sobre la cual puede circular una corriente eléctrica (→ Grupo de aislamiento, → tensión de aislamiento asignada).

Nota:

Una entalladura entre dos partes del aislamiento se considera también como una parte de la superficie de material aislante.

Distancia en aire

Es la distancia lineal más corta en aire entre dos partes conductoras. Se trata de uno de los factores decisivos para establecer el nivel de aislamiento de un → aparato de maniobras o de un → tablero o cuadro.

Distancia de Hamming

La distancia de Hamming (HD) representa los lugares de una palabra de código que deben cambiar para que se genere una palabra de código nueva y válida.

Cuando se reconoce una falla o error se produce una repetición automática de datos.

Distancia entre contactos

Camino de separación de los contactos de un → interruptor, dentro del cual se mantiene la → distancia en aire prescrita.

División

Compartimiento o cubículo cerrado, a excepción de las aberturas necesarias para las conexiones, el comando o la ventilación.

Duración de la conexión, (ED relativo)

Relación, expresada en forma porcentual, entre el tiempo de duración en servicio con carga, incluso los tiempos de → arranque y de frenado en relación con el tiempo total de duración del ciclo de trabajo. El valor ED influye, en especial, en el comportamiento térmico de un equipo, consumidor o aparato de maniobras y se debe tener en cuenta cuando se establecen las clases de servicio.

Duración de la conexión o tiempo de conexión

Es el tiempo durante el cual los → contactos permanecen cerrados (ver → ED relativo).

Duración de un ciclo

Suma del tiempo en el que permanece aplicada la carga (circula corriente) y el tiempo de pausa (no circula corriente), ver también → ED en %.

Duración mínima de un comando

Para el usuario, el tiempo mínimo y para el proyectista del aparato, el tiempo máximo, que debe mantenerse una señal eléctrica de comando para que el → aparato de maniobras pueda ejecutar la acción o cambiar de estado.

ED en %

La duración relativa de la conexión en % expresa la relación entre el tiempo efectivo de conexión y la duración del ciclo de carga. Se utiliza para evaluar el grado de utilización de los consumidores que se conectan y desconectan con frecuencia.

Efecto Chopping (corte anticipado de corriente)

Corte de la corriente y extinción del arco eléctrico antes del paso natural por cero de esa corriente (a la frecuencia de red) para la desconexión normal de servicio.

Valores típicos de la corriente $I_{cor.}$: 2 – 5 A. Estas intensidades de la corriente se verifican para todos los principios de interrupción, incluida la técnica en SF_6.

Eje de mando

Parte de un interruptor con el que se mueven todos los → contactos móviles. El → accionamiento actúa a través de este eje.

Ejecución constructiva abierta

→ Combinación de aparatos de maniobra de baja tensión (homologada o con homologación parcial), para un medio de servicio montado sobre un bastidor de tal manera que sus partes activas se encuentran accesibles.

Elemento de mando

Parte de un aparato de mando que se instala en la parte frontal de un armario, pupitre o panel y cuando se lo acciona en forma manual mediante presión (pulsador), torsión (interruptor o llave), fuerza lateral (palanca), golpe (pulsador hongo o de emergencia), de una llave (interruptor con cerradura), pulsador luminoso, etc., actúa sobre los contactos en forma temporal o permanente, según su función.

En los detectores de proximidad se considera como elemento de mando la parte que produce su operación, por ejemplo, la placa metálica que provoca la reacción en servicio de los detectores BERO inductivos. La forma, el material y las dimensiones de estas partes influyen en la característica de operación del sensor BERO. Las distancias de reacción indicadas en el catálogo Aparatos y Sistemas de SIEMENS se determinaron con las superficies mínimas especificadas en la norma correspondiente.

Elemento RC

Conexión serie de una resistencia óhmica y un condensador.

Cuando se desconecta un → consumidor con carga inductiva puede producirse una → sobretensión, que a su vez podrá provocar un → arco eléctrico que reducirá la → vida útil de los contactos. Para la extinción de este arco eléctrico se puede puentear el contacto con un elemento RC.

ELLE

Programa informático para la selección de contactores en función de su potencia, categoría de servicio, así como la vida eléctrica de sus contactos.

Encapsulado

Recubrimiento para la protección de los → equipos eléctricos. El encapsulado ofrece, protección contra las influencias ambientales dañinas a los aparatos o dispositivos eléctricos encerrados (→ Clases de protección), así como protección contra contactos directos (→ Medidas de protección).

Encastre sobre riel normalizado

Tipo de fijación de aparatos por medio del encastre sobre un riel normalizado de 35 mm de ancho según la norma DIN EN 50 022. Para liberar un aparato después de que fuera montado sobre el riel, se tiene que utilizar una herramienta.

Enclavamiento eléctrico

Dependencia eléctrica entre → aparatos de maniobra a través de disposiciones adecuadas en los circuitos. Por lo general se trata de conexiones en circuitos de mando mediante contactores: Un → contactor, por ejemplo, sólo puede cerrar si previamente abrió otro. Para realizar un enclavamiento eléctrico se utilizan → contactos auxiliares o → contactores o relés auxiliares.

Enclavamiento mecánico

Un → enclavamiento (bloqueo) mecánico (es decir, que no tiene carácter eléctrico), por ejemplo, realizado por medio de palancas giratoria, juegos de palancas, mecanismo de encastre, tracción de cable o → cerrojo.

Aplicaciones o ejemplos típicos son los siguientes:

1. El enclavamiento recíproco entre dos → contactores en un arrancador provisto de inversor de marcha o los contactores de estrella y de triángulo en un → arrancador estrella–triángulo. Ninguno de los contactores enclavados entre sí se puede conectar cuando el otro se encuentra cerrado. De esta manera se evitan cortocircuitos durante la conmutación de cargas. Se debe prever que el enclavamiento mecánico no *retarde* el funcionamiento subsecuente del contactor. Cuando se tiene seguridad eléctrica (es decir, → enclavamiento eléctrico y/o temporizado), y el primer contactor se encuentra abierto (¡incluso se apagó el → arco eléctrico!), antes de que los → contactos del segundo cierren, eventualmente se puede prescindir del enclavamiento mecánico. El enclavamiento mecánico de dos contactores también evita que ambos puedan cerrar al mismo tiempo a consecuencia de trepidaciones o vibraciones mecánicas.
2. El enclavamiento recíproco de dos o más interruptores automáticos, asegura que sólo un determinado número de interruptores (por ejemplo, uno o dos) puedan cerrar simultáneamente. Por ejemplo, un enclavamiento mecánico especial de dos interruptores de alimentación (con diferentes transformadores) de cargas a través de un → interruptor de acoplamiento, garantiza que ambos interruptores de alimentación están cerrados y el interruptor de acoplamiento, abierto o que sólo uno de los interruptores de alimentación y el interruptor de acoplamiento se hallan cerrados. Para esta disposición, con frecuencia, se utilizan interruptores equipados con cerraduras de seguridad. La maniobra de cierre sólo podrá realizarse con la llave insertada en la cerradura y en la posición correspondiente, donde tiene que permanecer. Como se dispone de sólo dos llaves, no se podrán cerrar al mismo tiempo los tres interruptores. Esta disposición se conoce como "enclavamiento Castell", (Castell es la marca registrada de ciertas cerraduras y llaves de alta seguridad). Sin embargo, la denominación "enclavamiento Castell" se extiende a cualquier enclavamiento con cerradura y llaves. La disposición de enclavamiento puede lograrse también mediante cables y varillas.
3. Enclavamiento de puerta en el → accionamiento en un aparato de maniobras. Este enclavamiento (bloqueo) se utiliza cuando se debe evitar que la puerta de un armario eléctrico pueda abrirse mientras el seccionador detrás de la misma permanezca en la posición de conectado o en la posición SI (ON). También se lo denomina → "CCM (MCC) con puerta enclavada".

Enclavamientos

Eléctrico:

Tipo de circuito, mediante el cual los → contactos auxiliares de diferentes aparatos se conectan de tal manera que el estado de los aparatos sean interdependientes. Así, por ejemplo, no podrá cerrarse un aparato de maniobras mientras el otro se encuentre conectado.

Mecánico:

Medio mediante el cual distintas unidades funcionales tienen una interdependencia mecánica, por ejemplo, para evitar la apertura de una cubierta o puerta de un armario con un aparato de maniobras conectado o para evitar activar el contactor de "marcha a la izquierda" cuando el contactor de "marcha a la derecha" se halla conectado o viceversa.

Ensuciamiento

En las instalaciones de maniobra de baja tensión, el término "ensuciamiento" define el estado que afecta la rigidez dieléctrica de los aislantes, la resistencia superficial de los

aislamientos, las → distancias en el aire y las de seguridad. El ensuciamiento puede estar dado por diferentes substancias externas (sólidas, líquidas y gaseosas), por ejemplo, una excesiva concentración de gases ionizados, polvo higroscópico, sales, etc. (→ Grado de ensuciamiento).

Entrada de cables

Parte con aberturas para la entrada de conductores y cables en → tableros, → armarios o cajas.

Nota:

Una entrada de cables puede usarse al mismo tiempo como terminación del cable.

Envejecimiento de fusibles

El envejecimiento determina la reducción de las características de calidad de un → fusible (es decir, el cambio de su característica tiempo–corriente) en un determinado lapso por modificaciones de las propiedades de los materiales que lo componen. La estabilidad frente al envejecimiento es un importante criterio para determinar la calidad de un fusible. Un fusible debe poder soportar los efectos normales de la corriente permanente, las sobrecargas cíclicas e impulsos de sobretensiones, sin que una merma de su calidad provoque situaciones inseguras y/o fallas. También debe poder interrumpir en forma segura sobreintensidades o corrientes de cortocircuito sin problemas evidentes incluso después de varios años de servicio. Entre los más importantes aspectos para evaluar la estabilidad de un fusible cabe consignar el material, la ejecución del → conductor o lámina fusible, así como la gestión de la calidad de producción continua utilizada por el fabricante. Los fusibles producidos por SIEMENS presentan una excelente estabilidad al envejecimiento.

Por lo general, las sobreintensidades que llevan al conductor fusible hasta el borde de su temperatura de fusión, provocan un envejecimiento acelerado del mismo, en especial, cuando su calidad no tiene el nivel adecuado. Así, por ejemplo, se puede producir una destrucción local limitada cuando ocurren cambios en la aleación eutéctica, por ejemplo, causados por la deposición de cinc sobre un conductor fusible de plata.

Equipos eléctricos

Producto tecnológico o sus partes constitutivas, en tanto su función y construcción se utilicen para aplicaciones de la energía eléctrica. A estos pertenecen los elementos u objetos para generar, conducir, distribuir, acumular, medir, supervisar, controlar, regular, transformar y consumir energía eléctrica.

Escalonamiento de las protecciones

En su recorrido desde el generador hacia los → consumidores la energía eléctrica circula a través por un número de fusibles y → aparatos de maniobra con → disparadores o relés de sobreintensidad conectados en serie. Las corrientes de disparo y los tiempos de intervención de los disparadores se eligen de tal manera que los mismos tienen valor descendente hacia las cargas. Este ordenamiento se denomina escalonamiento. A través del escalonamiento de las protecciones se alcanza la → selectividad necesaria dentro de una instalación.

Esclava

→ Estación esclava

Espacio de soplado del arco eléctrico

Durante la operación de un → aparato de maniobras, en especial, durante la apertura de circuitos con cargas muy inductivas o → corrientes de cortocircuito, se producen gases ionizados que se expulsan a presión a través de las aperturas de las cámaras apagachispas. A fin de asegurar que esta concentración de gases ionizados no alcance proporciones peligrosas, se requiere un determinado espacio sobre la parte superior o delante del aparato. El fabricante del aparato indica las dimensiones de esta zona de soplado del arco eléctrico (por lo general, en planos acotados). Las dimensiones del espacio requerido también dependen de los conductores expuestos bajo tensión (por ejemplo, barras colectoras), las estructuras conductoras y las separaciones aislantes del aparato de maniobras que se encuentran en las cercanías. En los → interruptores automáticos de mayores potencias, se pueden instalar cámaras apagachispas adicionales especiales que permiten disminuir el espacio necesario para el soplado del arco y, por lo tanto, el volumen requerido en el interior de los armarios. En el caso de aplicarse aparatos de maniobra con tecnología en vacío (→ interruptores automáticos y → contactores), no se requiere el espacio de soplado mencionado porque en estos aparatos el arco no emerge de las cámaras de vacío ni se liberan gases ionizados.

Estabilidad a la tensión de impulso asignada (U_{imp})

Valor de cresta de una tensión de impulso de forma y polaridad establecidas que un aparato eléctrico puede soportar sin salir de servicio cuando el ensayo se realiza bajo condiciones establecidas. A este valor de tensión se refieren las distancias disruptivas o de aislamiento.

La estabilidad a la tensión de impulso asignado de un aparato debe ser superior o corresponder a los impulsos de tensión (sobretensiones transitorias) que pueden producirse en la red en la que el aparato se instale.

Estabilidad ante cortocircuitos

Aptitud de un → aparato de maniobras para soportar en la posición de cerrado, en conjunto con sus elementos constitutivos (por ejemplo, → disparadores) o resistencia de un → tablero (cuadro) completo ante las solicitaciones térmicas y dinámicas emergentes de un → cortocircuito. (→ Estabilidad dinámica de cortocircuito).

La → corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) como mayor valor instantáneo de la corriente de cortocircuito es la magnitud que caracteriza la solicitación dinámica.

El valor medio cuadrático de la corriente de → cortocircuito mientras dure esta falla, es la magnitud que caracteriza la solicitación térmica.

Estabilidad dinámica ante cortocircuitos

Es la estabilidad mecánica ante solicitaciones por cortocircuitos de los aparatos de maniobra, en especial, las barras colectoras de los tableros de distribución y maniobra (→ estabilidad ante cortocircuitos).

Estación esclava (Slave)

Una estación esclava (slave) sólo puede intercambiar datos con la estación maestra (master) cuando ésta lo requiere. En el sistema → AS–Interface (AS–i) es un concepto colectivo para unidades de entrada como → BERO y pulsadores.

Estación maestra (Master)

Participante activo de un BUS de comunicación que podrá, si dispone del → símbolo (token), enviar datos a otros participantes de la red y a su vez requerir datos de éstos. → Maestro.

EVU

En los países de habla alemana, denominación abreviada para las empresas generadoras y/o distribuidoras de energía eléctrica.

Extinción del arco eléctrico

Por cada apertura de un circuito, no sólo se deben separar los contactos del aparato de maniobras correspondiente, sino también se tiene que apagar el → arco eléctrico que se produce entre los mismos. Aquí debe diferenciarse entre los métodos siguientes:

- El *arco eléctrico en corriente alterna* se extingue en forma natural con el paso de la corriente por cero. Por cierto, se debe evitar que el arco eléctrico pueda volver a encenderse cuando se restablece la tensión.
- El *arco eléctrico en corriente continua*, se extingue a través de la elongación y enfriamiento intensivo del mismo, ya que se le impone una tensión mayor de la que puede suministrar la red.

Extracorriente de conexión

Pico de corriente de corta duración que se produce por la formación del campo magnético (Efecto Rush) al conectarse circuitos magnéticos (por ejemplo, transformadores, motores, → accionamientos, etc.). La amplitud de la corriente de conexión depende de la inductividad del circuito de carga y del instante en el que se produce la conexión, es decir, del ángulo de fase de la tensión, en el cual se cierran los → contactos del → aparato de maniobras. La máxima corriente circula cuando el cierre de los contactos se produce en el instante en que la tensión pasa por cero. Intensidades típicas de la corriente de conexión para un motor con rotor jaula de ardilla con la → tensión asignada son las siguientes:

Conexión: $i_{máx} = \sqrt{2} \cdot I_{arr} \cdot (1{,}8 \text{ a } 2{,}0)$.

Conmutación estrella-triángulo:

$i_{máx} = \cdot I_{arr} \cdot (2{,}1 \text{ a } 3{,}7)$.

Inversión de marcha:

$i_{máx} = \sqrt{2} \cdot I_{arr} \cdot (2{,}7 \text{ a } 5{,}7)$

con I_{arr} = corriente de arranque del motor.

La extracorriente de conexión (→ corriente de conexión) de los transformadores depende de la clase de construcción, la ejecución, la ejecución de los bobinados, la clase de aplicación, el rango de potencia, etc. Este valor es de unas 15 a 30 veces la corriente asignada primaria. La extracorriente de conexión se amortigua en algunos periodos y después de 20 ms es claramente menor.

Factor de simultaneidad

Es la relación entre las → potencias de todos los consumidores que se encuentran en servicio al mismo tiempo y la suma de las potencias asignadas de todos los consumidores conectados. Este factor es necesario para la selección de los fusibles principales en las instalaciones eléctricas.

Factor de sobrecarga (de un motor)

Cuando en la placa de características de un motor se indica un factor de sobrecarga, significa que el aparato puede trabajar en forma permanente con la misma. La máxima potencia mecánica que un motor puede entregar en su eje se calcula con la expresión siguiente:

$P_{perm} = P_n \cdot$ factor de sobrecarga

En las normas NEMA y EEMAC se establece un factor de sobrecarga de 1,0 para máquinas totalmente cerradas con ventilador incorporado (IP44) y 1,15 para máquinas abiertas a prueba de salpicaduras de agua. En el ajuste de la corriente de las protecciones por sobrecarga, se debe tener en cuenta este factor.

Falta de fase (funcionamiento monofásico)

Condición de servicio anormal de un motor trifásico asincrónico, en la que se interrumpió una de las fases de la alimentación (por ejemplo, por la rotura de uno de los conductores de alimentación o la fusión de uno de los fusibles).

A los efectos de elevar la seguridad de servicios se recomienda en estos casos el uso de aparatos de maniobra con → sensibilidad a la falta de fase incorporada.

Fibra óptica

Un conductor de fibra óptica está formado por un núcleo con un elevado índice de refracción (haz de fibras de vidrio o una/múltiples fibras de material plástico) y un recubrimiento con índice de refracción bajo. Un conductor de fibra óptica conduce la luz de un lugar a otro pese a dobleces y curvas intermedias.

En la técnica de mando de baja tensión se utilizan conductores de fibra óptica tanto en barreras fotoeléctricas por reflexión como en sensores (detectores de proximidad). Se los monta delante de los emisores y receptores y hacen las veces de "ojos" remotos de los aparatos de maniobra (amplificadores de señal por fibra óptica). Como se trata de conductores de señales a través de un material aislante de la tensión eléctrica, muy flexible y de dimensiones reducidas, se los puede instalar en lugares poco accesibles, peligrosos y donde deban evitarse interferencias. La mayoría de los conductores de fibras ópticas se pueden acortar a la longitud requerida. No se aconseja el uso de luz infrarroja para conductores de fibra óptica debido a la mayor atenuación que se verifica para las frecuencias menores.

Fines de carrera

Son interruptores de posición

Frecuencia asignada

La frecuencia asignada es la de la red, para la que se diseña el → aparato de maniobras (por ejemplo, interruptor automático) y a la cual se refieren los demás datos característicos.

Frecuencia de fallas

La frecuencia media de fallas *HF* se calcula a partir de la suma del número de fallas *F* dividido por el producto del número de vías de corriente probadas *N* multiplicado por el número de maniobras mecánicas *M*:

$$HF = \frac{f}{N \cdot M}$$

Fuerza de contacto

Es la fuerza que dos → contactos ejercen uno contra el otro para conducir una corriente eléctrica.

Con una fuerza de contacto creciente aumenta la seguridad del contacto, es decir, se puede perforar un mayor número de capas de oxido de la superficie de los contactos y, así, se mejora la → resistencia de contacto.

La fuerza de contacto tiene una influencia directa sobre la → capacidad de cierre o conexión, así como la → vida útil del → aparato de maniobras.

Fusible

El fusible propiamente dicho (elemento o cartucho fusible) es la parte que contiene uno o varios → conductores preparados para que se fundan y, además, posee las piezas de contacto. Una vez que el fusible actúa, se lo debe reemplazar para reponer el servicio del circuito. La interrupción de la corriente y sus efectos concomitantes, se desarrollan dentro del cuerpo del fusible relleno con arena de cuarzo.

Fusible NH

NH es la sigla correspondiente a "Niederspannungs – Hochleistungssicherungen" (fusibles de baja tensión – alta capacidad de ruptura). Estos fusibles se emplean en instalaciones industriales o similares y están formados por una base portafusibles y el fusible propiamente dicho. El reemplazo del → fusible NH, en función de su tipo de construcción, sólo debe ser realizado por personal especializado, teniendo en cuenta las disposiciones de seguridad respectivas.

El fusible es un dispositivo de protección diseñado para una desconexión única en el que la corriente se interrumpe por medio de la fusión de un conductor inmerso en arena a causa de calor originado por el paso de esa corriente. La ejecución de sus → láminas fusibles determina la → capacidad de ruptura según las → clases de servicio.

Grado de ensuciamiento

El grado de ensuciamiento de un equipo o dispositivo eléctrico se refiere al medio ambiente en el cual opera. Se lo indica como una cifra característica que depende, en primer lugar, del volumen de polvo higroscópico o conductor, del gas ionizado o sal (→ ensuciamiento) presentes en el entorno de servicio (por lo general, el micro entorno) del tablero y en segundo, de la frecuencia con la que se manifiesta una humedad relativa capaz de producir una absorción higroscópica o condensación de humedad con la consecuencia de una reducción de la rigidez dieléctrica y/o de la resistencia superficial de los aisladores. Si no se indica otra cifra, (por ejemplo, en la especificación del aparato), se utiliza para medios de servicio en ambientes industriales un grado de ensuciamiento 3 (Norma DIN VDE 0660, Parte 100, Publicación IEC 947-1). Este grado admite un ensuciamiento conductivo (o un ensuciamiento de esta naturaleza producido por condensación en sustancias que originalmente no son conductivas).

Grupos de aislamiento

Los equipos o medios de servicio según la norma DIN VDE 0110, se clasificaban en cuatro grupos de aislamiento de acuerdo con su uso y el grado de reducción del aislamiento que podían experimentar bajo la influencia del polvo y contenido de humedad del aire en el lugar de la instalación (condiciones ambientales). Para los aparatos de maniobra de baja tensión, la norma DIN VDE 0660 prescribe el grupo de aislamiento C. Según la norma DIN VDE 0110,

Parte 1 y 2, la instalación del medio de servicio depende, en primera línea, del grado de ensuciamiento 1 a 4 y de la categoría de sobretensión I a IV.

Grupos de ignición, clase térmica

Los medios de servicio eléctricos, en función de especificaciones para el tipo de → protección contra ignición se dividen en los siguientes grupos:

▷ Grupo I – Medios de servicio eléctrico para aplicaciones mineras

▷ Grupo II – Medios eléctricos para todos los demás → recintos peligrosos.

Los medios eléctricos de servicio del grupo II se pueden subdividir a su vez en función del eventual grado de ignición o *clase térmica* de la atmósfera existente. La temperatura para la cual una atmósfera puede inflamarse (por ejemplo, por la temperatura superficial de un aparato eléctrico), depende del tipo de los gases presentes o vapores. La clase térmica especifica la máxima temperatura superficial de un medio eléctrico (por ejemplo, T1 hasta 450°C, T2 hasta 300°C, T3 hasta 200°C, etc.), la cual siempre debe ser inferior a la temperatura de inflamación de los gases, vapores o mezclas de los mismos, presentes en el lugar de instalación.

Guía forzada

Movimiento de maniobra, que bajo condiciones determinadas, asegura que los contactos auxiliares de un aparato de maniobras mecánico se encuentran en las posiciones de abierto o cerrado coincidentes con el contacto principal.

Humedad relativa del aire

Relación, expresada en por ciento (%), entre el contenido de humedad respectivo del aire referido al estado de saturación del mismo a igual temperatura.

Identificación de bornes

Designación mediante inscripción o rótulo con caracteres numéricos o alfabéticos que se dan a los bornes de conexión, tanto de entrada como de salida, en instalaciones eléctricas y aparatos.

IEC (International Electrotechnical Commission)

La IEC o Comisión Electrotécnica Internacional, procura la armonización de las diferentes normas de los distintos países en el marco de recomendaciones internacionales para eliminar posibles trabas en el comercio internacional.

Impedancia

La impedancia Z es la suma de las resistencias en alterna del polo completo al circular la corriente asignada. Esta se compone de las resistencias activas (R) y de las reactancias (X) del circuito, referidas a la frecuencia asignada.

Indicación digital

Indicación de un instrumento de medición en el cual el resultado de la medida se da mediante una sucesión de cifras, por lo general, como décadas de números.

Indicador del estado de conexión

Dispositivo vinculado en forma eléctrica o mecánica a un → aparato de maniobras que señaliza su estado de conexión, es decir, si está conectado o desconectado, o sea, si los → contactos de la vía principal de corriente se hallan en la posición de abierto o de cerrado.

Inercia térmica

Tanto los → relés sobrecarga como los → disparadores de sobrecarga trabajan según características tiempo-corriente de las cuales se puede deducir en qué tiempo el relé o el disparador reacciona para una corriente determinada. El menor tiempo de disparo prescrito para un determinado múltiplo de la corriente asignada, desde el estado frío se denomina → clase de disparo (→ CLASS (tiempo)).

Influencia del medio ambiente

Influencias que ejerce la atmósfera circundante en un aparato eléctrico como, por ejemplo, la humedad, el frío, la radiación solar.

Instante de conexión

Instante en el que se tocan los → contactos durante la maniobra de conexión.

Integral de Joule

Integral de las intensidades de la corriente al cuadrado para un intervalo de tiempo dado:

$$I^2 \cdot t = \int_{t_0}^{t_1} I^2 \cdot \mathrm{d}t$$

Nota:

Esta definición coincide con la que suministra el "Vocabulario Electrotécnico Internacional (1 EV, 441–07–14)", pero sin notas adicionales.

Intensidad de la corriente asignada I_n

Para un → interruptor automático, la intensidad de la corriente asignada coincide con la intensidad de la corriente asignada permanente I_u y es igual a la corriente térmica convencional en el aire libre I_{th}.

Intensidad de la corriente asignada de corta duración I_{CW}

Valor eficaz de la componente de corriente alterna de cortocircuito no influenciada, que un aparato de maniobras puede conducir durante un tiempo determinado, por ejemplo, 0,05 s hasta 1 s (corriente de 1 s) (→ estabilidad térmica ante cortocircuitos).

Intensidad de la corriente asignada de servicio I_e

Intensidad de la corriente definida por las condiciones de servicio de un → aparato de maniobras. Esta corriente tiene en cuenta la → tensión y la → frecuencia asignadas, la → clase de servicio, la → categoría de empleo, la → vida útil mecánica (cantidad de maniobras) y la → clase de protección. La intensidad de la corriente asignada (I_e) de un → arrancador de motor depende de la intensidad de ajuste del → relé de sobrecargas, de la → tensión asignada de servicio (U_e), de la → frecuencia asignada, la → clase de servicio, la → categoría de empleo, así como del tipo de carcasa. Un → aparato de maniobras puede tener asignadas diferentes intensidades de la corriente.

Intensidad de la corriente máxima admisible

Es la corriente máxima que un → conductor o una → vía de corriente de un → aparato de maniobras puede conducir bajo condiciones dadas sin que el conductor o su aislamiento (si corresponde) puedan sufrir daños. Para un aparato de maniobras esta intensidad de la corriente depende, entre otros factores, de su tamaño constructivo, de la carcasa y de la temperatura ambiente. La corriente máxima admisible para un conductor se suele denominar también capacidad de conducción de corriente del mismo.

Intensidad de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) asignada

→ Corriente asignada de choque i_p.

Intensidad de la corriente de defecto asignada $I_{\Delta n}$

La intensidad de corriente de defecto (de falla) asignada $I_{\Delta n}$ es aquella corriente (corriente diferencial) para la que fue diseñado y se identifica el interruptor diferencial (FI).

Intensidad de la corriente permanente asignada I_u

La intensidad de la corriente asignada a un → aparato de maniobras, por ejemplo, un interruptor automático por el fabricante del mismo y que dicho aparato puede conducir en forma permanente.

Intensidad límite de disparo

Corriente mínima para la cual, por ejemplo, un → relé de sobrecarga todavía dispara bajo condiciones establecidas. Por debajo de esta corriente límite no se produce disparo alguno, para intensidades mayores se produce el disparo. Con el incremento de la corriente, el → tiempo de disparo se reduce.

Intensidad térmica convencional I_{th} en aire libre

El fabricante indica como intensidad de la corriente térmica convencional (I_{th}), la máxima corriente de prueba para el ensayo de calentamiento que un → aparato de maniobras, por ejemplo, un → interruptor automático sin caja o carcasa y al aire libre puede conducir sin que la máxima temperatura de cualquiera de las partes bajo ensayo supere la temperatura límite pertinente prescrita (→ corriente permanente asignada).

Nota 1:

Como aire libre se entiende el que existe en un recinto en el que el aparato funciona sin corrientes de aire o radiación.

Nota 2 :

Interruptores automáticos sin caja o carcasa son aquellos que el fabricante provee sin la misma, o aquellos en que la caja es una parte integrante del aparato.

Interfaz Actuador-Sensor (AS-Interface)

Esta interfaz sensor-actuador (AS-Interface o AS-i), es un sistema de comunicación sobre la base de especificaciones y normas reconocidas a nivel internacional para la interconexión en red con característica maestro-esclavo (master-slave) de un equipo de mando con aparatos de maniobra y sistemas de baja tensión (según la Publicación IEC 947 u otras normas similares). Esta AS-i, vincula el equipo de mando o el → maestro (master) (por ejemplo, PLC) con los → actuadores binarios, por ejemplo, válvulas hidráulicas, contactores, → accionamientos y → sensores, como por ejemplo, detectores de proximidad (→BERO), sensores de posición, fines de carrera (por medio de los esclavos (slaves)). Los módulos maestro y esclavos son unidades autónomas o se encuentran integrados en el equipo de mando o en los actuadores/sensores. AS–i es un sistema de red sencillo para la vinculación con los periféricos del campo y trabaja, en especial, con un intercambio cíclico de datos o valores cortos de datos (→ transmisión de datos). La interconexión en red se realiza por medio de un cable bifilar codificado por su forma, sin blindaje. A través de estos conductores, el maestro suministra energía a los esclavos y también envía y recibe datos de los mismos.

Interrupción múltiple

Conexión en serie de puntos de interrupción, los que se accionan simultáneamente tanto en el cierre como en la apertura. Es un método que se utiliza para elevar la → tensión asignada de un → aparato de maniobras y subdividir el → arco eléctrico en varios individuales (→ capacidad de ruptura).

La forma más sencilla de una interrupción múltiple y que en la actualidad se emplea con mayor frecuencia, es la interrupción doble con dos puntos de separación. El objetivo de esta medida es subdividir el → arco eléctrico en varias partes para elevar la → vida útil de los contactos del sistema y mejorar la seguridad de la operación con tensiones reducidas.

Interruptor a distancia o remoto

Interruptor con accionamiento electromagnético a distancia, cuyo mecanismo se opera por medio de un impulso de corriente (interruptor de impulsos). Se los utiliza, en forma preponderante, en instalaciones domiciliarias.

Interruptor automático

Por lo general → interruptor con cerrojo y disparo libre, que en las condiciones del servicio puede establecer, conducir e interrumpir corrientes en circuitos eléctricos. Así como, con condiciones anormales determinadas, que podrán llegar al cortocircuito, establecer, conducir durante un tiempo estipulado e interrumpir las corrientes en dichos circuitos.

Nota:

Los interruptores automáticos, por lo general, no se diseñan para realizar maniobras frecuentes, aunque algunas ejecuciones están preparadas para operaciones mas frecuentes.

Interruptor automático con disparo libre

Interruptor automático, cuyos contactos móviles retornan a la posición de abierto y allí permanece, cuando se inicia el proceso de apertura después de que se inició el proceso de cierre, incluso si se mantiene el comando de cierre (→ Disparo libre).

Nota:

Para obtener una interrupción correcta de la corriente que posiblemente ya circula, puede ser necesario que los contactos permanezcan por un tiempo breve en la posición de cerrado.

Interruptor automático con enclavamiento de cierre

Interruptor automático, para el cual el comando de cierre se enclavó bajo determinadas condiciones dadas, que impiden todo movimiento del contacto móvil que permita la circulación de una corriente.

Interruptor automático de redes enmalladas

→ Interruptor automático, que en combinación con un relé de red enmallada y un → disparador por tensión especial, con acumulador de energía (→ Disparador para redes enmalladas) que acciona con seguridad con un valor de entre el 10 y el 110 % de la → tensión asignada de mando. Este relé supervisa el sentido de la circulación de la energía en el lugar de su instalación. Cuando la corriente circula desde el transformador hasta el consumidor (potencia directa), el relé no actúa, si el sentido de circulación de la energía cambia por una falla en el transformador o en la red de media tensión y, en consecuencia, circula energía en dirección al transformador (potencia inversa) (posibilidad que se da en → redes enmalladas, con múltiples puntos de alimentación), acciona el relé y separa la parte averiada al actuar sobre el disparador para redes enmalladas y accionar el → interruptor automático de red enmallada.

Interruptor automático en vacío

Un → interruptor automático, cuyos → contactos principales abren y cierran en una cámara libre de aire. En la apertura de los contactos no se producen arcos eléctricos y, por lo tanto, los mismos tienen una → vida útil muy prolongada, incluso cuando en forma regular operan con elevadas corrientes de cortocircuito.

Interruptor automático extraíble

Designación que se aplica a un → interruptor automático que por sí mismo conforma una unidad extraíble y, en contraposición con el módulo extraíble no requiere otros elementos para conformar una unidad constructiva que se pueda extraer del armario o tablero.

Interruptor automático limitador de la corriente

→ Interruptor automático e → interruptor cortacircuitos automático (termomagnético), que mediante la apertura de sus contactos producen una considerable → limitación de la corriente de cortocircuito. El efecto limitador de la corriente se alcanza por medio de uno o dos de los métodos posibles siguientes:

- A través de la apertura rápida de los → contactos. La rapidez es tal que los contactos abren cuando aún se incrementa la intensidad de la corriente (es decir, antes de que alcance el valor de cresta natural de la primera semionda) y producen un → arco de alta impedancia en la vía de corriente. En estos interruptores automáticos se utilizan las fuerzas dinámicas de las corrientes de cortocircuito para separar los contactos y de esta forma se evita la demora mecánica, relativamente prolongada, que introduce el → cerrojo del interruptor. La elevada impedancia del arco eléctrico se logra por medio de las técnicas aplicadas para apagar el mismo. La corriente se interrumpe (incluso se apaga el arco) antes de que la corriente pase por cero en forma natural.
- Por medio de la impedancia propia del interruptor automático. Ver también → seguridad ante cortocircuitos. Estos interruptores limitadores de la corriente son, por lo general, → interruptores automáticos encapsulados en material aislante, y se instalan, en especial, donde se deben limitar los efectos térmicos y dinámicos de las elevadas corrientes de cortocircuito (¡de ello depende la pro-

pia supervivencia del interruptor!). La rapidez de apertura de estos interruptores hace que no sean apropiados para coordinar la selectividad en el tiempo entre distintos niveles de distribución. Los interruptores limitadores se utilizan también en → conexiones en cascada.

Interruptor auxiliar

Interruptor incluido en un → circuito auxiliar que se utiliza con fines de señalización, enclavamiento y mando de → aparatos de maniobra electromecánicos, etc. Puede tener uno o varios contactos, accionado(s) por un sistema de mando común.

Interruptor con cerrojo

Interruptor con un → cerrojo de maniobra, los → interruptores automáticos son interruptores con cerrojo. Una característica de un → interruptor con cerrojo es el acumulador de energía, para que los contactos puedan volver a su posición inicial al liberarse el bloqueo y otra, su → disparo libre.

Interruptores con extinción en el paso por cero

→ Interruptores automáticos, cuyos → contactos abren ante un → cortocircuito por la acción de un → disparador rápido y → cerrojo. Durante el tiempo de apertura, la → corriente de cortocircuito se incrementa hasta su valor completo. El → arco que se forma a causa de su impedancia reduce la corriente de cortocircuito hasta que se extingue en el paso natural por cero de la corriente.

Interruptor con llave

Accionamiento manual de un → aparato de maniobras, que se puede operar (conectar o desconectar) por medio del accionamiento de una llave – cerradura.

Interruptor cortacircuitos automático (termomagnético)

Aparato de maniobras accionado mecánicamente, que se utiliza para conectar o desconectar de la red un circuito en forma manual, o desconectarlo en forma automática cuando la corriente sobrepasa una intensidad máxima determinada.

En el caso de una sobrecarga térmica de un → consumidor conectado o en una derivación, un → disparador térmico retardado provoca una desconexión del mismo. Cuando se produce un → cortocircuito acciona el → disparador magnético rápido. Ambos disparadores trabajan en forma independiente uno del otro y se protegen en forma recíproca. El → disparo libre del interruptor garantiza la apertura de los contactos es caso de → sobreintensidades de la corriente y → cortocircuitos aún cuando la palanca de accionamiento se encuentre bloqueada en la posición de conectado o el operador la mantiene accionada. Para proteger las diferentes derivaciones de corriente en forma óptima se fabrican interruptores termomagnéticos con diferentes características de disparo (A, B, C y D).

Interruptor de acoplamiento

Es un → interruptor automático que interconecta dos juegos o secciones de barras.

Ejemplo de aplicación: cada sección de barras tiene su propio interruptor automático con el transformador de potencia correspondiente. En el caso que se produzca una falla en la alimentación de uno de los sistemas o se lo deba desconectar por trabajos de mantenimiento (por ejemplo, en un transformador), se cierra el interruptor de acoplamiento y ambos juegos de barras quedan conectados al mismo sistema alimentador.

Interruptor de emergencia

Según la norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1), en caso de peligro, un interruptor de emergencia de una instalación, parte de la misma o una máquina, debe detener su funcionamiento o llevar al sistema a una situación segura que evite riesgos para las personas y máquinas (→ dispositivo de desconexión de emergencia). El accionamiento del interruptor de emergencia debe estar bien visible y accesible por el operador. Su manija o elemento de accionamiento tiene que ser de color rojo y tener detrás una superficie de contraste de color amarillo.

Interruptor de mando

Interruptor de los → circuitos principales para el mando directo de elementos de servicio o interruptor de los → circuitos auxiliares para el mando indirecto de elementos de servicio.

Interruptor de proximidad

→ detector de proximidad inductivo (BERO),

→ NAMUR

Interruptor diferencial (Interruptor FI)

→ Dispositivo de protección por corriente diferencial.

Interruptor principal

Toda máquina industrial comprendida por el campo de aplicación de la norma DIN EN 60 204, Parte 1 (VDE 0113, Parte 1) tiene que contar con un interruptor principal capaz de desconectar de la red toda la instalación eléctrica durante trabajos de limpieza, mantenimiento o largos tiempos de parada.

Por lo general, es un interruptor con accionamiento manual, especificado para evitar riesgos de origen eléctrico o mecánico.

Un interruptor principal puede utilizarse también como dispositivo de desconexión de emergencia.

Debe cumplir con los requerimientos siguientes:

1) Tener un accionamiento manual accesible desde el exterior.
2) Poseer una única posición de "desconectado" y otra de "conectado" con sus respectivos topes.
3) Las dos posiciones mencionadas se identifican con los símbolos "O" e "I".
4) Se debe poder asegurar la posición de desconectado con cerradura o candado.
5) Debe tener una cubierta protectora contra contactos casuales sobre los bornes de conexión a la red.
6) La capacidad de maniobra de un interruptor para motores tiene que ser AC-23, y para cargas, AC-22 (→ Categoría de empleo).
7) La posición de sus contactos debe quedar señalada de manera inequívoca.

Interruptor rápido

Interruptor especial con un → retardo muy breve en la apertura, que limita la intensidad de la → corriente de cortocircuito en amplitud y duración.

Interruptor sin retención

Interruptor con fuerza propia para retornar a su posición inicial de reposo cuando se suprime la fuerza de accionamiento.

Ejemplos: → contactores y pulsadores.

Inversor

→ Contacto auxiliar con un → contacto móvil que tiene una posición de contacto, tanto para el aparato de maniobras cerrado como para abierto.

LED

Abreviatura de **L**ight **E**mitting **D**iode (diodo emisor de luz), elemento de señalización que se utiliza para indicar el estado de una señal. El LED enciende (⊗), por ejemplo, si la carga está conectada.

Limitación de la corriente

La → corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) prevista de acuerdo con las constantes del circuito (R, L) no llega a circular porque se la limita a la intensidad de la → corriente de ruptura, de corte o paso. Este efecto se logra con el empleo de fusibles o de los → interruptores automáticos limitadores o de → interruptores rápidos que, con corrientes de cortocircuito elevadas interrumpen el circuito con gran rapidez (algunos milisegundos).

Limitación de la corriente de cortocircuito

Una posibilidad de limitar la corriente de cortocircuito se da mediante → interruptores automáticos limitadores, de accionamiento muy rápido, que desconectan el circuito defectuoso en unos pocos milisegundos, con el resultado de que el valor de cresta o máximo de la corriente no influenciada estimada no llega a circular y queda reducido a la intensidad de la corriente de ruptura limitada i_D (o corriente de paso), considerablemente menor.

Otra posibilidad se da por medio de la resistencia interna del interruptor automático (→ estabilidad propia ante cortocircuitos).

Existen otras soluciones como, por ejemplo, intercalar impedancias limitadoras en el circuito de corriente.

Limitador de sobretensión

Aparato o circuito que permite limitar, por ejemplo, los efectos de las sobretensiones de ruptura que se producen al abrir circuitos inductivos (por ejemplo, → contactores o circuitos de comando). Los limitadores de sobretensión se ofrecen como accesorios para los respectivos contactores o se suministran incorporados en los mismos aparatos. Por lo general, se los instala fuera del cuerpo del aparato y se conectan en paralelo con los bornes de la bobina del contactor. Existen diferentes métodos para la limitación de las sobretensiones entre los que cabe mencionar los siguientes:

Diodo limitador: Sólo se puede utilizar para → accionamientos magnéticos alimentados por corriente continua. Cuando se abre el circuito, el diodo conectado en paralelo con la bobina cortocircuita todas las sobretensiones con una polaridad opuesta a la que tiene la tensión de mando. Este método se debe utilizar con cierta precaución porque puede introducir un retardo en el tiempo de desconexión del contactor y, en el caso de aparatos grandes, provocar una eventual desconexión en dos etapas.

→ *Elemento RC:* (Para aparatos alimentados por corriente alterna). Reduce la amplitud y la pendiente (tiempo de crecimiento) de las sobretensiones de desconexión. De esta forma, el elemento RC protege las etapas de salida electrónicas de los controles, muy sensibles a du/dt (por ejemplo, triacs). Este elemento no es muy apropiado para módulos de salida con característica pasabajos.

→ *Varistor:* Limita los picos de las sobretensiones. La protección con varistores se adapta, en especial, para las etapas de salida con característica pasabajos, pero no es tan conveniente para etapas de salida sensibles a du/dt.

También se ofrecen protecciones combinadas de elementos RC y varistores.

LOVAG

Acrónimo correspondiente a **L**ow **V**oltage **A**greement **G**roup, (Asociación para la Armonización en el Ámbito de la Técnica de los Aparatos de Maniobra de Baja Tensión),

entidad que procura el reconocimiento mutuo de los ensayos y normas de certificación de las organizaciones pertinentes de los diferentes países europeos. Sus miembros fundadores son, por ejemplo, ASEFA (Francia), ASTA (Inglaterra) y → ALPHA (Alemania).

Maestro (Master)

→ Estación maestra.

Mando local

Mando para accionar a un aparato en el lugar o en su cercanía.

Maniobra

Secuencia de una acción para un cambio de posición a otro y regreso a la posición de salida. Cuando existen posiciones intermedias se las debe recorrer todas.

Nota:

Se puede tratar de una operación de cierre y la subsecuente apertura. Una sucesión de operaciones que no constituyen una maniobra, se denomina secuencia de mandos.

Maniobra de servicio

Operación de un → aparato de maniobras en el que se mantienen los límites dados por los datos asignados, por ejemplo, la frecuencia de maniobras y la potencia asignada.

Margen de ajuste

Rango que contiene el máximo y el mínimo de una escala que define el → valor de ajuste para el cual se puede regular el punto de reacción de un relé (por ejemplo, relé de tiempo) o de un → disparador.

Material de los contactos

Material que se utiliza como → recubrimiento de los contactos fijos y móviles. Estos materiales deben satisfacer una serie de requerimientos que determinan claramente la calidad, confiabilidad y → vida útil del aparato de maniobras.

Las propiedades más importantes del material de los contactos (material en el punto de contacto) son las siguientes:

a) elevada conductividad eléctrica y térmica,

b) reducida propensión al ensuciamiento de las capas de recubrimiento,

c) elevada resistencia mecánica,

d) reducido desgaste de los contactos por → erosión eléctrica,

e) reducida combustibilidad,

f) elevado punto de fusión y resistencia a la soldadura entre contactos,

g) dureza, solidez y rigidez mecánica apropiadas (equilibrio entre la → fuerza de contacto, la velocidad de cierre, los rebotes, etc.),

h) Compatibilidad con el medio ambiente, (tanto en el proceso productivo, como para la eliminación de partes usadas),

i) fácil procesamiento y costos favorables.

Es lamentable, pero al igual que en otros campos de la técnica, no existe el material ideal para los contactos de los aparatos de maniobra de baja tensión. Todos los materiales utilizados responden en mayor o menor grado a las propiedades antes enumeradas. En la actualidad como material se prefiere la plata, sus aleaciones o los materiales sinterizados. Según su aplicación, en las aleaciones se adiciona níquel, cinc y carbono. Aunque los contactos de plata – óxido de cadmio presentan propiedades muy ventajosas, por ejemplo, buena estabilidad ante soldaduras, cada día se lo utiliza menos por su toxicidad y por esta misma causa se lo eliminó completamente de los contactores de SIEMENS.

MCCB

Abreviatura de la denominación en inglés **M**olded **C**ase **C**ircuit **B**reaker o interruptor automático en ejecución compacta con caja de material aislante moldeado.

Medidas de protección

Medidas para la protección de las personas y animales ante → tensiones de contacto, que pueden producirse como consecuencia de fallas en el aislamiento en las instalaciones eléctricas.

Módulo de conexión de la estación maestra (Master)

Módulo para una estructuración descentralizada que interconecta la periferia descentralizada con el equipo de automatización.

Módulo de enlace óptico (OLM)

Con el módulo de enlace óptico u OLM (abreviatura de **O**ptical **L**ink **M**odul), se pueden construir redes PROFIBUS con → conductores de fibras ópticas y estructura lineal, en anillo y en estrella. La velocidad de transmisión en un trayecto con fibra óptica es independiente de la distancia. Estos módulos se suministran para conductores de fibras ópticas de material plástico o de vidrio. Las ejecuciones para largas distancias alcanzan a un máximo de 10 km (con fibra múltimodo) ó 15 km (con fibra monomodo).

Módulo intercambiable

Módulo formado por equipos de servicio montados sobre una base portante común y cableados para montaje fijo.

NAMUR (→ Detector de proximidad)

Acrónimo correspondiente a **N**ormenau**s**schuß für **M**eß- **u**nd **R**egelungstechnik o sea la Asociación de Normas para las Técnicas de Medición y Regulación de Alemania. Un → detector de proximidad BERO, de acuerdo con NAMUR y la norma DIN 19 234 es un sensor de proximidad para corriente continua que puede ser inductivo, capacitivo o por ultrasonido y posee un único oscilador para generar el campo electromagnético de detección. Su baja resistencia de entrada los convierte en aparatos muy insensibles ante acoplamientos inductivos y capacitivos. En conjunto con los aparatos complementarios de conexión, los detectores BERO se pueden utilizar en circuitos con seguridad intrínseca.

Número de polos

Número de las → vías de corriente de un → aparato de maniobras. En las vías de corriente se diferencia entre las correspondientes a los → circuitos principales y las de los → circuitos auxiliares.

Objetos de protección

Se establece la protección de los siguientes objetos:

G: Cables y conductores, antes, aplicaciones generales.

M: Aparatos de maniobra.

R: Semiconductores.

B: Instalaciones mineras.

Tr: Transformadores

Operación (mando)

Maniobra que cambia la posición de los contactos móviles.

Nota:

Se puede tratar del cierre o de la apertura de los contactos. Cuando se debe diferenciar el cambio se considera un mando eléctrico (si se conecta o desconecta un circuito) y operación mecánica (por ejemplo, el cierre o la apertura).

Operación por medio de pulsadores

Operación de un circuito por medio de un → pulsador. Se trata de una acción de corta duración.

Optimización en carga parcial

Método que se utiliza en los arrancadores de motores electrónicos (por ejemplo, SIKOSTART). Consiste en reducir la tensión en bornes cuando el motor trabaja con carga parcial o en marcha en vacío y se utiliza para mejorar el factor de potencia → cos φ. Durante la carga parcial o el servicio en vacío de un motor asincrónico, la corriente se reduce en una medida diferente a la disminución de la potencia útil en el eje de la máquina. Esto significa que empeora el factor de potencia del motor. El equipo SIKOSTART detecta la reducción del factor de potencia y modifica la tensión en bornes del motor para mejorarlo. Al mismo tiempo disminuye la potencia eléctrica absorbida de la red. Al producirse un cambio de carga (y de la potencia demandada), la unidad de control ajusta inmediatamente la tensión en bornes sin que se produzca una caída brusca en la velocidad de rotación. El ahorro de energía depende de la potencia asignada, el tipo del motor, el número de polos y el tipo de carga (→ Duración relativa de la conexión). En motores pequeños (por ejemplo < 5 kW) se puede obtener un ahorro de hasta el 10% de la potencia asignada. Para motores de mayores potencias (> 110 kW) el ahorro alcanza a menos del 2%.

Oscilación armónica

Las ondas no sinusoidales se forman por la superposición de las numerosas ondas sinusoidales de diferentes frecuencias y amplitudes que constituyen la oscilación armónica. Cada una de estas armónicas tiene una frecuencia que es un múltiplo entero de la fundamental (= frecuencia de la red) y una amplitud que sólo es una pequeña fracción de esta onda fundamental.

Panel

Unidad constructiva de una instalación eléctrica entre el límite de dos planos horizontales en el interior de un → compartimiento.

Parada suave (de motores jaula)

La parada suave de motores eléctricos con rotor jaula de ardilla se logra por medio de una reducción de la tensión aplicada en los bornes del motor según una función especial dependiente del tiempo (por ejemplo, una rampa lineal descendente o de parada, con un tiempo de rampa dado). Este tipo de parada es importante, en especial, cuando el par de inercia del accionamiento es pequeño y se debe evitar una parada brusca de la máquina (por ejemplo, de una cinta transportadora o de un ascensor).

Partes activas

Partes conductoras de un aparato eléctrico que en condiciones normales de servicio se encuentran bajo tensión. También comprende el → conductor de neutro (N) y los → conductores vinculados al mismo. Esto no se aplica cuando el conductor neutro es al mismo tiempo el conductor → PEN.

Partes conductoras

Partes que pueden conducir corriente eléctrica aunque no es necesario que por razones de servicio se las use como tales.

Pasillo de servicio en tableros o cuadros

Parte de la sala de tableros por la cual el personal de servicio puede transitar para realizar con seguridad las maniobras, las operaciones control, los ajustes o las observaciones requeridas por la instalación eléctrica.

Perturbación radioeléctrica

Se producen perturbaciones radioeléctricas, por ejemplo, al desconectar circuitos inductivos. Estas perturbaciones se manifiestan como ruidos de chasquidos. Se las puede amortiguar con la ayuda de circuitos supresores RC conectados a los → contactos que se seccionan.

Placas de extinción

Son placas metálicas colocadas en el recorrido de un → arco eléctrico para elevar su → tensión de arco. Una → cámara apagachispas puede contener varias placas de extinción del arco que permiten su "propagación" de una a la otra. En cada uno de los saltos de una placa metálica a la siguiente se origina una caída de tensión sobre la raíz o base del arco eléctrico, que según la dirección de la corriente será una caída catódica o anódica. Para un arco permanente de corriente continua, dicho valor alcanza de 10 a 20 V por placa; en corriente alterna el valor de la caída de tensión sobre la superficie de las placas de extinción es muy superior. Estas caídas se suman a la correspondiente a la columna total del arco eléctrico.

PNO

PNO es la sigla de la organización de usuarios de redes PROFIBUS. Esta entidad se fundó en diciembre de 1989 para organizar y atender el intercambio de informaciones entre todos los interesados en esta clase de bus. Además, esta organización fomenta la normalización requerida para el desarrollo continuo del PROFIBUS y otorga el símbolo registrado PNO a calificados productos aprobados.

La dirección de la PNO y sus números de teléfono son:

PROFIBUS–Nutzerorganisation e.V.
Haid–und–Neu Str. 7, D – 76131 Karlsruhe
República Federal de Alemania
Teléfono: ++ 7 21-9 65 85 90, Fax: ++ 7 21-9 65 85 89.

Poder de cierre o capacidad de conexión

Valor de la corriente no influenciada de cierre que el aparato de maniobras puede establecer en un circuito determinado bajo condiciones establecidas.

El poder de cierre o capacidad de conexión de un contactor en corriente alterna se indica como valor eficaz de la componente simétrica de la corriente de cierre o conexión.

En el caso de interruptores automáticos se expresa como el valor instantáneo máximo de la corriente no influenciada estimada en los bornes de entrada para un valor dado de la tensión de servicio.

Polo (de un interruptor automático)

Todas las partes de un → interruptor automático que pertenecen al mismo → circuito principal y están equipados con los → contactos para realizar el cierre o la apertura de este circuito. Se exceptúan todas las partes que se utilizan para soporte y accionamiento de los polos.

Nota:

Cuando un interruptor automático tiene un único polo, se trata de un interruptor unipolar. Los interruptores que poseen más de un polo, acoplados entre sí o que se pueden acoplar para trabajar en forma conjunta se denominan multipolares.

Posición de abierto

Posición en la cual está asegurado el → espacio de aire entre los → contactos abiertos en el → circuito principal de un → aparato de maniobras.

Posición de cerrado

Posición en la que los contactos de un → aparato de maniobras, están cerrados.

Posición de extraído

Posición de una parte intercambiable (unidad extraíble) cuando se encuentra fuera de un tablero o cuadro y está separada mecánicamente y seccionada desde el punto de vista eléctrico.

Posición de montaje

Disposición de montaje o de servicio de un aparato de → maniobras indicada por su fabricante para que se pueda garantizar el correcto funcionamiento del mismo.

Posición de prueba

Posición de una → unidad extraíble en la cual los → circuitos principales se encuentran abiertos, aunque no se verifiquen los requerimientos para un → seccionamiento y los → circuitos auxiliares permanecen conectados de manera que se puede realizar una prueba funcional de la unidad, la que permanece vinculada en forma mecánica con la → combinación de aparatos de maniobra.

También se admite la apertura del circuito principal por medio de un → aparato de maniobras apropiado, sin que se deba mover de su posición a la → unidad extraíble.

Posición de Reset

Posición a la cual debe llevarse un aparato de maniobras por medio de un accionamiento o pulsador para que después de una desconexión por disparo se lo pueda volver a accionar.

Posición de seccionado

Posición de la unidad extraíble, en la cual el → circuito principal y los → circuitos auxiliares están abiertos pero este módulo continúa vinculado en forma mecánica con la → combinación de aparatos de maniobra.

También se admite la apertura de los circuitos por medio de un → aparato de maniobras apropiado, sin que se deba mover de su posición a la → unidad extraíble.

Posición de servicio

Posición de las partes móviles de un → aparato de maniobras cuando el → accionamiento se encuentra operado (es la posición opuesta a la de reposo o de desconectado).

En el caso de armarios o tableros: Es la posición de una → unidad extraíble, en el que la misma está conectada en forma plena para la función prevista. (→ posición de extraído, → posición de prueba).

Potencia

1. Concepto físico:
   Trabajo mecánico desarrollado por una fuerza en la unidad de tiempo, expresada en vatios.
2. Concepto eléctrico
   Energía eléctrica absorbida de la red por un → consumidor en la unidad de tiempo.

En una red de corriente alterna se tienen las siguientes clases de potencia dependientes de los consumidores:

- Potencia activa (P)
  Parte de la potencia que se convierte en otra forma del energía.
  La parte activa de la potencia, componente de la → potencia aparente, está dada por la expresión siguiente:
  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ [W].
- Potencia reactiva (Q)
  Parte de la potencia que no se puede convertir en otra forma de energía. La potencia reactiva se obtiene como consecuencia de la inducción que causa un desfase entre las curvas de la corriente y de la tensión.
  La potencia reactiva, componente de la potencia aparente está dada por la expresión siguiente:
  $Q = U \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$ [var].
- Potencia aparente (S)
  Potencia demandada de la red por una carga compuesta por la potencia activa y reactiva.
  La potencia aparente está dada por la expresión siguiente:
  $S = U \cdot I$ [VA].

Estas tres clases de potencia tienen entre si una dependencia geométrica, la que se puede representar en un diagrama de potencias.

La relación entre la potencia activa y la aparente queda determinada por el factor de potencia (cos φ.). Se lo expresa como una función angular denominada coseno del ángulo φ.

Potencia aparente

En corriente alterna se define por el producto de la tensión por la intensidad de la corriente sin considerar el valor del factor de potencia, cos φ. La potencia aparente se puede medir y su valor se expresa en VA (→ Potencia).

Potencia asignada S_{rT} (P_s) de un transformador

Potencia aparente de salida (en VA o kVA) como resultado del producto entre los valores asignados de salida de la corriente y la tensión. En el caso de transformadores trifásicos se considera veces el valor para el que fue diseñado el transformador con las condiciones del pedido básico.

Potencia auxiliar de accionamiento

Potencia absorbida por un → aparato de maniobras para accionar un electroimán o el motor de accionamiento. Se expresa en Volt-Amperios (VA) como potencia aparente o en Vatios (W) como potencia activa.

Potencia de atracción

Potencia requerida para poner en movimiento la armadura de un sistema magnético. Por lo general, es mayor que la → potencia de retención

Potencia de conexión o instalada

Valor de la potencia de conexión conjunta de todos los → consumidores que constituyen una instalación eléctrica. También se la denomina potencia instalada.

Potencia de retención

Potencia absorbida en función de la corriente permanente necesaria para que la bobina del electroimán produzca la fuerza portante requerida para mantener retenida su armadura en la posición de cerrado del aparato de maniobras accionado.

Potencia reactiva

→ Potencia requerida para producir y sostener el campo electromagnético en los sistemas monofásicos y trifásicos de corriente alterna, por ejemplo, en los motores eléctricos y en los transformadores. Es imprescindible para el funcionamiento de todos los consumidores inductivos pero, en contraposición con la potencia activa, no se la puede transformar en otra forma de energía útil y, por lo tanto, constituye una carga "inútil" para los cables y las instalaciones, en especial, las redes de las empresas distribuidoras de energía eléctrica.

Para la compensación de esta potencia reactiva y la descarga de las redes de distribución se utilizan sistemas de condensadores fijos o regulados que suministran la potencia reactiva capacitiva necesaria.

Presión de contacto

Característica de contacto que se produce sólo por la presión entre el contacto fijo y el móvil que componen un juego de contactos. En la operación de conexión la superficie de los contactos no queda afectada por el rozamiento proveniente de un eventual movimiento deslizante de estos contactos entre sí.

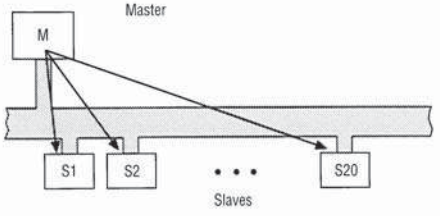
Principio modular

Método que permite completar un aparato básico con diferentes módulos funcionales adaptados entre sí para conformar un equipo apropiado para funciones especiales o perfeccionar con medios auxiliares sencillos un distribuidor para obtener distintas variantes (ejemplos: contactores, relés de sobrecargas, relés de tiempo, interruptores automáticos, sistemas de distribución).

La ejecución modular ofrece diversas ventajas: se simplifica el mantenimiento de las existencias en el almacén y se obtiene flexibilidad en la adaptabilidad a las funciones requeridas.

Procedimiento maestro – esclavo (Master – Slave)

En este procedimiento, una de las estaciones, el → maestro (Master) controla el acceso al bus de otras estaciones (→ los esclavos (Slaves)), por una asignación explícita de la autorización, limitada en el tiempo, para transmitir sus telegramas.



PROFIBUS

Acrónimo de **PRO**cess **FI**eld **BUS** norma internacional del bus de campo para procesos PROFIBUS (EN 50 170, DIN 19 245, partes 1 y 2). La norma establece las características funcionales eléctricas y mecánicas que debe satisfacer un sistema de bus de campo para procesos.

PROFIBUS – DP

Proyecto de norma PROFIBUS – DP (EN 50 170, DIN 19 245, Parte 3). El principal objetivo del PROFIBUS – DP es el intercambio cíclico rápido de datos entre el maestro DP central y los aparatos periféricos.

Protección contra contactos directos

Medidas para la protección de personas (y animales domésticos), ante los peligros que puedan producir su contacto con partes activas de los medios eléctricos en servicio.

Se puede tratar de una protección total o parcial. En caso de protección parcial, sólo se provee resguardo contra contactos accidentales.

Protección contra contactos indirectos

Medidas para la protección de personas (y animales domésticos) ante los peligros que en caso de falla pueden ocurrir por el contacto con los cuerpos o partes conductoras externas de los medios eléctricos en servicio.

Protección contra explosiones

Condición para disponer la instalación de aparatos eléctricos en ambientes con peligro de explosión según la norma DIN VDE 50 014 (VDE 0170/171). Los equipos eléctricos capaces de producir chispas o → arcos eléctricos (plasma) durante el servicio, se montan en carcasas a prueba de sobrepresión interior para asegurar la protección contra explosiones. En esta → carcasa podrá penetrar la mezcla explosiva, pero en caso de ocurrir una explosión en el interior de la misma, su diseño debe impedir la salida de llamas capaces de producir una ignición en el exterior.

Protección contra ignición

Las condiciones para la instalación de aparatos eléctricos en ambientes peligrosos están dadas, por ejemplo, en la norma DIN EN 50 014 (VDE 0170/0171). Los principios fundamentales de la protección contra ignición son prácticamente iguales a nivel mundial:

Debe evitarse la presencia simultánea de sustancias inflamables (incluidos los gases, los vapores, las nieblas y los polvos) en volúmenes potencialmente peligrosos, mezclados con aire (es decir, oxígeno) y posibles fuentes de chispas o llamas. Cuando la "protección primaria contra ignición" no puede evitar la presencia de las mezclas citadas, tienen que aplicarse normas y especificaciones especiales para la construcción de instalaciones y aparatos eléctricos con el fin de eliminar las posibles fuentes de encendido. En la norma DIN EN 50 014 (VDE 0170/0171, Parte 1) se definen diferentes *clases de protección* para la fabricación y producción de los aparatos a prueba de explosiones.

Comprenden, por ejemplo, las clases siguientes:

- *Encapsulado a prueba de explosión "d"*:
  Partes que pueden producir el encendido de atmósferas explosivas se montan en una carcasa construida de manera tal que pueda resistir la presión interior de una explosión e impida la propagación de la misma hacia el ambiente exterior explosivo.

- *Seguridad aumentada "e"*:
  Medidas para evitar sobretemperaturas, → arcos eléctricos o chispas en los aparatos ubicados en el interior o exterior, que con condiciones de servicio normales no causan estos efectos.
- *Aparatos encapsulados con sobrepresión interior "p"*
  Por medio de un gas no explosivo que se mantiene en la carcasa con una sobrepresión interior se evita que penetren los gases explosivos de la atmósfera exterior.
- *Seguridad intrínseca "i"*:
  El aparato eléctrico tiene un circuito con seguridad intrínseca, es decir, las chispas o los efectos térmicos no podrán provocar ignición con las condiciones normales especificadas o las vigentes en las pruebas de fallas.
- *Encapsulado en aceite "o"*
- *Encapsulado en arena "q"*
- *Encapsulado por moldeo "m"*, o → *encapsulado*.
  Los aparatos eléctricos o medios de servicio que cumplen con alguna de las clases de protección especificadas se denominan a "Prueba de Explosión".

Protección de motores

Protección de los motores trifásicos ante → sobrecargas y → cortocircuitos, es decir, protección del aislamiento de los bobinados contra una elevación inadmisible de la temperatura.

Protección de motores por termistores

Protección del motor por medio de sensores de temperatura incorporados en los bobinados del mismo (→ sensor de temperatura con coeficiente positivo – PTC). Estos sensores supervisan en forma directa la temperatura de los bobinados.

Protección selectiva de respaldo o de back-up

Efecto conjunto de dos dispositivos de protección por sobreintensidad con sus valores de intervención coordinados, conectados en serie en un lugar en el cual, en caso de falla, un aparato sólo, por ejemplo, → un interruptor automático, no es capaz de interrumpir la → corriente de cortocircuito prevista. Cuando se produce una elevada solicitación de cortocircuito, el dispositivo anteconectado (aguas arriba) descarga al posconectado (aguas abajo), y evita una solicitación inadmisible del segundo. El dispositivo anteconectado debe tener la → capacidad de ruptura requerida. El efecto protector se puede determinar por pruebas. Después de la apertura, ambos dispositivos de protección contra sobreintensidad deben quedar plenamente operables.

Prueba funcional

Prueba que sirve como comprobante o registro de que el aparato trabaja en forma correcta dentro de los límites establecidos por las normas y recomendaciones. El fabricante es el responsable de realizar las pruebas funcionales pertinentes de los aparatos de maniobra.

PTSK

→ Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión con homologación parcial. Se reproduce la sigla PTSK por su amplia difusión en la bibliografía alemana (ver también → TSK).

Puesta a tierra, conductor de tierra

Es la conexión eléctrica entre las partes conductoras de los aparatos y el electrodo de tierra de la instalación de puesta a tierra. El electrodo de tierra que provee la conexión conductiva podrá ser un fleje, barra o placa que se encuentra enterrado para asegurar el contacto en toda su superficie. Se la denomina abierta cuando el conductor de tierra (→ conductor de protección) tiene intercalados dispositivos de protección contra sobretensiones como, por ejemplo, descargadores de arcos de protección y conductores de protección.

Pulsador

Interruptor utilizado en → circuitos auxiliares o comando con retorno a la posición inicial de reposo mediante acción de un resorte. Son accionados mediante un dedo o la palma de la mano. Ejemplos de estos aparatos: pulsadores, pulsador hongo o interruptor basculante.

Pulsador de pie (pedal)

Pulsador o interruptor para → circuitos auxiliares con un accesorio que permite operarlo con el pie.

Reacción

Cambio de un estado a otro predeterminado cuando se alcanza un valor establecido (→ valor de reacción) o comienzo de un proceso que finaliza con el cambio de estado. Entre los valores de reacción se pueden citar, por ejemplo, los siguientes: valores de corriente, de tensión, de tiempo, de temperatura, etc.

Rebotes

Cuando se produce el cierre (raras veces, durante la apertura) de un aparato de maniobras los → contactos móviles chocan contra los fijos y dadas las características elásticas de los mismos, después de un contacto breve, rebotan. Este proceso se repite varias veces hasta que se agota la energía del movimiento y el contacto permanece cerrado.

Mientras dura todo este proceso de rebotes circula una elevada intensidad de la → corriente de conexión que depende del → consumidor. Cuando los contactos vuelven a separarse levemente se forman → arcos eléctricos que erosionan en forma considerable la superficie del contacto, e incluso pueden provocar la → soldadura de los contactos.

Recubrimiento de los contactos

→ Material de los contactos.

Red en anillo

La red en anillo es una forma de las redes de alimentación (→ red enmallada), en la cual varios transformadores suministran energía mediante un anillo cerrado de cables al que se conectan todos los consumidores. Cuando el anillo se abre en un punto, los consumidores se alimentan desde ambos lados como en una → red radial.

Red enmallada

En una red enmallada el suministro de energía se realiza a través de un sistema de conductores unidos entre sí en forma de malla. Por lo general, la alimentación se efectúa desde diferentes puntos. Cuando se produce una falla en alguno de los conductores, se alimentan los consumidores a través de los conductores que permanecen en servicio (no se requieren conmutaciones) (→ red radial, → red en anillo).

Red radial

La figura de los conductores se asemeja a las ramas de un árbol, en el cual la alimentación circula desde el tronco hacia cada consumidor (hoja). De esta forma la energía eléctrica sólo dispone de un recorrido específico (rama) para llegar a un consumidor determinado (→ Red enmallada, → Red en anillo).

Refrigerador

Aparato que trabaja según el principio de la máquina frigorífica con → clase de protección IP 54 y permite extraer el calor de las cajas, armarios y tableros eléctricos.

De esta forma se puede llevar la temperatura interna de una caja o un armario a un valor superior o inferior en relación con la → temperatura ambiente exterior.

Régimen intermitente

Conexión de corta duración, única o repetida de un motor seguida por la desconexión respectiva, para lograr pequeños movimientos o aproximaciones. En los → aparatos de maniobra se opera con la corriente de arranque del motor, es decir, con un múltiplo de la corriente asignada (→ Clase de servicio).

Regulador de potencia reactiva

Este regulador mide la → potencia reactiva inductiva presente y de acuerdo con la desviación del valor nominal ajustado, comanda los contactores correspondientes para conectar o desconectar los grupos o escalones de condensadores y lograr la compensación requerida.

Relé de sobrecarga

Relé con retardo dependiente de la intensidad de la corriente, que en caso de sobrecarga opera según una característica tiempo – corriente y, de esta manera, protege ante sobrecargas a los → aparatos de maniobra como también a los → consumidores.

Relé de sobreintensidad

Relé electromagnético sin retardo o instantáneo que reacciona ante una sobreintensidad, por ejemplo, un cortocircuito. Mediante un → contacto auxiliar del relé se produce una desconexión remota, por ejemplo, del → interruptor automático correspondiente.

Relé de tiempo

→ Aparato de maniobras con retardo de tiempo electrónico o electromecánico que, una vez que transcurrió un tiempo ajustado, cierra y/o abre sus → contactos.

Relé o disparador por sobreintensidad con retardo dependiente

Los relés o disparadores por sobreintensidad de la corriente operan con un retardo pequeño que disminuye con sobrecargas crecientes.

Nota:

Estos relés o disparadores pueden diseñarse de manera tal que para sobreintensidades elevadas el retardo tienda a un valor pequeño predeterminado.

Rendimiento

Relación entre la potencia activa entregada (útil) y la potencia activa total absorbida. El rendimiento siempre es menor que 1 o que el 100% porque a la potencia entregada invariablemente se le tienen que descontar las pérdidas propias del → consumidor.

Repetidor – RS 485

Módulo de servicio que permite amplificar y regenerar las señales de un bus, así como acoplar los → segmentos a través de grandes distancias.

Reproducibilidad *R*

Reproducibilidad se denomina la precisión con la que se puede repetir el posicionamiento de los contactos, es decir, de la distancia útil (s_u) entre dos operaciones consecutivas en 8 horas con una temperatura de la carcasa entre 15 y 30 °C, así como una tensión de ± 15% de la → tensión asignada (U_n).

Resistencia (estabilidad) ante corrientes máximas asimétricas de cortocircuito (de choque)

Valor de cresta de la corriente que un circuito o un → aparato de maniobras resiste en la posición de cerrado y las aplicaciones prefijadas o el uso correspondiente.

Resistencia a las vibraciones o los choques

Está expresada como un múltiplo de la aceleración de la gravedad g, para la cual un → aparato de maniobras debe trabajar aún con seguridad de servicio. En conjunto con el valor g, siempre se debe indicar la dirección de la fuerza actuante, la función según la cual se produce la aceleración y el valor de la amplitud.

Resistencia ante corrientes superficiales

Aptitud que tiene un material aislante para evitar que se formen trazas de corriente de fuga y con esto, que circulen → corrientes superficiales.

Resistencia de contacto

→ Resistencia eléctrica de un sistema de contactos cerrados. Su valor depende de la suma de diferentes factores físicos, entre los que cabe mencionar los siguientes: la forma y el → material de los contactos, la → fuerza de contacto, así como la película de oxido y el grado de ensuciamiento de las superficies de contacto. La resistencia de contacto para una superficie dada no es constante, cambia de una maniobra a otra y en algunos casos, en forma considerable.

Nota:

Para medir la resistencia de contacto en los aparatos de maniobra de gran potencia (instalaciones industriales) se deben utilizar instrumentos especiales aptos para resistencias bajas. Los óhmetros y multímetros con elevadas impedancias y bajas tensiones de medición deben evitarse porque los resultados que se obtienen, por lo general, son erróneos e irrelevantes. Ver también → confiabilidad de contacto.

Resistencia (estabilidad) intrínseca ante cortocircuitos

Los → interruptores automáticos con disparadores térmicos por sobrecarga retardados, ajustados en niveles de intervención reducidos, presentan una vía de corriente, incluida la bobina de los disparadores electromagnéticos, con una resistencia muy elevada. Esta resistencia es tan alta que, con frecuencia, puede amortiguar cualquier intensidad de la corriente de cortocircuito I_k a valores que el interruptor domina, tanto térmica como dinámicamente, y también desconecta sin inconvenientes. En este caso se considera que el → interruptor automático tiene "resistencia o estabilidad intrínseca ante cortocircuitos". Estos aparatos se podrán instalar en puntos de la red en los cuales se esperan intensidades de la corriente de cortocircuito superiores a la capacidad de ruptura del interruptor. El margen de → ajuste en el que el interruptor automático es resistente a un cortocircuito depende de su capacidad de ruptura. Como este último valor varía con la → tensión asignada, se obtiene una resistencia intrínseca ante cortocircuitos diferente para cada tensión asignada.

Retardo a la desconexión

Intervalo de tiempo que transcurre entre la orden de desconexión y el retorno a la posición inicial de reposo de los contactos del → relé de tiempo o de un elemento temporizado (por ejemplo, en contactores).

Retardo de apertura

Retardo de apertura se denomina el tiempo que transcurre desde que ocurre el suceso causante del disparo, hasta el comienzo de la apertura de los → contactos en la última vía de corriente. Es la suma del → tiempo de disparo y el → tiempo propio (→ Conceptos de tiempo).

Retardo en el cierre

Se denomina así el tiempo que transcurre desde el instante en que se da el comando de cierre hasta el primer contacto de las → piezas de contacto en el primer polo que cierra. Es igual a la suma del tiempo de retardo del movimiento y el tiempo propio de cierre (→ Conceptos de tiempo).

Retardo en la conexión

→ Retardo en el cierre de los contactos.

Retardo en la desconexión

Retardo definido del proceso de desconexión. En algunos casos se requiere que los aparatos de maniobra conectados no desconecten inmediatamente cuando se produce una interrupción breve en la tensión de la red, porque en caso contrario se interrumpiría el suministro de energía o el control subsecuentes. Para evitar este inconveniente se utilizan → interruptores automáticos con → bobinas de mínima tensión con retardo y → contactores con dispositivos de retardo en la desconexión.

RMS (r.m.s)

Abreviatura de "**R**oot **M**ean **S**quare" → valor eficaz (raíz cuadrada de los valores medios cuadráticos).

Salida

Unidad funcional que, por lo general, se utiliza para suministrar energía eléctrica a uno o varios circuitos de salida.

Sección del conductor

Area de una superficie de conductores redondos o sectoriales (→ conductores). Se indica en mm^2 y es decisiva para determinar la carga térmica admisible, así como la resistencia ante cortocircuitos de los → conductores eléctricos.

Seccionador

→ Aparato de maniobras mecánico que secciona todos los polos de un circuito y los mantiene en tal posición en forma segura y visible → indicador del estado de conexión.

Seccionamiento de protección

→ Medida de protección en la que los aparatos de servicio se separan en forma segura de la red de energía eléctrica, sin puesta a tierra.

Seccionamiento seguro

Se garantiza una separación o seccionamiento seguro cuando una falla individual no provoca el paso de la tensión de un circuito a otro. Esto es necesario, en especial, cuando en un aparato se opera con una → baja tensión de protección y otras tensiones de hasta 1000 V C.A.

Seccionar

Apertura de las vías de corriente con una distancia adecuada para la seguridad de las personas (→ Distancia entre contactos).

Segmento

Sección del bus entre dos extremos definidos. Un segmento puede contener varias estaciones, por ejemplo, → maestra, → esclava(s) (master – slaves) y → repetidor(es) – RS 485. Los segmentos de bus se pueden acoplar por medio de → repetidores RS 485

Segmento de bus

→ Segmento.

Seguridad ante contactos a tierra

Se considera que los equipos eléctricos o vías de corriente ofrecen seguridad ante contactos a tierra cuando en los mismos, mediante medidas apropiadas y su uso bajo condiciones de servicio adecuadas, no se prevén contactos a masa (o a tierra) (→ Seguridad ante cortocircuitos).

Seguridad ante cortocircuitos

Se considera que los equipos eléctricos o vías de corriente ofrecen seguridad ante cortocircuitos cuando en los mismos, mediante medidas apropiadas y su uso bajo condiciones de servicio adecuadas, no se prevén cortocircuitos (→ Seguridad ante contactos a tierra).

Seguridad de servicio de un circuito

Información relacionada con la confiabilidad en el servicio de un sistema de control eléctrico.

Se considera que se origina una falla de un comando y, por lo tanto, una inseguridad en el funcionamiento de un circuito cuando, al producirse una orden, la → fuerza portante del accionamiento electromagnético de un aparato de mando, (→ contactor, → relé de tiempo, → electroválvula), resulta insuficiente porque la tensión de comando no alcanzó para ejecutar la función proyectada.

Para obtener una elevada seguridad en el funcionamiento, durante el proyecto de un circuito de control (o auxiliar) ya se tienen que eliminar influencias negativas tales como, por ejemplo, una → tensión de control inestable o insuficiente, demasiados → contactos conectados en serie en el circuito de comando, conductores muy largos o sección insuficiente de dichos conductores.

Selectividad

Funcionamiento coordinado de aparatos de maniobra conectados en serie (interruptores automáticos, fusibles) para lograr una desconexión escalonada que delimite los efectos de una falla. Para esto tiene que desconectar el aparato de maniobras preconectado más cercano al lugar donde se produjo el cortocircuito. Los demás aparatos de maniobra de la sección permanecen conectados. La selectividad limita a un mínimo tanto el alcance como la duración de una falla y sus consecuencias.

Selectividad de corrientes

Se aplica a la protección a través de la → selectividad proveniente de las diferentes características de tiempo – disparo de los → aparatos de maniobra conectados en serie (por ejemplo, fusibles e → interruptores automáticos) para diferentes intensidades de las corrientes de carga. Así, por ejemplo, los fusibles conectados en serie presentan un comportamiento selectivo entre sí cuando sus respectivas curvas características de tiempo – corriente mantienen suficiente distancia una de la otra. Por lo general, ese es el caso cuando la relación entre las corrientes asignadas de los fusibles es igual o mayor que 1,6. Por ejemplo, un fusible de 160 A y uno de 100 A son absolutamente selectivos entre sí. Para dos interruptores automáticos conectados en serie se debe diferenciar entre la → selectividad ante sobrecargas y ante → cortocircuitos. Se considera que tienen selectividad ante sobrecargas cuando sus respectivas → características de disparo mantienen suficiente distancia una de la otra (ver también → corriente de transferencia entre características).

En el caso de cortocircuito, cuando los → disparadores sin retardo (instantáneos) por cortocircuito de ambos interruptores reaccionan sólo puede alcanzarse una selectividad de corrientes hasta la intensidad de la corriente de cortocircuito para la cual la → corriente de disparo del interruptor anteconectado supera el valor de cresta de la corriente de paso del interruptor posconectado (límite de selectividad).

Selectividad de sobreintensidades

Coordinación entre las características de intervención de dos o más dispositivos de protección de sobreintensidad en el sentido que, ante una → sobreintensidad entre límites de-

terminados, sólo desconectará el dispositivo previsto para ese margen, mientras que los demás dispositivos de protección no intervienen.

Sensibilidad a la falta de fase

Dispositivo dispuesto en un → relé de sobreintensidad, que determinará la intervención de la protección, incluso ante → funcionamiento monofásico de un motor asincrónico trifásico, antes de que el mismo quede afectado térmicamente. (Norma DIN VDE 0660, Parte 102).

Sensor

Término genérico que designa los emisores de señales como los → detectores de proximidad, los fines de carrera, los sensores de temperatura, etc. que, por lo general, captan señales del proceso y las transfieren a un aparato evaluador.

Sensor de temperatura con coeficiente positivo (termistor o PTC)

Parte de una protección de los motores que se incorpora en el bobinado a proteger. El sensor de temperatura con coeficiente positivo (termistor o PTC), aumenta su resistencia con temperatura creciente. Este incremento de la resistencia llega a varias potencias de diez en un estrecho margen determinado de la temperatura.

Señal de bloqueo

Señal que se utiliza para evitar el cambio de estado de un aparato de maniobras, por ejemplo, la que se envía a dicho aparato para que el disparador por cortocircuito sin retardo *no* intervenga pese a que se superó el valor de intervención (→ disparador n), o que lo haga después de un determinado retardo (→ disparador z) si en ese instante aún se supera el valor de intervención.

Separación galvánica

Separación de partes conductoras con potenciales diferentes por medio de un material aislante o de → distancias en aire.

Servicio permanente (S1)

Clase de servicio asignado para la cual los contactos de un → aparato de maniobras permanecen cerrados con corriente de carga sensiblemente constante y sin interrupciones, por mas de ocho horas (Este lapso también puede ser de semanas, meses y aún años).

Nota:

Esta clase de servicio asignado tiene que diferenciarse del servicio de ocho horas, debido a que procesos de oxidación y ensuciamiento de las superficies de los contactos puede producir un progresivo calentamiento de los mismos.

Sistema de bus

Sistema formado por todas las estaciones interconectadas por un conductor de bus.

Sistema IT

→ Tipos de redes y sistemas

Sistema maestro (Master)

Sistema formado por una → estación maestra (master) y todas las → estaciones esclavas (slaves) asignadas a este maestro para lectura o escritura.

Sistema magnético

En un → aparato de maniobras, está formado por el núcleo fijo (culata), la parte móvil (armadura) y la bobina de excitación, es decir, el electroimán completo que se utiliza para accionar un → contactor o un → disparador electromagnético por sobrecarga. Se tienen circuitos magnéticos diferentes para corriente continua y para corriente alterna.

Sistema TN

→ Tipos de redes y sistemas.

Sistema trifásico

Sistema de corriente alterna de tres fases, formado por tres corrientes alternas desfasadas un tercio de periodo (120°) una de otra. Los sistemas trifásicos tienen frente a los monofásicos, la ventaja de poder transmitir la misma energía con costos operativos menores.

Sistema TT

→ Tipos de redes y sistemas.

SIVACON

Marca registrada de SIEMENS para una serie de combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologados para múltiples aplicaciones con intensidades de las corrientes asignadas en barras de hasta 6 300 A. Los armarios y tableros eléctricos se componen exclusivamente de partes constructivas y módulos normalizados fabricados en serie industrial que se suministran para montaje de aparatos fijos o extraíbles. La ejecución de tipo extraíble permite desplazar las unidades (por ejemplo, → interruptores automáticos, → arrancadores de motores) desde la posición de servicio a la de prueba o a la de seccionado, con la puerta cerrada (ver → MCCB).

Sobrecarga

Condiciones de servicio en un circuito sin perturbaciones ni fallas que producen una → sobreintensidad. Las sobrecargas que perduran por largo tiempo pueden causar daños si no se las desconecta.

Sobreintensidad

Se define como tal a toda intensidad de la corriente que en un circuito supera el valor de la → corriente asignada; → sobrecarga, → corriente de cortocircuito. Las sobreintensidades producen temperaturas inadmisibles y, por lo tanto, representan un peligro para los conductores, las máquinas eléctricas y los aparatos conectados.

Sobretemperatura límite

Sobretemperatura (calentamiento) máximo definido y admisible para las diferentes partes de los aparatos eléctricos.

Sobretensión U_{So}

Valor de cresta de la → tensión transitoria de ruptura de alta frecuencia, mayor que la → tensión asignada de servicio U_e, es decir, ($U_{So} > U_e$).

Sobretensión de desconexión

Tensión elevada que se origina cuando se desconectan inductancias, por ejemplo, bobinas de contactores.

Soldadura de los contactos

Una excesiva intensidad de la corriente, una presión insuficiente de los contactos o comandos intermitentes (rápida secuencia de ordenes de conexión / desconexión) puede causar la fluidificación y posterior solidificación del → material de los contactos, efecto que produce una soldadura de los → contactos cerrados de un → aparato de maniobras.

Supresor de sobretensión

Componente de un circuito (o combinación de varios, por ejemplo, resistencias, condensadores, diodos, → varistores), que se utilizan para atenuar o limitar las sobretensiones que actúan sobre consumidores o bobinas de accionamiento de un → aparato de maniobras.

SWG

Abreviatura de British **S**tandard **W**ire **G**auge, medidas normalizadas inglesas para las secciones de conductores eléctricos de hasta 81,08 mm^2 = SWG 0000. Ver también la Tabla 10.1/11.

TAB

Acrónimo de "**T**echnische **A**nschluß**b**edingungen", Condiciones Técnicas para la Conexión, publicadas por las empresas distribuidoras de energía eléctrica de Alemania (→ EVU), que se deben cumplir en ese país para que estas empresas autoricen la conexión de tableros o cuadros (→ TSK/PTSK) de maniobra y de distribución.

Tablero o armario eléctrico

Instalación eléctrica que se conforma por el montaje conjunto dentro de un cerramiento apropiado, de → aparatos de maniobra, barras colectoras con sus correspondientes conductores de interconexión y sus accesorios, por ejemplo, → transformadores de medición y aparatos de medida.

Tamaños constructivos EEMAC

Ver también → tamaños constructivos NEMA/EEMAC, (para → contactores y → arrancadores de motores).

Tamaños constructivos NEMA/EEMAC

Las normas estadounidenses de la NEMA (**N**ational **E**lectrical **M**anufacturer's **A**ssociation o Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos de EE.UU.), así como también las normas canadienses de la EEMAC (**E**lectrical and **E**lectronic **M**anufacturer's **A**ssociation of Canada o Asociación Canadiense de Fabricantes de Productos Eléctricos y Electrónicos) definen el sistema de contactores y arrancadores de motores según tamaños constructivos sobre la base de *datos asignados normalizados*. El principio de la IEC, en cambio, define el diseño sobre la base de → categorías de servicio o en *criterios normalizados de pruebas*, para establecer el campo de aplicación y diseñar el arrancador respectivo para la carga y las condiciones de servicio reales. Los arrancadores NEMA o EEMAC se caracterizan, además, por elementos calefactores intercambiables en los → relés de sobrecarga, → contactos principales reemplazables (incluso para valores asignados reducidos) y dimensiones de montaje normalizadas.

Tasa o velocidad en baudios

La tasa en baudios indica la velocidad de la transmisión de datos y expresa el número de bits por segundo transmitidos (en un canal binario 1 baudio = 1 bit por segundo, es decir, la tasa en baudios es igual a la tasa en bitios).

Telecontrol o control a distancia

Accionamiento de un aparato de maniobras desde cualquier distancia por la intervención de un → actuador o de un → disparador auxiliar (→ Interruptor a distancia o remoto).

Temperatura ambiente

Temperatura determinada con condiciones establecidas en el aire que rodea completamente el aparato de maniobras (por ejemplo, en el caso de un interruptor con una carcasa, es la temperatura del aire exterior de esta carcasa). La disipación del calor de pérdidas varía en función de la → temperatura ambiente, de manera tal que puede ser necesario efectuar una reducción de la → corriente asignada del aparato.

Temperatura límite

Es la mayor temperatura que una parte de un → aparato de maniobras puede soportar en forma permanente sin sufrir daños. Se la obtiene por la adición de la temperatura del medio ambiente y la de calentamiento admisible para el aparato. Cuando se excede el valor de la temperatura límite peligra la seguridad de funcionamiento.

Tensión aplicada

Es la tensión que se aplica en los bornes de entrada de un aparato de maniobras (por lo general, se denomina con 1/L1, 3/L2, 5/L3) antes de la conexión del mismo.

Tensión asignada U_r[1)]

Tensión de un → aparato de maniobras, a la que se refiere su "capacidad de ruptura asignada". Para los circuitos trifásicos se utiliza la tensión en triángulo (tensión entre fases) de la red como tensión nominal U_n (norma DIN 40 108). Para las → combinaciones de aparatos de maniobra, es el fabricante quién debe indicar los límites de tensión, dentro de los cuales se asegura el correcto funcionamiento de los circuitos principales y auxiliares. En todos los casos, estos límites deben estar dentro de lo especificado por las normas de aplicación para la tensión en bornes de los circuitos de mando, así como para los aparatos de maniobra conectados que deben operar dentro de las condiciones de carga normales.

Además, los aparatos de maniobra se caracterizan por las tensiones asignadas siguientes: → tensión de servicio asignada U_e y la → tensión de aislamiento asignada U_i.

Tensión asignada de aislamiento U_i

Valor de la tensión que indica la estabilidad del aislamiento de los → aparatos de maniobra o de un accesorio de los mismos, para la cual se realizan las pruebas de aislamiento y se refieren los distancias de fuga y disruptivas. La tensión asignada de servicio máxima no debe ser mayor que el valor de la tensión asignada de aislamiento U_i.

Nota:

Para los aparatos en los que no se indica la tensión asignada de aislamiento, se debe tomar como tal a la máxima tensión asignada de servicio.

Tensión asignada de impulso para una distancia dieléctrica en aire
(Norma DIN VDE 0110, Parte 1)

Valor de tensión que define las distancia dieléctricas en aire de un aparato para determinada categoría de sobretensión y un grado de ensuciamiento previsto.

[1)] El término tensión asignada U_r aún no tiene la difusión debida y en parte todavía se utiliza el de "tensión nominal" U_n.

Tensión asignada para distancias dieléctricas (Norma DIN VDE 0110, Parte 1)

Valor de tensión en función de la cual se establecen las distancias dieléctricas de un aparato para determinado tipo de aislamiento y un grado de ensuciamiento especificado.

Tensión de accionamiento

La tensión de accionamiento de un → aparato de maniobras es la de los bornes de la bobina, del motor de accionamiento o del disparador, cuando circula el valor de la corriente de accionamiento del aparato. En el caso de combinaciones con resistencias, inductancias, transformadores o rectificadores asignadas, se considera como tal a la tensión en los bornes de este circuito.

Tensión de alimentación del circuito de mando (tensión auxiliar) U_s

Tensión con la que se operan los → circuitos auxiliares. Para los → circuitos auxiliares que se alimentan desde un transformador auxiliar, se utiliza 230 V C.A., 50 Hz como valor preferido de la tensión.

Nota:

Se debe diferenciar entre la tensión de accionamiento que se tiene entre los contactos normalmente abiertos en el circuito de mando y la tensión de alimentación en los bornes de entrada del circuito de mando del aparato. Estas tensiones podrán diferir entre sí por la inclusión en los circuitos de transformadores, rectificadores, resistencias, etc.

Tensión de contacto

Tensión en una parte metálica de un equipo en caso de falla (→ tensión de falla) y que puede provocar una descarga a través de una persona si una parte del cuerpo entra en contacto con la misma.

Tensión de cortocircuito u_{kr}

Tensión en % de la tensión asignada de entrada que se debe aplicar en los bornes de entrada de un transformador para que por los bornes de salida conectados en cortocircuito, circule la corriente asignada de salida I_2, referida a 20 °C.

Tensión de desexcitación

Valor en por ciento de la tensión asignada de alimentación del circuito de mando o auxiliar (→ tensión asignada), para la cuál la curva de fuerza de tracción del → accionamiento electromagnético, cae por debajo del valor requerido para la retención. En estas condiciones un → contactor pasa de la posición de servicio a la de reposo.

Tensión de falla

Tensión que en caso de falla se manifiesta entre una parte no perteneciente a un circuito en servicio y partes accesi-

bles conductoras de la corriente eléctrica o entre estas y tierra. Cuando una persona, por ejemplo, está parada sobre un piso conductor y entra en contacto con la máquina o instalación defectuosa, recibirá la descarga de una parte de la tensión de falla, denominada → tensión de contacto.

Tensión del arco eléctrico

Máximo valor transitorio de la tensión que con condiciones determinadas se tiene entre los bornes del polo de un → aparato de maniobras durante el tiempo que se mantiene el arco eléctrico.

Tensión de mando asignada U_c

Valor asignado de la tensión de mando para el cuál, por ejemplo, se diseña un actuador, un accionamiento electromagnético o la bobina de apertura por tensión. En este último caso también se denomina tensión asignada de la bobina.

Tensión de servicio

Tensión verificada "in situ" entre los conductores que alimentan un aparato o instalación eléctrica.

Tensión de servicio asignada U_e

Valor de la tensión a la cual se refieren los valores de la capacidad de cierre y de ruptura, así como las categorías de potencia de cortocircuito de un aparato de maniobras (por ejemplo, un → interruptor automático).

En el caso de circuitos polifásicos, por lo general, se indica la tensión entre fases (tensión de línea).

Nota:

Un interruptor automático puede tener diferentes tensiones asignadas. Por lo tanto, también podrá ofrecer distintos valores asignados de la capacidad de conexión y ruptura para diversas funciones y categorías de cortocircuito.

Tensión transitoria de ruptura o de restablecimiento

Tensión de restablecimiento durante un intervalo de tiempo en el cual presenta un claro carácter transitorio.

Nota:

Esta tensión, según las características del circuito y del interruptor automático, puede ser periódica, aperiódica o presentar una superposición de ambas e incluye además, el desplazamiento del centro de estrella o punto medio en los sistemas polifásicos.

Cuando no se determina otra condición, en los circuitos polifásicos, la tensión transitoria de ruptura (o de restablecimiento) es aquélla que se verifica en el polo que se apaga primero y que, por lo general, es mayor que la de los otros dos polos.

Tiempo característico de conexión

Espacio de tiempo que transcurre desde que comienza el movimiento de cierre de los contactos de un interruptor hasta el instante en que los mismos hacen contacto en todos los polos.

Tiempo de apertura

Tiempo que se extiende hasta la apertura de los contactos apagachispas (ruptura del arco), cuando cada dispositivo de retardo, que es parte constitutiva importante de un → interruptor automático se ajusta en el valor mínimo o, si es posible, se anula.

Para un → interruptor automático que se dispara por medio de una fuente de energía auxiliar, el tiempo de apertura comienza en el instante en que esta energía auxiliar se aplica al disparador del interruptor cerrado y termina en el instante en que todos los → contactos apagachispas de los polos están separados. En un interruptor automático que se dispara por una → sobreintensidad sin energía auxiliar, el tiempo de apertura comienza en el instante en el que la intensidad en la vía de corriente con el interruptor cerrado alcanza el valor de reacción del → disparador por sobreintensidad y termina en el instante en que todos los → contactos apagachispas de los polos están separados.

Tiempo de arranque

Tiempo que se extiende desde la conexión hasta que el motor alcanza la velocidad de régimen.

Tiempo de conexión o de cierre

Duración del movimiento del contacto móvil en la operación de cierre de un aparato de maniobras hasta el instante en el que la corriente comienza a circular por las vías principales.

Nota:

El tiempo de conexión o cierre también incluye el tiempo de retardo al cierre de todos los dispositivos auxiliares requeridos para esta operación, en tanto componen el aparato de maniobras.

Tiempo de conexión o de desconexión

Tiempo que transcurre desde el comienzo de la orden de → conexión o → desconexión de un aparato de maniobras, hasta que circula la corriente en forma uniforme en todos los polos o hasta que deja de circular.

Para la conexión sobre una → corriente de cortocircuito, el tiempo que transcurre desde el instante en que se alcanza la intensidad de disparo hasta que se extingue el arco en todas las fases del interruptor automático.

Tiempo de desconexión

Tiempo que transcurre desde el comienzo de la orden de → apertura de un aparato de maniobras, hasta que se apaga definitivamente el arco (→ tiempo de conexión).

Tiempo de disparo

Tiempo que transcurre desde el comienzo del comando hasta el instante en el que la orden de disparo es irrevocable. (→ Conceptos de tiempo para el proceso de apertura de interruptores).

Tiempo de duración del arco eléctrico

Tiempo que transcurre desde el comienzo de la apertura de los → contactos en el primer polo que abre hasta que finaliza la circulación de corriente en todos los polos (→ Conceptos de tiempo).

Tiempo de fusión

Tiempo necesario para fundir el conductor correspondiente en un elemento o cartucho fusible, que transcurre desde el comienzo de la sobreintensidad inadmisible o → corriente de cortocircuito hasta que se inicia la operación de interrupción.

Tiempo de reacción

Tiempo promedio que transcurre desde el cambio en una entrada hasta el correspondiente cambio en la salida.

Tiempo de reposición

Según la clase de aparato se define de manera diferente el tiempo de reposición. Así, por ejemplo, para aparatos electrónicos, tiempo que debe transcurrir después de una desconexión o caída de la tensión de servicio para que en una nueva conexión actúe la supresión del impulso de falla de conexión. Esto no se aplica para los aparatos que carecen de esta característica.

Disparador térmico:

Tiempo de pausa que debe transcurrir después de un disparo para que el disparador térmico enfríe y se pueda realizar la reconexión.

Accionamientos:

Tiempo de pausa que se requiere para que todas las partes móviles alcancen su posición de reposo para poder ejecutar en forma segura una nueva maniobra (por ejemplo, el tiempo de funcionamiento hasta la parada de un accionamiento centrífugo).

Tiempo de retardo

Tiempo que en un relé de tiempo transcurre desde la emisión de la orden hasta el instante en que se accionan los contactos.

Tiempo de retorno

Tiempo que transcurre desde el instante de interrupción de la corriente de excitación hasta que los elementos móviles alcanzan la posición de reposo (comienzo del recorrido) de un → accionamiento magnético.

Tiempo propio

Parte del → tiempo total de interrupción de un → aparato de maniobras que comprende el intervalo entre el instante en el que se interrumpe la → tensión de mando y el comienzo de la apertura de los → contactos de la vía de corriente que abre en último término.

Tiempo total de apertura

Tiempo que transcurre desde el instante en el que se da la orden de desconexión hasta que se extingue el arco eléctrico entre los contactos del aparato de maniobras.

Tiempo total de cierre

Tiempo que transcurre desde el instante en el que se da la orden de conexión hasta que finalizan los → rebotes del último contacto móvil que cierra (→ Conceptos de tiempo).

Tierra

Denominación del ámbito conductor de la tierra, cuyo potencial eléctrico se considera igual a cero. Según la norma DIN VDE 0100, Parte 200, con la palabra tierra se designa el lugar al igual que el material o la sustancia.

Tipos de redes y sistemas

Las redes eléctricas se dividen según su tensión, estructura y forma. En corriente alterna se diferencia según las tensiones siguientes:

- Redes de baja tensión, hasta 1000V
- Redes de media tensión, más de 1 y hasta 60 kV
- Redes de alta tensión, más de 60 y hasta 380 kV
- Redes de muy alta tensión, tensiones superiores a 380 kV

Los valores de las tensiones de esta clasificación podrán variar en algunos países.

En relación con la estructura de las redes se diferencian por las características siguientes:

- Redes abiertas, (por ejemplo, distribución radial) y
- Redes cerradas, (por ejemplo, red en anillo → red enmallada).

En baja tensión existen las siguientes formas de red

- Sistema TN

En el sistema de red TN se tiene un punto de la misma conectado a tierra en forma directa. Este punto puede ser el centro de estrella o uno de los conductores de fase. La carcasa de los medios eléctricos de servicio se encuentra conectada con el punto puesto a tierra de la red por medio de un conductor de protección o el conductor PEN. En el sistema TN se tienen las siguientes variantes:

- Sistema TN-S
  En este sistema el conductor de neutro (N), y el de protección (PE), están separados en toda la red.
- Sistema TN-C
  En este sistema, en toda la red, se unifican el conductor de neutro (N), y el de protección (PE), para formar un único conductor denominado PEN.
- Sistema TN-C-S
  En este sistema, en una parte de la red el conductor de neutro (N), y el de protección (PE), están unidos en el conductor PEN y en la parte restante de la red se tienden separados como N y PE.

- Sistema TT

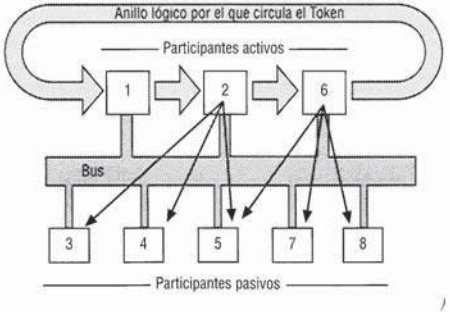
En el sistema TT un punto de la red se encuentra puesto a tierra directamente y los cuerpos de los medios de servicio están conectados a los electrodos de tierra.

- Sistema IT

En el sistema IT no existe conexión directa entres los conductores activos y/o partes puestas a tierra, las carcasas de los medios de servicio eléctricos están puestas a tierra.

Token (Símbolo)

Se denomina Token o símbolo a un telegrama especial que otorga a una de las estaciones maestras (master) de una red multimaestros el derecho de transmitir. La estación maestra que posee el "Token" es la única que tiene derecho a transmitir.



Transformador de intensidad

Los transformadores de intensidad "transforman" las intensidades de su primario en otras secundarias que ofrecen facilidades de medición. Además, sus características particulares protegen a los instrumentos de medición conectados en su(s) secundario(s) ante → corrientes de cortocircuito y → sobretensiones.

Transformador de intensidad de cable o barra pasante (de ventana)

Los transformadores de cable / barra pasante o ventana no poseen bobinado primario, el cable unipolar o barra que constituye el primario se pasa a través de su ventana. El secundario está formado por un bobinado con sus correspondientes bornes.

El cable que se pasa como primario por la ventana del transformador permite obtener diferentes relaciones de transformación según el número de veces que se enhebra en dicha ventana. Sin embargo, por lo general, las intensidades de la corriente de servicio se limitan a unos 200 A que corresponden a un cable de 35 mm^2, porque los cables con secciones mayores ofrecen dificultades prácticas de manejo que hacen inviable esta forma de montaje y se debe recurrir al paso de un único conductor o barra.

Transformador de medida

Transforman los valores de entrada (primarios) de tensiones o intensidades en otros valores de tensiones o intensidades (secundarios) de la misma naturaleza y frecuencia.

Transformador intermedio

Transformadores intermedios se utilizan para modificar las intensidades de la corriente medidas en el secundario del transformador principal. Además, pueden reducir el factor de sobreintensidad de los transformadores de medida principales para proteger a los aparatos sensibles a sobreintensidades. Como transformadores intermedios se utilizan → transformadores con bobinados primarios y secundarios. El consumo propio deberá ser reducido para no sobrecargar excesivamente los transformadores de medida principales.

Transformadores con bobinado primario y secundario

→ Transformadores con bobinado primario y secundario, así como varios bornes fijos correspondientes a estos bobinados.

Transformadores sumadores

Para obtener la suma de las mediciones de intensidades de la corriente de igual frecuencia y posición de fase, así como cualquier desplazamiento de fase (cos φ), de diferentes derivaciones de la red o alimentadores, por lo general, se utilizan transformadores sumadores.

Transmisión de datos

Transmisión o transferencia de señales electrónicas (es decir, datos e informaciones) entre instalaciones y partes de las mismas con capacidad de comunicación.

Se debe diferenciar entre las formas de transmisión siguientes:

1. Transmisión de datos en serie:

   En este método las señales se transfieren una a continuación de la otra por un conductor de bus (por ejemplo, → PROFIBUS).

   Ventaja: sólo se requiere un conductor de bus para puentear trayectos largos.

2. Transmisión de datos en paralelo

   Las señales se transfieren al mismo tiempo en paralelo por medio de varios conductores.

   Ventaja: Las señales con tiempos muy críticos se pueden transmitir con gran velocidad.

La velocidad de transmisión de datos, en elementos codificados por segundo, se denomina → tasa o velocidad en Baudios. El flujo de datos que se realiza en un sentido se denomina transmisión o transferencia de datos, en cambio, se tiene un intercambio de datos cuando la transferencia se realiza en ambos sentidos.

TSK

→ Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión homologados. Se reproduce la sigla TSK por su amplia difusión en la bibliografía alemana.

Unidad de regulación de la potencia reactiva

La unidad se compone de un número adecuado de condensadores dispuestos en escalones que se conectan o desconectan según comandos de un regulador, para lograr la compensación variable de la → potencia reactiva inductiva en las redes eléctricas.

Unidad extraíble

Unidad modular, intercambiable, que se puede llevar a una posición tal que exista una separación eléctrica, mientras se encuentra vinculada en forma mecánica con el tablero. Esta separación se puede verificar sólo en los → circuitos principales o en dichos circuitos y en los auxiliares.

Valor asignado

Valor válido de una magnitud para una condición de servicio predeterminada que, por lo general, establece el fabricante para un componente, un aparato o una instalación.

Valor de ajuste

Valor de una magnitud de acción (por ejemplo, tiempo, intensidad, etc.), para la cual se ajusta un aparato y al que se refieren las condiciones de operación.

Valor de cresta de una corriente no influenciada

Valor de cresta o amplitud máxima de una corriente no influenciada, es decir, el valor más elevado de la intensidad de la corriente, durante el periodo de transición después de establecerse la corriente.

Nota:

En esta definición se supone que la corriente se estableció a través de un interruptor ideal, es decir, sin demora en el cambio de impedancia desde infinito hasta cerca del punto cero. En circuitos polifásicos se supone además, que la corriente en todos los polos se conecta al mismo tiempo, aún cuando se considera la corriente en un polo.

Valor de reacción

Valor de una magnitud de acción (por ejemplo, tiempo, intensidad, tensión, etc.) que, cuando se alcanza, conduce a una reacción efectiva.

Valor eficaz (valor medio cuadrático)

Valor que corresponde a la raíz cuadrada de los valores medio cuadráticos de una corriente alterna. Como en una red de corriente alterna los valores dependen de la posición de la fase de los valores instantáneos, la tensión y la intensidad de la corriente se indican como valores eficaces. Instrumentos de medición como los de hierro móvil o los electrodinámicos indican directamente valores eficaces.

Para una curva sinusoidal el valor eficaz es igual a $1/\sqrt{2} \times$ amplitud (valor de cresta o pico).

El valor eficaz de una corriente alterna es el que corresponde a una corriente continua que produce el mismo calor que esa corriente alterna.

Valor $I^2 \cdot t$

Es el valor térmico de una corriente de cortocircuito (no) influenciada (→ corriente de ruptura limitada o de paso).

Varistor

Resistencia no lineal (semiconductor), cuyo valor (Ohm) cae abruptamente en cuanto la tensión en sus terminales sobrepasa un determinado valor. Se utiliza para limitar las → sobretensiones que se producen al desconectar un → accionamiento magnético de un → contactor (ver también → Limitador de sobretensión).

VBG 4

Acrónimo de "**V**orschriftenwerk der **B**erufsgenossenschaften für elektrische Anlagen und Betriebsmittel", es decir Reglamento de las Asociaciones Profesionales de Instalaciones y Equipos Eléctricos de Alemania. En estas recomendaciones se establecen los objetivos de la protección. Para la ejecución de las medidas adecuadas se deben considerar y observar las normas DIN VDE pertinentes.

VDE

Sigla de "**V**erband **D**eutscher **E**lektrotechniker", Asociación de Electrotécnicos Alemanes, fundada en 1893. Como asociación técnica – científica de interés público, sus principales objetivos son el fomento de la ciencia, la capacitación de sus asociados, la redacción de normas de seguridad en el campo de la electrotecnia (promulgadas en la legislación pertinente) (Disposiciones VDE), la prueba de productos eléctricos (símbolo o sello de prueba del VDE) y la representación de los intereses de la electrotecnia ante controversias en Alemania y el exterior.

Velocidad de aproximación

Velocidad con la que se aproxima en forma mecánica el interruptor de posición y el actuador. Esta velocidad depende de la forma y del ángulo de aproximación de la leva de accionamiento (actuador). A mayores velocidades deben elegirse ángulos de aproximación menores.

Velocidad de conexión

Velocidad del → contacto móvil durante el → cierre y la → apertura de un aparato de maniobras.

Ventilación

Para evitar las → influencias del medio ambiente sobre los equipos y aparatos de baja tensión se procede a rodearlos por una carcasa o cerramiento. A medida que crece la → clase de protección, empeoran las condiciones de intercambio térmico con el medio ambiente. Cuando se producen fuertes variaciones de temperatura se puede formar agua de condensación en el interior de las carcasas, con efectos dañinos para los aparatos o equipos eléctricos comprendidos. Para evitar la formación de agua de condensación y mejorar el intercambio térmico puede requerirse la ventilación de la carcasa. En el caso de instalaciones de grandes dimensiones se contempla la provisión de un sistema de ventilación externo mediante ventilador(es) que procura(n) la circulación del aire de ventilación.

Vía de corriente

Todas las partes conductoras de un → aparato de maniobras, que pertenece a un polo del circuito que se debe conectar. Se diferencia entre vías de corriente principales, auxiliares y de control (para funciones como aviso o señalización y enclavamiento).

Vida útil

Tiempo durante el cual un aparato de maniobras bajo conducciones normales de servicio, trabaja libre de fallas o defectos. La vida útil se indica en número de ciclos o maniobras (→ Número de maniobras). Se diferencia entre vida útil mecánica y eléctrica (→ Vida útil de los contactos).

El final de la *vida útil eléctrica* se alcanza cuando el desgaste por → erosión eléctrica de los → contactos ya no permite garantizar un contacto seguro.

El fabricante indica el → número de maniobras sin carga, las que determinan la *vida útil mecánica* que el aparato puede realizar sin mantenimiento o reemplazo de partes. La vida útil mecánica puede quedar afectada en gran medida por un ambiente agresivo (por ejemplo, presencia del polvo que causará desgaste por abrasión), un mantenimiento deficiente, una → tensión de comando inadecuada, una → posición de montaje inadmisible, etc.

Vida útil de los contactos

Número de → maniobras que puede alcanzar un juego de contactos con condiciones eléctricas y/o mecánicas especificadas. La vida útil de los contactos finaliza, por ejemplo, cuando el volumen o el espesor del → material de contacto en la zona de contacto se desgastó en tal medida que queda al descubierto el soporte del contacto y el riesgo de una soldadura de estos contactos es elevado. En los contactos también se produce desgaste mecánico (ver → contacto de paso), de tal forma que se limita la vida útil de los contactos aunque resulte muy reducida la erosión por la acción de los → arcos eléctricos. Cuando, por ejemplo, se conoce la carga de un contactor, se puede predeterminar su vida útil con la asistencia de diagramas o un software apropiado (→ ELLE). La validez de este tipo de predicciones, como es natural, depende en gran medida de posibles cortocircuitos o de sobrecargas no previsibles (por ejemplo, en el caso de interruptores automáticos).

Vida útil eléctrica

→ Vida útil → Vida útil de los contactos.

"Worst case" (Caso más desfavorable)

Se denomina "Worst case" o caso más desfavorable la acción simultanea de determinadas magnitudes influyentes (envejecimiento, tolerancias constructivas, temperatura, tensión) en la combinación más perjudicial.

Los detectores de proximidad → BERO se diseñan según condiciones "Worst case".

Zona de contacto

Lugar donde se tocan el contacto móvil con el fijo durante el → cierre de un aparato de maniobras. Según el material de los contactos, a través del tiempo, se producirán rugosidades, elevada porosidad y/o cambio de color de la super-

ficie en el lugar de contacto de los → contactos principales. Por lo general, los contactos principales de los aparatos de maniobra de baja tensión actuales no se deben limpiar, esmerilar ni repasar con medios mecánicos. Antes de efectuar trabajos de mantenimiento o limpieza (por ejemplo, cambio de los juegos de contactos), se recomienda leer atentamente las instrucciones de mantenimiento o solicitar asesoramiento del fabricante del aparato. Después de un cierto tiempo de funcionamiento, el estado de la superficie del contacto, así como el espesor del material de recubrimiento de los → contactos principales, dará una idea acabada de su → vida útil remanente.

El lugar de contacto en los contactos auxiliares y otros utilizados para conmutar, conectar y desconectar intensidades y tensiones reducidas tiene, con frecuencia, una forma cónica o aguda (contacto puntual o tipo cuchilla). De esta forma, en cada maniobra se perforan eventuales capas de suciedad y se mejora la → confiabilidad de los contactos. Cuando estos contactos se utilizan para maniobrar tensiones o corrientes mayores, se pueden producir → arcos eléctricos que los erosionan aunque, por lo general, el arco eléctrico mismo tiene un efecto de limpieza en la zona de contacto. Los contactos se pueden disponer mecánicamente de forma tal que en cada operación de cierre o apertura se produzca una fricción entre ambos, de manera de obtener un efecto autolimpiante que mejorará la confiabilidad al eliminar la capa de suciedad y los restos del material calcinado. Sin embargo, en algunos casos, esta fricción también podrá provocar un desgaste indeseado.

Zona de trabajo $I^2 \cdot t$

Zona de trabajo de un aparato entre las características $I^2 \cdot t$ mínimas y máximas.

10.12 Direcciones postales de diferentes entidades de normalización, de certificación y laboratorios de ensayos

Normas de la República Federal de Alemania:

Normas DIN:
Beuth Verlag GmbH
Postfach 1145
Burggrafenstraße 6
D-10787 Berlín
República Federal de Alemania

La Editorial Beuth también distribuye las normas de la mayoría de las entidades de normalización del mundo.

Normas VDE (DIN-VDE):

VDE-VERLAG GmbH
Bismarckstraße 33
D-12169 Berlín
República Federal de Alemania

Informaciones relacionadas con normas técnicas:

Centro Alemán de Normas Técnicas
en el Instituto DIN:
Deutsches Informationszentrum
für technische Regeln (DITR) im DIN
Postfach 1107
Burggrafenstraße 6
D-10787 Berlín
República Federal de Alemania

Normas internacionales, normas de otros países

Las normas internacionales de ISO (International Organization for Standardization) y de IEC (International Electrotechnical Commission) se encuentran consignados en los catálogos de ambas entidades.

IEC:
Oficina Central de IEC (en Suiza)
Postfach Nr. 131
3 rue de Varembé
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

Oficina en Alemania:
VDE-VERLAG GmbH
Oficina distribuidora:
Merlanstraße 29
D-63069 Offenbach a. M.
República Federal de Alemania

AS – Normas Australianas:
Standards Association of Australia Standards House
80–86 Arthur Street
North Sydney, N.S.W. 2060
Australia

BS – Normas Británicas:
BSI–Sales Department
Linford Werd
Milton Keynes MK14 6LE
Gran Bretaña

CSA – Normas Canadienses:
Canadian Standard Association
178 Rexdale Blvd.
Rexdale (Toronto), Ontario
Canadá M9W 1R3

Normas Estadounidenses:

NEMA –
National Electrical Manufacturers Association:
NEMA
2101 L Street, N.W.
Washington, D.C. 200037
EE.UU.

Normas UL:
Underwriters Laboratories Inc.
Publications Stock
333 Pfingsten Road, Northbrook, IL 60062
EE.UU.

Laboratorios de Ensayos Acreditados y Entidades Certificadoras de Europa Occidental:

N. V. KEMA:
Nederlandse Vereniging tot Keuring van Electrotechnische Materialien/Prüfinstitut für elektrotechnische Erzeugnisse
NL-6812 AR Arnheim
The Netherlands,
Utrechtseweg 3 10

ALPHA:
Gesellschaft zur Prüfung und Zertifizierung von Niederspannungsgeräten e.V.
Gartenstr. 34a
D-60596 Frankfurt/M
República Federal de Alemania

LOVAG:
ASTA Certification Office
ASTA House
Chestnut Field
Rugby Warwickshire
CH 21–2TL
United Kingdom

BEAB:
British Electrical Approvals Board
The Green, 9–11 Queens Road
Hersham Walton-on-Thames
Surrey KT12 5NA
United Kingdom

DEMKO (UL):
Danmarks Elektriske Materielkontrol
Lyskaer 8
DK-2730 Herlev

ISL:
Rafmaynseftirlit Rikisius
(Iceland Registration Board)
Skipholti 3
Reykjavik
Islandia

IMQ:
Instituto Italiano del Marchio di Qualita
Via Quintiliano 43
I-20138 Milano
Italia

NEMKO:
Norges Elektriske Materiellkontroll
Gaustadalleen 30
Bostboks 288 Bildern
N-Oslo 3
Noruega

ÖVE:
Österreichischer Verband für Elektrotechnik
Eschenbachgasse 9
A-1010 Viena
Austria

SEMKO:
Svenska Elektriska Materielkontrollanstalten AB
Torshammsgatan 43
S-16422 Kista-Stockholm
Suecia

SETI:
Sähkätarkastuskeskus Elinspektionscentralen
Post Box 21
SF-00211 Helsinki
Finlandia

SEV:
Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
Seefeldstraße 301
CH-8008 Zürich
Suiza

TÜV Bayern:
Institut für Qualität und Sicherheit in der Elektronik
Riedlerstraße 31
D-80339 Munich
República Federal de Alemania

UTE:
Union Technique de l'Electricité
Cedex 64
F-92052 Paris la Défense
Francia

VDE:
Verband Deutscher Elektrotechniker
Stresemannallee 15
D-60596 Frankfurt/M
República Federal de Alemania

Laboratorios de Ensayos Acreditados y Entidades Certificadoras de Europa Oriental:

BBJ-SEP:
BIURO BADAWCZE ds. Jakosci-Stowarzyszenie
Elektryków Polskich
UL. Pozanyskiego 28
PL-00–73 Warszawa
Polonia

EZU:
Elektrotechniky Zkusebni Ustav
Pod lisem 129
CZ-17102 Prag-Troja
República Checa

GOST:
Gosudarstvenne Standarte
Moscú a través de
DIN GOST TÜV Berlin-Brandenburg
Wallstraße 16
D-10179 Berlin
República Federal de Alemania

MEEI:
Magyar Elektrotechnikai Egyesuelet
Váci u. 48/A-B
H – Budapest, XIII
Hungría

SKTC:
Slovak Testing Centre 101
SR-01851 Nová Dubrica

Sociedades clasificadoras navales:

ABS:
American Bureau of Shipping
Rödingsmarkt 26
D-20459 Hamburg
República Federal de Alemania

BV:
Bureau Veritas
Hopfenmarkt 33
D-20457 Hamburg
República Federal de Alemania

DNV:
Det Norske Veritas
Neue Große Bergstr. 18
D-22767 Hamburg
República Federal de Alemania

GL:
Germanischer Lloyd
Vorsetzen 32
D-20459 Hamburg
República Federal de Alemania

LRS:
Lloyd's Register of Shipping
Mönckebergstr. 27
D-2009 Hamburg
República Federal de Alemania

PRS:
Polski Rejestr Statków
Syrytka Pocztowa 445
PL-80-158 Gdansk 1
Polonia

RINA:
Registro Italiano Navale
Via Corsica 12
I-16128 Génova
Italia

MRS:
Maritime Register of Shipping
Inspektion in Österreich
Hofzeile 19/3
A-1190 Viena
Austria

ZC:
China Classification Society
Hamburg Office
Breite Straße 159 1/F
D-22767 Hamburg
República Federal de Alemania

10.13 Libros y catálogos relacionados con el tema aparatos de maniobra, instalaciones y distribuciones de baja tensión

10.13.1 Libros

Manual de Baja Tensión,
en sus ediciones en idioma alemán, inglés e italiano:
Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen
Handbuch mit Auswahlkriterien und Projektierungshinweisen für Schaltgeräte, Steuerungen und Schaltanlagen
4., wesentlich überarbeitete und erweiterte Auflage 1997
ISBN 3-89578-041-3

Switching, Protection and Distribution in Low-Voltage Networks
Handbook with selection criteria and planning guidelines for switchgear, switchboards and distribution systems
(English edition of "Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen")
2nd edition, 1994
ISBN 3-89578-000-6

Manuale della bassa tensione
Guida alla scelta degli apparecchi di manovra e di protezione per impianti elettrici
(Edizione italiana di "Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen")
2ª edizione aggiornata e ampliata, 1993
ISBN 3-8009-1598-7

Instalaciones Eléctricas,
en sus ediciones en idioma alemán y español:
Seip, Günter G. (Editor)
Elektrische Installationstechnik
Teil 1: Energieübertragung und -verteilung
Teil 2: Installationsanlagen, -geräte und -Systeme, Beleuchtungstechnik, Schutzmaßnahmen
3., wesentlich überarbeitete Auflage, 1993
ISBN 3-8009-4138-4

Seip. Günter G. (Editor y Director de Redacción)
Instalaciones Eléctricas
Tomo 1: Abastecimiento y distribución de energía eléctrica
Tomo 2: Cables y líneas de energía, aparatos de protección, contadores, instalaciones auxiliares de abastecimiento de energía eléctrica, compensación de potencia reactiva, luminotecnia, calefacción, instalaciones de elevación
Tomo 3: Grandes edificaciones e instalaciones a la intemperie, instalaciones especiales, normas para instalaciones y medidas de seguridad.
ISBN 3-8009-1544-8

Cables de Potencia y sus aplicaciones,
en sus ediciones en idioma inglés y alemán:
Heinhold, Lothar (Editor)
Power Cables and their Application
Part 1:
Materials · Construction · Criteria for Selection · Project Planning · Installation · Accessories · Measuring and Testing
(English edition of "Kabel und Leitungen für Starkstrom, Teil 1")
3rd revised edition, 1990
ISBN 3-8009-1535-9

Heinhold, Lothar; Stubbe, Reimer (Editors)
Power Cables and their Application
Part 2
Tables including: Project Planning Data for Cables and Accessories · Details for the Determination of the Cross-Sectional Area
(English edition of "Kabel und Leitungen für Starkstrom, Teil 2")
3rd revised edition, 1993
ISBN 3-8009-1575-8

Heinhold, Lothar; Stubbe, Reimer (Editor)
Kabel und Leitungen für Starkstrom
Teil 2
Tabellen mit Projektierungsdaten für Kabeln, Leitungen und Gamituren. Angaben zur Querschnittsbemessung
4. überarbeitete und erweiterte Auflage 1989
ISBN 3-8009-1524-3

Símbolo de Conformidad CE,
en sus ediciones en idioma alemán e inglés:
Kohling, Anton
CE-Konformitätskennzeichnung
EMV-Richtlinie und EMV-Gesetz
Anforderungen an Hersteller und Auswirkungen auf Produkte
3., überarbeitete Auflage, 1996
ISBN 3-89578-051-0

Kohling, Anton
CE Conformity Marking
EMC-Directive and German EMC-Legislation
Impact on Manufacturers and Products

2nd revised edition, 1996
ISBN 3-89578-050-2

Las Corrientes de Cortocircuito en las Redes Trifásicas
en su edición en idioma alemán:
Roeper, Richard
Kurzschlußströme in Drehstromnetzen
Zeitlicher Verlauf und Berechnung der Größen

6., überarbeitete und erweiterte Auflage, 1984
ISBN 3-8009-1385-2

Diccionarios técnicos alemán / inglés – inglés / alemán (libros y CD):
Bezner, Heinrich (Redactor)
Fachwörterbuch Energie- und Automatisierungstechnik
3., überarbeitete und erweiterte Auflage, 1993,
Teil 1 Deutsch/Englisch
ISBN 3-8009-41 18-X

Teil 2 Englisch/Deutsch
ISBN 3-8009-41 19-8

Edición en CD
Fachwörterbuch Energie- und Automatisierungstechnik
Deutsch-Englisch; Englisch-Deutsch
ISBN 3-89578-045-6

Antoni, Thomas
Wörterbuch Antriebstechnik
Deutsch-Englisch; Englisch-Deutsch

1996, 788 páginas, 2 disquetes 3 1/2″
ISBN 3-89578-056-1

10.13.2 Catálogos Siemens

Lista de catálogos del Grupo Accionamientos y Productos Estándar

Accionamientos	**Drehzahlveränderbare Antriebe**	
	Gleichstrommotoren	DA 12
	Stromrichter-Einbaugeräte SIMOREG	DA 21
	Stromrichter-Schrankgeräte SIMOREG	DA 22
	Modulares Umrichtersystem SIMOVERT PM	DA 45
	Synchronmotoren SIEMOSYN	DA 48
	Stromzwischenkreis-Umrichter SIMOVERT A	DA 62
	Mittelspannungsantriebe SIMOVERT MV	DA 63
	Spannungszwischenkreis-Umrichter MICROMASTER; MIDIMASTER SIMOVERT MASTERDRIVES	DA 64
	Convertidores de frecuencia p. accionamientos trifásicos 6ES70, 2,2 a 200 Kw SIMOVERT MASTERDRIVES	DA 65.1
	Ejecución en armario 6SE71 37 Kw a 1500 Kw	DA 65.2
	Motores de baja tensión para accionamientos de velocidad variable	DA 65.3
	Spannungszwischenkreis-Umrichter SIMOVERT MASTERDRIVES	DA 65
	Spannungszwischenkreis-Umrichter SIMOVERT P	DA 66
	Wechsel- und Drehstromsteller SIVOLT A/V	DA 68
	Thyristor SITOR	DA 91
	Bausteine und Stromrichterschränke SITOR	DA 92
	Drosseln	DA 93
	Schutzeinrichtungen SITOR	DA 94
	Ansteuereinrichtungen SITOR	DA 95
	Regelsystem SIMADYN C	DA 97
	Regelsystem MODULPAC C	DA 98
	Digitales Regelsystem SIMADYN D	DA 99
	Drehstrom-Niederspannungsmotoren	
	Planungsunterlagen	M 10
	Käfigläufermotoren	M 11
	Drehstrom-Hochspannungsmotoren	M 2
	Ölfreie Vakuumpumpen, Kompressoren, Radiolventilatoren	PV
	Ölfreie Vakuumpumpen, Kompressoren, Elektrogebläse, Flüssigkeitspumpen MASTERGUARD	
	Unterbrechungsfreie Stromversorgungen	USV
Aparellaje de Baja Tensión	**Control y Distribución** Aparatos de maniobra con capacidad de comunicación, Aparatos para derivaciones de consumidores, Técnica de seguridad SIGUARD, Aparatos de mando y señalización, Aparatos para distribución de energia, Transformadores y fuentes de alimentación, Interruptores principales y de parada de emergencia, Interruptores de mando, Bornes de conexión	NS K
	Ergänzungskatalog Niederspannungsgeräte Ergänzungsprogramm, Auslaufgeräte, Ersatzteile	NS E

Equipos y Sistemas para Instalaciones	*N System*	I 2.1
	STAB-Wandverteiler	12.31
	SIKUS-Standverteiler	12.32
	SIPRO-Universalsystem	12.33
	Stromschienensystem 8PU	12.36
	DELTA-Programme	12.4
	Gebäudesystemtechnik mit *instabus EIB*	I 2.44

Lista de catálogos del Grupo Transporte y Distribución de Energía

Baja Tensión	**Blindleistungs-Kompensation** Leistungskondensatoren und Regeleinheiten für Niederspannung Auswahl- und Bestelldaten	K 1.2
Transformadores	GEAFOL-Transformadores en **resina colada 100 a 2500 kVA** construcción, caracteristicas	TV 1
	TUMETIC, TUNORMA **Transformadores de distribución** **en aceite 50 a 2500 kVA**	TV 2
Contadores	**Contadores digitales** Contadores electrónicos multifunción 7E.62/63	Z9.12

Indice alfabético

El significado de los términos marcados con * se detalla en la Sección 10.11 Vocabulario técnico resumido.

Absorción de armónicas 506f., 510
Accesibilidad 428, 474
Accionamiento* 39f., 66f., 226, 724
- compatible con el sistema 401
- forzado* 724
- giratorio 415, 447
- independiente del operador* 724
- magnético* 222, 226ff., 415, 724
- manual 67, 414, 532f.
- manual dependiente* 724
- mecánico* 414, 724
- mecánico dependiente* 724
- motorizado 13, 414f., 417
- por acumulación de energía* 532, 724
- por corriente alterna 310ff., 401f.

Accionamientos magnéticos para C.A. 227f., 415
- magnéticos para C.C. 227, 308, 402

Acopladores por relés 337, 402
Acoplamiento longitudinal 429, 430
- transversal 430

Actuador* 284, 326f., 329, 331ff., 349, 350, 367ff., 372f., 376, 378, 385, 392ff., 414ff., 437, 532, 604, 626, 724
Acumulador de energía* 189, 414, 417, 724
- Acumulador de fuerza* 724

Adaptador para sistemas de barras colectoras 284, 409, 449
Aislamiento básico 44, 46, 49, 50, 53, 62, 206, 321, 477, 668, 724
- de protección* 46, 53, 62, 216, 319, 320f., 327, 329, 391, 393, 421, 426f., 447, 452, 465f., 470, 475, 477, 724

Aislamiento reforzado 44, 62
Ajuste de CLASS 153
- la intensidad (de un disparador por sobreintensidad)* 274, 724,
- valores C/k 512

Alimentador* 117, 209, 445, 451, 479, 724
ALPHA* 725, 771
Altitud de instalación o montaje* 76, 84, 315f., 428, 479, 658, 725
American Wire Gauge – AWG (Número)* 32, 653, 656f., 673f., 725, 727
Amortiguación de las corrientes de cortocircuitos 116f., 676
Ancho de pasillos 59, 62ff., 429, 474f.
Ángulo de maniobra* 725
Aparato de disparo con PTC 148, 162f.
- de mando* 292, 298f., 300, 313, 350, 355, 725
- para programación y servicio técnico 381

Aparatos de baja tensión en tecnología de conexión en vacío 203
Aparatos de disparo tipo A 148
- de disparo 164, 600, 602
- de mando para parada de emergencia 350
- de maniobra de baja tensión compatibles con señalizaciones y controles electrónicos 401
- de maniobra tetrapolares 49, 66, 217, 221f., 229f.
- de protección contra sobreintensidades 148, 171, 476
- de protección 145f., 148f., 155, 158, 163ff., 169, 174, 183, 191, 201, 377, 476, 522, 606
- para accionamiento con dos manos 350f.
- refrigeradores 483f., 486

Apertura forzada* 66, 326, 331, 333f., 336, 348f., 725
Aplicaciones y selección de interruptores fines de carrera 3SE 327
Aprobación (Approbation)* 25ff., 725
Arco de descarga en vapor metálico 203, 205
- eléctrico* 98, 129, 203, 210, 725
- eléctrico, su formación* 725

Arcos repetitivos 305
Armadura (magnética)* 726
Armario o tablero de mando 67, 273, 298f., 301, 455
Armarios 8MB y 8MM, distribuidores de cables y para conexiones de contadores, montaje intemperie 472
- de distribución 22, 30, 464, 466, 473
- múltiples 446f.
- o tableros SIVACON 426, 433ff., 441ff., 445f., 478, 762
- para contadores 30, 462, 468

Armónicas de la red 94, 226, 231, 270, 493, 502, 505
Arrancador 18, 76, 126, 135, 176, 251ff., 260ff., 266ff., 270, 276, 321, 380ff., 497, 535, 576, 580, 638, 726
- de motor* 18, 126, 272, 321, 726
- directo 174, 252, 276
- electrónico de motores 254f., 261, 263, 266
- estatórico 251
- estrella–triángulo* 135, 276, 726
- estrella–triángulo de cuatro etapas* 581f., 596, 726
- suave* 254, 262, 726

Arrancadores trifásicos con inversión del sentido de giro 136
Arrancar* 726
Arranque* 726
- a plena carga 133
- automático 354, 596
- con media carga 256
- con resistencia estatórica 251
- de emergencia 259, 276, 278
- de motor por medio de una resistencia unipolar (KUSA) 135, 251f., 266, 591ff.

- de motores con anillos rozantes 133, 251, 596
- de motores con autotransformadores 136, 598
- de motores con rotor jaula 134, 251, 266, 591 f., 594
- de motores con rotores de anillos rozantes 133, 141, 251, 596
- de motores de baja tensión 133
- de motores trifásicos asincrónicos con polos conmutables 136
- de motores trifásicos asincrónicos con resistencias estatóricas 251
- de motores trifásicos asincrónicos con rotor de anillos rozantes 251
- de un motor mediante resistencias tripolares 135
- después de una parada de emergencia 354
- directo 17, 134 ff., 182, 252, 261, 265 ff., 377, 497, 598, 610
- estrella–triángulo 134 ff., 183, 251, 254 f., 556, 576 ff., 611, 635
- estrella–triángulo de motores trifásicos asincrónicos con compensación de la energía reactiva 586
- estrella–triángulo de motores trifásicos asincrónicos sin pausa en la conmutación 578
- extrapesado con relés de sobrecarga electrónicos 179
- extrapesado 179, 181 f.
- pesado* 133 f., 158, 168, 179, 225, 256, 589, 727
- por resistencias 251
- por tensión 251
- suave con control por recorte del ángulo de conducción en dos fases 266
- suave con limitación de corriente 257, 260, 265
- suave 135, 163, 251, 257 ff., 266 f., 276, 588 f., 591 f., 594 ff., 726

AS-i – Arrancador compacto 382
- – Estación maestra 381 f., 384, 745
- – Módulo compacto 379
- – Módulo de usuario 384, 393
- – Módulo derivación de usuario 384, 393
- – Módulo neumático 379, 380
- – Módulo Slim-Line 380
- – Soporte portaaparatos 380 ff.
- – Topología 374

Asimetría de corrientes 275, 608 ff.
- fases 177
- la red 160, 275
- tensiones 155, 162, 275

AS-Interface* 14, 16 ff., 284, 366 ff., 370 ff., 393, 397 ff.
ASIST 140, 322, 641 f.
Asociación internacional "AS-i"* 727
Atenuación por blindaje 461
Atmósfera normalizada 658
Aumento de tensión causado por los condensadores 502
AUSTER* 643 f., 727
Autoretención* 727
Autosupervisión 279, 373
Autotransformador de arranque* 136, 598, 727
Autotransformador 23, 320, 324, 536
Aviso de sobrecarga 162, 608 f.
AWG* 32, 653, 656 f., 673 f., 725, 727

Baja tensión de protección* 727
Balasto electrónico 139, 245 f., 248 f.
Banco de condensadores trifásico 231 f., 586
Banda de dispersión 159, 196
Barra universal de campo 440
Barras colectoras de aluminio 675
- Barras colectoras 63, 103, 187, 191, 200, 223, 282 ff., 294 ff., 408 ff., 420 ff., 434 f., 439, 441 ff., 465, 468, 472, 475, 479 f., 484, 507, 538, 542, 647, 661, 673 ff., 686 ff.
- Barras de aluminio 675
- Barras de cobre 452 f., 675

Barreras fotoeléctricas 400 f.
Base de datos 642
Bastidor* 409 ff., 424 f., 441, 447, 455, 459, 461, 727
- Bastidor extraíble 409

Baterías de condensadores 137, 141, 232 f.
BERO* 17 f., 284, 287, 367, 372, 382 f., 386, 395 ff., 407, 727, 743, 751, 754
BERO–Sonar 375, 383, 397 ff.
Binario* 727
Bit, bitio* 371, 373, 383, 727
Blindaje de protección 44
- electromagnético* 727

Bloque de contactos auxiliares* 15, 728
Bloqueo de armónicas 494, 505, 507, 510 ff.
- de reconexión* 157 f., 553, 728

Bobina de apertura por tensión o por corriente de trabajo* 153, 188 f., 202, 728
- mínima tensión* 523, 540, 602 f., 631 f., 636, 728
- soplado* 728

Bobinados separados 97, 243 f., 533, 556, 560 ff., 573 f., 600, 682
Bobinas de descarga 232
Bornes 8 WA 285 ff.
- a tornillo 8WA1 285 ff.
- con interruptor automático 285 ff.
- con interruptor de protección para circuitos auxiliares 285, 626
- de conexión 285 ff.
- de dos niveles 285 ff.
- de paso con tornillos 8WA1 285 ff.
- de paso sin tornillos 8WA2 285 ff.
- de paso 285 ff.
- de puesta a tierra PE 285 ff.
- de separación N 285 ff.
- de separación PE 285 ff.
- de transformadores 521, 543, 626
- especiales 285 ff.
- estándar 285 ff.
- para circuitos de medición 285 ff.
- portafusibles 285 ff.
- sensor–actuador 285 ff., 629
- sin tornillos 8WA2 285 ff.
- tipo marco 411 ff.

Bus 272 f., 277 f., 284, 366, 369 ff., 376 ff., 384 ff., 728
- de campo 367, 370

Byte* 277 f., 370, 728

Cableado posterior 455, 457
- suelto 33

Cage Clamp 13, 285, 287, 413
Caída de tensión 72, 105 ff., 199, 279, 292 ff., 318, 354, 396, 402 ff., 429, 453
Caja o carcasa* 728
- de bornes 134

Cajas de material aislante 326 f., 329, 332 f., 447 f., 469, 477
- plástico 252

Cálculo de la corriente de cortocircuito 104 f., 112
– potencia media utilizando vectores 500
Calefacción interior 76, 84, 481, 489, 491 f.
Calefactor* 137, 156, 216, 235, 270, 474, 487 f., 529, 728
Calentamiento 22, 30, 35, 80, 104, 120 f., 125 ff., 140, 159, 169, 184, 223, 242, 478, 521, 661 ff., 762 ff.
Calor producido por la corriente eléctrica 645
Cámara apagachispas* 419, 728
– de deionización* 728
– de extinción* 728
– extintora de arco con deflectores metálicos* 728
Campo de trabajo* 227 f., 289, 402 f., 728
Capacidad asignada de cierre sobre cortocircuitos I_{cm}* 729
– asignada de ruptura de cortocircuito I_{cn}* 100, 127, 131, 153, 155, 165 f., 170, 196, 201, 224, 647, 693 ff., 729
– crítica de conductores 300
– de carga admisible de barras 223, 430, 449, 673
– de carga admisible de contactores de corriente alterna 232, 239 ff.
– de carga o carga máxima admisible* 239, 248, 729
– de carga térmica 221 f., 476, 673
– de conductores 298, 300, 302 f.
– de conexión asignada o poder de cierre asignado* 142, 729
– de conexión o de apertura en cortocircuito* 729
– de desconexión 142, 166 f., 239
– de maniobra* 128, 137, 223, 729
– de maniobra asignada* 729
– de maniobra de contactores para frecuencias superiores a 50 Hz 224
– de ruptura en 16 2/3 Hz 224
– de ruptura o de desconexión* 13, 25, 27, 65, 76, 98, 118, 126 ff., 133, 150 ff., 165, 170 ff., 184, 201 f., 217, 224, 230 f., 240 ff., 357, 402, 648, 663, 729
– Capacidad de ruptura o de desconexión asignada* 730
Capas extrañas 288, 404
Característica de carga 180
– de disparo 152 f., 155, 174, 183, 225, 274, 690, 708, 731, 740
– $I^2 \cdot t$* 730
– resistencia–temperatura de un sensor de temperatura 164
Características de protección de combinaciones de aparatos de maniobra 172
– de protección de fusibles 169
– de protección de los interruptores automáticos 169
– de protección de los interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) 155, 662, 665 f., 685, 688, 708
Carga* 515 ff., 729
– admisible de los conductores 669
– admisible de los contactores de corriente alterna 232, 240, 271
– admisible de los relés de sobrecarga 181
– admisible de los transformadores de intensidad 179, 181
– estable 236, 255, 259, 260
– monofásica 158
– tripolar simétrica 148, 160, 162
Cargas asimétricas 162, 275
Categoría de servicio* 118, 126, 128, 137 ff., 192 ff., 220, 235 f., 239, 289, 338, 345, 418, 648, 730
– servicio AC-1 138 f., 142, 235 f., 270, 591, 594
– servicio AC-2 133, 236, 270
– servicio AC-3 139, 236, 241, 270, 272
– servicio AC-4 137, 270, 236
Categorías de control 347
– desconexión con cortocircuito 127
– sobretensión 64 ff., 443
CCM o MCC* 167, 730
CEE* 19, 461, 689, 721, 730
Celdas 442, 474, 478 f., 538
CEN 19
CENELEC* 19, 21, 23 f., 71, 93, 665, 682, 730
Centro de control de motores 167, 421 f., 434, 730
Cerrojo de un interruptor* 132, 154, 540, 627, 730
Certificación de transformadores de medición 516, 518
– del fabricante 92, 347
– del PTB* 185, 516, 730
Certificado de Conformidad CE 21, 90 ff., 453, 722 f.
– ensayo de muestra tipo 91 f., 723
Choques 83, 85, 268, 760
Ciclos de conexión 140
Cintas de compensación 156
Circuito auxiliar* 290, 292, 313, 545, 547, 589, 626, 636, 731
– de liberación 355, 360 f.
– de mando* 68 f., 154, 200, 282, 292 f., 295 ff., 318, 338, 341 ff., 354, 545 ff., 581, 632, 636, 647, 731
– de protección 305, 338
– oscilante LC 190
– principal* 68, 97 f., 135, 161, 279, 288, 293, 382, 450, 545, 557, 594, 607, 731
– rectificador puente monofásico 325
Circuitos de bloqueo de audiofrecuencia 494, 508, 510
– de filtro 190, 494, 506 f.
– de puenteo 179 ff.
– de seguridad para diferentes aplicaciones 353
– de seguridad 310, 313, 345 ff., 353, 355, 357
– o aparatos de dos canales 313, 351 ff., 360, 378
– o aparatos para operación con dos manos 346 f., 350 f.
– para parada de emergencia 313, 353, 355, 358 f., 362, 373
Circulación forzada por ventilador 483
Clase de aislamiento* 175, 315, 682, 731
– exactitud 516
– montaje 644
– protección* 17, 38, 40, 49, 62 f., 72 ff., 83 f., 118, 184 f., 251, 268, 315 f., 323, 333, 379, 389, 427, 443, 453, 475, 482, 731
– servicio S6 122 ff., 732
Clases de capacidad de ruptura 152
– climas 37, 76, 486, 489
– cortocircuitos 100
– disparo (CLASS)* 161, 274, 731

- funcionamiento* 731
- limitación de energía* 731
- protección IP 71, 288, 426 f., 453, 465 ff., 474 f., 489, 516, 731, 757 f.
- servicio* 94 y sig., 149, 152, 257, 316, 685 f., 732
- servicio de fusibles* 692, 732

CLASS (tiempo)* 158, 162, 168, 179, 274 f., 732
Clima ambiental* 481, 485, 732
- de exteriores 75, 489
- de interior 75, 489
- global 77

Climas técnicos 37, 76, 79
Climatización 420, 422, 478, 481
Cobre 22, 50, 52 ff., 58 f., 62, 87, 106 ff., 222, 260, 369 ff., 430, 522, 627, 646, 653, 658 ff., 675 ff.
Codificación asistida por PC 643
Código de colores* 732
Coeficiente de transmisión del calor *k* 481
Colores de pulsadores y lámparas de señalización 70 ff., 386 y sig.
COM PROFIBUS 278 f., 368 ff., 377
COM SIKOSTART 264
Comandos inestables 292, 547
Combinaciones de aparatos de maniobra (SK, TSK, PTSK)* 21 f., 29 y sig., 423, 462, 646, 732
- aparatos de maniobra con fusibles 165
- aparatos de maniobra de baja tensión* 22 f., 30, 34 ff., 43, 51, 73, 382, 423 ff., 462, 523, 646, 733
- aparatos de maniobra de baja tensión con homologación parcial (PTSK)* 21, 29 ff., 423, 451, 465, 661, 675, 733
- aparatos de maniobra de baja tensión homologados (TSK)* 21, 29 ff., 40, 423, 444, 451 f., 465, 675, 733
- aparatos de maniobra montadas en fábrica (→ TSK → PTSK)* 733
- aparatos de maniobra sin fusibles 167, 169, 174 f., 202, 379
- seguridad de contactores 311, 350, 352, 355, 358, 361 f., 775

Compartimentación* 733
Compartimiento* 425, 434 ff., 457, 464 ff., 734
- para aparatos 434 ff., 441 f.
- para conexión de cables 434 ff., 439, 440, 447 f., 470

Compartimientos funcionales de un armario 434, 440
Compatibilidad electromagnética* 90 ff., 218, 304, 310, 337, 403, 461 f., 722 f., 733
Compensación* 139, 178, 232, 733
Compensación centralizada 493, 495, 498, 509, 511
- de factor de potencia 493, 500
- de motores trifásicos asincrónicos con arrancador estrella triángulo 497, 586
- de motores trifásicos asincrónicos 496
- de potencia reactiva 178, 233, 421, 442, 445, 492 f., 498, 504, 508 ff., 641
- de potencial 666
- de temperatura* 147, 156, 159, 383, 399, 648, 733
- de transformadores 496 f.,
- de un accionamiento de corriente continua 493
- en paralelo 245 ff.
- en redes con armónicas 502
- fija 499, 510 f.
- individual 232 f., 495 f., 733
- mediante condensadores con bobinas de bloqueo 494, 504 ff., 510 f.
- mediante condensadores sin bobinas de bloqueo 494, 507, 510 f.
- por grupos 232 f., 495

Compensador de clima 474, 491 f.
Componente de corriente continua* 98 ff., 150, 433, 734
Comportamiento con temperatura de servicio 159
- de disparo 153, 159, 222, 226, 298

Comunicación 16 f., 167, 196, 264, 272, 277, 284, 366 y sig., 386, 393, 609 ff., 746, 749, 768
Conceptos de tiempo* 734
Condensación 76, 80, 82, 84, 329, 473 f., 481, 487 f., 728, 747, 769
Condensador antiparásitos* 734
- de filtro 227

Condensadores con bloqueo parcial 508
- Condensadores 190, 494

Condiciones ambientales 77, 79, 81 ff., 398, 420, 427 f., 474, 484, 492, 660, 728, 741
- climáticas 76, 79, 428, 489
- climáticas y del medio ambiente 475, 489
- de conexión* 734
- de servicio extraduras 83
- de servicio normales 75, 178 f., 758
- de servicio severas 83, 85,
- de servicio 36, 65, 75 y sig., 119, 178, 220, 241 f., 289, 292, 314, 418, 498, 507, 646, 749, 758, 761 ff.
- de transporte 479
- para el almacenamiento 81, 83
- para la conexión de componentes de instalaciones 133

Conducción del calor 482, 658
Conductibilidad 54, 64, 87, 652, 658 f.
Conductor* 734
- de fase* 49, 51, 98, 116, 429, 661, 735
- de protección (PE)* 35, 48 ff., 62, 98, 208, 287, 421, 478, 527 f., 735
- fusible* 735
- neutro (N)* 47 ff., 100, 186, 217, 430, 528, 639, 661, 735
- PEN* 48 ff., 62, 118, 735

Conductores de aluminio 54, 56, 106, 108, 110, 664, 678
- de cobre 22, 50 ff., 57 ff., 108, 110, 117, 163, 279, 299, 371 f., 413, 522, 627, 646, 664, 673 ff., 714 f.
- de medición 517
- del circuito de mando 293 ff.
- largos en circuitos de mando 290, 298, 302 ff.

Conectar* 22, 40, 50, 65, 85, 129, 137, 148, 190, 203, 228, 243, 270 ff., 287, 310, 353, 359 y sig., 377, 440, 480, 626, 663, 735 f.
Conector de bus* 735
Conexión* 735
Conexión alternativa de motores trifásicos a dos redes diferentes 550
- bajo carga 138
- Dahlander 136, 178 f., 243 f., 264, 276, 556 ff., 564 f.
- de condensadores 137, 231 ff., 493
- de corta duración 759

- de lámparas en instalaciones de iluminación 138
- de lámparas 138 f., 141
- de motores trifásicos asincrónicos con polos conmutables 243 f., 556 y sig.
- de transformadores de baja tensión 138
- directa 97, 135 f., 397
- DUO 139, 245 f.
- economizadora para corriente continua 227 f., 308
- eléctrica, unión metálica* 735
- en cascada* 735
- en vacío 203 y sig.
- estrella–triángulo 134 ff.
- estrella–triángulo sin pausa de conmutación 135
- Europa 576
- Korndörfer 598
- KUSA 135, 251 f., 266, 591 ff.
- PAM 243
- por tornillos 287

Confiabilidad de contacto* 288, 332, 403 ff., 735

Conmutación/conexión de calefactores 137, 216, 268
- condensadores de potencia reducida 233
- condensadores trifásicos 137, 231

Conmutador de red* 736

Constante de tiempo de acoplamiento 169

Construcción en línea 461
- extraíble 409 f., 418, 422, 425, 429 f., 436 ff., 442 f., 762

Consumidores* 13 f., 65 f., 117 f., 165, 174 ff., 191, 212, 215 ff., 268, 272, 280 ff., 338, 354, 377 ff., 423, 430 ff., 442, 468, 474, 479, 493 ff., 626 ff., 638 ff., 664, 692, 736
- lineales* 736

Consumo de instrumentos de medición 552
- propio de conductores de cobre 522
- propio de instrumentos de medida 522
- propio en circuitos de transformadores 522

Contacto* 38, 46, 71, 132, 203, 207 ff., 288, 312, 323, 330 ff., 339, 345, 348 ff., 393, 404 ff., 412, 524, 530, 550 y sig., 736
- apagachispas* 736
- de alarma* 736
- de paso* 736
- directo 38, 46, 206 ff., 350, 424, 728, 740
- doble 406
- indirecto 46, 98, 206 ff., 477
- Lira* 364, 736
- normalmente abierto (NA)* 337, 360, 734, 736
- normalmente cerrado (NC)* 349, 356, 361, 734, 736
- o defecto a tierra* 162, 206, 211, 226, 275 ff., 608 ff., 666 f., 736
- simple 405

Contactor* 13 ff., 45, 69, 126, 135, 138, 142, 166 ff., 181, 204, 227 f., 232 ff., 260, 280 f., 300, 313, 361 ff., 409, 523 y sig., 736
- auxiliar 289, 525, 547, 552 ff., 572
- de red 262, 268, 497 f., 557 y sig.
- de transición 135, 579 f.
- en vacío* 203, 737
- para condensadores 137, 232 f., 495
- semiconductor (electrónico) 21, 268 ff.

Contactores accionados por corriente alterna 297, 305, 311, 523 y sig., 641
- accionados por corriente continua 299, 306 ff., 311, 523 y sig.
- con retardo a la desconexión 547

Contactos* 34, 66 ff., 80, 84, 130 ff., 142, 203, 232, 239, 304 f., 737
- auxiliares* 13 ff., 84, 155, 158, 162 f., 180, 270, 279, 282, 288, 310, 737
- de actuación adelantada 233
- auxiliares de actuación prolongada en contactores 548
- auxiliares de un aparato de maniobra* 737
- auxiliares del accionamiento* 737
- auxiliares del interruptor 363
- de acción normal 326, 330 f., 334, 349, 395
- de aviso 353
- de liberación 353, 362
- forzados (no simultáneos) 310 ff., 353 ff., 737
- NA de actuación prolongada en contactores 312
- NC de actuación prolongada en contactores 312
- para circuitos auxiliares 524
- para circuitos principales 524
- principales* 66, 140 ff., 166, 220, 232, 292, 360, 409, 524, 737
- superpuestos 311

Contenido armónico* 737

Control a distancia o telecontrol* 66, 737, 763
- breve de selectividad ZSS 195 f., 436
- de cintas transportadoras 186, 252, 259, 397, 620
- de la presión 186
- de la velocidad de rotación 186
- de rotor detenido 186
- del proceso de frenado 186
- por paquete de oscilaciones 213, 269 f.
- por recorte del ángulo de conducción (fase) 266, 269 f.

Controlador de frenado (Monitor de velocidad)* 618, 737
- lógica programable (PLC)* 18, 94, 278, 284, 311 ff., 355, 376 f., 384 f., 393, 396, 402, 609, 629, 737

Controles electrónicos 355, 401 ff.

Convección 84, 481, 486 ff.
- natural 481, 486 ff., 660

Conversión de unidades 653 ff.

Corriente alterna de cortocircuito* 99, 100, 737
- asignada de choque i_p (Corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque))* 153, 427, 738
- capacitiva de compensación 298, 304
- continua 54, 97 ff., 138, 143 f., 155, 214 ff., 221 ff., 227 f., 230, 259, 267, 308, 401, 527, 645 f., 689, 728 f.
- de 8 horas, 128, 647
- de armónicas 126, 190, 504 ff.
- de arranque* 103, 120, 134 f., 234, 240 ff., 251, 581, 591, 598, 738
- de arranque estacionaria 134

- de carga* 68, 125, 190, 213 f., 240 ff., 295, 316, 738
- de conexión (extracorriente de conexión)* 137 ff., 240 f., 250, 291, 495, 627, 738
- de contacto a tierra* 738
- de corta duración* 226, 738
- de corte* 738
- de corte o ruptura limitada i_D 149 f.
- de cortocircuito (Corriente permanente de cortocircuito I_k* 98 f., 104, 131, 199, 290, 432, 690, 738
- de cortocircuito asimétrica* 738
- de cortocircuito no influenciada* 738
- de cortocircuito prevista* 714, 738
- de defecto (corriente diferencial)* 49, 52, 207 y sig., 463, 472, 534, 631 f., 661, 738
- de descarga 217, 304
- de desconexión* 52 f., 140, 143 f., 203, 206, 230 ff., 290, 686, 738
- de desconexión crítica* 738
- de disparo (de un disparador por sobrecargas)* 47, 157 ff., 212 ff., 609, 690, 738
- de fuga* 217 f., 300 ff., 739
- de fusión 149 ff.
- de paso i_D o corriente de cortocircuito limitada* 133, 647, 664, 739
- de prueba como múltiplo de la corriente de ajuste 146 f., 271 f.
- de reacción con retardo breve (z)* 739
- de reacción por defecto a tierra (g)* 739
- de reacción por sobrecarga (a)* 145, 739
- de reacción sin retardo (n)* 739
- de ruptura* 151, 739
- de transferencia entre características* 647, 739
- diferencial* 631, 739
- inicial de arranque 134, 179 ff.
- inicial subtransitoria de cortocircuito (valor eficaz) I_k''* 99, 475, 681, 739
- inicial subtransitoria de cortocircuito (valor eficaz) I_k'' de transformadores 681, 683 f.
- límite 148, 162, 169 f., 192 ff., 201, 275, 516 f., 647, 688, 739, 749
- máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) i_p* 739
- no influenciada (r)* 739
- no influenciada* 738 ff., 752, 755, 768
- primaria 513, 515 ff.
- rectificada 527
- secundaria 156, 183, 513, 516 ff.
- simétrica no influenciada en circuitos de corriente alterna* 740

Corrientes asignadas de los motores trifásicos asincrónicos 679
- asignadas y de cortocircuito de los transformadores 430 ff., 681
- de pico iniciales 250
- y tensiones mínimas 404

Cortina móvil o shutter* 438, 740
Cortocircuito* 16, 25, 31 ff., 53 ff., 98 ff., 127 ff., 145 ff., 164 ff., 183 ff., 217 ff., 251 f., 270 ff., 280, 290 ff., 304, 318 ff., 357, 382, 417 ff., 427 ff., 475 f., 520 f., 627, 647 f., 661 ff., 672 ff., 729 ff.
- bipolar 100 f., 647, 714 f.

Cos φ* 99 f., 127, 150, 178, 243, 290 ff., 298 f., 323, 433, 493 ff., 507, 645, 691 ff., 740
Criterios para la selección de tableros de maniobra, distribución y comando 421
Cubierta (de protección)* 40 ff., 79, 323, 333, 350 f., 424, 438, 441, 463 ff., 470 ff., 477, 740
Curva característica de carga 180
- característica de disparo* 152 f., 157 ff., 174 ff., 199, 224 f., 230, 274, 740
- de tolerancia de corrientes 209 f.

Curvas características tiempo de fusión–corriente 149, 685, 688

Datos asignados 95, 646 f.
- comerciales de los productos 643
- de diagnóstico 277 f., 370 f., 378
- de red 116
- de servicio 182, 277, 419, 521
- estadísticos 277, 371

Declaración de Conformidad 21, 90 ff., 347, 453, 723
Denominación de la conexión 390
Derivación 17, 53 f., 113, 161, 175, 190, 201, 259 y sig., 422, 450 ff., 473, 528, 538, 589, 608 y sig.
- a consumidores 268, 272, 279, 380

Desacoplamiento* 740
Desbloqueo* 39, 156 f., 311 ff., 414, 740
Descarga de sobrepresiones 444
Desconectar* 40, 60, 65 f., 127 ff., 154 f., 189, 203, 219, 228, 310, 351, 354 f., 416, 626 f., 729, 740
Desconexión* 47 ff., 52 f., 57 ff., 66 ff., 121, 140 ff., 154 ff.
- de circuitos inductivos 304, 752, 755
- mediante un único comando 354
- programada de carga* 740

Descontaminación 83
Desgaste* 87, 137, 140 ff., 255, 268, 339, 527, 740, 770
- de los contactos por erosión eléctrica* 142, 203, 220, 224, 230, 268, 741

Desionización* 741
Detección de corriente insensible a las armónicas 163, 280
Detector de proximidad capacitivo 395, 540, 727, 736, 754
- inductivo de proximidad BERO* 375, 383, 395, 540, 727, 741

Detectores BERO Sonar 375, 383, 397 ff.
- de proximidad por ultrasonido 395, 397 f., 540, 727, 754

Determinación de la corriente de cortocircuito 105, 112
Diagrama de escalonamiento 195, 199
- la corriente de ruptura limitada 131, 133, 150, 690 ff.
- la fuerza de contacto y el recorrido 330

Diagramas de limitación de la corriente 690, 692
- para determinar las impedancias y las corrientes de cortocircuito 104

Digital* 254, 341, 543, 741
Diodo 325, 358, 537
- supresor o de limitación 305, 309, 311 f., 338, 340, 752, 763

Dirección 279, 373, 378 ff.
Direcciones del movimiento 415 ff.

Directiva para Máquinas de la CE 346 f., 721 ff.
Directivas de la CE para equipos de BT 721
Disipación del calor 477 f., 483, 741, 763
- en armarios cerrados 483
- en armarios con aberturas 483
Disparador (de un aparato de maniobra mecánico)* 741
- (relé) de potencia inversa en una red enmallada* 741
- a* 31 ff., 131, 154 ff., 166, 212 f., 602, 741
- auxiliar* 741
- electrónico por sobrecarga 225
- f* 741
- fc* 741
- instantáneo (sin retardo)* 194, 741
- instantáneo por cortocircuito* 187, 708 ff., 741
- n* 31 ff., 54, 59, 61, 166, 169, 197, 602, 630, 741
- para red enmallada 188 f., 741
- por cero tensión* 741
- por corriente de conexión* 742
- por corriente diferencial (corriente de defecto)* 226, 631 f., 742
- por cortocircuito 53, 165, 194, 225 f., 627
- por defecto a tierra 162, 166, 226, 272 f., 275 ff., 608 f.
- por sobrecarga* 131, 141, 147, 154, 169, 187, 193 ff., 627, 742
- por sobrecarga con retardo dependiente de la intensidad (disparador "a")* 154, 193 ff., 742
- por sobreintensidad* 153, 168, 176 f., 196 ff., 724, 742
- por sobreintensidad con retardo independiente* 742
- por sobreintensidad directo* 742
- r* 742
- rc* 289, 742
- remoto* 742
- z* 197, 742
Disparo libre* 158, 540, 627, 742, 750
Dispersión de los tiempos de disparo 159
Disponibilidad 65, 161, 165, 206, 367, 369 ff., 429, 436
Disponible ("listo") para conectar* 742
Disposiciones ANSI 20, 25, 527 ff., 543
- canadienses CSA 20, 25 ff., 69, 148, 162, 289, 291, 345, 725, 771
- GOST 24, 772
- para aparatos de maniobra de baja tensión 21, 627, 646
- para aparatos de protección contra sobrecargas 146 y sig., 644
- para aparatos de protección contra sobreintensidades (cortocircuitos) 148, 644
- para aparatos de protección contra sobretemperaturas 21, 148
- para el equipamiento 36, 65 y sig.
- para el montaje 319
- para la Prevención de Accidentes (**U**nfallverhütungsvorschriften – UVV) 38, 40, 347
- y normas 19 y sig., 29, 37, 347, 423
Dispositivo de cierre 417, 465, 473
- de desconexión de emergencia* 65 ff., 71, 310, 742
- de enclavamiento* 394, 409. 438, 523, 742
- de parada de emergencia 39, 66, 205, 311 ff., 347, 351 ff., 360 ff., 589
- de protección ante cortocircuitos (o "**S**CPD, **S**hort–**C**ircuit **P**rotective **D**evice")* 25, 54, 59, 271, 427, 606, 663 f., 667 f., 742
- de protección contra sobreintensidades 222, 272, 476, 663, 670 ff., 692
- de protección por corriente diferencial* 53, 207, 631 f.
- de protección por tensión de defecto 48, 534
- de protección y control de motores 272
Dispositivos de protección 34, 46, 48, 52, 72, 118, 145, 166, 179, 186 f., 291, 318 f., 661 ff., 688, 730, 738 f., 742, 758
- para el control del aislamiento 48
Distancia (líneas) de fuga* 25, 35, 44, 61 ff., 128, 289, 452, 743
- de aire a tierra* 411, 742
- de conmutación 396 f.
- de Hamming* 370, 743
- disruptiva 35, 44, 63, 76, 443, 477
- en aire* 128, 449, 671, 743
- entre contactos* 65 ff., 349, 353, 743
Distribuidor lineal 421 ff.
- principal 195, 200, 421, 441, 476
- radial 420 ff.
- secundario 420 ff.
Distribuidores de pared STAB, 8GD 464 ff.
- para montaje sobre piso SIKUS, 8GA 464 ff.
- pequeños 8GB 463 ff.
Diversidad 353
División* 37, 463 f., 743
Documentos de armonización (HD) 19, 21, 29, 69
Duplicación (dos canales) 313, 351 ff.
Duración de la conexión o tiempo de conexión* 232, 290, 743
- de la conexión, (ED relativo)* 121, 241 f., 270, 317 f., 743
- de un ciclo* 743
- mínima de un comando* 733, 743

ED en %* 241, 743
Efecto "Skin" 222 f., 228
Efecto chopping (corte anticipado de corriente)* 737, 743
- de sustancias nocivas 77
Efectos de resonancia cuando se emplean condensadores 504
- dinámicos de las corrientes de cortocircuito 103, 714
- provocados por armónicas 226, 503
Eje de mando* 743
Ejecución constructiva abierta* 423 f., 474, 743
- extraíble 378, 409 f., 429
Elemento de mando* 41, 743
Elemento RC* 307, 743
Elementos de acoplamiento 337, 633 f.
ELLE* 142, 236, 239, 418, 641, 744
Emisores de señales 350, 406, 508, 629, 731, 762
Empresas de reciclado 89

Encapsulado* 83, 372, 404, 442 ff., 682, 729, 744, 757 f.
– metálico 453
Encastre sobre riel normalizado* 408, 411, 417, 420 f., 455 y sig., 744
Enclavamiento de puerta 439, 730, 744
– eléctrico* 154, 282, 744
– mecánico* 136, 283, 409, 554, 744
Enclavamientos* 102, 114, 276, 288, 573, 578, 587, 636, 744
– apropiados para evitar cortocircuitos 292
Enfriamiento 121, 157, 225, 239 ff., 276, 481 ff., 650, 681 ff., 746
Ensayos de protección ante arcos 444
Ensayos del PTB 185
Ensuciamiento* 80, 373, 735, 744 ff. 753, 762
Entrada de cables* 448, 745
Envejecimiento (de fusibles)* 745
Equipos eléctricos* 36, 47 ff., 62 f., 67, 69 ff., 128, 311, 420 ff., 462, 541, 647, 667, 673, 682, 745
Equipos elevadores de cargas 134, 137, 236
ERNA 90 480, 644
Escalonamiento de las protecciones* 191 y sig., 745
Esfuerzos debidos a sacudidas y choques 85
Espacio de soplado del arco eléctrico* 410 f., 745
– para gases 410 f., 477
Esquema general de conexiones (unifilar) 52, 101, 169 f., 479, 545, 604, 607 ff.
Esquemas de conexión básicos 183, 186, 256, 292, 329, 523 y sig.
– con bornes de paso seccionables para transformadores 626
– con bornes para circuitos de medición 626 y sig.
– con contactores 576 y sig.
– con controlador de la velocidad de rotación 613
– con controladores de cintas transportadoras 620
– con controladores o sensores 613 y sig.
– con dispositivos de protección contra corrientes de defecto 631 y sig.
– con interruptores de posición 623 y sig.
– con presostatos en combinación con contactores 622
– con relés de tiempo en circuitos auxiliares 635 y sig.
Estabilidad a la tensión de impulso asignada (U_{imp})* 745
– ante cortocircuitos* 420, 425 f., 745
– dinámica ante cortocircuitos* 746
Estación esclava (Slave)* 369, 746
Estados finales 415 f.
Estructura de árbol 373
Estructura modular y paneles 434
EVU* 171, 746
Extensor 372
Extinción del arco eléctrico* 130, 136, 149, 192, 223, 746
– en el paso por cero* 130 ff., 746
Extracorriente de conexión* 140, 291, 746
EZU 772

Factor de impedancia α 509
– de potencia 99 f., 127, 137, 178, 231, 293, 314, 433, 493 ff., 645, 740
– de reducción 159, 397, 668 ff.
– de simultaneidad* 475, 495 ff., 746
– de sobrecarga (de un motor)* 225, 746
– limitador de sobreintensidad 516 ff.
– *n* 127, 239, 241, 433, 729
Factores de servicio según las normas UL/CSA 148
Falta de fase (funcionamiento)* 175, 608 ff., 746
– fase (sensibilidad)* 147, 156, 159 f., 177, 185, 762
Fibra óptica* 277 f., 369 f., 378, 747
Fibrilación 209 f.
Fijación 50 f., 103, 326 ff., 389, 408 ff., 420 f., 453 ff., 461 f., 471 ff., 629
Filtros de armónicas 510
Fin de carrera* 252, 276, 288, 310, 326 ff., 331 ff., 349, 360, 393, 624
– con actuador separado 332 f., 349
– de seguridad 333, 347 ff., 358, 360, 393
– en caja aislante 333
– en caja metálica 326 f., 333, 394
– pequeño 326 f.
Flujo de calor 483 f.
Forma constructiva cerrada 424 f.
– con cajas múltiples 446 f., 480
– constructiva en cajas 426
Formación del valor medio 398 f.
Formas constructivas 423, 513
Formulario 419, 427, 432, 641 f.
Formularios para el pedido de aparatos de maniobra 641
Fórmulas básicas 645 y sig.
Frecuencia asignada* 127 f., 222, 226 f., 231, 302 ff., 747
Frecuencia de conmutación 396 f.
– de fallas* 406 f., 747
– de fallas de contacto 406 f.
– de la oscilación 85
– de maniobras admisible 140, 182
– de maniobras elevada 140, 182
– de maniobras 140
– de red 126, 135, 222, 509, 729, 743
– de resonancia 190, 504 f., 508 ff.
Frenado con C.C. 255, 266 f.
– por contracorriente 122, 134, 141, 183, 313 f., 613 ff.
Frenos de corriente continua 259
Fuente ininterrumpible de energía eléctrica (UPS/USV) 216, 324, 551
Fuerza 103 f., 330, 650 ff.
– de contacto* 130, 330, 746
Función analógica 399 f.
– conexión 530, 543
– de conmutación 398
– múltiplex 398 f.
Funciones de control de motores 276 f.
– control y protección 260, 273, 369
– parada (Stop) 358, 361
– prueba 156, 418
Fusible e interruptor automático para la protección de instalaciones 174
– e interruptor automático para la protección de motores 174 ff.
– y arrancador directo 174

Fusibles* 145, 149 y sig., 210 y sig., 364, 476 y sig., 542, 669 y sig., 685 ff., 731 f., 745 ff.
– e interruptores automáticos 165, 169 ff., 175, 219, 447
– en los puntos nodales 202
– HH 183, 191 y sig., 445
– NH* 24, 40, 133, 149 y sig., 190 y sig., 262, 363, 418, 686 y sig., 747
– para protección de semiconductores 24, 262, 268, 688, 731 f.
– contactor y relé de sobrecargas 166, 175, 177

Gases de conexión 410
Generación de armónicas 190, 503, 505 f.
Grado de ensuciamiento* 64, 443, 747
Grupo climático 78
Grupos de aislamiento* 61, 747
– conexión 102, 684 f.
– ignición, clase térmica* 748
Guía forzada* 310 ff., 748

Heavy Duty 289, 291
Herramienta para proyectos de salidas para motores SIPOGEN 642
Hoja de cálculo 53 f., 59, 104, 112 f., 664
Humedad ambiente 78, 407, 428, 489, 492
– relativa ambiente 75, 78, 80, 84, 474, 658
– relativa del aire* 748

Identificación de aparatos eléctricos 418, 525
– barras colectoras 430
– bornes* 543 f., 748
– conductores 37, 543 f., 735
– conformidad 516, 722 f.
– equipos eléctricos 541
– pequeños transformadores 320
IEC (International Electrotechnical Commission)* 19, 748, 770
Impedancia* 34, 49, 52 y sig., 98 y sig., 137, 190, 245, 290, 503 y sig., 542, 645 y sig. 748
– de la red 98, 137, 509
Incidencia de la radiación solar 491
Incremento de la tensión 137, 231
Indicación digital* 748
Indicaciones para el proyecto 345, 453, 474 y sig., 671
Indicador del estado de conexión* 748
Inductancia 137, 232, 529, 542, 653
Inductancias mínimas 233
Inercia térmica* 748
Influencia de la radiación solar 82 f., 401, 473, 475, 482, 489, 491 f.
– de la radiación 81, 83 ff.
– de la temperatura 151, 159
– del medio ambiente* 748
Instalación a la intemperie 475
– al aire libre 207
Instalaciones de suministro de energía eléctrica de emergencia 207, 221, 638 y sig.
Instante de conexión* 748
Integral de Joule* 748
Intensidad de la corriente asignada de corta duración I_{CW}* 193, 749
– de la corriente asignada de servicio I_e* 478, 749
– de la corriente asignada I_n* 65, 661, 690 ff., 748
– de la corriente de defecto asignada $I_{\Delta n}$* 212, 749
– de la corriente máxima admisible* 661 f., 675, 749
– de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito (de choque) asignada* 113, 749
– de la corriente permanente asignada I_u* 749
– límite de disparo* 162, 749
– térmica convencional I_{th} en aire libre* 749
Intercambiadores de calor 481 ff.
Intercambio de datos 370, 375, 643, 728, 768
Interfaz Actuador–Sensor (AS–Interface)* 167, 368, 372, 377, 727, 749
International Organisation for Standardization (ISO) 19, 770
Interrupción doble 405 f.
– múltiple* 749
– simple 404 ff.
Interruptor a distancia o remoto* 154, 750
– automático* 14 y sig., 31 ff., 114 ff., 127 ff., 153, 165 y sig., 280 y sig., 363 ff., 378 ff., 409 ff., 429, 434 ff., 445, 470, 490, 531, 588 y sig., 648, 695 ff., 729, 736, 739, 750
– automático con disparo libre* 750
– automático con enclavamiento de cierre* 750
– automático con extinción en el paso por cero 130 ff., 751
– automático con limitación de la corriente 193
– automático de redes enmalladas* 188 f., 202 ff., 750
– automático en vacío* 204 f., 750
– automático enchufable 409, 410
– automático extraíble* 436, 750
– automático limitador de la corriente* 131, 750
– automático para combinaciones de arranque 187
– automático para la protección de instalaciones 174 ff., 195
– automático para la protección de motores 174 ff., 193 y sig.
– automático para la protección selectiva de cortocircuitos 153, 174 ff.
– auxiliar* 751
– compacto (MCCB) 154, 409, 753
– con cerrojo* 540, 751
– con llave* 395, 751
– cortacircuitos automático (termomagnético)* 53, 154 f., 172, 187, 217, 230, 245, 447, 463, 472 f., 479 f., 662 ff., 685 y sig., 751
– de acoplamiento* 188, 199, 430, 751
– de alimentación 174 ff., 204, 429
– de arranque 251
– de derivación 175, 429
– de distribución 174 ff.
– de emergencia* 65 ff., 351, 532, 751
– de mando* 157 f., 292 y sig., 533, 547 y sig., 751
– de parada de emergencia por tracción de cable 333 ff., 350
– de proximidad* 751
– de salida 118
– diferencial (Interruptor FI)* 207, 210 y sig., 751
– para consumidores 174, 176

- para motores, 752
- principal* 65 ff., 205, 222, 310 ff., 353 f., 438 f., 476, 607, 751
- rápido* 752
- sin retención* 752

Interruptores automáticos con resistencia propia elevada 131
- automáticos para redes enmalladas y fusibles en puntos nodales 202
- de seguridad por tracción de cable 333, 335
- fin de carrera en caja de material aislante moldeado 326 f., 332 f., 469, 753
- por tracción de cable 334, 336
- selectivos 130

Inversión de marcha 136, 262, 270, 379, 437, 554, 609 ff., 746
- del sentido de giro o de rotación 132, 136, 183, 189, 292, 554, 623
- del sentido de rotación de motores con fines de carrera 623

Inversor* 341 y sig., 524, 530, 581 f., 616, 620, 752

KUBS plus 104, 112 ff., 119, 480, 641

Lámparas 40, 138 f., 155, 243 y sig., 325, 393
- a vapor de sodio de alta presión (NaV) 138 f., 247 ff.
- de descarga gaseosa 90, 138, 141
- de halogenuros metálicos (HQI) 138 f., 247 ff.
- de mercurio de alta presión 138 f., 247
- de señalización 17, 70 ff., 322 ff., 367, 384 ff., 468, 524, 607, 624 y sig.
- Lámparas fluorescentes 138 f., 226, 243 ff., 495
- Lámparas fluorescentes con balasto convencional 139
- Lámparas fluorescentes con balasto electrónico 138 f., 245 ff.
- Lámparas fluorescentes con compensación en paralelo 138
- Lámparas fluorescentes sin compensación 138, 245
- Lámparas incandescentes 138 f., 141, 248, 269, 325, 500

LED* 15, 161 ff., 273 ff., 313, 337 f., 358 y sig., 380 ff., 539, 604, 752

Ley de Economía Energética 29
- Seguridad de Aparatos 29, 347

Limitación de la corriente* 130 ff., 149 ff., 171, 190 ff., 259, 280, 432, 690, 752
- corriente de cortocircuito* 280, 752

Limitador de sobretensión* 752

Límites de selectividad entre interruptores automáticos e interruptores termomagnéticos y entre interruptores automáticos 695 y sig.

Límites de selectividad 113, 116, 695 y sig.

Listones de aparatos de maniobra 129, 414, 440, 446

Locales eléctricos 477

Longitud admisible de conductores 298, 407, 672
- crítica de conductores 300, 304

LOVAG (**L**ow **V**oltage **A**greement **G**roup)* 752, 771

Luminosidad umbral 325

Maestro (estación maestra o master)* 369, 373 y sig., 753, 762

Magnitudes de la mecánica 650
- de la transmisión de calor 650
- de tiempo 650
- eléctricas 651
- geométricas 650
- magnéticas 652
- y unidades SI 650 y sig.

Mando local* 753
- por pulsador 70

Maniobra* 753
- de motores 128 f., 204, 360
- de servicio* 171, 753

Margen de ajuste* 131, 157 ff., 179, 475, 753

Material de los contactos* 753, 762

Máxima corriente de cortocircuito 663, 667

MCCB* 753

Medición relativa 399, 400

Medidas contra la condensación 76, 84, 329, 473 f., 487
- contra las influencias climáticas 492
- de protección* 35, 46, 48 ff., 59, 84, 94, 206, 216, 304, 320 f., 403, 428, 475, 661, 753

Medios auxiliares para el montaje 408
- pruebas y puesta en servicio 370 f.
- realizar proyectos 641 y sig.

Modulación de corriente 373

Módulo AS-Interface (AS-i) 284, 379 f., 393
- de conexión 13, 281 ff., 409, 629
- de conexión de la estación maestra (Master)* 753
- de enlace óptico (OLM)* 277, 369, 753
- extraíble 420 f., 425 f., 436 y sig.
- intercambiable* 425, 753

Momento de inercia elevado 183

Montaje fijo 421, 434, 439, 442 f., 462

Motor con rotor jaula 239, 241 f., 266, 726, 746
- trifásico asincrónico con polos conmutables 136, 178 f., 242 ff., 556 y sig., 600, 642

Motores con anillos rozantes 133 f., 141, 165, 185, 236, 241, 251, 537, 596
- estator crítico 173, 177
- rotor crítico 177, 183

NAMUR (Detector de proximidad)* 397, 754

NEMA (**N**ational **E**lectrical **M**anufacturers **A**ssociation) 20, 25, 289, 475, 763, 771

Nivel de campo 366, 372, 376
- Nivel de células 366

Normas ANSI 20, 25, 527 y sig.
- constructivas 29
- DIN – VDE 20, 23, 29, 40 f., 153, 217, 221, 464, 475, 646 f.
- DIN 19, 29, 37, 102
- europeas (EN) 25, 69, 475, 523
- para aparatos de protección contra sobretemperaturas 148
- relevantes 43, 65 y sig., 93, 347
- UL 25, 148, 162, 771

Nuevo arranque automático 354, 728

Número de función 390, 524

- de polos* 134 ff., 155, 260, 276, 679, 681, 754

Objetos de protección* 754
Operación (mando)* 754
- por medio de pulsadores* 96 f., 157, 299 ff., 549 y sig., 754

Optimización en carga parcial* 259, 754
Optoacoplador 141, 269, 273 f., 337 ff., 402, 633
Opto–BERO 400
Organismos de normalización 19
Oscilación armónica* 754
Oxidación 220

Panel* 263, 273, 382, 388 f., 436 y sig., 754
- de control 456, 610 y sig.
- de mando 350, 456 f., 474
- de operación 67

Par antagónico 257, 556, 581, 726
- de arranque 133 ff., 251, 266 f., 581, 591, 594
- de carga con variación cuadrática con la velocidad de rotación 256
- de carga con variación directamente proporcional con la velocidad de rotación 256
- de carga con variación inversamente proporcional con la velocidad de rotación 256
- de carga 264, 726
- inicial de arranque 726
- máximo 124
- resistente constante 256, 507

Parada de emergencia 39, 66, 70, 205, 310 ff., 345 y sig., 589
- suave 259
- suave de bombas 259
- suave de motores jaula* 256, 266, 589 ff., 754

Parametrización 369, 370 ff., 382
Partes activas* 38, 43, 53, 62 f., 128, 323, 754
- conductoras* 48 f., 73, 208, 410 ff., 440, 668, 754

Participantes del bus 370
Pasillos 59, 61 y sig., 429, 474 f.
- de operación y mantenimiento 429
- de servicio en tableros o cuadros* 755

Paso por cero de la corriente 200, 203, 223, 230, 520
- de la tensión 99

Pausa de conmutación 135, 497, 576, 587, 635 f.
PC 112, 140 ff., 236, 239, 260 f., 273 ff., 322, 373, 383, 398, 428, 480, 512, 641 ff.
Pérdidas por histéresis 228
Perforación 217, 372, 381 f.
Perturbación radioeléctrica* 755
Peso 256, 324, 452
Pintura de polvo 448
Placas de extinción* 755
Plantillas para el proyecto de sistemas de distribución 641
PNO* 755
Poder de cierre o capacidad de conexión* 755
Polo (de un interruptor automático)* 734, 755
Posición de abierto* 349, 755
- cerrado* 755
- comando 391, 393
- disparado ("Tripped") 154
- extraído* 755
- mantenimiento 409
- montaje* 85, 169, 268, 430
- prueba* 409 f., 435 f., 438, 475, 755
- Reset* 755
- seccionado* 62, 438, 475, 756
- seccionamiento 409 f., 418, 438 f., 475
- servicio* 158, 410, 438, 756

Potencia* 55, 84, 95, 114 y sig., 756
- activa 314, 322, 492 f., 496 f., 500 ff., 507, 645, 650
- aparente* 250, 314, 322, 493 y sig., 647 y sig., 756
- asignada S_{rT} (P_s) de un transformador* 106 y sig., 294 f., 426, 479, 499, 510, 517 f.
- auxiliar de accionamiento* 756
- de atracción* 756
- de condensadores 500, 507
- de conexión* 227, 293, 298 f., 308, 598, 756
- de corta duración 641
- de pérdidas 151, 450, 463, 478, 481 ff., 486, 488, 492, 515, 644
- de retención* 227, 300 f., 307 f., 322, 756
- reactiva* 322, 421, 445, 492 y sig., 645, 756

Presión de contacto* 130 f., 405 f., 547, 757
Presostatos 39 f., 158, 186, 622
Principio del tiempo de propagación del eco 397
- modular* 757

Procedimiento maestro – esclavo (Master – Slave)* 757
Procedimientos para evaluar la conformidad 92, 723
PROFIBUS* 757
PROFIBUS–DP* 16 f., 272 y sig., 366 y sig., 609, 757
PROFIBUS-FMS 366 ff.
Programa de PC SIEBKO 499
Programación 39, 370, 381
Programas de PC 483, 641
- para procesamiento electrónico de datos 641

Protección ante cortocircuitos 34, 663 y sig., 742
- ante la corrosión 427, 441, 460, 477, 492
- ante sobrecargas 34, 525, 661 y sig., 714
- con diodos/varistores 305, 309, 338, 403, 752
- con elemento RC 204 f., 303 y sig., 338, 340, 403, 743
- contra agua 73, 75, 485, 489 f., 731
- contra bloqueo 277, 610 ff.
- contra comandos erróneos 136
- contra contacto directo 31, 38, 46, 59, 72, 206 y sig., 350, 424
- contra contacto indirecto 46, 98, 206 ff., 477
- contra contactos accidentales 38, 72 f., 319, 413, 463 ff., 477, 489
- contra contactos directos* 476, 757
- contra contactos indirectos* 34, 757
- contra corrientes peligrosas para el cuerpo humano 35, 38, 46, 663 ff.
- contra cuerpos extraños 72 ff., 470
- contra descargas eléctricas 35, 38, 44, 57, 73, 154, 323, 661 ff.

- contra errores operativos 438 f.
- contra explosiones* 428, 757
- contra ignición* 757
- contra incendio 207, 210 f., 451
- contra manipulación no autorizada o maliciosa 67, 391
- contra sobrecargas para conductores conectados en paralelo 662, 665
- contra sobrecargas 31 ff., 118, 145 y sig., 275, 280, 290, 382, 476, 545, 608 f., 644, 662, 688, 726
- contra sobretemperaturas 145 f., 148
- coordinada ante sobrecarga y cortocircuito 665
- de componentes de las instalaciones 175
- de condensadores 190
- de conductores y cables 154, 186, 673, 692
- de contactos 339
- de motores* 18, 145, 154, 162 y sig., 272 ff., 407, 476, 540, 576, 590, 600 y sig., 644, 758
- de motores asincrónicos en un arranque estrella–triángulo 183
- de motores con arranque pesado 158, 168, 179, 185, 225, 256, 589, 726
- de motores con polos conmutables 178, 600
- de motores por termistores* 145 ff., 152 f., 162 f., 169, 170, 173 f., 177, 182 ff., 226, 272 ff., 418, 589 f., 590, 600 ff., 669, 758
- de motores trifásicos asincrónicos de la clase de protección seguridad aumentada EEx e 184
- de personas 38, 206, 346, 393, 757
- de semiconductores 24, 686 ff., 731
- de superficies 470
- de transformadores 155, 187, 290
- del medio ambiente 79
- diferencial 46, 632
- mediante ambientes no conductores 46
- mediante nivelación local del potencial sin tierra 46
- mediante separación eléctrica segura 46
- o limitación de sobretensiones 205, 218, 289, 303 ff., 309 ff., 338, 401, 403, 633
- para circuitos auxiliares 34, 97, 290, 546, 626
- por aviso 48
- por desconexión 48 ff., 319 ff., 664
- por limitación de las corrientes de contacto de régimen y carga (hasta ahora, protección por medio de la limitación de la energía de descarga) 46
- por medio de tensión reducida y separación eléctrica segura 46
- por medio de tensión reducida 46
- selectiva de respaldo (Protección back–up)* 112 f., 127, 175 f., 201 f., 480, 641 ff., 663, 692, 708 ff., 758
- térmica de máquinas 21, 148

Prueba funcional* 758
PTC (termistor o sonda térmica) 21, 148, 162 ff., 275, 488, 600, 604, 758, 762
PTSK* 732, 758
Publicaciones 644
Puente rectificador trifásico 503
Puesta a tierra de transformadores de intensidad 513
- a tierra, conductor de tierra* 758

Pulsador* 41, 70, 157, 180, 212, 276, 300 y sig., 533, 543, 549 y sig., 758
- de parada 180, 547
- de pie (pedal)* 532, 724, 758
- hongo 67, 354, 743, 758
- luminoso 387, 743

Radiación 81, 83 ff.
- del cuerpo negro 659
- térmica 80, 659 f.
- ultravioleta 80

Rampa de tensión 257, 264 ff.
Rango analógico 398 f.
- de corrientes límite 170
- o gama de temperaturas 159, 163, 280, 336, 485

Rayos γ 83 f.
Reacción* 758
Reactancias 53, 99 y sig., 505 ff., 677, 714, 748
Rebotes* 341, 751, 758
Receptores de la señal 401
Reciclaje y eliminación de aparatos de maniobra de baja tensión usados 88
Reconexión automática 157, 351, 620
Rectificadores 212 ff., 227 f., 254, 312, 325, 337, 432, 493, 502 ff., 522, 537 f., 638, 667
Recubrimiento de los contactos* 751, 759
Red en anillo* 759
- enmallada* 188 f., 202 f., 741, 759
- radial* 759

Redes de corriente continua 155, 221, 228 ff.
Redundancia 310 y sig., 352 y sig., 404
Refrigerador* 482 y sig., 644, 759
Régimen intermitente* 236, 260, 759
Regla de cálculo para la selección de aparatos de maniobra 641
Reglamento de Lugares de Trabajo 29
Regulador de potencia reactiva* 496, 512, 759
- trifásico controlado 255

Relación resistencia-temperatura 148
Relé de sobrecarga* 14, 31 ff., 145 f., 153 y sig., 262, 272, 363, 498, 540, 555, 580 y sig., 608 y sig., 669, 759
- de sobreintensidad* 145, 153, 166 ff., 534, 759
- de tiempo* 14 f., 22, 180 f., 313 f., 341 ff., 498, 576 y sig., 635 ff., 759
- de tiempo multifunción 342 ff.
- electrónico de carga 268
- electrónico de sobrecargas 161, 179, 181, 274
- o disparador por sobreintensidad con retardo dependiente* 169, 177, 759

Relés de sobrecarga para arranque pesado 179, 185
- de sobrecarga térmicamente retardados 157, 221, 230, 662
- de sobreintensidad térmicamente retardados 140
- de tiempo con motor 7PR4140 637
- de tiempo SIRIUS 3R 343 ff.

- por sobreintensidad electromagnéticos sin retardo 165
- secundarios de sobrecarga 183, 185

Rendimiento* 507, 645 f., 759
Repetidor – RS 485* 278, 374, 759
Reposición a distancia 161, 276, 604
- automática 141, 156 ff., 164, 604
- manual 141, 156 ff., 164, 276, 601 ff., 632

Reproducibilidad R* 398, 759
Resistencia (estabilidad) al envejecimiento 151
Resistencia (estabilidad) ante corrientes máximas asimétricas de cortocircuito (de choque)* 760
- (estabilidad) intrínseca ante cortocircuitos* 760
- a las termitas o termes 86
- a las vibraciones o los choques/sacudidas/golpes* 268, 413, 760
- ante corrientes superficiales* 760
- de aislamiento 30, 50, 80, 481
- de conductores de cobre y de aluminio 676
- de contacto* 47, 208, 220, 279, 338 f., 404 f., 760
- de paso 80, 84, 116, 339
- específica 658

Resistencia(s) de arranque 135, 591, 594
- descarga 495
- transición 105, 579, 580

Retardo a la desconexión* 277, 311, 340 ff., 620, 637, 760
- de apertura* 760
- de tiempo 495
- en el cierre* 760
- en la conexión* 533, 733, 760
- en la desconexión* 131, 288 f., 312, 533, 547, 733, 760

Rigidez dieléctrica 30, 35, 304, 452, 746
RMS (r.m.s)* 760
Rotor bloqueado 65 f., 134, 169, 177 y sig.

Salida* 13 y sig., 59 ff., 117 f., 272, 277 ff., 378 ff., 442, 503, 608 f., 642, 760
Salidas con semiconductores 401
Sección del conductor* 31 ff., 49, 54, 59, 114, 223, 517, 645, 661 ff., 760
- conductor PE 48 ff., 116, 208, 217 ff., 421, 430, 477 f., 528, 735
- conductor PEN 35, 48 ff., 62, 118, 228, 421, 430 ff., 477, 528, 661, 735

Seccionador* 65, 129, 222, 364, 429, 476, 761
- bajo carga 142, 440, 445 f., 531, 540

Seccionador(es) fusible(s) bajo carga 129, 130, 142, 363 f., 414, 430, 442, 446, 450, 468, 472, 542, 589 f.
Seccionamiento de la alimentación 429
- de las salidas 430
- de protección* 761
- seguro* 761

Seccionar* 128, 450, 626, 761
Secuencia de conexiones 121, 598
Segmento* 761
- de bus* 371 ff., 761

Seguridad ante contactos a tierra* 761
- ante cortocircuitos* 761
- aumentada Eex "e" 184 f.
- de contacto 97, 288, 391, 401
- de operación 228
- de servicio de un circuito* 190, 761
- en la operación 442
- mediante aislamiento de protección 46
- para el dedo 40 f., 73, 411, 437, 490
- para el dorso de la mano 40 ff., 74, 411 f., 490
- reconocimiento de "cierre transversal" 353

Selección del arrancador SIKOSTART 266
Selectividad* 112, 116, 151, 155, 171, 190 y sig., 644, 648, 661 ff., 692, 761
- de corrientes* 193 ff., 641, 761
- de fusibles conectados en serie 192, 692
- de fusibles e interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) 692, 696
- de sobreintensidades* 761
- de tiempos 194 f., 436
- en caso de dos o más alimentaciones paralelas 198
- en redes enmalladas 192, 202
- en redes radiales 191
- entre interruptores automáticos conectados en serie 192, 693 ff., 700
- entre interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) 692 f.
- entre interruptores cortacircuitos automáticos (termomagnéticos) de la serie 5SX . . . y fusibles 693, 694
- entre un fusible y un interruptor automático subordinado 197
- entre un interruptor automático y un fusible subordinado 196
- y caída de tensión 199

Señal de bloqueo* 196, 762
Sensor* 164, 373, 385, 395, 400, 487, 534, 748, 762
Sensor de temperatura con coeficiente positivo (termistor o PTC)* 148, 162 ff., 275, 600, 604, 762
Separación de protección 319 ff.
- eléctrica segura 34, 43 ff., 338, 341, 364, 434, 441, 453, 634
- galvánica* 141, 269, 319, 326, 331, 338, 341, 349, 391, 633 f., 762

Servicio AC–1 138 f., 142, 235 f., 240
- AC–2 132, 236
- AC–3 139, 142, 236, 241, 271 f.
- AC–4 137, 142, 204, 236
- con contactor de puenteo 260
- con secundario abierto 520
- con variación no periódica de la carga y la velocidad (S9) 124
- en cortocircuito 520
- intermitente 121 ff., 128, 134 ff., 141, 169, 236, 241 f., 317, 732
- intermitente de motores 121, 136, 236, 241 f.
- mixto 134, 137, 142, 236 ff., 641
- normal 75, 97 f., 129, 145 f., 178 ff., 218, 236, 355, 429 f., 519 ff., 638 ff., 661, 752
- periódico ininterrumpido 122 ff.
- permanente (S1)* 732, 762

SIGNUM 17 f., 67, 71, 367, 372, 384, 387 ff.

SIKOSTART 251 y sig. 576, 588 f., 609, 641, 726
SIMATIC 310, 325, 367, 376, 377, 384, 404
Símbolos de acuerdo con DIN, IEC, ANSI y BS 527 y sig.
- de fórmulas (Unidades SI) 647 y sig.
- y grupos de conexión de transformadores trifásicos de distribución 684
SIMICONT 13, 309
SIPUK-CAD 448, 480, 641
SIPUK-PLUS 641
SIRIUS 3R 13 ff., 87, 148, 156 ff., 280 ff., 343 ff., 367, 379 ff., 413, 642 f.
SIRIUS NET 13, 16 f., 367
Sistema 8L 454 ff., 480, 641
Sistema de armarios 8MF 455 f., 458 f., 460, 484 f.
- de barras colectoras 282 f., 408, 441 f., 450 ff.
- de barras para módulos extraíbles 437
- de bus* 284, 369 y sig., 762
- de distribución 8 HU en cajas de chapa de acero 448 f.
- de distribución 8HP 426 f., 448, 462, 480, 641
- de distribución por barras con revestimiento de material aislante, 8PL (Sistema L) 427, 451 f.
- de distribuidores para montaje sobre piso SIKUS, 8GA 464, 466, 468
- de unidades (SI) 649 y sig.
- internacional de unidades (SI) 649 y sig.
- IT* 46 ff., 208, 222, 760, 767
- L 451
- maestro (Master)* 279, 762
- magnético* 76, 227, 308, 402, 547, 762
- periférico descentralizado 378, 609
- TN* 48 ff., 62, 118, 208, 222, 421, 762, 767
- trifásico* 527, 647, 717, 735, 762
- TT* 48 f., 208, 212, 762, 767
- universal SIPRO 464, 468 ff.
- de barras 8PU 453 f.
- de distribución 421, 425 ff., 446 f., 451, 479, 641
SIVACON* 426, 433 y sig., 762
Sobrecarga* 318, 513, 600, 762
Sobrecarga térmica 146, 157, 180, 221, 521, 689
Sobrecompensación 493, 506
Sobreintensidad* 163, 210, 685, 763
Sobretemperatura 145 f., 148, 163, 169, 183 ff., 482 f., 644, 650, 683
- límite* 185, 731, 763
Sobretensión de conmutación 309
- de desconexión* 305, 310, 337 f., 763
- U_{So}* 763
Sociedades clasificadoras navales 23 ff., 772
Soldadura de los contactos* 135, 167, 232, 272, 292, 304, 349, 547, 763
- leve de contactos 356
Sondas térmicas tipo A 148, 164
Standard Duty (Servicio estándar) 289, 291
Subestación compacta S con transformador 420, 445
Supervisión de fusibles 362 y sig.
- de la velocidad de rotación 186, 613, 616
- de puertas de protección 351 ff.
- o control del defecto a tierra 162, 206, 226, 272 y sig., 608 f.
Supervisor de cintas transportadoras 186, 397, 620
Supresor de sobretensión* 305 y sig., 338 y sig., 403, 763
- con diodos/varistores 305 y sig., 338 y sig., 403
- con elemento RC 204 f., 305 y sig., 338 y sig., 403
SWG* 32, 653, 657, 763

TAB* 155, 171, 462, 469, 763
Tablas de selectividad 194, 201
Tablero de distribución 49, 50, 200, 216, 245, 276, 299, 377
- o armario eléctrico* 763
- principal 167, 420 y sig.
Tamaños constructivos EEMAC* 763
- NEMA/EEMAC* 763
Tasa o velocidad en baudios* 274, 279, 371, 763
Técnica de conexión SIGUT 40, 390, 411 ff.
- de primario pasante 163, 518
- enchufable 421
- o ejecución extraíble 378, 409 f., 418 y sig., 475
Técnicas de montaje 433 f.
Telecontrol o control a distancia* 66, 737, 763
Telegramas 369 ff., 373, 382
Temperatura ambiente* 31 y sig., 75 f., 81 ff., 113, 120 f., 140, 147 ff., 169, 184, 239, 260, 281 f., 315 ff., 474, 479 y sig., 630, 644, 669 ff., 690, 729, 763
- límite* 120 f., 145 f., 175, 315, 644, 673, 764
Tensión aplicada* 134 f., 149, 227, 296, 325, 545 ff., 637, 764
- asignada de aislamiento U_i* 126, 221, 443, 647, 764
- asignada de impulso para una distancia dieléctrica en aire (Norma DIN VDE 0110, Parte 1)* 764
- asignada de salida 318 y sig.
- asignada para distancias dieléctricas (Norma DIN VDE 0110, Parte 1)* 764
- asignada U_r* 683, 764
- de accionamiento* 97, 154, 647, 764
- de alimentación del circuito de mando (tensión auxiliar) U_s* 632, 764
- de arranque 257, 265
- de contacto* 46, 477, 521, 764
- de cortocircuito u_{kr}* 55, 105 y sig., 294, 324, 479, 499, 645, 681 ff., 764
- de desexcitación* 764
- de dispersión de un transformador 104 ff., 108, 110, 294
- de falla* 764
- de limitación 259
- de mando asignada U_c* 764
- de servicio* 95 ff., 149, 221, 232, 379, 410, 485, 519, 641, 765
- de servicio asignada U_e* 692, 728, 765
- del arco eléctrico* 765

- transitoria de ruptura (de restablecimiento)* 130, 765

Tensiones con onda cuadrada 231
- de red 137, 212 f., 255 ff., 269, 275, 497, 503, 511, 598, 636 f., 714 f., 717
- en los bornes secundarios de un transformador de intensidad 519
- normalizadas IEC 95
- y frecuencias de las redes de baja tensión en diferentes países 95, 717

Termistores 260, 272, 275, 277, 279, 542, 581, 602, 610 ff.
- NTC 163 ff., 275, 606 f.
- PTC 148, 162 ff., 275, 600, 604

Tiempo característico de conexión* 765
- de apertura* 193 y sig., 303 f., 765
- de arranque* 134, 179 y sig., 240, 260 y sig., 620, 765
- de calentamiento t_E 184 f.
- de ciclo 242, 372 f.
- de conexión (o cierre)* 125, 182, 317, 341, 743, 765
- de conexión o de desconexión* 763
- de desconexión* 49, 52, 184, 274, 302, 664 f., 734, 765 f.
- de disparo* 146 y sig., 275, 766
- de duración del arco eléctrico* 766
- de enfriamiento mínimo 240
- de escalonamiento 195
- de fusión* 149 y sig., 685 ff., 766
- de pausa 239 f., 587, 635, 743, 766
- de puenteo 179 ff.
- de reacción* 225 f., 262, 370, 766
- de reposición* 157, 161, 181, 766
- de retardo* 153, 194 y sig., 289, 309, 578 y sig., 698, 739, 760, 765 f.
- de retorno* 766
- en el que actúa la carga 239
- propio* 132, 734, 766
- total de apertura* 766
- total de cierre* 734, 766

Tiempos de rampa 257 y sig., 754

Tierra* 30, 46 y sig., 98 ff., 161 f., 203 y sig., 272 y sig., 319 y sig., 380, 416, 432, 445, 461, 513, 534, 544, 608 y sig., 647, 661 y sig., 727, 735 f., 738 ff., 758, 766

Tipo de instalación 420 f.
- de interruptor automático 174 ff., 199
- del disparador por sobreintensidad 174

Tipos de redes y sistemas* 766

Tiras bimetálicas 131, 156 y sig., 221 y sig.

Tiristores 226, 255, 259 f., 266 ff., 278, 401, 542

TNF o TRA 148, 163, 183, 602

Token (Símbolo)* 767

Tolerancia de la tensión 97

Topología de bus de una red 385

Topologías en AS-i 374

Trabajos de mantenimiento 69, 128, 255, 430, 436, 439, 477

Tráfico de datos 278

Transformador de control 546 f., 641
- de intensidad* 23, 183, 279, 517 ff., 608 f., 767
- de intensidad de cable o de barra pasante (de ventana)* 513 ff., 767
- de mando 291, 293, 295, 296, 320, 323
- de medida* 23, 515, 767
- de seguridad 320, 323
- intermedio* 514, 767
- para alimentar circuitos de mando 320, 323
- para medición 518
- para recintos de uso medicinal 320
- principal 293 y sig., 513 ff.
- separador 97, 320, 323

Transformadores adaptadores 321
- con bobinado primario y secundario* 767
- con carga reducida 517, 519
- con sobrecarga 519
- de arranque con tres bobinados, conexión Korndörfer 598
- de baja tensión 133, 138, 250, 313
- de intensidad para fines de protección 513, 515 f., 518
- de intensidad para medición 513, 515 f., 518
- de intensidad 23, 157, 160 ff., 181 ff., 190, 224 ff., 274 f., 279, 436, 472, 512, 521 f., 543 f., 608, 626, 642, 662 f.
- de medición con conductor primario pasante o enhebrado 515
- de medición de núcleo abierto o partido 515, 518
- de potencia 114, 187, 684, 751
- GEAFOL 442, 445, 498 f.
- para alimentar lámparas de señalización 324
- para servicio con rectificadores 325
- pequeños 23, 187, 314 ff.
- sumadores* 514, 518, 767
- trifásicos de distribución 681 ff.
- trifásicos de potencia 55, 250, 432 f., 647, 681 y sig.

Transmisión / transferencia de datos* 90, 370 y sig., 768

TSK* 768

Tubos de conexión en vacío 204

Ultrasonido 395, 397 f., 540

Unidad de regulación de la potencia reactiva* 495, 510 ff., 768
- extraíble* 409, 420 y sig., 475, 768
- interruptor–fusibles 21, 142 ff.

Unidades 127, 645 y sig.
- funcionales modulares 433 f., 440 ff., 478 ff., 541
- SI 649 ff.

USSR-Register of Shipping: Sociedad clasificadora naval, país de origen ex URSS 25

Valor asignado* 138, 169, 294, 307, 396 f., 511 y sig., 631, 646 f., 681 ff., 768
- cuadrático medio de la corriente de carga I_q 242
- de ajuste* 53 f., 167, 189, 225 f., 534, 688, 768
- de cresta de una corriente no influenciada* 739, 768
- de reacción* 170, 225 f., 230, 768
- eficaz (valor medio cuadrático)* 768
- $I^2 \cdot t$* 151, 664, 738, 768
- límite 269, 290, 333, 646
- nominal 637, 646 ff., 759

Valores característicos 83, 140, 146 ff., 518, 689
- climáticos 658 y sig.
- de R, X y Z de cables 56
- de R, X y Z de transformadores trifásicos 55
- térmicos (valores $I^2 \cdot t$) 151

Varistor* 204, 305 f., 309 f., 338, 340, 403, 768
VBG 4* 29, 38, 40 ff., 424, 769
Velocidad de aproximación* 769
- de conexión* 227, 769
- de transmisión 278, 370 ff., 378
- estable 236

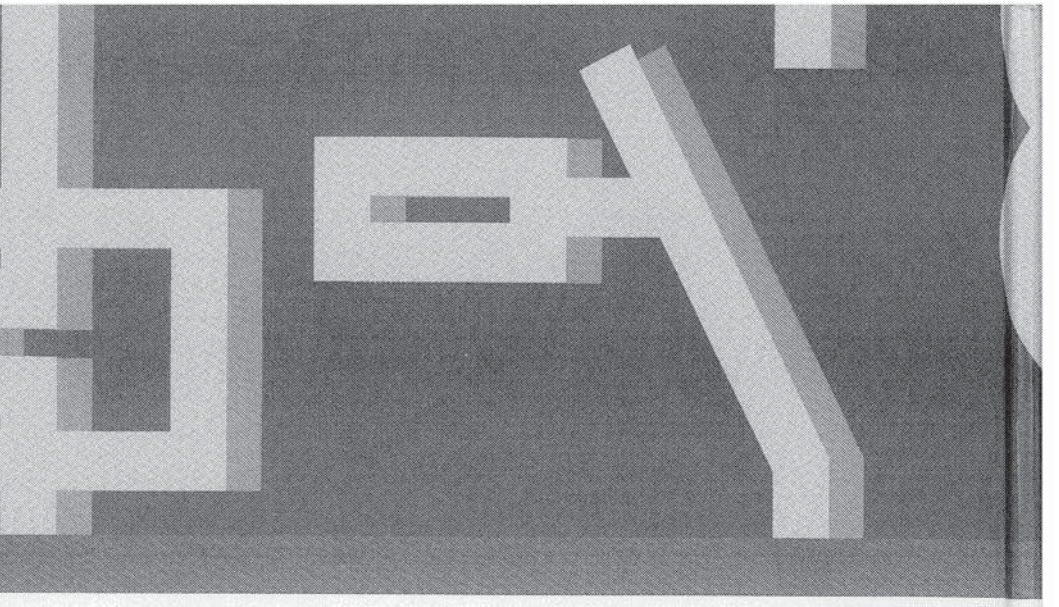
Ventilación* 84, 461, 473, 481 ff., 769
- forzada por medio de ventiladores con filtro 483

Ventilador con filtro 483, 485 f.
Verband Deutscher Elektrotechniker e.V. (VDE)* 19, 769 f.
Vía de corriente* 45, 220, 245 y sig., 363, 407, 522 f., 769
Vibración del contactor 292, 547
Vibraciones 80, 268, 292, 413, 478, 486, 741, 744, 760
Vida útil* 13, 44, 77, 83, 95, 140 y sig., 203 ff., 232 ff., 255, 280, 345, 417 ff., 547, 641, 769
- de los contactos* 128, 137, 142, 234 ff., 327, 418 f., 769
- eléctrica* 142 ff., 205 f., 232, 236, 345, 417 f., 641, 769
- mecánica 135, 140, 227 f., 327 f., 391, 401, 417, 546, 769

Vocabulario técnico resumido 724 y sig.

Worst case (Caso más desfavorable)* 769

ZC – China Classification Society: Sociedad clasificadora naval, país de origen China 25, 773
Zócalo de conexión 410
Zona de contacto* 769
- de seguridad para el dedo 40 f., 411 f.
- de trabajo $I^2 \cdot t$* 770
- segura para el dorso de la mano 40 ff., 74, 411 f., 490



Manual de Baja Tensión

El presente manual técnico, completamente revisado y actualizado, es una herramienta importante para el proyecto de instalaciones y armarios o tableros de distribución y la selección, montaje, mantenimiento y manejo de aparatos de maniobra de baja tensión. El libro ofrece respuestas rápidas y precisas no sólo a cuestiones básicas, sino también a preguntas técnicas especiales relacionadas con los productos. En la presente edición se han incorporado la nueva serie de productos SIRIUS 3R para salidas a consumidores hasta 45 kW y el moderno concepto SIRIUS NET de Siemens para aparatos de maniobra de baja tensión con capacidad de comunicación. Los sistemas de buses de campo PROFIBUS-DP y la AS-Interface, que se impusieron en la industria como estándares abiertos, constituyen la base de este concepto de comunicación .

Además, en el libro se trata el estado actual de las normas y disposiciones internacionales, europeas, alemanas y de otros países, a las que se hace referencia en cada capítulo.

Contenido

Disposiciones vigentes para aparatos de maniobra de baja tensión y sus combinaciones

Datos de la red y clases de servicio

Criterios de selección para aparatos de maniobra de baja tensión en circuitos principales y auxiliares

Comunicación

Aparatos de mando y señalización

Manejo y mantenimiento de los aparatos de maniobra

Cuadros o tableros de maniobra y distribución para baja tensión

Esquemas de conexión básicos

2ª Edición, 2000
Número de pedido: A19100-L531 B767-X-7800

ISBN 3-89578-119-3

9 783895 781193

Publicis MCD Verlag