Manual de baja tensión

Indicaciones para la selección de aparatos de maniobra, instalaciones y distribuciones

Autor: Theodor Schmelcher

Traductor: Jorge Guillén J.

Siemens Aktiengesellschaft

Manual de baja tensión

Indicaciones para la selección de aparatos de maniobra, instalaciones y distribuciones

Autor: Theodor Schmelcher

Traductor: Jorge Guillén J.

Siemens Aktiengesellschaft

Power Controls Ibérica, S.A.
LABORATORY

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Schmelcher, Theodor:
Manual de baja tensión: indicaciones para la selección de aparatos
de maniobra, instalaciones y distribuciones / Autor: Theodor Schmelcher.
Trad.: Jorge Guillen J. – Berlin; Munich:
Siemens-Aktiengesellschaft, [Abt. Verl.], 1984.

Dt. Ausg. u.d.T.: Schmelcher, Theodor:
Handbuch der Niederspannung. – Engl. Ausg.
u.d.T.: Schmelcher, Theodor: Low-voltage handbook

ISBN 3-8009-1397-6

Título de la edición original alemana:
Handbuch der Niederspannung
Siemens-Aktiengesellschaft 1982

ISBN 3-8009-1397-6

Publicado por Siemens Aktiengesellschaft, Berlín y Munich
© 1984 by Siemens Aktiengesellschaft, Berlín y Munich.
Todos los derechos reservados, también los de reimpresión parcial,
así como adaptación para portadores electrónicos, mecánicos o fotocopiados
de sonido e imágenes, para film, radio y televisión, para la utilización
en aparatos de aprendizaje de todo tipo sin permiso por escrito del editor.
Impreso en la República Federal de Alemania

Prólogo

Este manual ha sido concebido para ayudarle en su trabajo diario con nuestros productos. De modo rápido y preciso encontrará respuesta a preguntas básicas, así como informaciones referentes a ramos especiales, en lo que afecta a aparatos de maniobra, instalaciones y distribuciones de baja tensión.

Los problemas que conciernen al diseñador fueron considerados de igual manera que los concernientes al operador, al montador y al personal de mantenimiento.

Si Ud. no se ve confrontado diariamente con problemas específicos de los aparatos e instalaciones de baja tensión, las indicaciones para selección, los ejemplos para proyección así como los esquemas y diagramas eléctricos le ayudarán a encontrar la solución óptima, tanto técnica como económica. Si está versado en la materia, encontrará sugerencias con nuevas técnicas o para mejorar soluciones ya conocidas.

En la redacción de este libro se tuvo presente su uso práctico, de tal forma que contiene alusiones referentes a nuestros catálogos y aparatos, así como a diferentes normas, prescripciones y determinaciones. Puntos de vista, como son la importancia de un montaje económico y sencillo, así como una operación fácil, son tratados con la misma minuciosidad que los criterios para decidir si el sistema de mando a utilizar deberá ser convencional o electrónico.

Para aclarar algunas dudas surgidas en el trabajo cotidiano que este manual no pueda dilucidar o para responder a ciertas preguntas que pueda traer consigo el desarrollo tecnológico, se encuentran a disposición de Ud. asesores técnicos en nuestras filiales.

Erlangen, Marzo de 1984

Siemens Aktiengesellschaft

Nota:
La versión en castellano está actualizada y no corresponde exactamente, por tanto, a la versión alemana original.

Contenido

1	**Prescripciones**	11
1.1	Abreviaturas	11
1.2	Aparatos de maniobra	13
1.2.1	Compendio de las determinaciones	13
1.2.2	Aprobaciones	13
1.3	Combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica	19
1.3.1	Compendio de las determinaciones y normas	19
1.4	Protección de personas	23
1.4.1	Protección contra contacto directo	23
1.4.1.1	Protección contra contacto directo según VDE 0100	23
1.4.1.2	Protección contra contacto directo en caso de manipulaciones ocasionales en las cercanías de piezas de contacto peligroso, según el reglamento de prevención de accidentes (UVV)	23
1.4.1.3	Medidas a tomarse en caso de modificaciones o ampliaciones de combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica	24
1.4.2	Protección en caso de contacto indirecto	24
1.4.2.1	Medidas de protección sin conductor de protección	25
1.4.2.2	Medidas de protección con conductor de protección	25
1.4.3	Medidas de protección según DIN 57100/VDE 0100	29
1.4.4	Medidas de protección para la instalación de equipos y distribuciones	31
1.4.5	Distancias de aislamiento y de fuga	31
1.5	Determinaciones para equipar y normas relevantes	32
1.5.1	Interruptores principales	32
1.5.2	Interruptores DES-Emergencia	33
1.5.3	Interruptores de seguridad	33
1.5.4	Equipos eléctricos de máquinas de manufactura y elaboración para la exportación	34
1.5.5	Colores distintivos para indicadores luminosos y pulsadores	35
1.5.6	Clases de protección IP para protección contra contacto, cuerpos extraños y agua	36
1.5.6.1	Clases de protección IP según DIN e IEC (CEI)	36
1.5.6.2	Clases de protección según las determinaciones de otros países	38
1.6	Condiciones de servicio y medio ambiente	38
1.6.1	Condiciones climáticas	38
1.6.2	Otras condiciones durante el transporte, almacenamiento y servicio	39
1.6.2.1	Condiciones de servicio severas	39
1.6.2.2	Influencia de los rayos α, β y γ	40
1.6.2.3	Esfuerzo por sacudidas y choques	41
1.6.2.4	Seguridad contra sacudidas inducidas por terremotos	41
2	**Datos de la red y clase de servicio**	42
2.1	Datos de la red	42
2.1.1	Tensión nominal y frecuencia nominal	42
2.1.2	Corriente de cortocircuito	47
2.2	Clases de servicio	62
3	**Criterios para la selección de aparatos de maniobra para circuitos principales**	64
3.1	Exigencias de la red y de la clase de servicio	64
3.1.1	Tensión nominal y frecuencia nominal	64
3.1.2	Resistencia a los cortocircuitos y capacidad nominal de ruptura	64
3.1.3	Corrientes nominales	65
3.2	Funciones de los aparatos de maniobra	66
3.2.1	Tipos de maniobras	66
3.2.1.1	Seccionar	66
3.2.1.2	Conectar en vacío	67

3.2.1.3 Conectar bajo carga 67
3.2.1.4 Conectar motores 67
3.2.1.5 Conectar bajo condiciones de cortocircuito 67
3.2.2 Conectar componentes de instalaciones 70
3.2.2.1 Motores de baja tensión 70
3.2.2.2 Motores de alta tensión 73
3.2.2.3 Condensadores 74
3.2.2.4 Aparatos para calefacción eléctrica 75
3.2.2.5 Instalaciones para iluminación . . . 75
3.2.2.6 Transformadores en redes de baja tensión 76

3.3 Frecuencia de maniobras y vida útil . 77
3.3.1 Frecuencia admisible de maniobras . 77
3.3.2 Vida útil mecánica 77
3.3.3 Vida útil eléctrica 78

3.4 Protección contra sobreintensidades . 81
3.4.1 Finalidades 81
3.4.2 Aparatos de protección y combinaciones de maniobra 82
3.4.2.1 Fusibles 82
3.4.2.2 Interruptores de potencia 85
3.4.2.3 Comparación de las características de protección de fusibles e interruptores de potencia 88
3.4.2.4 Combinaciones de maniobra con fusibles 90
3.4.2.5 Combinaciones de maniobra sin fusibles 92
3.4.2.6 Comparación de las características de protección de fusibles, interruptores de potencia y sus combinaciones . . 94
3.4.3 Protección contra sobreintensidades de los componentes de las instalaciones 94
3.4.3.1 Protección de motores 94
3.4.3.2 Protección de condensadores . . . 105
3.4.3.3 Protección de transformadores . . . 106
3.4.3.4 Protección de conductores y cables fuera de las CAMF 107
3.4.4 Selectividad 108
3.4.4.1 Selectividad en redes radiales . . . 108
3.4.4.2 Selectividad en redes enmalladas . . 115

3.5 Indicaciones para la utilización de aparatos de maniobra de Siemens para circuitos principales 116
3.5.1 Conexión en paralelo y en serie de las vías de corriente 116
3.5.2 Utilización de aparatos de maniobra tetrapolares 117
3.5.3 Influencia de la frecuencia de la red en la función de los aparatos de maniobra 119
3.5.4 Utilización de aparatos de maniobra para corriente alterna en redes de corriente continua 122
3.5.5 Influencia de las armónicas en el comportamiento de los disparadores térmicamente retardados y relés contra sobrecargas 125
3.5.6 Aparatos de maniobra para la conexión de condensadores trifásicos 125
3.5.7 Selección de interruptores de potencia para distribuciones 126
3.5.7.1 Distribuciones con fusibles 126
3.5.7.2 Distribuciones sin fusibles 127
3.5.8 Utilización de aparatos de maniobra para corriente alterna sinusoidal en redes de corriente alterna rectangular 128
3.5.9 Selección de los contactores 3TB de acuerdo a la vida útil de los contactos y a la categoría de servicio 129
3.5.10 Selección de los contactores 3TJ y 3TB para servicio de breve duración y para servicio intermitente 132
3.5.11 Selección de contactores para motores trifásicos de polos conmutables 135
3.5.12 Selección de contactores 3TJ y 3TB para conectar lámparas 137
3.5.13 Conexión de transformadores de baja tensión con contactores 3TB . 140
3.5.14 Selección de arrancadores para motores trifásicos de anillos rozantes 140

4 Criterios para la selección de aparatos de maniobra para circuitos auxiliares 143

4.1 Tensiones de accionamiento 143
4.2 Condiciones de servicio 144
4.3 Indicaciones para la utilización de aparatos de maniobra de Siemens para circuitos auxiliares 147
4.3.1 Formas de evitar perturbaciones en mandos con contactores 147
4.3.2 Conductores largos en circuitos de mando – Problemas e indicaciones para dimensionarlos 152
4.3.3 Limitación de las sobretensiones durante la desconexión de contactores, por medio de elementos RC 159
4.3.4 Selección de interruptores de posición 3SE (fines de carrera) 167

5 Manipulación y mantenimiento de los aparatos de maniobra 174

5.1 Montaje 174
5.2 Conexión 176
5.3 Manejo 177
5.3.1 Accionamiento manual 177
5.3.2 Accionamiento mágnetico de los contactores 178
5.3.3 Accionamiento por motor 179
5.4 Medidas para facilitar los trabajos de cambio, vigilancia y mantenimiento 180
5.5 Control y criterios para determinar el estado de los contactos de los contactores 3TB 180

6 Emisores de señal electrónicos . . . 182

6.1 Criterios para la selección 183
6.1.1 Interruptores de proximidad BERO 183
6.2 Criterios para decidir si los mandos a utilizar deberán ser electro-mecánicos o electrónicos 186

7 Combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica (CAMF) 191

7.1 Recomendaciones generales para la selección 191
7.2 Programa de las instalaciones de maniobra estandard, tipo 8PU . . . 196
7.3 Sistemas de distribución 199
7.3.1 Sistema de distribución compacto, en cajas de chapa de acero, tipo 8HL . 199
7.3.2 Sistema de distribución en cajas de chapa de acero, tipo 8HS 200
7.3.3 Sistema de distribución en cajas de chapa de acero, tipo 8HK . . . 200
7.3.4 Sistema de distribución en cajas de material aislante, tipo 8HP 201
7.3.5 Sistema de distribución en cajas de hierro fundido, tipo 8HE (sistema U) 202
7.3.6 Sistema de distribución por barras colectoras en ductos de material aislante, tipo 8PL (sistema L) . . . 202
7.3.7 Sistema para montaje de equipos de mando, tipo 8L 203
7.3.8 Subestación compacta con transformador, tipo 8FA 204
7.3.9 Armarios vacíos para instalaciones de maniobra y distribuciones de baja tensión 205
7.4 Indicaciones para la proyección . . 207
7.4.1 Instalaciones, distribuciones y mandos, generalidades 207
7.4.2 Indicaciones especiales 208
7.4.2.1 Distribuciones centrales de baja tensión, tipo 8PU 208
7.4.2.2 Sistemas de distribución 8HS, 8HP y 8HE 210
7.4.2.3 Sistema para montaje de equipos de mando, tipo 8L 210
7.4.2.4 Medidas contra la humedad 211
7.4.2.5 Calentamiento en cajas y armarios de material aislante y de chapa de acero 211
7.5 Transformadores de intensidad . . 214
7.5.1 Ejecuciones básicas 214
7.5.2 Transformadores de intensidad para aplicaciones definidas 214
7.5.3 Clase de precisión para transformadores de intensidad, según VDE 217
7.5.4 Intensidad en el secundario de los transformadores de intensidad . . . 218
7.5.5 Potencia nominal y factor de sobrecarga nominal en transformadores de intensidad, según VDE 218
7.5.6 Tensión en los bornes del secundario de un transformador de intensidad . 219
7.5.7 Conductores y aparatos, consumo en circuitos alimentados por transformadores de intensidad . . . 223

8 Esquemas básicos de conexión . . . 224

8.1 Indicaciones generales 224
8.1.1 Designaciones de los puntos de conexión 224
8.1.2 Símbolos normalizados según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) 225
8.1.3 Designación de aparatos y sus componentes, conductores y funciones generales 236
8.1.4 Planos eléctricos 239
8.1.4.1 Tipos de planos 239
8.1.4.2 Utilización y modificación de los esquemas básicos 241
8.1.5 Contactores con retardo en la desconexión para evitar órdenes de mando fluctuantes 241

8.1.6 Contactos auxiliares de actuación prolongada en contactores, especialmente para accionamientos de corriente continua 243
8.1.7 Combinación de seguridad de contactores 243
8.2 Arranque directo de motores trifásicos 244
8.2.1 Conexión y desconexión de motores trifásicos 244
8.2.2 Conexión para la alimentación alternativa de motores trifásicos de dos redes independientes 246
8.2.3 Arranque automático de varios motores trifásicos en forma sucesiva 248
8.2.4 Conmutación del sentido de giro de motores trifásicos 250
8.2.5 Motores trifásicos de polos conmutables 252
8.3 Arranque de motores trifásicos a tensión reducida 274
8.4 Diagramas para protección de motores mediante sondas de temperatura (termistores) 290
8.4.1 Protección de motores mediante sondas con coeficiente de temperatura positivo (PTC) 290
8.4.2 Protección de motores mediante sondas con coeficiente de temperatura negativo (NTC) . . . 294
8.5 Diagramas con vigiladores 296
8.5.1 Diagramas con vigiladores de velocidad de rotación 296
8.5.2 Diagrama con vigiladores de cintas transportadoras 302
8.5.3 Diagramas con presostatos 304
8.6 Diagramas con interruptores de posición 304
8.7 Diagramas con bornes para circuitos de medición 308
8.8 Diagrama de una calefacción eléctrica con termostato y contactor 311
8.9 Diagramas para plantas generadoras de emergencia 312
8.10 Ayudas para la proyección 316

9 Apéndice 317
9.1 Magnitudes caracterizantes y unidades 317
9.1.1 Magnitudes eléctricas y sus abreviaturas según VDE e IEC (CEI) 317
9.1.2 Símbolos para fórmulas y unidades según SI 318
9.1.3 Conversiones entre unidades internacionales y unidades inglesas o de USA 320
9.1.4 Prefijos decimales y sus valores numéricos 321
9.2 Fórmulas fundamentales de la electrotecnia 322
9.3 Conductores, cables y barras colectoras 323
9.3.1 Sección y diámetro de conductores de cobre según VDE, así como de normas inglesas y de USA 323
9.3.2 Cargabilidad de conductores aislados, cables y barras colectoras así como coordinación con dispositivos de protección 324
9.3.2.1 Cargabilidad de conductores aislados y de cables tendidos sin enterrar . . 324
9.3.2.2 Protección de conductores según su sección 325
9.3.2.3 Cargabilidad de conductores aislados a temperaturas ambiente entre 30 y 70 °C y coordinación para protección mediante fusibles según normas de USA y Canadá 325
9.3.2.4 Cargabilidad de barras colectoras 327
9.3.2.5 Resistencia de conductores de cobre y aluminio 329
9.3.3 Fuerza ejercida por la corriente de choque de cortocircuitos 330
9.4 Corrientes nominales de motores trifásicos 330
9.5 Potencia de condensadores para mejorar el factor de potencia . . . 330
9.6 Curvas características de tiempo y corriente 333
9.7 Diagramas de limitación de la corriente 337
9.8 Tablas de selectividad 337
9.9 Vocabulario técnico, aclaraciones cortas 338
Registro alfanumérico de los tipos de aparatos Siemens mencionados en este manual 361
Indice alfabético 362

1 Prescripciones

1.1 Abreviaturas

Prescripciones y normas en la República Federal de Alemania

La publicación de determinaciones, prescripciones y normas en la República Federal de Alemania la realizan:

▷ DIN
▷ VDE

Prescripciones y normas internacionales

Las prescripciones internacionales se encuentran resumidas en la tabla 1.1; éstas han sido agrupadas en prescripciones europeas y prescripciones de países no europeos. Los principales registros navieros los contiene la tabla 1.2.

Tabla 1.1 Prescripciones y normas internacionales

Abreviatura	Significado
Países europeos	
EN	Norma europea
BS	**B**ritish Standard: Prescipciones inglesas, en parte equiparadas a IEC (CEI)
CEE	International **C**ommission on Rules for the approval of **E**lectrical **E**quipment: Prescripciones internacionales, en general para aparatos de instalación. Los países escandinavos las han tomado en parte como base para los aparatos de maniobra de baja tensión hasta 63 A
CEI	**C**omitato **E**lettrotecnico **I**taliano: Comité electrotécnica italiana. No confundir con la abreviación francesa de la Comisión electrotécnica internacional (véase IEC)
CENELEC	**C**omité **E**uropéen de Normalisation **E**lectrotechnique: Comité europeo para la normalización electrotécnica
DEMKO	**D**anmarks **E**lektriske **M**aterielkontrol: Organismo danés para control de productos electrotécnicos, el cual publica prescripciones y otorga aprobaciones
KEMA	**K**euring von **E**lektrotechnische **M**aterialen: Organismo holandés para comprobación de productos electrotécnicos. El ejecuta entre otras, las aprobaciones CSA para los fabricantes europeos
NBN	Normas belgas; publicadas por el instituto belga de normalización. En parte equiparadas a IEC (CEI)
NEMKO	**N**orges **E**lectriske **M**aterielkontroll: Organismo noruego para control de productos electrotécnicos, el cual publica prescripciones y otorga aprobaciones
NEN	**N**ederlands **N**orm: Normas holandesas
ÖVE	**Ö**sterreichischer **V**erband für **E**lektrotechnik: Las prescripciones austríacas ÖVE coinciden por lo general con VDE e IEC (CEI)
SEMKO	**S**venska **E**lektriska **M**aterielkontrollanstalten: Organismo sueco para control de productos electrotécnicos, el cual publica prescripciones y otorga aprobaciones
SEN	Svenks Standard: Normas electrotécnicas suecas
SEV	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein: Entidad electrotécnica suiza
UTE	Union Technique de l'Électricité: Asociación electrotécnica francesa

Tabla 1.1 Prescripciones y normas internacionales

Abreviatura	Significado
Países no europeas	
ANSI	American National Standards Institute: Instituto nacional de normalización de USA, el cual publica determinaciones y normas para casi todos los campos técnicos (no solo para electrotecnia). En lo que respecta a los aparatos de maniobra de baja tensión, las determinaciones ANSI han sido tomadas en su mayor parte de las determinaciones NEMA y UL
AS	Australien Standards: Determinaciones australianas, en parte equiparadas a IEC (CEI)
CEMA	Canadian Electrical Manufacturers Association: Asociación canadiense de fabricantes de artículos electrotécnicos
CSA	Canadian Standards Association: Asociación canadiense de determinaciones, la cual otorga aprobaciones y publica determinaciones
EEMAC	Electrical and Electronic Manufacturers Association of Canada: Asociación canadiense de fabricantes de artículos electrotécnicos y electrónicos
IEC (CEI)	International Electrotechnical Commission (Commission Electrotechnique Internationale): En la comisión electrotécnica internacional colaboran las principales naciones industriales. Las recomendaciones IEC (CEI) allí elaboradas son, en parte, directamente tomadas por las determinaciones nacionales, o bien, las determinaciones nacionales son equiparadas a las recomendaciones IEC (CEI)
IS	Indian Standard: Determinaciones indúes, en parte equiparadas a IEC (CEI)
JIS	Japanese Industrial Standard: Determinaciones japonesas
NEMA	National Electrical Manufacturers Association: Asociación Nacional de fabricantes de artículos electrotécnicos de USA
SABS	South African Bureau of Standards: Instituto sudafricano de normas
UL	Underwriters Laboratories, Inc: Entidad de USA, la cual otorga aprobaciones y emite determinaciones

Tabla 1.2 Registros navieros

Abreviatura	Significado
ABS	American Bureau of Shipping: Registro naviero de USA
BV	Bureau Veritas: Registro naviero francés
DNV	Det Norske Veritas: Registro naviero noruego
GL	Germanischer Lloyd: Registro naviero de la Republica Federal de Alemania
LRS	Lloyd's Register of Shipping: Registro naviero inglés
PRS	Polski Rejestre Statkow: Registro naviero polaco
RINA	Registro Italiano Navale: Registro naviero italiano
USSR	USSR-Register of Shipping: Registro naviero soviético

1.2 Aparatos de maniobra

1.2.1 Compendio de las determinaciones

Los aparatos de maniobra de baja tensión de Siemens AG ofrecidos en los catálogos NS han sido desarrollados, construidos y probados según VDE 0660 "Determinaciones para aparatos de maniobra de baja tensión", las normas DIN correspondientes, los documentos de armonización CENELEC y las recomendaciones IEC (CEI) (véase la tabla 1.3). Los aparatos de maniobra satisfacen también las determinaciones de seguridad contenidas en las directrices de la Comunidad Económica Europea para equipos de baja tensión publicadas el 19.2.1973.

Los aparatos de maniobra de Siemens pueden ser utilizados sin problemas en muchos países, ya que generalmente las determinaciones nacionales han sido en su mayor parte equiparadas a las recomendaciones IEC (CEI) o las determinaciones VDE y las recomendaciones IEC (CEI) son reconocidas como determinaciones electrotécnicas válidas.

1.2.2 Aprobaciones

Las determinaciones de algunos países europeos (por ej. los países nórdicos y Suiza), de USA y Canada, así como las determinaciones australianas para interruptores de potencia se diferencian considerablemente de las recomendaciones IEC (CEI). En estos países se precisa de una aprobación otorgada por un organismo de pruebas autorizado para poder distribuir determinados aparators.

Determinaciones y aprobaciones en países europeos

Las determinaciones de los países nórdicos y de Suiza tienen como base, entre otras, las publicaciones CEE. En ellas se considera que los aparatos de maniobra para bajas intensidades (por ej., hasta 25, 32, 63 o 200 A) son utilizados no solamente en instalaciones industriales, sino también en instalaciones domiciliares y, por tanto, personal no calificado los instala y opera. Debido a ésto, los aparatos deben garantizar una alta protección contra accidentes. Tanto la obligación legal de aprobar los aparatos como la inscripción en los libros correspondientes y la caracterización de los aparatos de maniobra con los símbolos obligatorios del organismo autorizado que efectuó las pruebas, le garantizan al usuario, que el aparato satisface las determinaciones nacionales.

Una sinopsis de la obligación de aprobación de los aparatos de maniobra en Europa está data en la tabla 1.4.

Tabla 1.3 Determinaciones para aparatos de maniobra de baja tensión

DIN 57660/. . VDE 0660/. . Set.1982	Publicación IEC (CEI)	Documento de armonización CENELEC	Contenido
Determinaciones de aplicación general			
Parte 10	–	–	Sinopsis
Parte 11	–	–	Normas a observar para los aparatos de maniobra de baja tensión
Parte 12	–	–	Conexiones para los conductores de protección
Parte 13	85	–	Clases de los materiales de aislamiento
Parte 14	–	–	Determinaciones adicionales para trenes
Parte 99	–	–	Sección de los conductores a conectar para corrientes de hasta 1000 A
Determinaciones de aplicación particular			
Parte 101	157-1	418	Interruptores de potencia hasta 1000 V~ o 1200 V–
Parte 102	158-1	419	Contactores hasta 1000 V~ o 1200 V–
Parte 103	470	–	Contactores para más de 1000 hasta 12000 V–
Parte 104	292-1	421	Arrancadores para motores de corriente alterna hasta 1000 V
Parte 105	632-1	–	Arrancadores para motores de corriente alterna de 1000 hasta 12000 V~
Parte 106	292-2	421	Arrancadores a tensión reducida para motores de corriente alterna; arrancadores estrella-triángulo
Parte 107	408	422	Interruptores bajo carga, seccionadores y combinaciones de interruptores y fusibles hasta 1000 V~ o 1200 V–
Parte 108	–	–	Interruptores de potencia, exigencias complementarias para interruptores de potencia para corriente continua, para tensiones sobre 1200 hasta 3000 V–
Parte 109			Contactores a base de semiconductores (proyecto)
Parte 200	337-1	420	Interruptores para circuitos auxiliares, exigencias generales
Parte 201	337-2, Sección 1	420	Interruptores para circuitos auxiliares, exigencias complementarias para conmutadores estrella-triángulo e interruptores para aplicaciones similares
Parte 202	337-2A, Sección 2	420	Interruptores para circuitos auxiliares, exigencias complementarias para interruptores giratorios
Parte 203	337-2B Sección 3	420	Interruptores para circuitos auxiliares, exigencias complementarias para los contactores auxiliares
Parte 204	337-2B Sección 4	420	Interruptores para circuitos auxiliares, exigencias complementarias para los interruptores automáticos con función piloto
Parte 205	337-2C Sección 5	420	Interruptores para circuitos auxiliares, exigencias complementarias para lámparas de señalización
Parte 301	292-3	421	Arrancadores con resistencias en el circuito del rotor

Tabla 1.4
Aprobaciones en Europa de aparatos de maniobra de baja tensión, obligación de aprobación y caracterización

País	Dinamarca	Finlandia	Islandia	Noruega	Austria	Suecia	Suiza
Entidad de pruebas autorizada (comisionada por el estado, con reconocimiento privado y legal)	DEMKO (Danmarks Elektriske Materiel-kontrol)	Elektrical Inspectorate	Rafmagnse-fterlit Rikisins	NEMKO (Norges Elektriske Materiell-Kontroll)	ÖVE (Österreichi-scher Ver-band für Elek-trotechnik)	SEMKO (Svenska Elektriska Materielkon-trollanstalten)	SEV (Schweizeri-scher Elek-tro-techni-scher Verein
Símbolo caracterizante para los aparatos aprobados	Ⓓ	–	–	Ⓝ	ÖVE	Ⓢ	ⓢ
Obligación de caracterización e indicaciones generales para la obligación de aprobación	Obligación de caracteriza-ción solamente para los apa-ratos hasta 63 A previs-tos para la venta como aparatos sueltos	Ninguna obli-gación de aprobación o caracteriza-ción para aparatos de uso industrial exclusivo	Ninguna obli-gación de caracteri-zación	Todos los aparatos con obligación de aprobación deben ser caracteri-zados	Es recomendable aprobar y carac-terizar los aparatos que pueden ser empleados en instalaciones do-miciliarias, por ej., contactores pequeños	Ninguna obliga-ción de caracteri-zación; obliga-ción de aproba-ción en parte solamente hasta 380 V~, para utilización en ins-talaciones domici-liarias y similares	Obligación de caracterización solamente para los aparatos previstos para la venta como aparatos sueltos
Obligación de aproba-ción para secciona-dores bajo carga con fusibles NH, secciona-dores con fusibles para motores, fusibles	–	Hasta 800 A	Hasta 200 A	Hasta 250 A	–	–	Hasta 630 A
Seccionadores	–	Hasta 800 A	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	–	Hasta 25 A
Interruptores de po-tencia para la protec-ción de motores (guardamotores)	Hasta 63 A	Hasta 25 A	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	Hasta 25 A	Hasta 200 A
Interruptores de potencia	Hasta 63 A	Hasta 1000 A como interrup-tor principal	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	–	Hasta 200 A
Relés de falla a tierra	–	–	Hasta 200 A	–	–	Hasta 63 A	–
Pulsadores, interrup-tores de mando, lámpa-ras de señalización, interruptores de posi-ción, interruptores de proximidad BERO	Todos	Todos (los in-terruptores de posición sola-mente como interruptores de seguridad)	Todos	Todos	–	Hasta 380 V, solamente cuando se emplean en instalaciones domiciliarias	Todos
Termistores (PTC o NTC) para la protec-ción de motores	Hasta 63 A	Hasta 63 A	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	Hasta 25 A, 380 V, solamente cuando se emplean en instalaciones domiciliarias	Hasta 200 A
Vigiladores	Hasta 63 A	–	Hasta 200 A	–	–	–	–
Interruptores de mando para circuitos auxiliares	Hasta 63 A	Hasta 63 A	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	–	Hasta 200 A
Interruptores principales	Hasta 63 A	Hasta 1000 A	Hasta 200 A	Hasta 63 A	–	–	Hasta 200 A
Interruptores principales para circuitos principales	Hasta 63 A	Hasta 63 A	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	Hasta 25 A, 380 V, solamente cuando se emplean en instalaciones domiciliarias	Hasta 25 A
Relés de tiempo	Todos	Todos	Todos	Todos	–	Hasta 380 V, sola-mente cuando se emplean en instalaciones domiciliarias	Todos
Contactores auxiliares	Todos	Todos	Todos	Todos	–	–	Todos
Contactores	Hasta 63 A	Hasta 63 A	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	–	Hasta 200 A

Tabla 1.4 (continuación)

País	Dinamarca	Finlandia	Islandia	Noruega	Austria	Suecia	Suiza
Contactores con relés contra sobrecargas, relés de sobrecargas para colocación individual	Hasta 63 A	Hasta 25 A	Hasta 200 A	Hasta 32 A	–	Hasta 25 A	Hasta 200 A
Contactores pequeños	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos, si se encuentran montados en instalaciones domiciliarias	Todos	Todos
Arrancadores para inversión del sentido de giro, arrancadores estrella-triángulo (a base de contactores)	–	Hasta 63 A	Hasta 200 A	–	–	–	Hasta 200 A
Bornes	Hasta 63 A	Hasta 800 A	Hasta 200 A	Hasta 400 A	–	Hasta 25 A, 380 V, solamente cuando se emplean en instalaciones domiciliarias	Hasta 200 A

Determinaciones y aprobaciones en USA, Canadá y Australia

Las determinaciones ANSI, NEMA y UL en USA, CSA en Canadá y las determinaciones AS para interruptores de potencia en Australia son entre si casi idénticas. Ellas, sin embargo, aún se diferencian de las determinaciones VDE y de las recomendaciones IEC (CEI).

Siempre que ha sido económicamente aceptable, se han tomado en cuenta para el desarrollo y construcción de los aparatos de maniobra de Siemens las determinaciones antes mencionadas. En algunos casos, hay que considerar que los valores nominales de nuestros aparatos tienen que ser reducidos si éstos son utilizados según ANSI, NEMA, CSA o AS. Solo en casos aislados tienen que suministrarse aparatos de maniobra en ejecución especial para satisfacer las exigencias de dichas determinaciones.

En Canadá es obligación aprobar todos los aparatos de maniobra, en Australia solamente los interruptores de potencia deben ser aprobados. En la mayoría de los estados federados de USA existe una obligación legal de utilizar solamente aparatos de maniobra que han sido debidamente probados y admitidos por una entidad de pruebas autorizada, por ej., UL, el cual es el instituto de pruebas neutral más conocido. Una obligación general de aprobación no existe en USA, por tanto, hay que aclarar con el cliente final so los aparatos a utilizar deberán estar aprobados por UL.

Una sinopsis de los distintos procedimientos para la aprobación por CSA y UL está dada en las tablas 1.5 y 1.6. La caracterización de los apartos de maniobra con el símbolo obligatorio de la entidad de prueba solamente podrá efectuarse después de que éstos hayan pasado las pruebas correspondientes. La producción de aparatos caracterizados con los monogramas de UL o CSA es controlada regularmente por inspectores de dichas organizaciones, lo cual garantiza una concordancia plena de los aparatos con las determinaciones en mención.

UL y CSA hacen diferencias básicas entre interruptores de potencia y los demás aparatos de maniobra. Esto se debe a las costumbres en la construcción de instalaciones de maniobra y los conceptos de seguridad en dichos países. Las diferencias conciernen tanto a las determinaciones válidas como a los controles posteriores durante la producción, a la colocación del símbolo caracterizante en interruptores de potencia ("Label"-especial) y a las diferentes posibilidades de empleo. Así, según NEC (National Electrical Code), todo aparato de maniobra industrial deberá tener preconectado un dispositivo de protección contra cortocircuitos – por ej. fusibles o "circuit breaker". Los interruptores que tengan a su cargo la protección contra cortocircuitos, deberán tener indicada la capacidad de ruptura, haber aprobado las pruebas correspondientes y tener mayores distancias de aislamiento y fuga del lado de la red que los aparatos de maniobra industriales.

Tabla 1.5
Aprobaciones de aparatos de maniobra de baja tensión como "Industrial Control Equipment" (Aparatos de maniobra industriales) según las determinaciones CSA y UL (Aparatos de maniobra industriales son, por ej., aparatos de mando, en especial apartos para conectar y proteger motores contra sobrecargas)

País	Canadá	USA	
Entidad de pruebas autorizada (comisionada por el estado, o bien con reconocimiento privado y legal)	CSA (Canadian Standards Association)	UL (Underswriter's Laboratories)	
Proceso de aprobación	Obligación general de aprobación: "Certified Industrial Control Equipment"	Aprobación UL, de amplio reconocimiento legal, se debe diferenciar entre dos tipos: "Listed Industrial Control Equipment"	"Recognized Component Industrial Control Equipment"
Determinaciones válidas	CSA Standard C22.2 N.° 0: "Definitions and General Requirements" CSA Standard C22.2 N.° 14: "Industrial Control Equipment for use in ordinary (Non-Hazardous) Locations"	UL 508: "Standard for industrial Control Equipment" (sin limitación) UL 486: "Standard for Wire connectors and soldering Lugs"	UL 508: "Standard for industrial Control Equipment" (en parte con limitaciones)
Campo de aplicación de la aprobación	Aparatos autorizados para "field wiring", es decir: para su montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres por personal técnico, para la venta de aparatos sueltos en Canadá	Aparatos autorizados para "field wiring" ("factory wiring" está incluido), es decir: para su montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres por personal técnico, para la venta de aparatos sueltos en USA	Aparatos autorizados como piezas para "factory wiring", es decir: para su montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres por personal técnico
Símbolo caracterizante	Los aparatos deben caracterizarse mediante la impresión del monograma (SP) en la placa de características de los mismos	Los aparatos deben caracterizarse mediante la impresión del "UL-Listing Mark" (UL) en la placa de características de los mismos	Los aparatos pueden caracterizarse mediante la impresión del símbolo (FU) en la placa de características de los mismos. La autorización tiene validez aunque el aparato no tenga impreso el símbolo caracterizante
Registro (Libros de registro, tarjetas de autorización)	Registro en "List of certified Electrical Equipment" (CSA extiende "Guide cards" de color blanco con N.^{os} Guide y File)	Registro en el "Electrical Constructions Materials Directory" de color verde (UL extiende "Guide cards" de color blanco con N.^{os} Guide y File)	Registro en el "Recognized Component Directory" de color amarillo (UL extiende "Guide cards" de color amarillo con N.^{os} Guide y File
Controles regulares posteriores (Inspecciones en las fábricas)	Los inspectores de la CSA efectúan regularmente el "Re-examination Service" en la fábrica (control visual una vez por año)	Los inspectores de UL efectúan regularmente el "Follow-up service" tipo R en la fábrica (controles visuales cuatro veces por año)	

Tabla 1.6
Aprobación de interruptores de potencia como "Circuit Breaker" según las determinaciones CSA y UL
(Interruptores de potencia: Interruptores apropiados especialmente para protección contra cortocircuitos y con una capacidad de ruptura mínima de 10 kA)

País	Canadá	USA
Entidad de pruebas autorizada (comisionada por el estado, o bien con reconocimiento privado y legal)	CSA (Canadian Standards Association)	UL (Underwriter's Laboratories)
Proceso de aprobación	Obligación general de aprobación: "Certified Circuit Breakers"	Aprobación UL, generalmente reconocida legalmente: "Listed Molded-Case Circuit Breaker"
Determinaciones válidas	CSA-Standard C22.2 N.° 0: "Definitions and General Requirements" CSA-Standard C22.2 N.° 5: "Service-Entrance and Branch-Circuit Breakers" CSA-Standard C22.2 N.° 65: "Construction and Test of Wire Connectors"	UL 489: "Standard for Molded-Case Circuit Breaker and Circuit Breaker Enclosures" UL 486: "Standard for Wire Connectors and Soldering Lugs"
Campo de aplicación de la aprobación	Aparatos autorizados para "field wiring", es decir: para su montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres por personal técnico, para la venta de aparatos sueltos en Canadá	Aparatos autorizados para "field wiring", es decir: para su montaje en equipos que se cablean completamente en fábrica o en talleres por personal técnico para la venta de aparatos sueltos en USA
Símbolo caracterizante "Label"-especial	Los aparatos llevarán además de la placa de caractrísticas, un "Label"-especial. Este "Label" contendrá: el monograma de CSA, el N.° de autorización LL42557 y el N.° de registro de numeración consecutiva	Los aparatos llevarán además de la placa de características, un "Label"-especial. Este "Label" contendrá: el símbolo de UL y un N.° de registro de numeración consecutiva
Registro (Libros de registro, tarjetas de autorización)	Registro en el "List of certified Electrical Equipment" (CSA extiende "Guide cards" de color blanco con N.os Guide y File)	Registro en el "Electrical Construction Materials Directory" de color verde (UL extiende "Guide cards" de color blanco con N.os Guide y File)
Controles regulares posteriores (Inspecciones en las fábricas)	Los inspectores de la CSA efectúan regularmente en la fábrica el "Label Service" (ciclo de pruebas anual, como en las pruebas de aprobación)	Los inspectores de UL efectúan regularmente en la fábrica el "Folow-up service" tipo L (control de la calibración y, hasta 4 veces por año, ciclo de pruebas semejante al de las pruebas de aprobación)

1.3 Combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica

Para la proyección de combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica (CAMF: "Conjuntos de aparamenta de baja tensión montados en fábrica" según la norma española UNE 20-098-75, FSK según VDE 0660 parte 5) es necesario conocer las determinaciones y normas correspondientes.

Exigencias definidas en lo que respecta a la utilización de los aparatos y a la demostración de conformidad con "las reglas aceptadas de la técnica" son impuestas por las leyes y prescripciones de la materia en los distintos países. En la República Federal de Alemania por ej:

- ▷ por la ley de energía (2ª ordenanza de ejecución),
- ▷ por la ley de seguridad de aparatos y
- ▷ en las prescripciones de prevención de accidentes de los gremios, en especial en lo que refiere a "las instalaciones eléctricas y componentes para el servicio" (Abreviación alemana: VBG4)

De las normas y prescripciones que satisfacen las CAMF, pueden derivarse las reglas técnicas que ellas están obligadas a cumplir (estos datos se toman de los catálogos, placas de características y demás documentos semejantes).

Debido a ésto, es necesario aclarar antes de la proyección, que normas y determinaciones deben cumplir las CAMF, ya que solamente así puede saberse con exatitud que exigencias deben satisfacer en el lugar de utilización.

1.3.1 Compendio de las determinaciones y normas

Estipulaciones, exigencias, pruebas a efectuarse etc. para

- ▷ construir,
- ▷ equipar y
- ▷ edificar

instalaciones de maniobra y distribuciones de baja tensión, se encuentran resumidas en las normas y determinaciones correspondientes, tanto nacionales como internacionales.

Para facilitarle al proyectista el uso adecuado de las determinaciones VDE de las demás normas y determinaciones nacionales e internacionales, éstas se han separado en distintas categorías:

- ▷ determinaciones para construir,
- ▷ determinaciones fundamentales,
- ▷ determinaciones para equipar,
- ▷ determinaciones para edificar y
- ▷ normas relevantes.

Determinaciones para construir

Las determinaciones para construir contienen estipulaciones y exigencias a llenar para la fabricación de instalaciones de maniobra y distribuciones así como para las pruebas a efectuarse.

En los catálogos NV están indicadas las determinaciones para construir que cumplen cada una de las diferentes combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica.

Las principales determinaciones para construir son las siguientes:

VDE 0100	"Determinaciones para edificar instalaciones de potencia con tensiones nominales hasta 1000 V",
VDE 0160	"Determinaciones equipar instalaciones de potencia con componentes electrónicos",
VDE 0660 partes 10 a 301	"Determinaciones para aparatos de maniobra de baja tensión",
VDE 0660 parte 5	"Determinaciones para combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica (FSK) con tensiones nominales hasta 1000 V~ y hasta 3000 V—",
Publicación IEC (CEI) 439	"Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión en fábrica",
BS 5486 (Inglaterra)	"Especificación para combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica, para tensiones nominales hasta 1000 V inclusive",
NEMA-ICS 2 (USA)	"Aparatos industriales para control y regulación, unidades armadas",

NF/UTE-C63-410 (Francia)	"Combinaciones de aparatos de maniobra de baja tensión montadas en fábrica",
TGL 200-0645/02 (RDA)	"Instalaciones electrotécnicas. Unidades constructivas montadas en fábrica para tensiones nominales hasta 1000 V~ o 1500 V—".

Las instalaciones de maniobra y las distribuciones ofrecidas en nuestros catálogos NV satisfacen las siguientes determinaciones:

- VDE 0660 parte 5,
- publicación IEC (CEI) 439 edición de 1973.

Ellas son, por tanto, combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica, homologadas o probadas individualmente, las cuales se suministran listas para su conexión. Para el montaje en talleres o en el lugar de instalación se ofrecen módulos con aparatos, armarios y cajas vacías, así como aparatos de maniobra, todos homologados.

Siempre que ha sido económicamente aceptable, se han tomado en cuenta las exigencias de otras determinaciones nacionales para la construcción y fabricación de las combinaciones de maniobra incluyendo sus módulos (por ej., distancias según NEMA).

La armonización entre la publicación IEC (CEI) 439 y VDE no fue concluida. Debido a ello, sus textos no son congruentes, es decir, que cuando se cumple una determinación no precisamente se satisfacen los requisitos de la otra.

En un proyecto VDE-IEC (CEI) se toma como base el mismo grado de seguridad para

- combinaciones de aparatos de maniobra homologadas (por ej., CAMF según VDE 0660 parte 5) y
- combinaciones de aparatos de maniobra sin homologación (hoy: "Instalaciones de maniobra y distribuciones no montadas en fábrica" según VDE 0100 § 30 b)

Las diferencias entre ambos tipos de combinaciones de maniobra dan origen a repetidos malentendidos entre los fabricantes y los usuarios. Como ejemplo mencionamos los siguientes puntos:

- No es correcto comparar las secciones de los conductores utilizados en las CAMF con las secciones de los conductores utilizados en distribuciones que no han sido construídas conforme a las directrices de las CAMF.
- Las pruebas a que son sometidas las CAMF, para demostrar su aptitud o la de sus componentes, permiten utilizar con mayor eficiencia las secciones de los conductores, es decir, las secciones de los conductores son menores que las calculadas para las distribuciones.
- La prueba de un conductor de protección (PE o PEN) tiene generalmente como resultado también una sección menor. Esto se debe a la influencia de las armazones o recubrimientos metálicos, los cuales actúan como conductores paralelos y sus efectos solamente pueden ser determinados mediante pruebas.
- Los conocimientos detallados que el fabricante tiene sobre los aparatos, le permiten generalmente una colocación ahorrando espacio y un mejor aprovechamiento de los mismos.
- Las determinaciones concernientes a la construcción de distribuciones que no son CAMF y las determinaciones relativas a la construcción de CAMF se exceptúan mutuamente. Por ej., las distancias exigidas en VDE 0100 para las distribuciones que no son CAMF, no pueden ser exigidas en las CAMF.

Determinaciones fundamentales

Las determinaciones fundamentales son estipulaciones básicas, cuyo cumplimiento es exigido en las determinaciones para la edificación y construcción de instalaciones de maniobra. Ellas contienen estipulaciones pera la protección de personas, métodos de ensayo y cálculo etc. En los catálogos NV se ha indicado el cumplimiento de las determinaciones fundamentales, siempre que ha sido necesario.

Las principales determinaciones fundamentales son:

VDE 0100	"Determinaciones para la edificación de instalaciones de potencia con tensiones nominales hasta 1000 V",
VDE 0102	"Directrices para el cálculo de las corrientes de cortocircuito",
VDE 0103	"Directrices para dimensionar instalaciones de potencia en lo que respecta a la resistencia térmica y mecánica a los cortocircuitos",
VDE 0110	"Determinaciones para dimensionar las distancias de aislamiento y de fuga",
DIN IEC 73/ VDE 0199	"Colóres distintivos para indicadores luminosos y pulsadores",
VDE 0875	"Determinaciones para supresión de interferencias originadas en aparatos eléctricos",
Publicación IEC (CEI) 364	"Instalaciones eléctricas en edificios",
NF/UTE C20-040 (Francia)	"Distancias de aislamiento y de fuga",
SEV 3017 (Suiza)	"Distancias de aislamiento y de fuga"

Las determinaciones fundamentales dan las medidas de seguridad mínimas que deben satisfacerse.

Si en las determinaciones para construir, equipar o edificar instalaciones no se especifican medidas de seguridad determinadas, las medidas de seguridad dadas en las determinaciones fundamentales tienen completa validez.

En este aspecto hay que prestar especial atención a:

- la protección de personas,
  protección contra contacto directo,
  protección contra contacto directo en caso de manipulaciones ocasionales (por ej., VBG 4 en la RFA),
  protección contra contacto indirecto, y
- las distancias de aislamiento y de fuga.

Determinaciones para equipar

Las determinaciones para equipar instalaciones eléctricas contienen entre otras:

- exigencias a la proyección de instalaciones, incluyendo la selección de aparatos,
- exigencias adicionales a las determinaciones para la construcción consideradas, las cuales toman en cuenta la utilización de instalaciones de maniobra y distribuciones bajo determinadas condiciones de servicio.

En las instalaciones de maniobra y en las distribuciones contenidas en los catálogos NV, por lo general, no han sido tomadas en cuenta las determinaciones para equipar. Estas deben estipularse oportunamente durante la fase de proyección.

Las principales determinaciones alemanas para equipar son:

VDE 0100	"Determinaciones para edificar instalaciones de potencia con tensiones nominales hasta 1000 V",
VDE 0107	"Determinaciones para edificar instalaciones de maniobra en recintos médicos",
VDE 0108	"Construcción y manejo de instalaciones de potencia en edificaciones para aglomeración de personas, así como de iluminación de seguridad en los lugares de trabajo",
VDE 0115	"Determinaciones para trenes eléctricos",
VDE 0118	"Determinaciones para la edificación de instalaciones eléctricas en minas",
VDE 0160	"Determinaciones para equipar instalaciones de potencia con equipos electrónicos",
VDE 0165	"Determinaciones para edificar instalaciones eléctricas en sitios expuestos a explosiones",
VDE 0166	"Prescripciones para edificar instalaciones eléctricas en sitios expuestos por materiales explosivos",
VDE 0168	"Determinaciones para edificar y manejar instalaciones eléctricas en explotaciones mineras a cielo abierto, en canteras y explotaciones similares".

A este capítulo corresponden también las determinaciones para equipar máquinas de manufactura o elaboración con aparatos eléctricos (véase cap. 1.5).

Determinaciones para edificar

Estas determinaciones contienen

- ▷ las exigencias a la edificación y colocación de instalaciones de maniobra,
- ▷ las exigencias mínimas de seguridad concernientes a la construción de aparatos, para los cuales no existen otras determinaciones, y
- ▷ las exigencias a la selección de aparatos.

Cuando se utilizan las CAMF ofrecidas en los catálogos NV para instalaciones de maniobra, es necesario saber que determinaciones para edificar hay que cumplir, ya que de éstas pueden provenir exigencias adicionales para la edificación y puesta en marcha.

Las principales determinaciones para edificar son:

VDE 0100	"Determinaciones para edificar instalaciones de potencia con tensiones nominales hasta 1000 V",
VDE 0107	"Determinaciones para edificar instalaciones de maniobra en recintos médicos",
VDE 0108	"Construcción y manejo de instalaciones de potencia en edificaciones para aglomeración de personas así como de iluminación de seguridad en los lugares de trabajo",
VDE 0118	"Determinaciones para la edificación de instalaciones eléctricas en minas",
VDE 0165	"Determinaciones para edificar instalaciones eléctricas en sitios expuestos a explosiones",
VDE 0166	"Prescripciones para edificar instalaciones eléctricas en sitios expuestos por materiales explosivos",
VDE 0168	"Determinaciones para edificar y manejar instalaciones eléctricas en explotaciones mineras a cielo abierto, en canteras y explotaciones similares",
Publicación IEC (CEI) 364	"Instalaciones eléctricas en edificios",
NF C15-100 (Francia)	"Determinaciones para la edificación y mantenimiento de instalaciones de maniobra de baja tensión",
SEV 1000 (Suiza)	"Prescripción para instalaciones domiciliares",
TGL 200-0645/01	"Instalaciones electrotécnicas".

Normas relevantes

En esta categoría se incluyen las normas que tienen igual carácter que las determinaciones fundamentales. Su aplicación a las CAMF se ha hecho obligatoria, aún cuando las normas no estén incluidas en las determinaciones para la construcción, edificación, etc.

Las principales normas relevantes son:

DIN 41488	"Dimensiones de partición (modulares) para armarios (celdas)",
DIN 40705	"Caracterización de conductores aislados y desnudos mediante colores",
DIN 40719	"Documentación de esquemas y diagramas eléctricos",
DIN 40050	"Clases de protección. Protección contra contacto, cuerpos extraños y agua",
DIN 50010	"Conceptos climatológicos",
DIN 50019	"Climas técnicos, conceptos climatológicos estadísticos",
IEC 529	"Clasificación de la clase de protección ofrecida por las carcasas o cajas",
IEC 144	"Clases de protección para aparatos de maniobra de baja tensión",
IEC 446	"Caracterización de conductores aislados y desnudos mediante colores",
BS 3042 (Gran Bretaña)	"Dedo de prueba para comprobar la protección contra contacto",
NF/UTE C04-200 (Francia)	"Caracterización de conductores".

1.4 Protección de personas

El reglamento básico de la República Federal de Alemania para la protección de personas en instalaciones y distribuciones eléctricas está contenido en la VDE 0100.

1.4.1 Protección contra contacto directo

"La protección contra contacto directo de partes activas" (piezas que en servicio se encuentran bajo tensión) es una exigencia básica que se impone a las instalaciones y distribuciones eléctricas.

1.4.1.1 Protección contra contacto directo según VDE 0100

En la actualidad, la protección contra contacto directo está descrita en la VDE 0100, §4, §30b (para distribuciones que no son CAMF), §43, §44 etc. En la nueva versión de la VDE 0100, la protección contra contacto directo será tratada en la parte 410.

Una protección contra contacto directo deberá ser prevista siempre, también para tensiones por debajo de 42 V.

Excepción:

Este tipo de protección no es necesario cuando las tensiones, como es el caso con la protección por tensión baja, son generadas y no sobrepasan los 42 V~ (en el futuro: 25 V~ o 60 V—).

Esta excepción no tiene validez para aparatos expuestos a explosiones o incendios.

La protección contra contacto directo puede ser ejecutada tanto como protección completa, así como protección parcial.

La protección completa se alcanza mediante cajas, revestimientos, aislamientos y otras medidas similares. En las determinaciones para construir, equipar y edificar se indica la protección a preverse.

Una protección parcial es solamente una protección contra contacto accidental y, de ninguna manera una protección contra contacto voluntario.

La protección parcial se alcanza mediante tapas, obstáculos, rejillas y otras medidas similares.

El tipo y la extensión de las medidas de protección a tomarse se eligen en conformidad a las condiciones del lugar de instalación.

Una protección parcial es permitida según VDE 0105 en recintos de uso exclusivo para distribuciones e instalaciones de maniobra.

1.4.1.2 Protección contra contacto directo en caso de manipulaciones ocasionales en las cercanías de piezas de contacto peligroso, según el reglamento de prevención de accidentes (UVV)

Una parte de la protección contra contacto directo es la protección contra contacto directo en caso de manipulaciones ocasionales en las cercanías de piezas cuyo contacto sea peligroso.

Para que las exigencias a la protección de las instalaciones eléctricas impuestas por el reglamento de prevención de accidentes (UVV) de las asociaciones profesionales (VBG 4) sean tratadas en las determinaciones VDE, han sido incluídas en el proyecto de la VDE 0100 parte 750[1]).

Esta determinación VDE será la base para la construcción de aparatos, distribuciones y demás elementos de las instalaciones eléctricas en lo que respecta a la protección contra contacto directo en caso de manipulaciones ocasionales en las cercanías de piezas cuyo contacto sea peligroso.

Por lo general, las CAMF (FSK) ofrecidas en nuestros catálogos NV ya llenan estas exigencias, en parte, porque los aparatos utilizados satisfacen la VBG 4 (por ej., aparatos con la técnica de conexión SIGUT) o bien – cuando éste no es el caso – adoptando medidas adicionales (por ej., utilizando tapas o cubiertas, o mediante distancias apropiadas entre las piezas cuyo contacto sea peligroso y las piezas para maniobrar o accionar los aparatos etc.).

Todas las demás exigencias impuestas por la VBG 4 que conciernen al proyectista o al fabricante de una distribución o instalación de maniobra – no al que las utiliza – también son cumplidas, si se satisfacen las determinaciones VDE indicadas en los comunicados de las asociaciones profesionales.

Por tanto, puede emitirse la "certificación del fabricante" (Herstellerbescheinigung[2])) según VBG 4 §5 parrafo 4 para todas las CAMF ofrecidas en nuestros catálogos NV.

[1]) La impresión en blanco (aprobación) de este proyecto de las determinaciones VDE posiblemente se publicará como una parte de la determinación VDE 0106.

[2]) Los formularios pueden ser adquiridos en: Carl-Heymann-Verlag, Gereonstr. 18–32, 5000 Köln 1 bajo el N.° de pedido ZH1/293.

Las aclaraciones siguientes se han efectuado para dilucidar dudas que frecuentemente se presentan en relación al reglamento de prevención de accidentes (UVV).

La asociación profecional como aseguradora para oficios e industrias, ve en la reducción de accidentes una de sus principales funciones. Para ello, publica reglamentos y prescripciones para prevenir accidentes en los distintos campos disciplinas y ocupaciones, así como para herramientas e instalaciones.

El ministerio alemán del trabajo aprueba y pone en vigor estos reglamentos de prevención de accidentes. Violaciones a ellos pueden ser castigados con multas.

El reglamento de prevención de accidentes de las asociaciones profesionales para instalaciones eléctricas y sus componentes (VBG 4) se dirige en su mayor parte a los usuarios, aunque presupone que el fabricante o el edificador suministren equipos que permitan un servicio en conformidad con el reglamento de prevención de accidentes.

1.4.1.3 Medidas a tomarse en caso de modificaciones o ampliaciones de combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica

Los siguientes puntos han de considerarse cuando una combinación de aparatos de maniobra montada en fábrica sea ampliada o modificada:

- Cuando se montan aparatos previstos para ser manipulados ocasionalmente, hay que tomar medidas según la determinación VDE 0100 parte 750.
- Hay que confirmar si el aparato a montarse ya llena las exigencias impuestas por la VDE 0100 parte 750. Si éste no es el caso, habrá que incorporar cubiertas o tomar otras medidas adicionales.
- Hay que comprobar si el aparato será montado de tal manera, que cuando éste se encuentre en servicio, ninguna pieza bajo tensión quede accesible en el espacio protegido. Si éste no es el caso, habrá que prever cubiertas adicionales o, en su defecto, el lugar de accionamiento deberá ser trasladado.
- Las conexiones de los aparatos montados en las puertas deberán efectuarse de tal manera, que aquellas no puedan ser tocadas con la palma de la mano, en caso contrario deberán utilizarse cubiertas de bornes.

1.4.2 Protección en caso de contacto indirecto

Cuando se toman medidas adicionales al aislamiento normal de un aparato, con el fin de impedir que fallas en el aislamiento del mismo permitan que personas o animales domésticos sean expuestos a tensiones peligrosas en caso de contacto con piezas que normalmente no se encuentran bajo tensión, se dice que existe una protección contra contacto indirecto.

En la actualidad se toman como peligrosas las tensiones más altas que:

- 65 V en caso de corriente alterna (valor efectivo) y
- 65 V en caso de corriente continua.

En ambos casos se trata de tensiones entre fase/polo y tierra.

En caso que la red no tenga conductor puesto a tierra, se trata de la tensión que se presenta, cuando ocurre un cortocircuito a tierra, entre los otros conductores y tierra.

Cuando la VDE 0100 esté completamente equiparada a IEC (CEI), los límites serán:

- 50 V en caso de corriente alterna (valor efectivo) y
- 120 V en caso de corriente continua.

Para aplicaciones especiales los límites actuales y los futuros pueden ser muy altos. Este es el caso, por ej., en hospitales y en instalaciones agropecuarias, donde la tensión máxima es de 24 V, tanto para corriente alterna como para corriente continua.

En la VDE 0100 que actualmente rige, se describen ocho medidas de protección, separadas en dos grupos:

Medidas de protección sin conductor de protección (conductor PE)

- Tensión baja para protección,
- Aislamiento de protección,
- Seccionamiento de protección.

Medidas de protección con conductor de protección

- Puesta a neutro,
- Puesta a tierra,
- Conexión de protección por falla a tierra,
- Conexión de protección por tensión de falla,
- Sistema de conductores de protección.

En un circuito pueden ser utilizados distintas medidas de protección, sí éstas no se influencian mutuamente.

1.4.2.1 Medidas de protección sin conductor de protección

Tensión baja para protección según VDE 0100 § 8

Esta medida de protección no tiene significación alguna para la construcción de distribuciones. En todo caso, se podría utilizar para la alimentación individual de aparatos que se encuentran fuera de las distribuciones.

Aislamiento de protección según VDE 0100 § 7

La utilización de distribuciones o instalaciones de maniobra con aislamiento de protección, está limitada por la problemática de la extracción de calor y por el tamaño y peso de los aparatos utilizados. Las distribuciones con aislamiento de protección ofrecidas en los catálogos NV son adecuadas para un amplio campo de aplicación.

Cuando se protege mediante un aislamiento de protección se tienen dos alternativas básicas:

- Aislamiento completo de los aparatos.
- Aislamiento del contorno de los aparatos (aislamiento del sitio de instalación), por ej., aislamiento del piso, de las paredes etc.

Para lograr un aislamiento completo, los aparatos con aislamiento normal se colocan en una carcasa o caja de material aislante completamente cerrada; otra posibilidad es utilizar un aislamiento normal reforzado o un aislamiento doble.

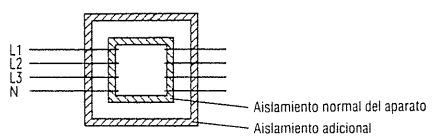


Fig. 1.1
Aislamiento de protección formado por el aislamiento normal del aparato y un aislamiento adicional

Las características del aislamiento de protección son:

- Solamente piezas aisladas pueden salir de la carcasa, es decir, las piezas metálicas deben estar completamente separadas de las piezas metálicas internas, tanto de las activas como de las pasivas. Para ello pueden utilizarse piezas intermedias de material aislante.
- No es permitido conectar el conductor de protección a los aparatos con aislamiento de protección, es decir, es prohibido conectar piezas de metal pasivas con el conductor PE. El paso (aislado) de conductores de protección es permitido, por ej., mediante barras PE/PEN con montaje aislado.
- Solamente los aparatos caracterizados con el símbolo ⧈ son reconocidos como aparatos con aislamiento de protección.

Cuando se aisla el contorno de los aparatos, todas las piezas conductoras que no pertenecen al aparato deben separarse de tierra mediante piezas intermedias de material aislante o las piezas conductoras deben quedar fuera del alcance de la mano.

Seccionamiento de protección según VDE 0100 § 14

El seccionamiento de protección no tiene importancia para la construcción de distribuciones o de instalaciones de maniobra. Su utilización casi exclusiva es la alimentación individual de aparatos determinados y en todo caso para las instalaciones de alimentación de energía de emergencia.

1.4.2.2 Medidas de protección con conductor de protección

Las CAMF ofrecidas en los catálogos NV puden ser provistas con conductor de protección independientemente de la medida de protección utilizada. Solamente en las redes con conductor neutro hay que aclarar con anterioridad, sí la instalación se construirá con cuatro o cinco conductores, es decir, con conductor PEN, con conductores PEN y N o con conductores PE y N. También en redes con sistema de conductores de protección hay que aclarar si se utilizará un conductor N.

Protección mediante puesta a neutro según VDE 0660 § 10

Esta es la medida de protección mas utilizada, ya que a pesar de sus bajos costos, es una medida muy segura si se aplica correctamente.

La protección mediante puesta a neutro se logra, dependiendo de la sección de los conductores utilizados,

- ▷ conectando el objeto a proteger con un conductor de protección (PE) al conductor neutro (PEN), sí los conductores tienen una sección de cobre hasta de 10 mm²;
- ▷ conectando el objeto a proteger directamente al conductor neutro (PEN) o igualmente a través de un conductor de protección intermedio (PE), sí los conductores tienen una sección de cobre mayor de 10 mm².

En caso de una falla (cortocircuito entre una fase – L1, L2 o L3 – y el objeto puesto a neutro) debe circular como mínimo la corriente de desconexión I_A del elemento de protección contra sobreintensidades preconectado.

El valor de I_A se calcula tomando como base la intensidad nominal I_N del fusible o del interruptor de protección de conductores (automáticos del tipo L o del tipo H según VDE 0641) y utilizando la relación:

$$I_A = k \cdot I_N;$$

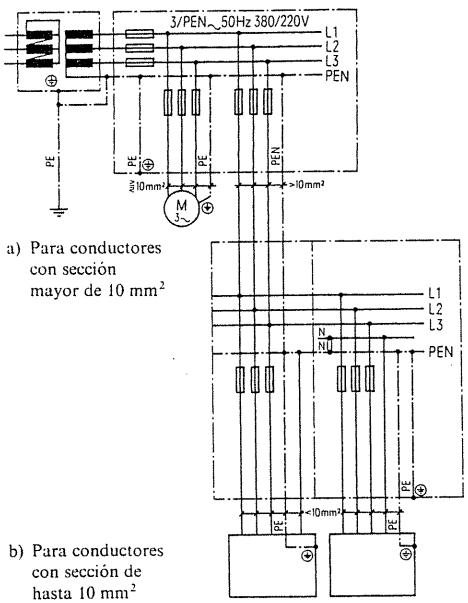
cuando se utilizan interruptores de potencia (según VDE 0660), para el cálculo de I_A, se toma como base la corriente ajustada en el disparador sin retardo del interruptor I_i (corriente de respuesta del disparador) y utilizando la relación:

$$I_A = k \cdot I_i.$$

El valor del factor k se toma de la tabla 1.7.

Ejemplo:

A continuación se muestra como comprobar mediante cálculo la efectividad de la puesta a neutro como medida de protección, para la cual se exige que, en caso de un cortocircuito entre una fase y el conductor neutro, fluya como mínimo una corriente de falla I_F igual a la corriente de desconexión I_A del fusible o interruptor preconectado.



a) Para conductores con sección mayor de 10 mm²

b) Para conductores con sección de hasta 10 mm²

Fig. 1.2
Ejemplos para la aplicación de la medida de protección mediante puesta a neutro

Tabla 1.7
Factor k para diferentes dispositivos de protección contra sobreintensidades

Dispositivo de protección	Factor k	
	en instalaciones de consumidores	en redes con cables y conductores desnudos, en líneas de transmisión y en cajas de conexión de instalaciones domiciliares
Fusibles de la clase de servicio gL según VDE 0636		
hasta 50 A	3,5	2,5
desde 63 A	5	2,5
Interruptores de potencia según VDE 0660, con disparadores sin retardo o con retardo independiente de la corriente	1,25	1,25
Automáticos según VDE 641		
Tipo L	3,5	2,5
Tipo H	2,5	

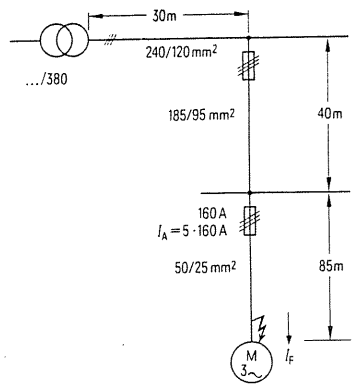


Fig. 1.3
Diagrama del ejemplo para la comprobación mediante cálculo de la efectividad de la puesta a neutro como medida de protección

La resistencia del conductor se calcula con la siguiente relación:

$$R = \frac{\varrho \cdot l}{A}.$$

l = Longitud total del conductor en m
A = Sección del conductor en mm²
ϱ = Resistencia específica del conductor en $\Omega\,\text{mm}^2/\text{m}$ ($\varrho_{Cu} = 1/56$)

La resistencia total R_t de los conductores en la fig. 1.3 está compuesta por:

$$R_t = R_{30\,m} + R_{40\,m} + R_{85\,m}$$

$$R_t = \frac{30}{56 \cdot 240} + \frac{30}{56 \cdot 120} + \frac{40}{56 \cdot 185} + \frac{40}{56 \cdot 95} + \frac{85}{56 \cdot 50} + \frac{85}{56 \cdot 25}$$

$$R_t = 0{,}0022\ \Omega + 0{,}0044\ \Omega + 0{,}0038\ \Omega + 0{,}0072\ \Omega + 0{,}0303\ \Omega + 0{,}0607\ \Omega$$

$$R_t = 0{,}1089\ \Omega.$$

Nota

El cálculo correcto se efectúa utilizando la impedancia completa de los conductores, es decir, incluyendo la resistencia inductiva con aproximadamente 80 mΩ/km y tomando en cuenta la impedancia del transformador. En el ejemplo anterior solamente fue considerada la resistencia óhmica de los conductores. En casos límites, cuando, por ej., la corriente de falla calculada sea solamente 10% mayor que la corriente de desconexión del aparato de protección preconectado, hay que tomar en cuenta para el cálculo las resistencias óhmica e inductiva de los conductores.

En nuestro ejemplo, la corriente máxima de falla I_F en conformidad con la resistencia total R_t adquire un valor de:

$$I_F = \frac{220\ \text{V}}{0{,}1089\ \Omega} = 2020\ \text{A}.$$

La corriente de desconexión I_A de un fusible de 160 A en instalaciones de consumo con un factor $k = 5$ (véase tabla 1.7) es de:

$$I_A = 160\ \text{A} \cdot 5 = 800\ \text{A}.$$

En este ejemplo, por tanto, se llenan los requisitos impuestos a los fusible de protección contra cortocircuitos cuando se utiliza la puesta a neutro como medida de protección. De igual manera debe comprobarse la selección de los fusibles preconectados para la protección de los conductores.

El cumplimiento de los requisitos para la utilización de la puesta a neutro como medida de protección no excluye que, según VDE 0100 partes 430 y 523, se exija otra coordinación entre fusibles y sección de conductores para la protección contra cortocircuitos.

Puesta a tierra como medida de protección según VDE 0100 §9

La puesta a tierra como medida de protección tiene la finalidad que, en caso de una falla en el aislamiento de un cuerpo puesto a tierra, ocurra una desconexión mediante los aparatos de protección contra sobreintensidades.

Cuando un objeto está puesto a tierra, la corriente de falla I_F circula directamente del objeto, a través de la tierra, hacia el punto de la red puesto a tierra. En lugar de una puesta a tierra individual de varios cuerpos, éstos pueden conectarse a un conductor de protección común puesto a tierra. El retorno de la corriente puede ser a través de la tierra o mediante la utilización de la tubería de agua potable.

En dependencia del retorno de la corriente de falla, existen distintas exigencias a la resistencia de la

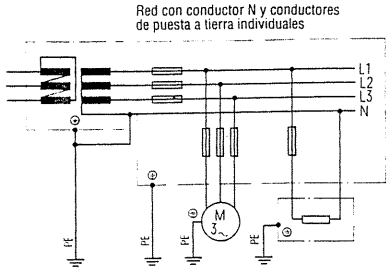


Fig. 1.4
Protección mediante puesta a tierra en una red con conductor neutro y conductores individuales de puesta a tierra. Ejemplo de VDE 0100

puesta a tierra: Para los cuerpos puestos a tierra individualmente la resistencia no debe ser mayor que

$$R_{PE}=\frac{65\ V}{I_A}$$

I_A = Corriente de desconexión del aparato de protección preconectado

Cuando se utiliza la tubería de agua potable para la puesta a tierra de aparatos, el conductor de protección puesto a tierra debe conectarse cuantas veces sea posible a los tubos principales de la cañería. La resistencia no debe sobrepasar el valor de

$$R_S=\frac{U_{PE}}{I_A}.$$

U_{PE} = Tensión entre fase y tierra
I_A = Corriente de desconexión del aparato de protección preconectado

La puesta a tierra como medida de protección se utiliza normalmente en redes puestas a tierra. Su utilización en redes no puestas a tierra se permite si en caso de una falla doble a tierra circula como mínimo la corriente de desconexión I_A del aparato de protección preconectado. La sección mínima de los conductores de protección está determinada en VDE 0100.

La puesta a tierra como medida de protección en la actualidad tiene poca importancia, ya que la resistencia necesaria, en dependencia de la corriente de desconexión del aparato de protección, difícilmente puede ser alcanzada.

Conexión de protección por falla a tierra

Esta conexión tiene como fin evitar que tensiones peligrosas permanezcan en los objetos cuando una corriente de falla fluya a través del objeto o a tierra. La falla la desconecta el interruptor diferencial de falla a tierra (interruptor FI) en un tiempo comprendido en 0,2 s.

La medida de protección mediante una conexión de protección por falla a tierra es una de las más seguras, si se utilizan interruptores FI con una corriente nominal de falla menor o igual a 0,03 A.

Los principales requisitos para una conexión de protección por falla a tierra son:

- ▷ El punto de estrella o el conductor neutro debe estar puesto a tierra; en los circuitos auxiliares uno de los dos conductores.
- ▷ La resistencia de la puesta a tierra debe ser como máximo 2 Ω para los conductores antes mencionados.
- ▷ La resistencia del conductor PE depende de la máxima tensión de contacto permitida U_B y de la corriente nominal de falla $I_{\Delta N}$ del interruptor FI.

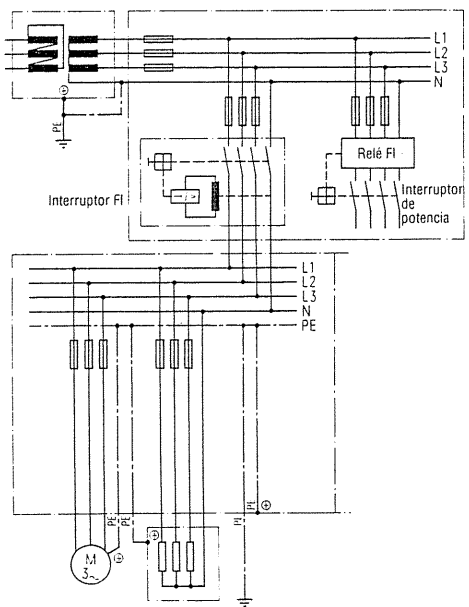


Fig. 1.5
Conexión de protección por falla a tierra. Ejemplo de VDE 100 § 13

$$R_{PE}=\frac{U_B}{I_N}.$$

De tal manera, la resistencia necesaria para U_B = 65 V e $I_{\Delta N}$ = 0,5 A es de 130 Ω.

Para U_B = 65 V e $I_{\Delta N}$ = 0,03 A, el valor de R_{PE} es de 2166 Ω.

- ▷ Las carcasas o cajas de los aparatos deben estar unidas por un conductor de protección puesto a tierra.
- ▷ Los conductores de protección en cables llenan estos requisitos y se deben de utilizar con preferencia.
- ▷ Los conductores neutro deben ser desconectados por el interruptor FI.
- ▷ Para las instalaciones de maniobra y para las distribuciones deben tomarse medidas de protección adicionales, ya que los interruptores FI solamente protegen a los aparatos postconectados.

Interruptores FI para corrientes de falla alternas y para corrientes de falla continuas pulsantes así como para desconexión selectiva son ofrecidos en el catálogo I2. Como complemento se ofrecen en el catálogo NS1 relés de falla a tierra, con o sin retardo.

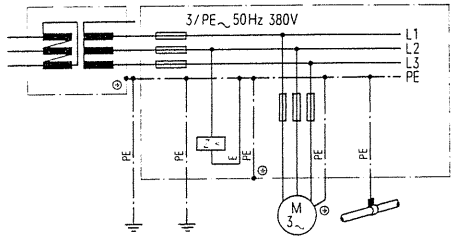
Conexión de protección por tensión de falla según VDE 0100 § 12

Su finalidad es desconectar al consumidor cuando entre su carcasa y tierra se produzca una tensión de contacto peligrosa. Para ello, el interruptor de protección por tensión de falla (interruptor FU) desconecta al consumidor en un tiempo menor o igual a 0,2 s. Debido a su rapidez, la protección que brinda la conexión de protección por tensión de falla es muy eficaz.

La utilización de esta medida de protección está limitada por las exigencias impuestas al conector auxiliar a tierra, el cual debe estar aislado contra la carcasa del consumidor, contra el conductor de protección y contra cualquier pieza de metal que esté en contacto con la carcasa del aparato protegido, para que la bobina de tensión de falla no pueda ser puenteada.

Sistema de conductores de protección según VDE 0100 § 11

En este sistema, todos los aparatos están unidos entre si y con conectores auxiliares a tierra así como con la cañería de agua potable y demás partes conductoras en edificios. Con ésto, se evita que se produzcan tensiones peligrosas, en caso de fallas en el aislamiento de aparatos, en redes no puestas a tierra.



Z = dispositivo de vigilancia

Fig. 1.6
Sistema de conductores de protección. Ejemplo según VDE 0100 § 11

La utilización de este sistema de conductores solamente está permitido en instalaciones limitadas, por ej., en fábricas con generación propia de energía o con transformador propio con devanados separados. Esta medida de protección se aplica, sobre todo, en instalaciones donde en caso de una falla no se desea una desconexión inmediata.

1.4.3 Medidas de protección según DIN 57100/VDE 0100

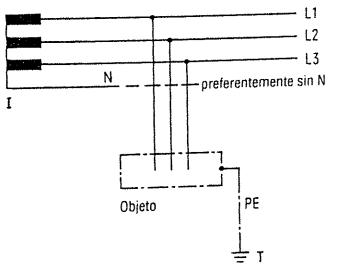
Estas determinaciones alemanas se encuentran en revisión y su publicación será en partes individuales. Para la impresión de este libro habían sido publicadas y se encontraban en vigor:

Parte 430 "Protección de conductores y cables contra sobrecalentamiento" (Sustituye a VDE 0100 § 41 b).

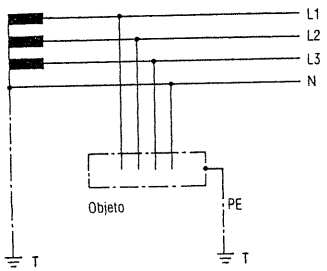
Parte 523 "Dimensionado de conductores y cables. Resistencia mecánica, caida de tensión, cargabilidad".

Diversas modificaciones sufrirán las medidas de protección en la parte 410 debido a los acuerdos internacionales de harmonización.

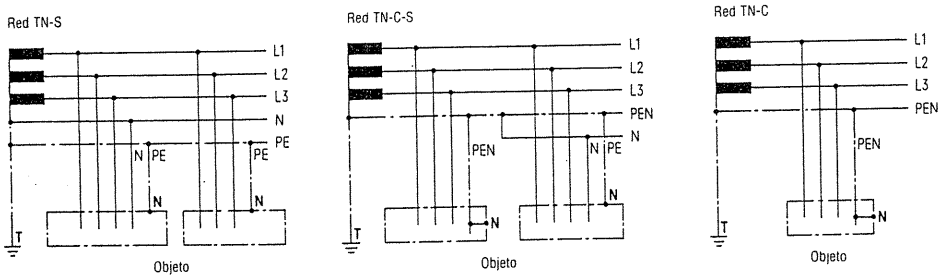
Además de los cambios ya mencionados en lo que respecta a las tensiones de contacto, habrán modificaciones sustanciales en las medidas de protección. En el futuro se darán las siguientes posibilidades en



a) Red IT



b) Red TT



c) Red TN

Fig. 1.7
Medidas de protección según DIN 57100, parte 410/VDE 0100, parte 410

Aclaraciones de las denominaciones

▷ Primera letra: Puesta a tierra de la fuente de energía
T: un punto de la red está puesto a tierra directamente
I: ningún punto de la red está puesto a tierra directamente

▷ Segunda letra: Puesta a tierra de los objetos
T: el objeto está puesto a tierra directamente
N: el objeto está directamente unido al dispositivo de puesta a tierra de la instalación, por ej., con el punto estrella puesto a tierra

▷ Letras adicionales
S: neutro y conductor de protección separados
C: neutro y conductor de protección unidos (en común)

lugar de las ocho medidas de protección actuales (véase fig. 1.7):

▷ Protección mediante desconexión o aviso

en redes tipo IT,
en redes tipo TT y
en redes tipo TN.

La desconexión puede ocurrir mediante:

Equipos de protección contra sobreintensidades,
interruptores FI,
interruptores FU,
dispositivos vigiladores del aislamiento.

El tiempo de desconexión se escalonará en dependencia de la tensión de contacto. El tiempo máximo admisible de desconexión son 5 s.

Si por motivos especiales no se puede lograr una desconexión, la protección se alcanza mediante una compensación local de potencial.

El aviso puede ser dado por un dispositivo vigilador del aislamiento.

▷ Protección mediante aislamiento de protección.

▷ Protección mediante recintos no conductores.

▷ Protección mediante compenzación local de potencial sin potencial de tierra.

▷ Protección mediante seccionamiento de protección.

▷ Protección mediante tensión baja de protección, o bien mediante tensión baja de función.
(Tension baja de función es tensión baja para protección con un conductor puesto a tierra.)

1.4.4 Medidas de protección para la instalación de equipos y distribuciones

Para el cumplimiento de las medidas de protección exigidas para las instalaciones en lo que respecta al contacto indirecto de piezas bajo tensión, son de suma importancia las estipulaciones en VDE 0100 §30a. En ella se indican las medidas a tomarse en pasillos para accionar y dar mantenimiento a las instalaciones; esta determinación garantiza la libertad de movimiento de los operarios y exige que:

▷ instalaciones de maniobra y distribuciones con protección reducida contra contacto directo solamente puedan ser instaladas en recintos eléctricos según VDE 0105 parte 1.

▷ los pasillos y vías de escape llenen una serie de requisitos. El ancho de los pasillos debe estar conforme a VDE 0100. Para las CAMF deben mantenerse las dimensiones exigidas en VDE 0660.

1.4.5 Distancias de aislamiento y de fuga

Entre las principales determinaciones fundamentales se encuentran VDE 0110 y DIN 57110b/VDE 0110b las cuales indican las distancias de aislamiento y de fuga.

En estas determinaciones se encuentran las definiciones de los grupos de aislamiento (A0, A, B, C, D), en dependencia del tipo de recinto y de las influencias ambientales, además se determinan los valores mínimos para las distancias de aislamiento y de fuga, así como las distancias de montaje para cada grupo de aislamiento.

Las tensiones de prueba en dependencia de las distancias de aislamiento son dadas en estas determinaciones.

En el grupo de aislamiento B se encuentran, entre otros, los materiales de instalación. Los aparatos de maniobra de baja tensión según VDE 0660 corresponden al grupo de aislamiento C. Los aparatos de maniobra destinados a vehículos deben llenar las exigencias del grupo de aislamiento D.

En las determinaciones para construir, edificar y equipar, se indica el grupo de aislamiento necesario para los aparatos que serán utilizados. De tal manera, en VDE 0660 parte 5 se exige que todos los aparatos y materiales eléctricos pertenezcan, como mínimo, al grupo de aislamiento C. Una excepción son los aparatos o materiales que solamente se fabrican con un determinado grupo de aislamiento, por ej., los materiales de instalación.

Los aparatos electrónicos (según VDE 0160) también pueden pertenecer a un grupo de aislamiento más bajo si se toman medidas adicionales contra las influencias del ambiente, por ej., incorporándolos en armarios o gabinetes con un tipo de protección IP 5. como mínimo, o si se utilizan en recintos secos y limpios. Otras medidas que pueden ser tomadas son esmaltar o recubrir las placas de circuitos impresos.

Los aparatos, las distribuciones, las instalaciones de maniobra y demás materiales eléctricos ofrecidos en nuestros catálogos NV y NS llenan todas las exigencias impuestas por las determinaciones para la construcción.

En caso que las exigencias al aislamiento sean mayores, por ej., provenientes de las determinaciones para equipar, hay que indicarlo al efectuar el pedido.

1.5 Determinaciones para equipar y normas relevantes

Las determinaciones para equipar (también llamadas determinaciones adicionales) juegan un papel importante en la proyección de instalaciones de maniobra y distribuciones, ya que cuando solamente cumplen las determinaciones para construir, no se satisfacen siempre exigencias adicionales para distintas condiciones de servicio.

Cuando se utilizan aparatos de maniobra, distribuciones o instalaciones de maniobra bajo condiciones definidas, es imprescindible tomar en cuenta las determinaciones para equipar, por ej.:

- ▷ en recintos médicos (véase VDE 0107),
- ▷ cuando se equipan máquinas de manufactura y elaboración con las cuales se preparan, moldean, trituran, secan o someten a otros procesos las materias primas (véase VDE 0113), las cuales se emplean para procesos típicos de producción (véase VDE 0100 §27),
- ▷ en complejos para la aglomeración de personas, por ej. hospitales, almacenes, teatros etc. (véase VDE 0108),
- ▷ en recintos expuestos por materiales explosivos (véase VDE 0166),
- ▷ instalaciones eléctricas en minas, canteras, explotaciones mineras a cielo abierto (véase VDE 0168).

Cuando no se toman en cuenta las determinaciones para equipar, las enmiendas necesarias que hay que efectuar posteriormente pueden afectar sensiblemente los costos y los plazos de entrega.

Los temas principales de las determinaciones para equipar, conciernen a los interruptores principales y a los interruptores de desconexión de emergencia (DES-EMERGENCIA) según VDE 0113.

1.5.1 Interruptores principales

Los interruptores principales se exigen especialmente en VDE 0113 y en IEC (CEI) 204. En las demás determinaciones, por ej., en VDE 0100g §27, por lo general solamente se exige la posibilidad de dejar la instalación libre de tensión mediante los dispositivos para el caso.

Toda máquina de elaboración o manufactura debería estar equipada con un interruptor principal, el cual separe completamente de la red todos los equipos eléctricos durante los trabajos de limpieza, mantenimiento y reparación así como durante paros prolongados del servicio.

Los interruptores principales deben dimensionarse para la suma de las corrientes nominales de todos los consumidores de las máquinas en las cuales se incorporan.

Las características de los interruptores principales de Siemens son:

- ▷ Ellos tienen las propiedades de seccionadores, es decir ellos separan todas las vías de corriente de un circuito, teniendo una indicación confiable de la posición de maniobra. Las distancias de separación son suficientes para la protección de personas.
- ▷ Ellos son como mínimo interruptores bajo carga, es decir, tienen una capacidad de ruptura en el orden de la intensidad nominal de los consumidores y, por tanto, los puede conectar y desconectar cuando prestan servicio normal.
- ▷ Ellos pueden ser accionados manualmente y tienen solamente una posición CON y una posición DES con sus correspondientes topes.
- ▷ Ellos poseen una indicación de la posición de maniobra la cual solamente indica DES cuando todos los contactos han alcanzado las distancias de aislamiento prescritas.
- ▷ La manija de los accionamientos giratorios es negra. La posición CON está caracterizada con una I, la posición DES se caracteriza con la ○. La manija puede cerrarse con llave en la posición DES, por ej., mediante candados.
- ▷ El interruptor principal separa simultáneamente a todos los conductores que no están puestos a tierra.
- ▷ Todas las piezas que se encuentran bajo tensión cuando el interruptor está en la posición DES, pueden ser cubiertas con las tapas que se suministran con el interruptor.

Los interruptores de potencia con accionamiento a distancia pueden ser utilizados como interruptores principales si no existe el peligro que los contactos se toquen estando enclavado el interruptor, es decir, cuando el disparador de mínima tensión no se encuentra exitado y se da una orden de conexión, los contactos no deben llegar a tocarse.

En el programa de interruptores contenido en los catálogos NS1 y NS2 se ofrecen interruptores principales para intensidades nominales de servicio hasta 4000 A.

1.5.2 Interruptores DES-Emergencia

El tema DES-Emergencia es tratado principalmente en VDE 0113, aunque también es tratado en otras determinaciones.

En VDE 0100g §27 por ej., se imponen a los "accionamientos y grupos de accionamientos" las mismas exigencias para DES-Emergencia como en VDE 0113.

Para evitar riesgos y daños a personas o a las máquinas, éstas deberían poder ser detenidas inmediatamente en caso de peligro.

Los interruptores para DES-Emergencia deben poder desconectar al mismo tiempo la corriente del motor de mayor potencia con el rotor bloqueado y la suma de las intensidades nominales del resto de los consumidores.

Las características de los interruptores de DES-Emergencia de Siemens son:

- ▷ Los contactos se abren forzosamente, es decir, durante la desconexión, por lo menos en una parte del trayecto, no hay ninguna pieza elástica intercalada y, por tanto, los contactos son separados con seguridad.
- ▷ La manija es de un color rojo vivo muy notorio.
- ▷ La superficie tras la manija es de color amarillo que contrasta con el rojo y lo hace resaltar.

Con ésto, los interruptores Siemens para DES-Emergencia cumplen con las determinaciones VDE 0113 e IEC (CEI) 204.

▷ En el programa de interruptores contenido en los catálogos NS1 y NS2 se ofrecen interruptores para DES-Emergencia para intensidades nominales de servicio hasta 4000 A.

Indicaciones para la utilización

Generalmente las maquinas se equipan con interruptores principal y DES-Emergencia separados. Esto es apropiado, ya que el interruptor para DES-Emergencia debe estar al fácil alcance del operador y el interruptor principal normalmente se incorpora en el tablero.

Para poder maniobrar con facilidad los interruptores para DES-Emergencia es aconsejable seleccionar interruptores con accionamiento manual directo, solamente para intensidades nominales hasta 63 A. Si se necesitan interruptores para intensidades nominales más altas, es oportuno utilizar ejecuciones con disparadores de mínima tensión, los cuales deberán ser accionados mediante un pulsador tipo hongo de color rojo tipo 3SB1000 ... con fondo amarillo. De esta manera, la fuerza requerida para el accionamiento es considerablemente menor.

En los mandos de máquinas, muy a menudo se utilizan dispositivos para DES-Emergencia compuestos por un contactor y un pulsador rojo en forma de hongo en lugar de un interruptor para DES-Emergencia.

Combinación Interruptor principal-interruptor DES-Emergencia

En máquinas pequeñas sin tablero de control y alimentación separados habría que colocar ambos interruptores uno junto al otro. En este caso, puede ser utilizado el mismo aparato para para ambas funciones, si al mismo tiempo se llenan los requisitos para los interruptores principales y para los interruptores DES-Emergencia.

1.5.3 Interruptores de seguridad

Interruptores de seguridad son aparatos de maniobra especiales para aplicaciones específicas, por ej., para mezcladoras de esmaltes en las cuales, cuando se cambia el color del esmalte a agitarse, es necesario meterse en el recipiente. En este caso hay que emplear un interruptor de seguridad, el cual separa los conductores de alimentación e impide de una manera fiable ser conectado por personal no autorizado.

En la actualidad, en ninguna de las determinaciones VDE válidas se exigen interruptores de seguridad. Sus características tampoco están exactamente definidas. Unicamente en el proyecto VDE 0100 parte 537 se describen "Aparatos de desconexión para mantenimiento mecánico". Allí se exige que ellos

- ▷ sean instalados en la alimentación principal.
- ▷ puedan conectar y desconectar la corriente de carga de la parte de la instalación correspondiente.
- ▷ estén de tal manera construidos, que una conexión involuntaria sea impedida.

1.5.4 Equipos eléctricos de máquinas de manufactura y elaboración para la exportación

Entre las diversas determinaciones nacionales e internacionales para los equipos eléctricos de máquinas de manufactura y elaboración existen diferencias parciales. En algunos países, por otra parte, no existen determinaciones propias correspondientes. Por tanto, cuando se exportan equipos eléctricos como parte de máquinas de elaboración y manufactura, hay que aclarar cuales determinaciones hay que cumplir y que diferencias con respecto a las determinaciones nacionales hay que considerar.

A continuación se indican ciertas diferencias entre las determinaciones de diversos países y se ennumeran las principales determinaciones que hay que considerar. Esta sinopsis no intenta ni puede sustituir el estudio detallado de las determinaciones correspondientes.

Determinaciones para aparatos individuales

En la mayor parte de los países pueden utilizarse aparatos de maniobra sin aprobación, si son parte de los equipos eléctricos de máquinas importadas (véase el cap. 1.2.2). Para suministros al Canadá hay que prever solamente aparatos de maniobra con la aprobación CSA. Para suministros a USA debe aclararse con el cliente, si en los mandos se exigen aparatos enlistados en UL (Recognized Component). Para suministros al Canadá y, en parte, para USA hay que prever para el cableado los conductores autorizados en dichos países. Las dimensiones y las curvas características de fusión de los fusibles fabricados conforme a las determinaciones de USA, Canadá, Suiza y en parte Gran Bretaña son distintas a las de los fusibles fabricados conforme las normas DIN. Para asegurar el suministro de repuestos, hay que aclarar con el cliente el tipo de fusible que debe ser utilizado.

Determinaciones para los equipos eléctricos

Las principales determinaciones nacionales e internacionales para máquinas de elaboración y manufactura y máquinas-herramienta, en las cuales se estipula como deben ser ejecutados los mandos (véa el cap. 1.3.1), son:

Recomendaciones internacionales

IEC (CEI) 204-1 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta",

IEC (CEI) 204-2 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta, las cuales se utilizan en la producción de grandes series",

IEC (CEI) 204-3 "Equipos electrónicos para máquinas-herramienta".

República Federal de Alemania

VDE 0113 "Determinaciones para los equipos eléctricos de máquinas de elaboración y manufactura",

DIN (Véanse las indicaciones en VDE 0113)

Francia

NF C79-100 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta para usos generales",

NF C79-110 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta para trabajo pesado",

NF C79-120 "Equipos electrónicos para máquinas-herramienta".

Gran Bretaña

BS 2771 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta",

BS CP 1015 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta de uso industrial",

India

IS 1356-1 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta".

Italia

CEI 44.1 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta",

CEI 44.2 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta, máquinas para producción en serie",

CEI 44.3 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta, equipos electrónicos".

Canadá

CSA 22.2 N° 73 "Equipos eléctricos para máquinas-herramienta",

CSA 22.2 N° 105 "Equipos eléctricos para máquinas para trabajar madera".

USA

Recomendaciones JIC EMP-1 "Estándares eléctricos para máquinas para la producción en serie",

Recomendaciones JIC EGP-1 "Estándares para máquinas-herramienta de uso general",

NFPA N° 79 "Máquinas-herramienta para trabajar metales" (NFPA: National Fire Protection Association),

NEC "National Electrical Code".

En diversos países, los equipos eléctricos de las máquinas para manufactura y elaboración son sometidos a pruebas y ensallos por entidades nacionales. Estas pruebas, por lo general, se limitan a la comprobación del cumplimiento de las determinaciones para la construcción.

Determinaciones para edificar equipos eléctricos

En diversas determinaciones nacionales para edificar se encuentran párrafos con descripciones generales. Si en alguno de esos párrafos se encuentran indicaciones de importancia para la construcción de mandos y controles, las mismas instrucciones se encuentran en las determinaciones específicas de la materia.

En la República Federal de Alemania rigen para la edificación de equipos eléctricos para máquinas de elaboración y manufactura las determinaciones VDE 0100 y VDE 0113. La determinación VDE 0100 tiene validez solamente hasta los bornes de las líneas de alimentación de la máquina. Por otra parte, VDE 0113 contiene exigencias para la máquina y todos sus equipos eléctricos, por ej., para los tableros colocados por separado y los conductores que los unen a las máquinas.

1.5.5 Colores distintivos para indicadores luminosos y pulsadores

En las determinaciones IEC (CEI) 73/VDE 0199/2.78 se definen significados inequívocos para colores determinados. Con ello se desea aumentar la seguridad del personal de servicio y facilitar el manejo y mantenimiento de instalaciones y equipos eléctricos.

En las tablas 1.8 y 1.9 se indican los colores de los indicadores luminosos y de los pulsadores, así como su significado y los campos de aplicación.

Tabla 1.8
Colores para indicadores luminosos y su significado

Color	Significado	Aclaraciones	Aplicaciones típicas
Rojo	Peligro, alarma	Aviso ante peligro inminente o ante situaciones que requieren una intervención inmediata	Temperatura fuera de los límites permitidos; partes importantes del equipo paradas debido a la reacción de un aparato de protección
Amarillo	Cuidado, prestar atención	Cambios en la situación o aviso previo a ellos	Temperatura fuera de los límites normales; sobrecarga, cuya duración permitida es limitada
Verde	Seguridad, servicio normal	Indicación de un servicio normal y seguro; desenclavamiento para las siguientes actividades	Líquido refrigerante en circulación; máquina lista para arrancar
Azul	Informaciones especiales	Azul puede tener culquier significado, excepto los tres antes mencionados	Selector en la posición elevar
Blanco	Informaciones generales	Blanco puede tener también cualquier significado, se emplea si existen dudas en la utilización de los colores rojo amarillo y verde, por ej., como confirmación	

Tabla 1.9
Colores para pulsadores y su significado

Color	Significado	Aplicaciones típicas
Rojo	Maniobrar en caso de peligro	Parada de emergencia
	Stop (parar); desconectar	Desconectar todo; detener uno o más motores; parar partes de máquinas; desconectar un aparato de maniobra; botón de reposición combinado con función de paro
Amarillo	Intervención externa	Intervención para suprimir condiciones anormales o para evitar cambios indeseados
Verde	Start (conectar)	Conectar todo; poner en marcha uno o más motores; arrancar partes de máquinas; conectar un aparato de maniobra
Azul	Para cualquier función no contemplada en los colores anteriores	
Negro Gris Blanco	No tienen ningún significado especial	Pueden ser utilizados para cualquier función, menos para parar, detener, desconectar y apagar

1.5.6 Clases de protección IP para protección contra contacto, cuerpos extraños y agua

Hasta hace poco tiempo se logró a nivel internacional una equiparación de las normas relevantes concernientes a las estipulaciones de la clase de protección IP necesaria para las instalaciones de maniobra y distribuciones.

Una serie de determinaciones y normas, sin embargo, todavía no están adaptadas a la situación actual de normalización en lo que respecta a las clases de protección IP.

1.5.6.1 Clases de protección IP según DIN e IEC (CEI)

En todas las categorías de determinaciones se imponen exigencias a las cajas, envolventes o encapsulamientos de aparatos de maniobra, distribuciones e instalaciones de maniobra concernientes a la protección contra contacto, cuerpos extraños y agua. Para ello normalmente se indica la clase de protección IP requerida.

La descripción del grado de protección alcanzado en función de la clase de protección IP exigida se detalla en:

DIN 40050 Julio 1980 — "Clases de protección IP. Protección contra contacto, cuerpos extraños y agua, para aparatos eléctricos" (véase tabla 1.10).

Las pruebas y ensayos correspondientes (aparatos, procedimientos y exigencias) están estipulados en:

DIN 40052 — "Prueba de la protección contra cuerpos extraños, cámara de polvo",

DIN 40053 partes 1 a 5 — "Prueba de la protección contra agua",

VDE 0470 parte 1 — "Prueba de la protección contra contacto. Dedo de prueba según IEC (CEI)".

El contenido de estas normas equivale al contenido de:

IEC (CEI) 529 incl. complemento Nº 1 — "Classification of degrees of protection provided by enclosures".

Esta publicación fué declarada por CENELEC como documento de armonización.

El proyecto de la revisión de la publicación IEC (CEI) 144, es a su vez proyecto de DIN-IEC (CEI) 17B (Co) 116 y sustituira las estipulaciones específicas contenidas en DIN 40053 parte 8/1976, DIN 40050 parte 3 (proyecto) e IEC (CEI) 144/1963 concernientes a los aparatos para servicio en instalaciones eléctricas. Con ésto, la norma DIN será la versión armonizada de la futura publicación IEC (CEI) 144.

Las normas y determinaciones afectadas por estos cambios serán adaptadas a ellos en forma consecuente con el tiempo.

Tabla 1.10
Descripción abreviada de los grados de protección según DIN 40050/1980 e IEC (CEI) 529

Cifra característica	1ª cifra característica: Grado de protección contra contacto y cuerpos extraños	2ª cifra característica: Grado de protección contra agua
0	Ninguna protección especial	Ninguna protección especial
1	Ninguna protección contra contacto intencional, pero si contra cuerpos de superficie grande. Mantiene alejados a cuerpos extraños de diámetro superior a 50 mm	Protección contra la caida vertical de gotas de agua
2	Protección contra contacto con los dedos u objetos semejantes. Protege contra cuerpos extraños de diámetro superior a 12 mm	Protección contra gotas de agua cayendo en un ángulo de hasta 15° con respecto a la vertical
3	Mantiene alejados a cables y alambres de diámetro superior a 2,5 mm. Protección contra cuerpos extraños de diámetro superior a 2,5 mm	Protección contra rociado de agua cayendo en un ángulo de hasta 60° con respecto a la vertical
4	Mantiene alejados a cables y alambres de diámetro superior a 1 mm. Protección contra cuerpos extraños de diámetro superior a 1 mm	Protección contra proyección de agua desde cualquier dirección
5	Protección completa contra contacto. Protección contra depositos perjudiciales de polvo	Protección contra chorros de agua desde todas las direcciones
6	Protección completa contra contacto. Protección contra la penetración de polvo	Protección contra mar gruesa o marejada. Protección contra chorros fuertes de agua
7		Protección contra entrada dañina de agua en caso de inmersión
8		Protección contra entrada de agua en caso de sumersión

En comparación a las estipulaciones actuales, la nueva DIN-IEC (CEI) 17B (Co) 116 traera una serie de importantes cambios para las clases de protección. Finalmente hacemos mención a los siguientes puntos:

- ▷ La información dada por la 1ª cifra característica de un grado de protección IP, no comprende la descripción completa de la protección contra contacto. Ella da solamente datos referentes a la protección de personas contra contacto de las piezas que en servicio se encuentran bajo tensión o en movimiento, los cuales han sido obtenidos mediante los instrumentos de prueba correspondientes.
  Exigencias más amplias para la protección contra contacto directo se encuentran en las determinaciones fundamentales y en las determinaciones correspondientes para construir y edificar (véase cap. 1.4.1).
- ▷ En diversas licitaciones se hace mención a una 3ª cifra característica, la cual describe la protección contra daños mecánicos. En esos casos se trata del suplemento de la versión francesa de la norma para las clases de protección IP (NF/UTE C20-010).
- ▷ El dato aislado de la clase de protección IP no es suficiente para determinar la aptitud de aparatos e instalaciones en caso de condiciones de servicio y medio ambiente severas (véase cap. 1.6.2).

1.5.6.2 Clases de protección según las determinaciones de otros países

Un cuadro sinóptico de las determinaciones nacionales para las clases de protección se muestra en la tabla 1.11.

Tabla 1.11
Determinaciones nacionales para la clase de protección

País	Determinación	Aclaraciones
Suecia	SEN 2121-1960	Semejante a DIN 40050, pero en lugar de IP, se utiliza la letra S como sigla característica
Finlandia Noruega Suiza	E1 (1974) NEMKO 22/52 SEV 0119, 1955 SEV 1000, 1974	Semejantes a las determinaciones CEE 24/1962
Francia	NF/UTE C20-010	Adicionalmente 3ª cifra característica para la protección contra daños macánicos
USA Canadá	NEMA ICS 6-1978 CSA C22.2 N° 94 1976	Diferencias considerables respecto a IEC (CEI) 144 e IEC (CEI) 529
Australia	AS 1939-1976	Equivale a IEC (CEI) 529/1976; es decir la tabla 1.10 tiene validez

1.6 Condiciones de servicio y medio ambiente

Tanto los aparatos de maniobra de baja tensión contenidos en los catálogos NS, como las combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica, pueden ser utilizados bajo las condiciones de servicio y medio ambiente para ellas estipuladas en VDE 0660.

1.6.1 Condiciones climáticas

EN DIN 50010 se definen los siguientes conceptos climáticos:

- ▷ *Clima interior* es el clima en cuartos y recintos construidos de tal manera, que los objetos que se encuentran en ellos no son afectados en medida mesurable por el clima al aire libre.

  Nota: El clima interior puede estar determinado en su mayor parte por fuentes de calor o humedad, por polvo e influencias químicas, por ej., por la presencia de personas, animales o plantas, así como por instalaciones de calefacción o aire acondicionado y, por instalaciones de pequeña industria.
- ▷ *Clima al aire libre* es el clima que afecta a los objetos que se encuentran a la interperie.
- ▷ *Clima exterior* es el clima en lugares o estancias construidos de tal forma, que los objetos que se encuentran en ello están protegidos contra la radiación solar directa y contra precipitaciones atmosféricas, así como, en caso necesario, contra el viento. Por lo demás, el clima exterior equivale al clima al aire libre.

Según VDE 0660, tanto para los aparatos de maniobra como para las combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica (CAMF), tienen validez las condiciones climáticas descritas en la tabla 1.12.

En los catálogos NS, los aparatos de maniobra son designados frecuentemente con el calificativo de "resistente al clima". La experiencia ganada durante décadas en diversos países con condiciones climáticas extremas, por ej., en Brasil, la India e Indonesia, ha demostrado, que los aparatos "resistentes al clima" pueden ser utilizados mundialmente.

Condiciones climáticas diferentes a las establecidas en VDE 0660

Si durante el servicio o transporte de los aparatos de maniobra o de las CAMF se esperan condiciones que difieren de VDE 0660, por ej.,

Tabla 1.12 Condiciones climáticas según VDE 0660

	Para interiores	Para exteriores (intemperie)
Temperatura ambiente	°C	°C
Valor máximo momentáneo	+40	+40
Valor máximo del termino medio por 24 horas	+35	+35
Termino medio anual	+20	+20
Valor mínimo	−5	−25
Humedad relativa	a 40 °C 50% [1]	hasta 100% [2]
Altitud máxima sobre el nivel del mar	2000 m	2000 m

[1] La humedad relativa puede ser más alta si la temperatura es más baja, por ej. 90% a 20 °C.
[2] Condición previa es que este valor no ocurra por un largo lapso de tiempo.

- ▷ frecuente condensación de agua (en interiores),
- ▷ temperaturas más altas o más bajas que las indicadas en VDE 0660,

éstas deberán ser indicadas por el cliente.

Para los aparatos de maniobra y las CAMF se dan en los catálogos correspondientes algunas condiciones especificas adicionales.

Temperatura ambiente

Bajo temperatura ambiente se entiende la temperatura del aire que envuelve a los aparatos de maniobra, a las distribuciones y a las instalaciones de maniobra, por ej., la temperatura ambiente para un aparato de maniobra encapsulado, es la temperatura del aire fuera del encapsulamiento. La temperatura ambiente se determina bajo condiciones estipuladas.

En los catálogos NS se indica la temperatura ambiente admisible más alta. Sí la temperatura ambiente es superior a 35 °C debe considerarse la necesidad de reducir la intensidad nominal de servicio del aparato.

Altitud del sitio de instalación

La instalación de aparatos de maniobra en altitudes superiores a 2000 m trae consigo los siguientes problemas:

- ▷ La disminución de la densidad del aire tiene como consecuencia una reducción de la disipación del calor. Con ello baja la cargabilidad de los aparatos. Por tanto, si se dan tales condiciones, es necesario consultar al proveedor.
- ▷ Otra consecuencia de la reducción de la densidad del aire es la disminuición de la resistencia disruptiva y, por tanto, la reducción de la resistencia a la tensión. Generalmente no es necesario tomar en cuenta esta influencia.
- ▷ Normalmente baja la capacidad de ruptura. En este caso también hay que consultar al proveedor.

1.6.2 Otras condiciones durante el transporte, almacenamiento y servicio

Entre estas condiciones especiales para los aparatos de maniobra se encuentran:

- ▷ Polución extrema en el aire causada por polvo, humo, vapores, sales y particulas corrosivas o radioactivas.
- ▷ Influencias de campos magnéticos o eléctricos.
- ▷ Radiaciones (radiación solar, radioactividad).
- ▷ Influencias de vegetales y microorganismos.
- ▷ Colocación en lugares expuestos a explosiones o incendios.
- ▷ Exposición a esfuerzos mecánicos por sacudidas y choques.

Si durante el transporte, almacenamiento o servicio hay que contar con una de las condiciones arriba mencionadas, o con otras no consideradas en VDE 0660, hay que indicarlo al colocar el pedido.

1.6.2.1 Condiciones de servicio severas

Los aparatos de maniobra ofrecidos en catálogos NS han sido construidos para prestar servicio en lugares donde no existan condiciones de servicio severas originadas por polvo, vapores corrosivos, o gases.

Condiciones de servicio severas existen cuando la atmósfera alrededor de los aparatos favorece la corrosión y, por tanto, se reduce la vida útil de los aparatos de maniobra. Este es el caso, por ej., cuando se tiene una atmósfera en alto grado sulfurosa o cuando el aire contiene anhídrido carbónico, amoníaco o sal (aire marino). Condiciones de servicio extremamente

severas son impuestas a los aparatos de maniobra por la industria química. En estos casos debe preverse un encapsulamiento con la clase de protección requerida, o dirigirse al proveedor para consultar la aptitud de los aparatos.

1.6.2.2 Influencia de los rayos α, β y γ

El comportamiento de materiales (cambios en las características eléctricas, mecánicas etc.) cuando son sometidos a radiaciones ionizantes de alto contenido energético se define como su resistencia a las radiaciones.

En el caso de las radiaciones ionizantes hay que diferenciar entre los rayos α (núcleos de He), rayos β (electrones) y rayos γ (radiaciones electromagnéticas). En la práctica casi simpre se trata de rayos γ.

La dosis, es decir, la energía de la radiación por unidad de masa, necesaria para cambiar la característica contemplada de un material en un 25 o 50%, es el dato relativo a la resistencia a las radiaciones que más frecuentemente se indica. La dosis se da en J/kg. Para la práctica, no es apropiado el dato del cambio procentual de una característica. Más bien, es necesario saber si determinados materiales bajo esas circunstancias cumplen con las exigencias mínimas estipuladas.

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 ej., 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 distintos materiales es descrito a continuación.

Metales

Las radiaciones, con la excepción de las radiaciones de neutrones, no producen efectos dañinos en los metales, ya que toda ionización es hecha retroactiva por los electrones libres de los mismos.

Semiconductores

Los semiconductores pueden ser calificados como relativamente sensibles a las radiaciones. Los portadores de cargas eléctricas que se producen adicionalmente, mientras son efectivas las radiaciones, provocan un cambio en los parámetros eléctricos de los materiales.

Plásticos

Las radiaciones provocan en los plásticos los efectos que a continuación se describen. Entre paréntesis se indican los cambios [1]) en sus características.

- ▷ Merma de la cristalinidad en plásticos de cristalización parcial (disminución de la dureza).
- ▷ Rotura de las cadenas de polimerización en combinación con una reducción oxidativa (disminución de la dureza, fluidez, disociación de gases).
- ▷ Concatenación adicional (fragilidad, aumento 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 es ejercida por la potencia de la dosis (cuando la radiación ocurre en el aire) ya que el oxígeno, el cual es difundido mientras la radiación es efectiva, provoca una oxidación.

Debido a ésto, para poder dar datos precisos sobre la resistencia a las radiaciones, es indispensable conocer exactamente las condiciones del sitio de instalación (dosis, intensidad de la dosis, temperatura etc.).

Termoplásticos

La sensibilidad de los termoplásticos a las radiaciones puede ser alta o baja. Entre los termoplásticos de mayor sensibilidad se encuentran los que contienen fluor, por ej., teflon. Ellos solamente pueden ser utilizados hasta una dosis entre 100 y 1000 J/kg.

Duroplásticos

Por lo general, los duroplásticos tienen una mayor resistencia a las radiaciones que los termoplásticos. Ellos pueden, en parte, soportar dosis entre 10^6 y 10^7 J/kg. Los materiales anorgánicos complementarios juegan aquí un papel muy importante, ya que ellos provocan, por regla general, una mayor estabilidad a las radiaciones que los orgánicos.

[1]) Bibliografía: Dolezel, B.: Die Beständigkeit von Kunststoffen (La inalterabilidad de los plásticos). Munich, editorial Hanser 1978.

Elastómeros

Ellos tienen un comportamiento semejante al de los termoplásticos.

Aceites y grasas

Los rayos ionizantes provocan en los aceites y grasas una aceleración de la resinificación.

1.6.2.3 Esfuerzo por sacudidas y choques

Los aparatos de maniobra se utilizan, entre otros, para conectar cribas de vaiven, compresores de pistones y máquinas semejantes; ellos pueden tambien estar instalados en vehículos, grúas etc., en estos casos, los aparatos de maniobra pueden ser sometidos a sacudidas fuertes, o sea, a oscilaciones y/o choques.

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

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

f = Frecuencia de la oscilación
a = Aceleración
A = Amplitud de la oscilación

En los catálogos NS se indica la resistencia de los aparatos de maniobra a sacudidas en dirección X (horizontal, perpendicular al plano de montaje), en dirección Y (horizontal, paralela al plano de montaje) y en dirección Z (vertical).

Los aparatos de maniobra deben ser montados de preferencia en paredes libres de sacudidas. Si las sacudidas no pueden ser evitadas, su influencia debe ser reducida, por ej., mediante montaje sobre amortiguadores, muelles o resortes. Otra medida es cambiar la posición de montaje de los aparatos, de tal manera, que éstos queden colocados fuera de la posición crítica.

Las oscilaciones provocan en los aparatos esfuerzos mecánicos que se repiten constantemente; un choque es, por otra parte un esfuerzo aislado (en algunos casos el choque puede repetirse). Los choques se describen por su forma (trapezoidal, semi sinusoide, etc.), por su aceleración (por lo general como múltiplo de la gravedad) y por su duración. Estos datos se suministran bajo consulta, si todavía no se encuentran en los catálogos correspondientes.

1.6.2.4 Seguridad contra sacudidas inducidas por terremotos

Cuando el sitio de colocación de instalaciones eléctricas oscila a causa de terremotos o por impactos de grandes masas, se habla de sacudidas inducidas.

En estos casos los aparatos de maniobra son sometidos a oscilaciones de varias frecuencias, aceleraciones y amplitudes en las direcciónes de los tres ejes.

Los aparatos de maniobra deben soportar estos esfuerzos sin sufrir daños y cuando las oscilaciones finalizan, los aparatos deben permanecer aptos para funcionar.

Para demostrar la seguridad de aparatos de maniobra individules contra sacudidas inducidas por terremotos, Siemens efectúa la prueba de oscilación conforme DIN 40046 parte 8 (proyecto de mayo 1975) y partes 35 y 55, en conformidad con IEEE 344-1975, y según la especificación [1]) de la KWU. La realización de las pruebas es documentada.

[1]) Especificación N.° 0750/7000/01/77. de la KWU. Pruebas de oscilación en aparatos electrotécnicos individuales para demostrar la seguridad contra sacudidas inducidas por terremotos. Publicado por la Kraftwerk Union AG. Erlangen 1977. Directriz de la KWU N.° DD/7080.09/1979. Pruebas de oscilación en aparatos individuales para conectar potencias y para control e instrumentación, para comprobar la seguridad contra sacudidas inducidas y situaciones similares. Publicado por la Kraftwerk Union AG. Erlangen 1979.

2 Datos de la red y clase de servicio

Para dimensionar y seleccionar componentes de instalaciones es necesario considerar los datos de la red y las clases de servicio para las cuales los componentes han sido previstos.

2.1 Datos de la red

Los principales datos de las redes eléctricas son la tensión nominal, la frecuencia nominal y su comportamiento en caso de cortocircuito.

2.1.1 Tensión nominal y frecuencia nominal

Aquí hay que diferenciar entre los circuitos principales para el abastecimiento de energía y los circuitos auxiliares para control y aviso.

Circuitos principales

En la República Federal de Alemania se aplican las siguientes normals para la tensión nominal:

- ▷ DIN 40001: "Tensiones nominales inferiores a 100 V, directrices",
- ▷ DIN 40002: "Tensiones nominales desde 100 V hasta 380 kV".

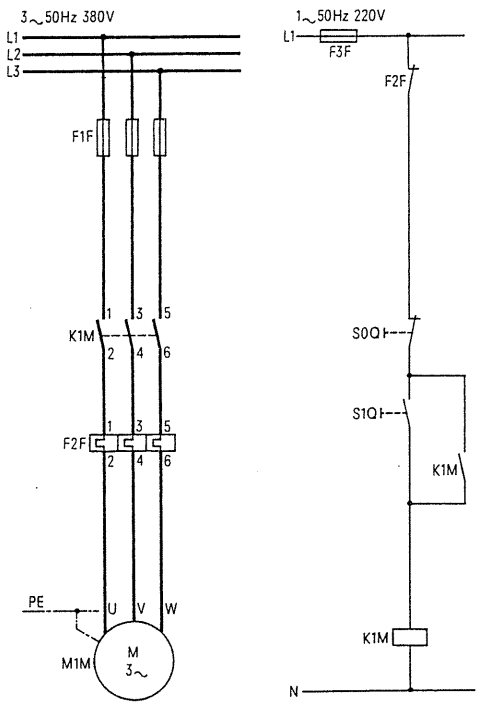
La tabla 2.1 muestra una selección de las tensiones nominales normalizadas en DIN 40002.

Las tensiones y las frecuencias nominales de las redes públicas de otros países pueden ser distintas de las indicadas en la tabla 2.1. Las tensiones de transmisión, distribución, así como las tensiones industriales y domiciliares de los países de Europa occidental y oriental, de Africa, de Norte, Centro y Suramérica, del Oriente Medio y del Lejano Oriente, así como de Australia, están contenidas en la publicación de Siemens AG. "Tensiones nominales y frecuencias", N° de pedido E51/2009-444.

La norma DIN 40005 "Frecuencias nominales desde $16^2/_3$ hasta 10000 Hz", contiene las determinaciones para las frecuencias nominales. Esta norma tiene prevista para el abastecimiento de energía solamente la frecuencia de 50 -Hz. Con dicha frecuencia se trabaja en Europa y en los países influenciados por la técnica europea.

En Norte, Centro y parte de Suramérica, así como en los países influenciados por la técnica norteamericana se emplea una frecuencia nominal de 60 Hz.

El sistema de ferrocarriles europeo funciona con una frecuencia nominal de $16^2/_3$ Hz, cuando se trabaja con corriente alterna.



a) Circuito principal b) Circuito auxiliar

Fig. 2.1
Circuito principal y circuito auxiliar de un motor con arrancador directo

Tabla 2.1
Extracto de las tensiones nominales normalizadas, según DIN 40002

Tensiones nominales	
Corriente continua V	Corriente alterna, 50 Hz V
–	100 [1]
110	–
–	125
–	–
220	**220** [2]
–	**380** [3]
440	–
–	500
600	–
–	660
750	–
–	1000
1200	–
1500	–
3000	3000
	5000
	6000

Los valores en negrilla son preferenciales

[1]) Solamente para transformadores de tensión para fines de medición
[2]) No es preferencial para la tensión entre fases
[3]) Valor preferencial para la tensión entre las fases en sistemas trifásicos

Frecuencias más altas que las mencionadas anteriormente solamente se utilizan, en ramos industriales especiales, para la alimentación de motores de rotación rápida, por ej., en la industria textil con motores para 100–120 Hz y en la industria para trabajar madera con motores para frecuencias de hasta 300 Hz. En algunas instalaciones especiales, por ej., radares, se emplea una frecuencia de 400 Hz.

Circuitos auxiliares

Los valores normalizados de las tensiones nominales para circuitos auxiliares y de mando pueden ser tomados de la tabla 2.2.

Tensiones de accionamiento

En VDE 0100 § 60 se recomienda la utilización de las siguientes tensiones:

- ▷ 24, 42, 48, 110, 220 V de tensión alterna y
- ▷ 24, 48, 60, 110, 220 V de tensión continua.

Tabla 2.2
Valores normalizados para las tensiones nominales de los circuitos auxiliares y de mando de aparatos de maniobra, según VDE 0660

Tensiones nominales	
Corriente continua V	Corriente alterna V
24	24
48	
	48
110	110
125	127
220	**220**
250	

Los valores en negrilla son preferenciales

Como valor máximo y preferencial a la vez, VDE 0113 recomienda 220 V de tensión alterna. Esta tensión no es solamente en la República Federal de Alemania la tensión preferencial para controles y mandos, sino también en la mayor parte de los países.

En USA y Canadá la tensión de mando más frecuentemente utilizada es 110 V~. Esta tensión también se utiliza en Francia, Italia y en Suiza, así como en los países influenciados por la técnica norteamericana.

Una tensión de accionamiento de 220 V ofrece, sin embargo, las siguientes ventajas en comparación con una tensión de accionamiento más baja:

- ▷ seguridad de contacto más alta,
- ▷ menor caída de tensión,
- ▷ pueden ser utilizados conductores de menor sección.

Tolerancias de la tensión

Según VDE 0100, todos los circuitos auxiliares deben estar dimensionados de tal manera que, durante un servicio normal, la tensión siempre se mantenga entre 0,95 y 1,05 veces la tension nominal. Solamente es permitido salirse de estos límites, cuando se demuestra que las variaciones de la tensión siempre se mantienen dentro de los márgenes admisibles para todos los aparatos conectados al circuito.

Según VDE 0660 e IEC (CEI) los accionamientos de los aparatos de maniobra deben estar construidos

Tabla 2.3
Límites de la tolerancia de las tensiones de accionamiento para aplicaciones generales, según VDE 0660
(En instalaciones para trenes y de minería valen otros valores)

Aparatos	Maniobra	Tensión de accionamiento como múltiplo de la tensión nominal de accionamiento	
		Límite inferior	Límite superior
Accionamientos motorizados para interruptores	Cerrar Abrir	0,85 U_c 0,75 U_c	1,1 U_c 1,1 U_c
Contactores	Cerrar Abrir	0,85 U_c[1]) 0,10 U_c (de ser posible 0,5 U_c)	1,1 U_c[1]) 0,75 U_c
Contactores auxiliares	Retorno al punto de reposo, aún con los contactos gastados	0,10 (de ser posible 0,15 U_c)	
Interruptores de potencia con disparadores por corriente de trabajo	Abrir	0,5 U_c	1,1 U_c

[1]) Contactores Siemens: límite inferior 0,8 U_c, límite superior 1,1 U_c

de tal manera, que su funcionamiento esté garantizado si la tensión de accionamiento se mantiene entre los límites indicados en la table 2.3.

Fuentes de tensión

Según VDE 0100 § 60, los circuitos auxiliares pueden estar unidos a los circuitos principales tanto galvanicamente como a través de transformadores o bien, ambos circuitos pueden ser complemente independientes.

Tensión de accionamiento dependiente del circuito principal

Para los circuitos auxilires con elementos de seguridad (por ej., con pulsadores o interruptores de posición para DES-Emergencia), los cuales trabajan sin separación galvánica de la red principal, según VDE 0100 hay que contemplar lo siguiente:

- ▷ Circuitos auxiliares en redes puestas a tierra
  La tensión debe ser tomada entre el conductor neutro y una fase.
- ▷ Circuitos auxiliares en redes no puestas a tierra
  Es permitido tomar la tensión entre dos fases, si los interruptores auxiliares de los circuitos de seguridad interrumpen las dos fases.
- ▷ Circuitos auxiliares a través de transformadores de mando, según VDE 0113
  Cuando en un circuito auxiliar se encuentran más de cinco accionamientos electromagnéticos, es aconsejable la utilización de un transformador de mando. De preferencia, éste debe conectarse entre dos fases. La ventaja de esta conexión es que puede utilizarse tanto en redes puestas a tierra como en redes no puestas a tierra. El circuito auxiliar en el secundario del transformador puede estar tanto puesto como no puesto a tierra. Si se precisa una corriente continua para el accionamiento, ésta puede ser obtenida mediante un transformador y un rectificador.

Tensión de accionamiento independiente del circuito principal

Los circuitos auxiliares que son independientes de los circuitos principales son alimentados por baterías. En VDE 0113 se recomienda una tensión de 220 V, sin embargo, la tensión de 24 V es la más utilizada.

Transformadores de mando

Determinación de la potencia de los transformadores de mando

Para la determinación de la potencia de un transformador de mando, hay que considerar la carga máxima que pueda presentarse en servicio permanente con carga intermitente S6 y en servicio continuo S1. Esta carga está compuesta por el consumo de las bobinas magnéticas de los contactores que se encuentran conectados, la carga óhmica de las lámparas de aviso encendidas, el consumo al conectar de la bobina magnética del contactor que está siendo conectado y las pérdidas de los conductores.

La potencia necesaria del transformador se determina mediante dos cálculos:

Abreviaturas

P_S Potencia aparente de todos los consumidores, tanto para S1, como para S6

P_p Potencia real de los consumidores óhmicos e inductivos de S1 y S6
P_q Potencia reactiva de los consumidores inductivos de S1 y S6
$P_{S(S6)}$ Potencia aparente total de S6
$P_{p(S6)}$ Potencia real de S6
$P_{p(S1)}$ Potencia real de S1
$P_{q(S1)}$ Potencia reactiva de S1
$P_{S\,tra.}$ Potencia necesaria del transformador

Cálculo de la potencia del transformador para el servicio permanente con carga intermitente (S6)

La potencia del transformador para el servicio permanente con carga intermitente está generalmente determinada por la caída de tensión admisible para las bobinas de los contactores. Su valor máximo, para que los contactores funcionen con seguridad, es, según VDE, 5% de la tensión nominal. La potencia aparente máxima, que a su vez provoca la caída de tensión máxima, se calcula tanto para el servicio S1 como para el servicio S6, mediante la fórmula:

$$P_S = \sqrt{P_p^2 + P_q^2}. \qquad (2.1)$$

El cálculo aproximado del factor de potencia del circuito se calcula mediante la relación:

$$\cos\varphi \approx \frac{P_{p(S1)} + P_{p(S6)}}{P_S}. \qquad (2.2)$$

La potencia nominal del transformador se toma de la tabla 2.4 en base al $\cos\varphi$ y a la potencia aparente necesaria P_S; la caída de tensión admisible (5%) fue considerada en la elaboración de la tabla.

Cálculo de la potencia del transformador para el servicio continuo (S1)

La potencia del transformador para el servicio continuo está determinada por las cargas óhmicas, por ej. lámparas de aviso, y por el consumo de las bobinas magnéticas de los contactores conectados, es decir el transformador se elige en base a su capacidad térmica. El cálcula se efectua mediante la formula:

$$P_{S\,tra} = \sqrt{P_{p(S1)}^2 + P_{q(S1)}^2}. \qquad (2.3)$$

Para el cálculo de la potencia del transformador para el servicio continuo no se utiliza el factor de potencia.

Tabla 2.4
Datos técnicos de los transformadores de mando Siemens; Tensiones en el primario hasta 660 V (ejecuciones de transformación múltiple hasta 550 V), tensión en el secundario hasta 250 V

Transformador, tipo	Potencia nominal $P_{S(S1)}$ para IP 00 kVA	Demanda de potencia aparente P_S de todos los consumidores (según la ecuación 2.1) para S6 y un factor de potencia $\cos\varphi^1)$ =0,3 kVA	$\cos\varphi^1)$ =0,4 kVA	$\cos\varphi^1)$ =0,5 kVA	$\cos\varphi^1)$ =0,6 kVA	$\cos\varphi^1)$ =0,7 kVA	$\cos\varphi^1)$ =0,8 kVA	$\cos\varphi^1)$ =1 kVA	Elevación de la tensión U_A en vacío %	Tensión de cortocircuito u_k %	Carga máxima como múltiplo de $P_{S(S1)}$ y montaje en caja de la clase de protección IP 20	IP 23	IP 44
4AS10	0.012	0.023	0.021	0.02	0.018	0.018	0.017	0.017	10	10,2	1,0 P_S	–	–
4AS11	0.025	0.090	0.075	0.06	0.05	0.045	0.04	0.035	10	9,4	1,0 P_S	–	–
4AS12	0.040	0.22	0,185	0,155	0.135	0.12	0.11	0.1	7	6.6	1,0 P_S	–	–
4AS12	0.063	0.22	0.185	0,155	0.135	0,12	0.11	0.1	10	9,4	1,0 P_S	–	–
4AM48	0.040	0.159	0.115	0,099	0.086	0.077	0.07	0.061	10	9,2	1,0 P_S	0,9 P_S	0,8 P_S
4AM48	0.063	0,22	0.182	0.156	0.137	0.122	0.111	0,097	10	9.2	1,0 P_S	0,9 P_S	0,8 P_S
4AM49	0,1	0,35	0,29	0,25	0,22	0,194	0.176	0.154	10	9.2	1,0 P_S	0,9 P_S	0,8 P_S
4AM50	0.16	0.57	0,48	0.41	0.35	0,32	0.29	0.26	8.7	8	1,0 P_S	0,9 P_S	0,8 P_S
4AM51	0,25	0.95	0.80	0,69	0.61	0,55	0,51	0,46	6,4	6	1,0 P_S	0,9 P_S	0,8 P_S
4AM52	0,40	1.57	1.33	1,16	1.04	0.94	0,87	0,80	5,3	5	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AM53	0.5	1,93	1,63	1,42	1,26	1,14	1,04	0,95	5,3	5	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AM53	0.63	2,58	2,21	1,95	1,75	1,60	1,49	1,41	4,2	4,1	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN41	0.8	2,8	2,32	1,98	1,74	1,56	1,41	1,24	10	9,2	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN41	1,0	3,6	3,0	2,6	2,3	2,0	1,9	1,6	8,5	7,9	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN42	1,6	6,0	5,0	4,4	3,9	3,5	3,2	2,9	6,7	6,4	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN43	2,0	7,27	6.06	5,21	4,59	4,12	3,75	3,33	7,1	7,6	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN43	2,5	9.7	8.3	7,1	6,3	5,7	5,3	4,8	5,7	5,5	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN44	4,0	14,3	12,5	11,1	10,1	9,3	8,7	8,5	4,6	4,6	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN45	6.3	19	17	16	15	14	14	15	3,8	4,1	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S
4AN46	10	28	26	24	23	22	21	25	3,4	4,0	0,95 P_S	0,85 P_S	0,75 P_S

S6 equivale a un máximo de 300 conexiones de contactores por hora (valor de orientación), en este caso, según VDE 0113, la tensión puede descender solo hasta el 95% de la tensión nominal

[1]) Según la ecuación (2.2)

Depués de calcular la potencia necesaria para el servicio permanente con carga intermitente y la potencia para el servicio continuo, se elige el transformador con la potencia nominal más alta.

Ejemplo

▷ Carga del transformador de mando:
8 lámparas de aviso de 5 W c/u, encendidas,
1 contactor tam. 2, conectado,
3 contactores tam. 10, los cuales se conectan simultáneamente.

Los datos de los aparatos se toman del catálogo NS 2 (véase la tabla 2.5)

Tabla 2.5
Datos eléctricos de los aparatos, tomados del catálogo NS 2

	Consumidores		
	8 lámparas de aviso c/u de 5 W	1 contactor tamaño 2	3 contactores tamaño 10
Potencia nominal de las bobinas magnéticas cuando están conectadas (S1)			
$P_{p(S1)}$	40 W	6 W	90 W
$P_{q(S1)}$	–	17 var	206 var
Potencia nominal de las bobinas magnéticas al conectar (S6)			
$P_{S(S6)}$	–	–	3460 VA
$P_{p(S6)}$	–	–	1070 W
$P_{q(S6)}$	–	–	3270 var
$\cos\varphi$	–	–	0,31

Cálculo de la potencia del transformador para el servicio permanente con carga intermitente (S 6):

$$P_p = P_{p(S6)} + P_{p(S1)} = 1070 + (6+40) = 1116\ \text{W}$$

$$P_q = P_{q(S6)} + P_{q(S1)} = 3270 + 17 = 3287\ \text{var}$$

$$P_S = \sqrt{1116^2 + 3287^2} = 3460\ \text{VA} = 3{,}46\ \text{kVA}$$

$$\cos\varphi = \frac{40+6+1070}{3460} = 0{,}32$$

La potencia nominal necesaria del transformador $P_{S(S1)} = 1{,}0$ kVA se toma de la tabla 2.4, columna $\cos\varphi = 0{,}3$ y $P_S = 3{,}6$ kVA.

Cálculo de la potencia del transformador para el servicio continuo (S1):

$$P_{p(S1)} = 40+6+90 = 136\ \text{W}$$

$$P_{q(S1)} = 17+206 = 223\ \text{var}$$

$$P_{S\,tra.} = \sqrt{136^2+223^2} = 261\ \text{VA} = 0{,}261\ \text{kVA}$$

Con ésto, la potencia nominal necesaria del transformador para el servicio continuo es, según la tabla 2.4, 0,4 kVA.

La elección del transformador se efectúa de acuerdo a la máxima potencia nominal calculada, en este caso la potencia nominal necesaria para el servicio permanente con carga intermitente (S6).

En este caso por tanto, debe elegirse el transformador tipo 4AN41, con una potencia nominal para servicio continuo (S1) de $P_{S(S1)} = 1$ kVA.

Transformadores para indicadores luminosos

Los transformadores de pequeña potencia tienen un considerable aumento de tensión cuando trabajan con carga parcial. Si se conectan lámparas de aviso a transformadores de mando, debe tomarse en cuenta el aumento de tensión cuando los transformadores trabajan con carga parcial (véase fig. 2.2). Esto es importante, ya que las sobretensiones acortan en gran medida la vida de las lámparas incandescentes. En la fig. 2.3 se muestra la dependencia de la intensidad luminosa y de la la vida de las lámparas, en función de la tensión aplicada. Si no puede admitirse un acortamiento de la vida de las lámparas, debe preverse un transformador separado. El transformador debe dimensionarse de tal manera que cuando solamente esté encendida una lámpara de aviso, no se sobrepase su tensión nominal, pero cuando estén conectadas todas las lámparas, la tensión sea mayor o igual a $0{,}9 \cdot U_N$. De esta manera, la reducción de la intensidad luminosa es insignificante y la vida de las lámparas se alarga considerablemente.

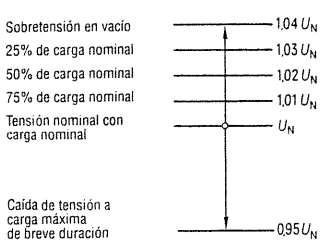


Fig. 2.2
Tensión aplicada a las lámparas de señalización conectadas, en dependencia de la carga de un transformador de mando 4AM53 ($P_S = 0{,}63$ kVA)

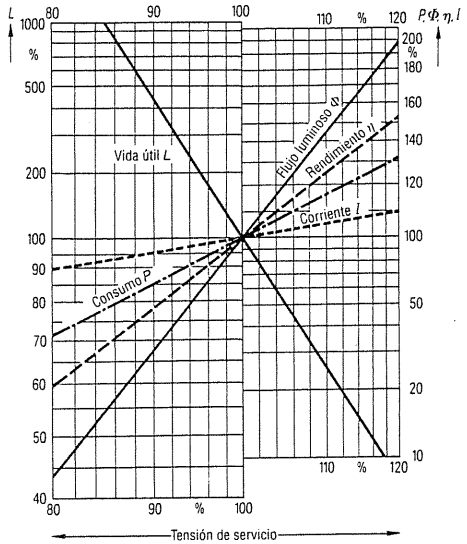


Fig. 2.3
Curvas características de lámparas incandescentes (valores en % de los valores nominales)

En caso que no se acepte la reducción de la intensidad luminosa cuando la tensión baja en un 10%, deberá de seleccionarse un transformador de mayor potencia, el cual siempre trabajará con carga parcial y, por tanto, su caída de tensión será menor cuando todas las lámparas estén encendidas.

En puestos de vigilancia y control frecuentemente se exige una conmutación de luminosidad normal a luminosidad apenas perceptible por el ojo humano. Para ello se suministran transformadores para 24 V en el secundario, con tomas para 20 y 16 V.

Cuando se desean lámparas de baja luminosidad, normalmente se utilizan lámparas para una tensión nominal más alta que la del circuito donde se encuentran conectadas o conectando resistencias en serie.

Para más detalles sobre este tema, véase la publicación de Siemens "Technische Erläuterungen zum Katalog E, Teil 12", N° de pedido E 86010-K 1000-N 101-A1.

2.1.2 Corriente de cortocircuito

Corriente de cortocircuito prevista (valór máximo posible)

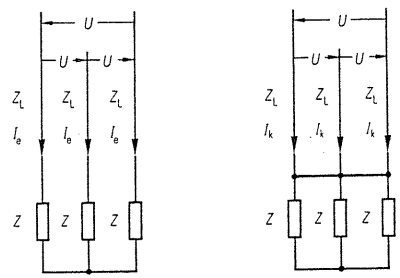
La corriente de cortocircuito prevista en el sitio de instalación es determinante para la elección de los aparatos de maniobra y distribuciones en función de su

▷ resistencia a los cortocircuitos y
▷ capacidad de ruptura (poder de corte).

La corriente de cortocircuito al final de los conductores (corriente de cortocircuito mínima) es determinante para la medida de protección mediante puesta a neutro.

Los conceptos relativos a los cortocircuitos son tratados en las directrices de VDE para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en instalaciones trifásicas con tensiones nominales de hasta 1000 V~ (DIN 57102 parte 2/VDE 0102 parte 2/11.75).

Durante un servicio normal, la corriente de servicio I_e fluye a través de los conductores (véase fig. 2.4a). Ella está determinada por la tensión de servicio U_e y la suma de las impedencias de la red Z_L y de la



Corriente de servicio

$$I_e = \frac{U}{\sqrt{3}(Z_L + Z)}$$

a) Servicio normal

Corriente de cortocircuito

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{3}\,Z_L}$$

b) Servicio perturbado por cortocircuito

Fig. 2.4 Corrientes de servicio y de cortocircuito

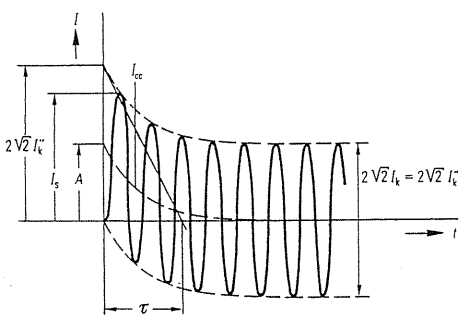
carga Z. En caso de cortocircuito desaparece la impedancia de la carga (véase fig. 2.4b). Por tanto, la corriente de cortocircuito está solamente determinada por la tensión de servicio, la impedancia de la red y la impedancia del sitio del cortocircuito. Esta impedancia, por ej., la resistencia del arco, puede amortiguar considerablemente los cortocircuito, no obstante, no se toma en cuenta para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.

Fenómenos transitorios

Cuando ocurre un cortocircuito, la red pasa del estado de servicio al estado de cortocircuito.

Excluyendo el caso extremo que el cortocircuito ocurra exactamente al paso por cero de la corriente, el paso del estado de servicio al estado de cortocircuito ocurre, como para toda conexión, a través de fenómenos transitorios (véase fig. 2.5).

A la corriente alterna simétrica se le sobrepone una componente de corriente continua I_{cc}. En el momento de la conexión, el valor de la componente de corriente continua es igual al valor momentáneo de la corriente alterna, pero en sentido opuesto. La componente de corriente continua I_{cc} se atenúa según una función exponencial con la constante de tiempo $\tau = L/R$. La fig. 2.6 muestra la dependencia de la constante de tiempo τ del factor de potencia (cos φ) del circuito.



I_{cc} Componente de corriente continua
I''_k Corriente inicial alterna de cortocircuito
I_s Corriente de choque
I_k Corriente permanente de cortocircuito
A Valor inicial de la componente de corriente continua
τ Constante de tiempo de la componente de corriente continua

Fig. 2.5
Curso de la corriente en caso de cortocircuito lejano al generador, según DIN 57102, parte 2/VDE 0102, parte 2

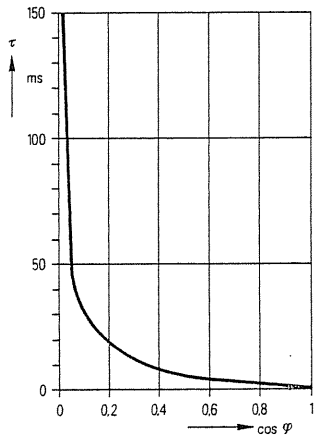
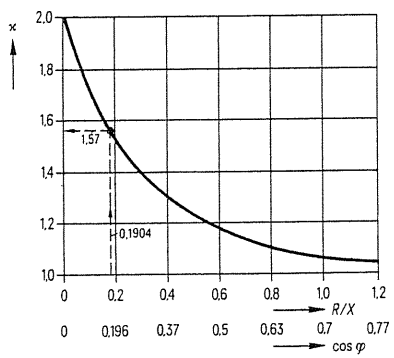


Fig. 2.6
Constante de tiempo τ de la componente de corriente continua, en dependencia del cos φ del circuito eléctrico; los valores valen para 50 Hz



Ejemplo

$R = 1{,}113$ m
$X = 5{,}8459$ m
$R/X = 1{,}113/5{,}8459 = 0{,}1904$, del diagrama resulta: 1,57

Fig. 2.7
Factor $\varkappa$, en dependencia del cociente R/X y del cos φ

Para los cálculos de las corrientes de cortocircuito son de importancia los siguientes conceptos:

▷ **Corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k**
Este es el valor efectivo de la componente de corriente alterna en el momento de iniciarse el cortocircuito. El valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito permanece casi constante durante todo el tiempo de cortocircuito si se trata de un cortocircuito lejano del generador. Este es el caso normal en las redes de baja tensión. Por tanto, puede decirse que en las redes de baja tensión el valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito es casi igual al valor de la corriente permanente de cortocircuito, o sea $I''_k \approx I_k$.

▷ **Corriente de choque del cortocircuito I_S como el valor máximo de cresta de la corriente.**
La corriente de choque tiene lugar cuando el cortocircuito ocurre durante un paso por cero de la tensión. Su valor es:

$$I_S = \varkappa \sqrt{2} \cdot I''_k .$$

El factor $\varkappa$ es el cociente de la corriente de choque I_S entre el valor de cresta del cortocircuito permanente $\sqrt{2} \cdot I_k$. Su valor depende del factor de potencia (cos φ) del circuito en cortocircuito y, por tanto, del cociente R/X (véase fig. 2.7).

Factor de potencia cos φ del circuito en cortocircuito

En instalaciones de baja tensión, el factor de potencia (cos φ) de un circuito en cortocircuito depende primeramente de la inductancia del transformador de alimentación. Mientras más alta sea su potencia, mayor es la parte inductiva de su impedancia y, por tanto, más pequeño es el factor de potencia (cos φ).

Esta relación es tomada en cuenta en DIN 57660 parte 101/VDE 0660 parte 101/Set. 82 para la estipulación del valor mínimo de la capacidad de conexión de los interruptores de potencia en función del factor de potencia (cos φ) y de la capacidad de ruptura (poder de corte). Esta relación se muestra en la tabla 3.2.

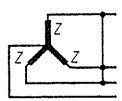
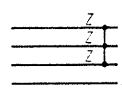
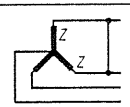
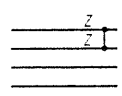
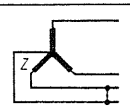
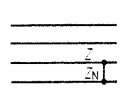
Tipos de cortocircuitos

En una red trifásica pueden ocurrir tres tipos de cortocircuitos:

▷ entre las tres fases,
▷ entre dos fases y
▷ entre una fase y conductor neutro o tierra.

Sus características principales están indicadas en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Tipos de cortocircuitos y los valores de la componente de corriente alterna de cada uno de ellos

Tipo de cortocircuito	Cortocircuito en los bornes del transformador			Cortocircuito a lo largo de los conductores		
		Corriente de cortocircuito	Cociente		Corriente de cortocircuito	Cociente
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)		$I_{k1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z}$	$\frac{I_{k1}}{I_{k3}} = 1$		$I_{k1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z + Z_N)}$	$\frac{I_{k1}}{I_{k3}} \leqq 0{,}5$

U Tensión entre las fases
Z Resistencia aparente de una fase
Z_N Resistencia aparente del conductor neutro

En ella se lee, entre otros, que las corrientes de cortocircuito más altas se dan en caso de cortocircuitos entre las tres fases o en 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).

Efectos de la corriente de cortocircuito

La corriente de cortocircuito somete a esfuerzos térmicos y dinámicos a los componentes de las instalaciones.

Esfuerzo dinámico

Cuando una corriente circula por dos conductores paralelos, éstos se atraen o se repelen dependiendo si la corriente fluye a través de ellos en el mismo sentido o en sentido opuesto (véase fig. 2.8).

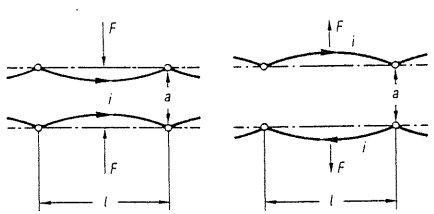
La fuerza F que actúa entre dos conductores paralelos de gran longitud, está dada por la igualdad:

$$F = 0{,}2 \cdot I_S^2 \cdot \frac{l}{a}.$$

Allí significan:

- F Fuerza en Newton (N),
- I_S Corriente de choque en kA,
- l Longitud del conductor entre los apoyos en cm,
- a Distancia entre los centros de los conductores (barras colectoras) en cm.

El valor de la fuerza que actúa entre conductores paralelos, en dependencia de la corriente de choque,



Corrientes rectificadas

Fig. 2.8
Efecto de la fuerza F de la corriente de cortocircuito en conductores paralelos (representación exagerada)

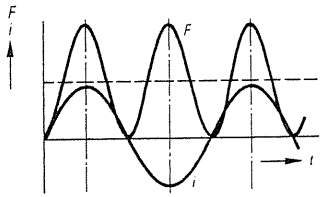


Fig. 2.9
La corriente alterna i provoca una fuerza F pulsante con el doble de la frequencia de la corriente

usando la distancia entre los conductores como parámetro, la muestra la fig. 9.2 en el capítulo 9.3.3.

En circuitos de corriente alterna, la intensidad de la corriente varía según una función sinusoidal. La fuerza que actúa entre los conductores varía, por tanto, conforme el cuadrado de la función sinusoidal. Como consecuencia, si el cortocircuito dura más de medio período, los conductores son sometidos a un esfuerzo mecánico, cuya frecuencia equivale al doble de la frecuencia nominal (véase fig. 2.9).

Esfuerzos térmicos

La corriente de cortocircuito I_k calienta considerablemente a los conductores. Este calentamiento depende del cuadrado del valor efectivo de I_k y de su duración.

Cálculo aproximado de las corrientes de cortocircuito lejanas del generador, en redes radiales trifásicas

En la práctica, en redes de baja tensión, normalmente se calculan corrientes de cortocircuito lejanas del generador; ésto significa, que la red de baja tensión es alimentada únicamente por transformadores conectados a redes potentes y, por tanto, la tensión en el primario permanece prácticamente constante en caso de cortocircuito en el secundario.

La corriente de cortocircuito más alta ocurre en caso de cortocircuito trifásico. La corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k se calcula con la ecuación:

$$I''_k = \frac{c \cdot U_{NT}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{c \cdot U_{NT}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_k^2 + X_k^2}}.$$

La corriente de choque I_S se determina mediante la igualdad:

$$I_S = \varkappa \cdot \sqrt{2} \cdot I''_k$$

En las fórmulas significan:

- U_{NT} Tensión nominal del secundario del transformador,
- c Factor para determinar la tensión suplente, la cual alimenta al cortocircuito ($c = 1{,}0$ para corrientes de cortocircuito trifásicas, alejadas del generador y con una sola alimentación),
- Z_k Impedancia de la vía de corriente de cortocircuito,
- R_k Resistencia efectiva de la vía de corriente de cortocircuito,
- X_k Reactancia de la vía de corriente de cortocircuito,
- $\varkappa$ Factor para determinar la corriente de choque I_S (véase fig. 2.7).

Un cálculo aproximado de la corriente de cortocircuito prevista en el sitio de instalación de los aparatos de maniobra puede obtenerse mediante la utilización de los "Diagramas para la determinación de las impedancias y las corrientes de cortocircuito" (véanse las figuras 2.10 a 2.12) o mediante la utilización de la hoja de cálculo (fig. 2.13) según DIN 57102 hoja 2/ VDE 0102 parte 2 (1975).

Tabla 2.7
Tensión de dispersión u_x de transformadores con tensiones de cortocircuito u_k de 4 y 6%, para diversos valores de la caída de tensión óhmica u_R

u_R en %	u_x en % con $u_k = 4\%$	u_x en % con $u_k = 6\%$
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

Diagramas para la determinación de las impedancias y corrientes de cortocircuito

El cálculo aproximado de la componente alterna de la corriente inicial de cortocircuito I''_k puede efectuarse, para las tensiones nominales de servicio de 220, 380 y 500 V, utilizando los diagramas de las figuras 2.10, 2.11 y 2.12. Para el caso, hay que llenar los siguientes requisitos:

- ▷ La red es alimentada solamente por transformadores.
- ▷ La tensión en el primario del transformador permanece constante en caso de cortocircuito en el secundario.

En los diagramas pueden leerse las reactancias X y las resistencias efectivas R para diferentes secciones de cables y líneas aeréas (conductores desnudos). En los diagramas también se muestran las resistencias efectivas R y las reactancias X de los transformadores en función de su potencia, utilizando la tensión de dispersión u_x de los transformadores como parámetro.

La tensión de dispersión se obtiene de:

$$u_x = \sqrt{u_k^2 - u_R^2}.$$

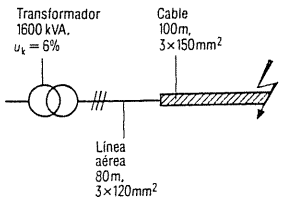
Aquí significan:

- u_x Tensión de dispersión del transformador en %,
- u_k Tensión de cortocircuito del transformador en %,
- u_R Caída de tensión óhmica en %.

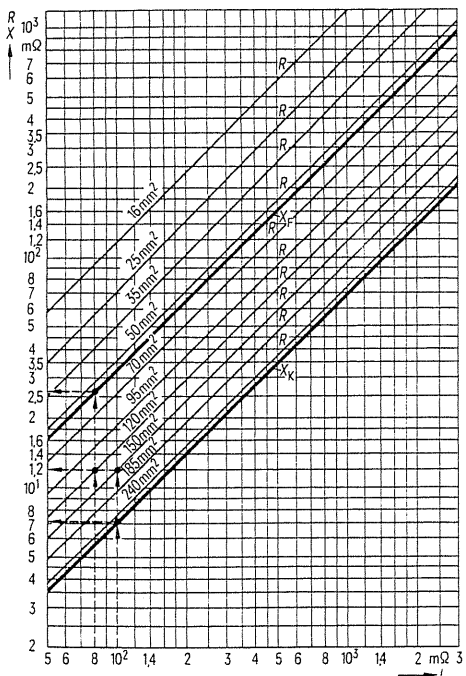
Los valores de u_k y u_R están indicados en los catálogos de transformadores.

De las figuras 2.10, 2.11 y 2.12 se lee entonces el valor efectivo de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k, en función de la resistencia efectiva total y de la reactancia total de la vía de corriente del cortocircuito. Los valores calculados de esta manera son siempre más grandes que los valores que pueden adquirir los cortocircuitos en los sitios para los cuales se efectuó el cálculo o sea, los valores contienen un factor de seguridad. Esto se debe a 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 los amortiguan considerablemente y no fueron consideradas para la elaboración de los diagramas.

Ejemplo para una red de 220 V~



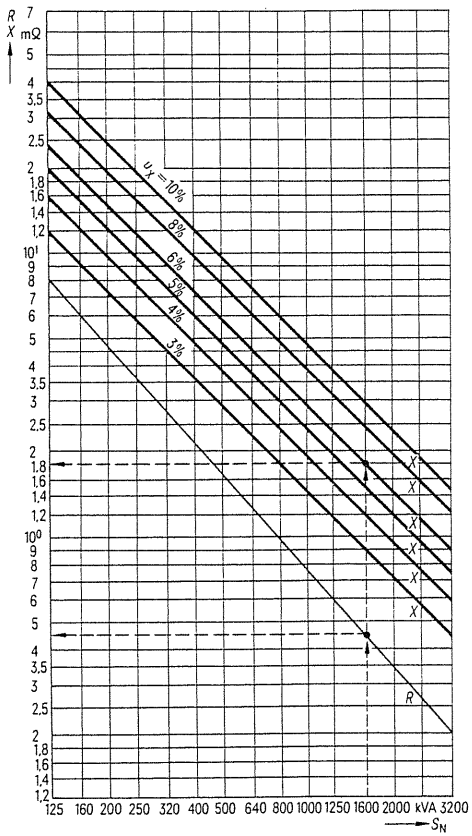
Potencia nominal del transformador:		$S_N = 1600$ kVA
Tensión de cortocircuito:		$u_k = 6\%$
Caída de tensión óhmica:		$u_R = 1\%$
Tensión nominal en el secundario		$U_N = 220$ V
Línea aérea:	Longitud	$l = 80$ m
	Sección	$q = 3 \times 120$ mm²
	Material	Cobre
Cable:	Longitud	$l = 100$ m
	Sección	$q = 3 \times 150$ mm²
	Material	Cobre
Tensión de dispersión (véase también la tabla 2.7)		$u_x = u_k^2 - u_R^2 = 6^2 - 1^2 = 5{,}92\%$



R Resistencia efectiva
X_F Reactancia de líneas aéreas (conductores desnudos)
X_K Reactancia de cables

(Cuando se emplean conductores de aluminio, los valores de la resistencia efectiva tomados del diagrama deben multiplicarse por 1,7)

a) Resistencia efectiva y reactancia de líneas aéreas (conductores desnudos) y cables



R Resistencia efectiva *X* Reactancia

b) Resistencia efectiva y reactancia de transformadores

Fig. 2.10 Diagramas para determinar la corriente de cortocircuito en redes de 220 V

Tabla 2.8
Resistencias efectivas y reactancias, determinadas mediante los diagramas 2.10a y 2.10b

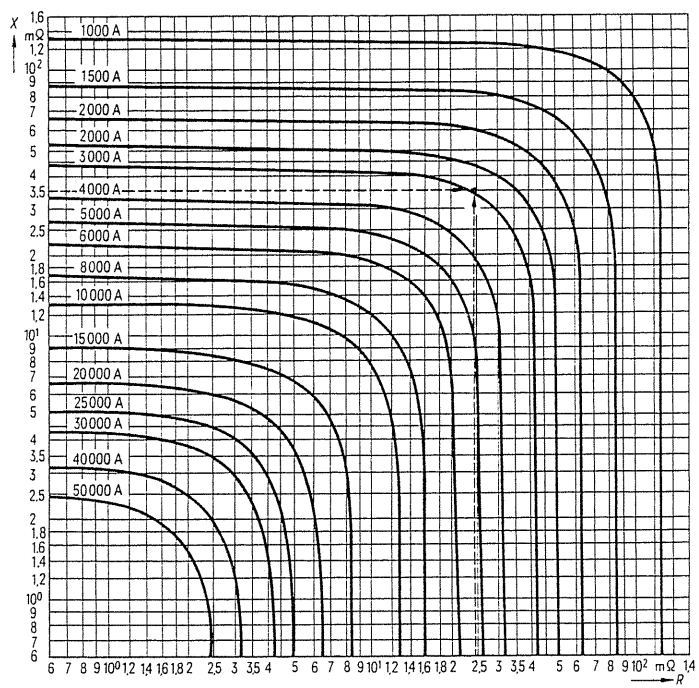
	Resistencia efectiva *R* mΩ	Reactancia *X* mΩ
Transformador (fig. 2.10b)	0,45	1,8
Línea aérea (fig. 2.10a)	12	26
Cable (fig. 2.10a)	12	7,2
Resistencia y reactancia totales de la vía de la corriente de cortocircuito	24,45	35,0

La resistencia y la reactancia totales de la vía de la corriente de cortocircuito se obtienen efectuando las sumas aritméticas de los valores correspondientes de las componentes individuales.

Lectura de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k

La corriente de cortocircuito se obtiene de la figura 2.10c, utilizando la resistencia y reactancia totales. El punto de intersección de la resistencia efectiva con la reactancia nos da el valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k. Si el punto de intersección queda entre dos de las curvas dibujadas, el valor de I''_k se calcula mediante una interpolación.

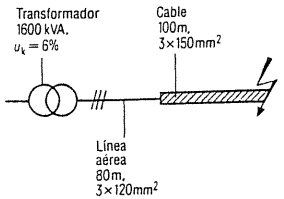
En el ejemplo, con la resistencia efectiva y reactancia determinadas, la corriente alterna inicial de cortocircuito asciende aproximadamente a $I''_k = 3000$ A.



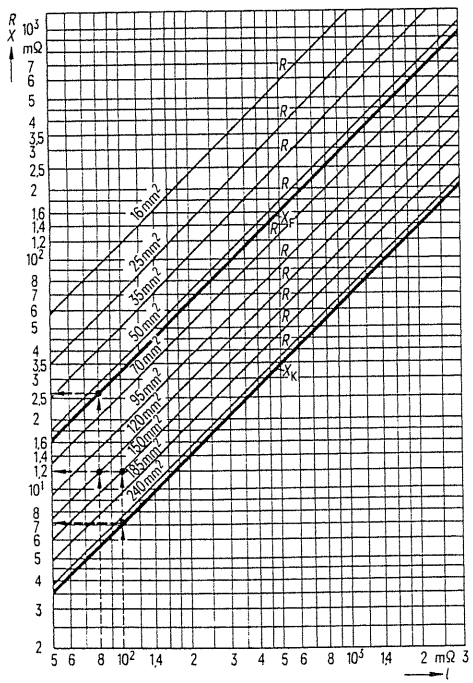
R Resistencia efectiva
X Reactancia

c) Corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k (valor efectivo), en dependencia de la resistencia total de la vía de cortocircuito

Ejemplo para una red de 380 V~



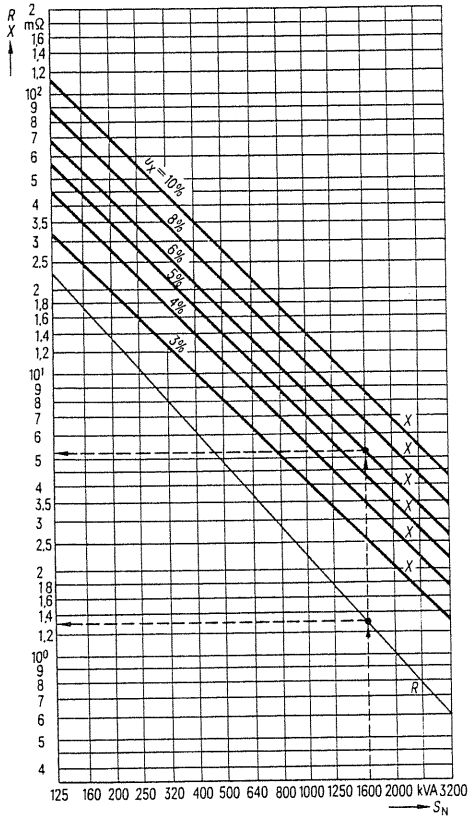
Potencia nominal del transformador:		$S_N = 1600$ kVA
Tensión de cortocircuito:		$u_k = 6\%$
Caída de tensión óhmica:		$u_R = 1\%$
Tensión nominal en el secundario		$U_N = 380$ V
Línea aérea:	Longitud	$l = 80$ m
	Sección	$q = 3 \times 120$ mm²
	Material	Cobre
Cable:	Longitud	$l = 100$ m
	Sección	$q = 3 \times 150$ mm²
	Material	Cobre
Tensión de dispersión (véase también la tabla 2.7)		$u_x = u_k^2 - u_R^2 = 6^2 - 1^2 = 5{,}92\%$



R Resistencia efectiva
X_F Reactancia de líneas aéreas (conductores desnudos)
X_K Reactancia de cables

(Cuando se emplean conductores de aluminio, los valores de la resistencia efectiva tomados del diagrama deben multiplicarse por 1,7)

a) Resistencia efectiva y reactancia de líneas aéreas (conductores desnudos) y cables



R Resistencia efectiva X Reactancia

b) Resistencia efectiva y reactancia de transformadores

Fig. 2.11 Diagramas para determinar la corriente de cortocircuito en redes de 380 V

Tabla 2.9
Resistencias efectivas y reactancias, determinadas mediante los diagramas 2.10a y 2.10b

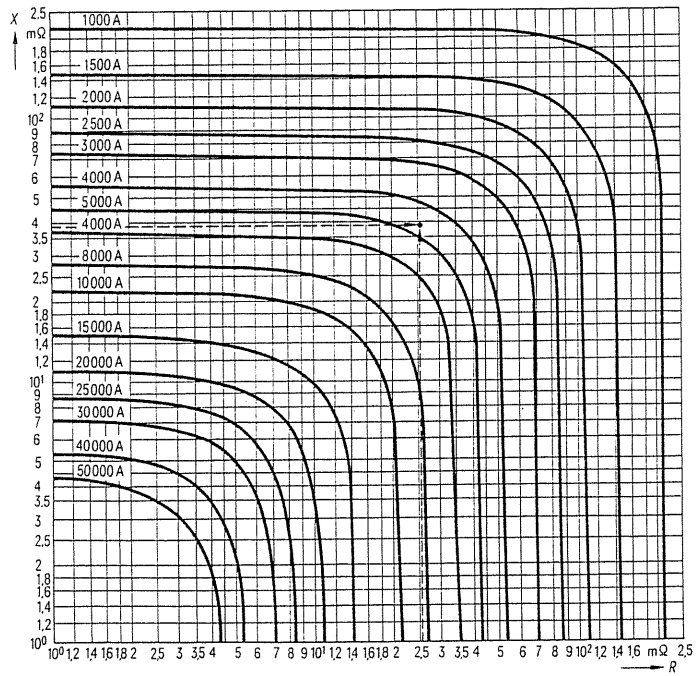
	Resistencia efectiva R mΩ	Reactancia X mΩ
Transformador (fig. 2.10b)	1,3	5,2
Línea aérea (fig. 2.10a)	12	26
Cable (fig. 2.10a)	12	7,2
Resistencia y reactancia totales de la vía de la corriente de cortocircuito	25,3	38,4

La resistencia y la reactancia totales de la vía de la corriente de cortocircuito se obtienen efectuando las sumas aritméticas de los valores correspondientes de las componentes individuales.

Lectura de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k

La corriente de cortocircuito se obtiene de la figura 2.11c, utilizando la resistencia y la reactancia totales. El punto de intersección de la resistencia efectiva con la reactancia nos da el valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k. Si el punto de intersección queda entre dos de las curvas dibujadas, como en este ejemplo, el valor de I''_k se calcula mediante una interpolación.

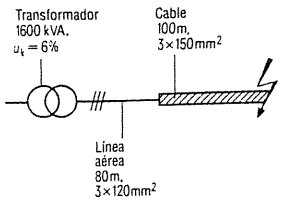
En el ejemplo, con la resistencia efectiva y reactancia determinadas, la corriente alterna inicial de cortocircuito asciende aproximadamente a $I''_k = 4700$ A.



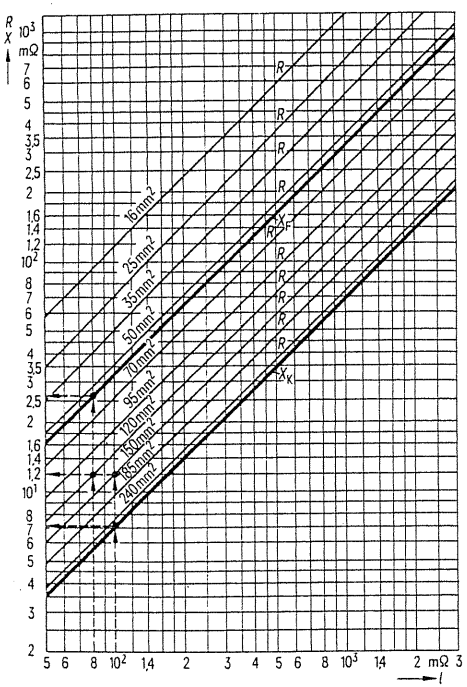
R Resistencia efectiva
X Reactancia

c) Corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k (valor efectivo), en dependencia de la resistencia total de la vía de cortocircuito

Ejemplo para una red de 500 V~



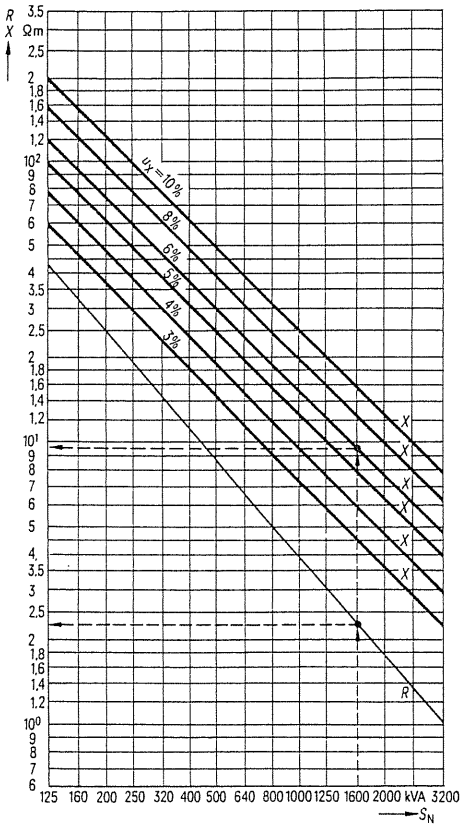
Potencia nominal del transformador:		$S_N = 1600$ kVA
Tensión de cortocircuito:		$u_k = 6\%$
Caída de tensión óhmica:		$u_R = 1\%$
Tensión nominal en el secundario		$U_N = 500$ V
Línea aérea:	Longitud	$l = 80$ m
	Sección	$q = 3 \times 120$ mm²
	Material	Cobre
Cable:	Longitud	$l = 100$ m
	Sección	$q = 3 \times 150$ mm²
	Material	Cobre
Tensión de dispersión (véase también la tabla 2.7)		$u_x = u_k^2 - u_R^2 = 6^2 - 1^2 = 5{,}92\%$



R Resistencia efectiva
X_F Reactancia de líneas aéreas (conductores desnudos)
X_K Reactancia de cables

(Cuando se emplean conductores de aluminio, los valores de la resistencia efectiva tomados del diagrama deben multiplicarse por 1,7)

a) Resistencia efectiva y reactancia de líneas aéreas (conductores desnudos) y cables



R Resistencia efectiva X Reactancia

b) Resistencia efectiva y reactancia de transformadores

Fig. 2.12 Diagramas para determinar la corriente de cortocircuito en redes de 500 V

Tabla 2.10
Resistencias efectivas y reactancias, determinadas mediante los diagramas 2.10a y 2.10b

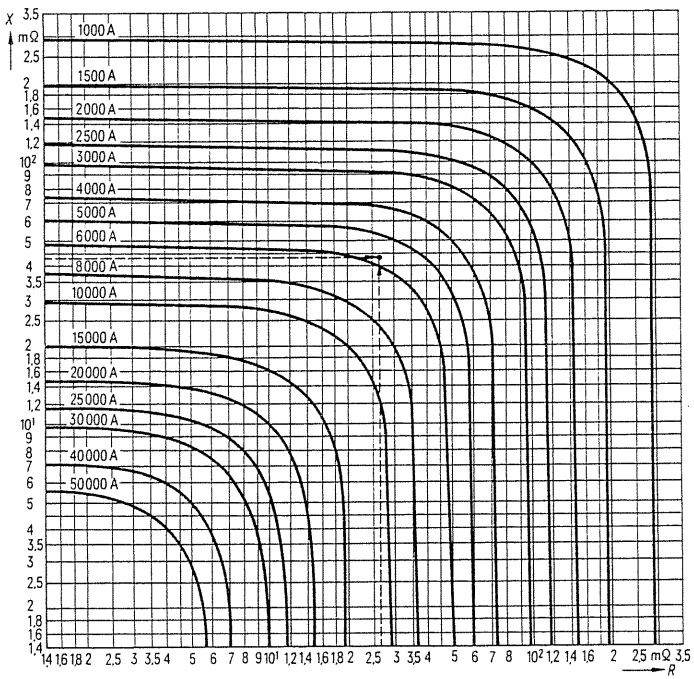
	Resistencia efectiva R mΩ	Reactancia X mΩ
Transformador (fig. 2.10b)	2,2	9,5
Línea aérea (fig. 2.10a)	12	26
Cable (fig. 2.10a)	12	7,2
Resistencia y reactancia totales de la vía de la corriente de cortocircuito	26,2	42,7

La resistencia y la reactancia totales de la vía de la corriente de cortocircuito se obtienen efectuando las sumas aritméticas de los valores correspondientes de las componentes individuales.

Lectura de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k

La corriente de cortocircuito se obtiene de la figura 2.12c utilizando la resistencia y la reactancia totales. El punto de intersección de la resistencia efectiva con la reactancia nos da el valor de la corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k. Si el punto de intersección queda entre dos de las curvas dibujadas, como en este ejemplo, el valor de I''_k se calcula mediante una interpolación.

En el ejemplo, con la resistencia efectiva y reactancia determinadas, la corriente alterna inicial de cortocircuito asciende aproximadamente a $I''_k = 5800$ A.



R Resistencia efectiva
X Reactancia

c) Corriente inicial alterna de cortocircuito I''_k (valor efectivo), en dependencia de la resistencia total de la vía de cortocircuito

SIEMENS **Cálculo de las corrientes de cortocircuito en redes de baja tensión,** según DIN 57102 hoja 2/VDE 0102 parte 2 (1975)

Alimentación simple, a distancia del generador, cortocircuito trifásico.

Cliente/población: Günther/Nürnberg
Punto de la red: A
Tensión nominal en el secundario del transformador U_{rTBT} = 231, 400, 525 ó ..... V, 50 ó ..... Hz

Datos de la red	Cálculo	Resistencia óhmica R [mΩ]	Reactancia X [mΩ]
a) Red	S''_{kQ} ..... MVA (exigido por Cía eléctrica) 250 MVA (Valor real); U_{nQ} ..... kV	Referido a baja tensión: $Z_{Q_t} = \frac{1{,}1 \cdot U^2_{nQ}}{S''_{kQ} \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{U_{rTBT}}{U_{rTAT}}\right)^2 = \frac{1{,}1 \cdot 160 \cdot 10^3}{250 \cdot 10^3} = 0{,}704$ mΩ	—	—
		$X_{Q_t} = 0{,}995 \cdot Z_{Q_t} \quad 0{,}995 \cdot 0{,}704$	—	0,7004
		$R_{Q_t} = 0{,}1 \cdot X_{Q_t} \quad 0{,}1 \cdot 0{,}7004$	0,07	—
b) Transformador	S_{rT} kVA; u_{kr} %; u_{Rr} %: 1. 1000; 6; 1,05 — 2. 1000; 6; 1,05 — 3. 2000; 6 [1]; 1,05 — Suma S_{rT}; Valor medio. Eventualmente según indicaciones de catálogo. [1]) s. Rückseite	$Z_T = u_{kr} \cdot \frac{U^2_{rT}}{S_{rT} \cdot 100\%} = 6 \cdot \frac{160 \cdot 10^3}{2000 \cdot 100} = 4{,}8$ 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	4 × 240 mm² (n* × q); l = 6 m; x'*** ≈ 0,08 mΩ/m Cable línea; x'*** ≈ 0,33 mΩ/m aérea; Cu / Al / Fe	① $R_{L_1} \sim \frac{l \cdot \varrho}{q \cdot n} \cdot 10^3 = \frac{6 \cdot 1}{240 \cdot 4 \cdot 56} \cdot 10^3 = 0{,}111$ mΩ	0,111	—
		① $X_{L_1} \sim x' \cdot \frac{l}{n} = 0{,}08 \cdot \frac{6}{4} = 0{,}12$ mΩ	—	0,12
d) Barras en la distribución	Barras. Por fase: 1 × 80 × 10 mm de q = 800 mm²/Ph, donde l = 1,5 m; x'*** ≈ 0,12 mΩ/m; Cu / Al	$R_{L_2} = \frac{l \cdot \varrho}{q} \cdot 10^3 = \frac{1{,}5 \cdot 1}{800 \cdot 56} \cdot 10^3 = 0{,}033$ mΩ	0,033	—
		$X_{L_2} = x' \cdot l = 0{,}12 \cdot 1{,}5 = 0{,}18$ mΩ	—	0,18
e) Cables de distribución (conductor) (En este caso no hay)	..... × ..... mm² (n* × q); l = ... m; x'*** ≈ 0,08 mΩ/m; Cu / Al / Fe	$R_{L_3} = \frac{l \cdot \varrho}{q \cdot n} \cdot 10^3 = \frac{\quad}{\quad} \cdot 10^3 =$ ..... mΩ	∞	—
		$X_{L_3} = x' \cdot \frac{l}{n} = 0{,}08 \cdot \frac{\quad}{\quad} =$ ..... mΩ	—	∞
f) Barras de distribución (cobre)	Barras por fase 1·30·10 mm de q = 300 mm², donde l = 1 m; x' ≈ 0,12 mΩ/m	$R = \frac{l \cdot \varrho}{q} \cdot 10^3 \quad \frac{1 \cdot 1}{300 \cdot 56} \cdot 10^3 = 0{,}059$ mΩ	0,59	
		$X = x' \cdot l = 0{,}12 \cdot 1 = 0{,}12$ mΩ		0,12
		Suma	$R_k = 1{,}113$	$X_k = 5{,}8459$

n* = Número de conductores paralelos 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 alterna de cortocircuito inicial máxima, trifásica, que se puede presentar en el lugar de montaje.

$$I''_k = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 5{,}9509} = 38{,}81 \text{ kAefec.}$$

Intensidad de cortocircuito de choque, que se puede presentar en el lugar de montaje

$$I_s \text{ [Valor de cresta]} = \sqrt{2} \cdot \varkappa \cdot I''_k = \sqrt{2} \cdot 1{,}57 \cdot 38{,}81 = 86{,}17 \text{ kA}$$

× [1]) Ver fig. 2.7

U_{rTBT} = Tensión nominal en el lado de baja tensión del transformador (por ej., 400 V)

Schröder/10.6.1975
Datos de red obtenidos por/fecha

Becker/17.6.1975
Calculado por/fecha

[1] Cálculo de los valores medios en la página siguiente

Fig. 2.13 Hoja de cálculo de las corrientes de cortocircuito

Hoja de cálculo

La hoja de cálculo "Cálculo de las corrientes de cortocircuito en redes de baja tensión, según DIN 57102 hoja 2/VDE 0102 parte 2 (1975), se muestra en el ejemplo de la figura 2.13.

Cuando varios transformadores conectados en paralelo alimentan una red, para el cálculo de la corriente de cortocircuito, es necesario calcular los valores medios de u_k y u_R. El valor aproximado de $u_{k\,media}$ se calcula con la ecuación:

$$u_{k\,media} = \frac{S_{N1} + S_{N2} + \cdots + S_{Nn}}{\frac{S_{N1}}{u_{k1}} + \frac{S_{N2}}{u_{k2}} + \cdots + \frac{S_{Nn}}{u_{kn}}} \qquad (2.4)$$

El cálculo de $u_{R\,media}$ se efectúa de la misma forma, es decir, en la fórmula (2.4) solamente se sustituye u_k por u_R.

Las resistencias efectivas específicas de los conductores tienen los siguientes valores:

Cobre (Cu) $\frac{1}{56} \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Aluminio (Al) $\frac{1}{13} \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Hierro (Fe) $\frac{1}{7} \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Los valores de las reactancias específicas están indicadas en la hoja de cálculo (fig. 2.13).

Contribución de los motores a la corriente de cortocircuito

Para el cálculo de la corrientes de cortocircuito, según DIN 57102 parte 2/VDE 0102 parte 2 "Directrices de VDE para el cálculo de la corrientes de cortocircuito", edición 11.75 parrafo 12, hay que considerar la contribución de los motores a la corriente de cortocircuito. Para ello, tanto los motores sincrónicos como los compensadores sincrónicos de fase deben ser tratados como generadores.

El aporte de los motores asincrónicos, con tensiones nominales hasta 1000 V, no se toma en cuenta cuando la suma de las intensidades nominales de los motores no sobrepasa el 1% de la corriente alterna inicial de cortocircuito trifásico sin la contribución de los motores, es decir:

$\Sigma I_{N\,mot} < 0{,}01 \cdot I''_{k3p}$

(sin la contribución de los motores).

Los motores que por el tipo de mando (enclavamientos), o por el proceso (accionamientos de reversión) permanecen desconectados, no se consideran para el cálculo.

El cálculo de la corriente máxima en caso de cortocircuito trifásico en los bornes del motor asincrónico se calcula con las ecuaciones siguientes:

Corriente alterna inicial de cortocircuito I''_k

$$I''_{k3p\,mot} = \frac{U_{NT}}{\sqrt{3} \cdot X_M}.$$

Corriente de choque I_S

$$I_{S3p\,mot} = \varkappa_M \sqrt{2} \cdot I''_{k3p\,mot}.$$

Aquí significan:

U_{NT} Tensión nominal en el secundario del transformador,

X_M Reactancia de cortocircuito del motor,
Su cálculo se realiza conforme:

$$X_M = \frac{1}{I_{an}/I_{NM}} \cdot \frac{U_{NM}}{\sqrt{3} \cdot I_{NM}}$$

$\varkappa_M$ = 1,4 para $R_M/X_M = 0{,}3$ según la figura 2.7. (Para el cálculo de la corriente de choque I_S se le asigna al motor una resistencia óhmica con un valor ficticio de $R_M = 0{,}3\ X_M$.)

U_{NM} Tensión nominal del motor,

I_{NM} Corriente nominal del motor,

I_{an} Corriente de arranque del motor.

En los casos en que varios motores asincrónicos estén conectados a las barras colectoras de una distribución, aún cuando los motores tengan diferentes potencias nominales, los grupos de motores, incluyendo sus líneas de alimentación, pueden ser sustituidos por un motor resultante, cuyas características se calculan de la manera siguiente:

I_{NM} Su valor es igual a la suma de las intensidades nominales de los motores que componen el grupo,

$I_{an}/I_{NM} = 5$,

$\varkappa_M$ = 1,4 para $R_M/X_M = 0{,}3$.

En estas estimaciones de la corriente de cortocircuito están contempladas las influencias de las líneas de alimentación de los motores.

Ejemplo

Datos: I''_{k3p} (sin motores) = 20 kA
I_N (grupo de motores) = 400 A
U_{NT} = 380 V

Se busca: I''_{k3p} (con motores)

Comprobación de la necesidad del cálculo:

I''_{k3p} (sin motores) · 0,01 = 20000 · 0,01 = 200 A.

En este caso, la suma de las intensidades nominales de los motores es mayor que 200 A, por tanto, el cálculo debe efectuarse.

Cálculo:

$$X_M = \frac{1}{5} \cdot \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 400} = 0{,}109695$$

$$I''_{k3p\,mot} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0{,}109695} = 2000.$$

Resultado: I''_{k3p} (con motores) = 20 + 2 = 22 kA.

Con el aporte de los motores, la corriente de cortocircuito aumenta de 20 a 22 kA.

Influencia de los transformadores y de los conductores en la corriente de cortocircuito

Para una tensión determinada, la intensidad de la corriente de cortocircuito depende de la impedancia entre el generador y el punto de cortocircuito.

En las redes de baja tensión son decisivas las impedancias del transformador de alimentación y de los cables y conductores. En la vía de la corriente de cortocircuito se encuentran también otras resistencias óhmicas y reactancias, como son la resistencia de paso en los bornes y contactos, y las influencias inductivas de estructuras de hierro en las cercanías de los conductores. Por lo general, los valores de estas resistencias óhmicas y reactancias no son accesibles y, por tanto, no son considerados para los cálculos.

La dependencia de la corriente de cortocircuito I_k de la potencia S_N y de la tensión de cortocircuito u_k del transformador, para una determinada tensión nominal en el secundario, la muestra la figura 2.14. Las corrientes de cortocircuito mostradas en la gráfica, solamente pueden ser alcanzadas en caso de un cortocircuito pleno en los bornes del secundario del transformador.

Los conductores amortiguan considerablemente la corriente de cortocircuito. Esta influencia la muestran las figuras 2.15 y 2.16.

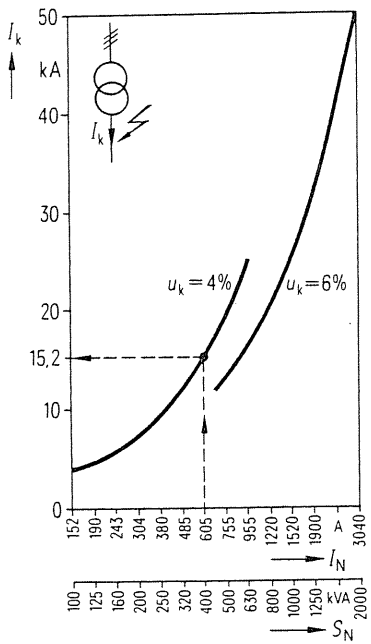


Fig. 2.14
Corriente de cortocircuito I_k, en dependencia de la potencia S_N y de la tensión de cortocircuito u_k de un transformador, tensión en el secundario 380 V, 50 Hz

Corriente mínima de cortocircuito

Para la medida de protección mediante puesta a neutro es indispensable calcular la corriente de cortocircuito, entre una fase y el conductor PEN, en el extremo del cable.

Esta es la corriente mínima de cortocircuito y su valor debe ser superior a la corriente de desconexión I_A del elemento de protección preconectado (véase cap. 1.4.2.2), es decir, debe cumplirse con VDE 0100, tabla G-1.

La corriente mínima de cortocircuito se determina según DIN 57102, parte 2/VDE 0102, parte 2 (11.75).

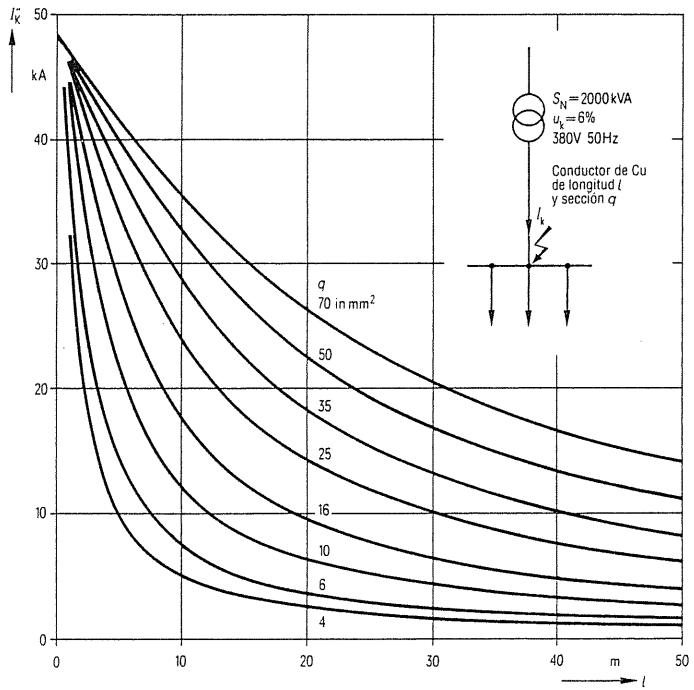


Fig. 2.15
Corriente de cortocircuito I_k, en dependencia de la longitud l y la sección q de los conductores (ejemplo)

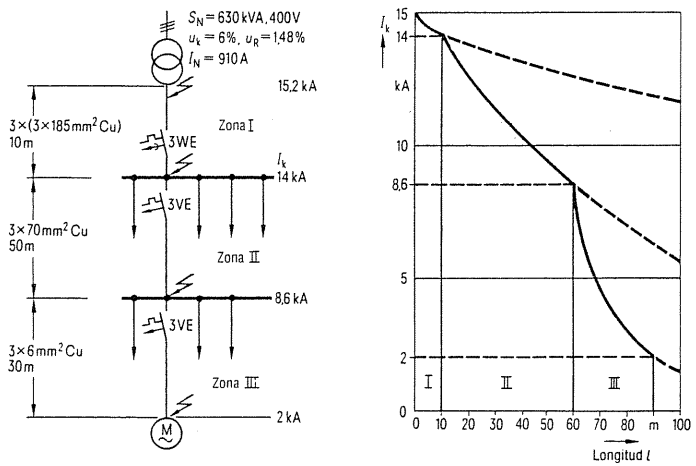


Fig. 2.16
Amortiguación de la corriente de cortocircuito por los cables y conductores de la distribución

2.2 Clases de servicio

En VDE 0530, parte 1, se diferencia entre ocho distintas clases de servicio.

Servicio continuo S1

Este es un servicio con carga constante, por ej., con carga nominal, cuya duración es lo suficientemente larga, que el equilibrio térmico es alcanzado.

Las componentes de la instalacion deben estar dimensionadas de tal manera, que puedan soportar esa corriente constante por un tiempo indefinido, sin que sea necesaria una intervención externa y, que tampoco sea sobrepasada su temperatura límite admisible.

Servicio de breve duración S2

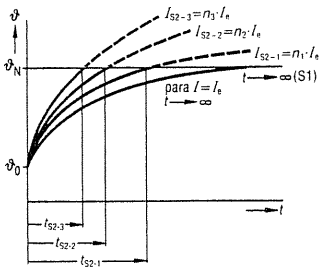
Este servicio está caracterizado por tiempos de carga relativamente cortos y pausas lo suficientemente largas, de tal manera, que las componentes de la instalación pueden enfriarse a la temperatura ambiente. Por tanto, cuando las instalaciones son sometidas a cargas de breve duración, iguales a la intensidad nominal de servicio I_e de los componentes, éstas (por ej. aparatos maniobra) no llegan a alcanzar su temperatura límite admisible y, por tanto, los aparatos pueden ser cargados, para un servicio de breve duración (S2), con una corriente I_{S2} mayor que la corriente nominal del aparato I_N.

El tiempo de carga admisible t_{S2} es el tiempo en 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 t_{S2} es más corto mientras más alta sea la corriente del servicio de breve duración I_{S2}. Este tiempo se acorta también cuando la temperatura ambiente es más alta. Curvas de validez general, para el calentamiento de aparatos de maniobra durante el servicio de breve duración, las muestra la figura 2.17.

Si la intensidad de la corriente durante el tiempo de carga t_{S2} no tiene un valor constante, se debe calcular la corriente constante, que durante el tiempo de carga t_{S2}, tenga los mismos efectos térmicos que la corriente variable. El valor de la corriente de sustitución se determina mediante el cálculo de la media cuadrática de la corriente durante el tiempo de carga.

En la figura 2.18 se muestra un ejemplo de una corriente irregular durante el servicio de breve duración. La intensidad de la corriente del servicio de breve duración se sustituye por una corriente escalonada con los valores I_1 a I_4 y sus correspondientes tiempos de carga t_1 a t_4. La media cuadrática de la corriente I_q es determinante para el calentamiento de las componentes de la instalación durante el servicio de breve duración.



I_e Corriente nominal de servicio
I_{S2} Corriente del servicio de breve duración
n Factor
t_{S2} Tiempo de servicio admisible con I_{S2} como carga
ϑ_N Temperatura límite admisible
ϑ_0 Temperatura ambiente

Fig. 2.17
Curvas características de calentamiento de aparatos de maniobra

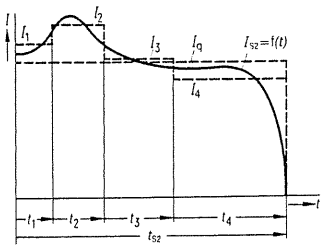


Fig. 2.18
Servicio de breve duración con carga irregular durante el tiempo de carga

El cálculo numérico de la corriente de sustitución se efectúa con la relación:

$$I_q=\sqrt{\frac{I_1^2\,t_1+I_2^2\,t_2+\cdots+I_n^2\,t_n}{t_1+t_2+\cdots+t_n}}.$$

Servicio intermitente S3

Durante un servicio intermitente (S3), 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 logran alcanzar su equilibrio térmico, ni durante los tiempos de carga (calentamiento) ni durante las pausas (enfriamiento).

El servicio intermitente está caracterizado por la duración del tiempo de carga t_{S3} y del ciclo t_c, o sea, por el factor de marcha $ED\%$ (tiempo relativo de conexión).

$$ED\%=\frac{t_{S3}}{t_c}.$$

La duración del ciclo t_c es igual a la suma del tiempo de carga t_{S3} y de pausa t_p, o sea $t_c=t_{S3}+t_p$.

En la práctica se dan frecuentemente servicios intermitentes cuyos tiempos de carga y pausas varían, pero la serie de tiempos de carga y pausas se repite cíclicamente, por ej., el ciclo mostrado en la figura 2.19. El factor de marcha $ED\%$ (tiempo relativo de conexión) se calcula en este caso, para el ciclo completo, con la ecuación:

$$ED\%=\frac{t_{S3}}{t_{S3}+t_p}\cdot 100\%.$$

Según VDE 0530, el ciclo para motores en servicio intermitente tiene una duración de 10 minutos, si no se establece algo diferente. En la práctica, la duración de este ciclo se toma como valor máximo para los servicios intermitentes con motores.

Indicación

La selección de los contactores 3TJ y 3TB para servicio de breve duración y para servicio intermitente es tratada en el capítulo 3.5.10.

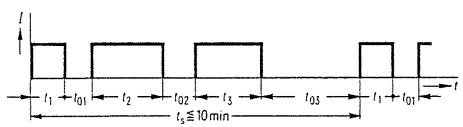


Fig. 2.19
Servicio intermitente con tiempos de carga y pausas de distintas duraciones durante un ciclo

3 Criterios para la selección de aparatos de maniobra para circuitos principales

Según su función, los aparatos de maniobra de baja tensión se dividen en:

- ▷ aparatos de maniobra para circuitos principales y
- ▷ aparatos de maniobra para circuitos auxiliares.

A continuación se tratarán los criterios para la selección de los aparatos de maniobra para circuitos principales.

3.1 Exigencias de la red y de la clase de servicio

3.1.1 Tensión nominal y frecuencia nominal

La tensión y la frecuencia de la red son determinantes para la selección de los aparatos de maniobra según

- ▷ **la tensión nominal de aislamiento U_i y**
- ▷ **la tensión nominal de servicio U_e.**

La tensión nominal de aislamiento U_i es el valor normalizado de la tensión, para la cual el aislamiento de un aparato de maniobra o de un accesorio ha sido dimensionado (véase el cap. 1.4.5).

La tensión nominal de servicio U_e de un aparato de maniobra es la tensión de referencia para sus datos característicos, por ej., la capacidad de ruptura (poder de corte) de un interruptor o la clase de servicio y la categoría de utilización de un arrancador (starter).

Los valores normalizados para las tensiones nominales de los aparatos de maniobra, construidos según VDE 0660, pueden tomarse de la tabla 3.1.

En el caso de las redes trifásicas, la tensión de la tabla es la tensión entre dos fases. Un aparato de maniobra puede tener varias tensiones nominales de servicio U_e, para las cuales varían uno o más de sus datos caracterizantes, por ej., la capacidad de ruptura o la vida útil del aparato de maniobra.

En los catálogos se dan para todos los aparatos de maniobra los valores de la tensión nominal de aislamiento U_i y de las tensiones nominales de servicio.

Tabla 3.1
Valores normalizados de las tensiones nominales para los aparatos de maniobra, según VDE 0660

Corriente continua V	Corriente alterna V	Corriente continua V	Corriente alterna V
24	24	1200	1000
60	60	**1500**	
110	125	**2400**	
220	**220**	**3000**	**3000**
440	**380**		**6000**
660	500		**10000**
750	**660**		

Los valores en negrilla son valores preferenciales

Los aparatos de maniobra de Siemens para corriente alterna han sido dimensionados normalmente para una frecuencia de 50/60 Hz.

La utilización de contactores para corriente alterna en redes de corriente rectangular alterna es aclarada en el capítulo 3.5.8.

La influencia de la frecuencia de la red en la función del aparato de maniobra se trata en el capítulo 3.5.3.

La influencia de las armónicas en el comportamiento de disparo de los disparadores y relés térmicamente retardados se indica en el capítulo 3.5.5.

3.1.2 Resistencia a los cortocircuitos y capacidad nominal de ruptura

La corriente de cortocircuito prevista en el sitio de instalación de los aparatos de maniobra es determinante para su selección en base a su

- ▷ **resistencia a los cortocircuitos y**
- ▷ **capacidad nominal de ruptura (poder de corte).**

La resistencia dinámica de un aparato de maniobra a los cortocircuitos está dada por su corriente nominal de choque I_S. Esta última se define como el valor de cresta de la corriente admisible en la vía de corriente sometida a los mayores esfuerzos.

La resistencia térmica de un aparato de maniobra a los cortocircuitos está dada por su corriente nominal de breve duración (1 s). Esta es la corriente admisible que el aparato de maniobra puede soportar durante un segundo, sin sufrir daños. Ella es significativa para los interruptores de potencia previstos para redes selectivas mediante escalonamiento del tiempo de disparo.

En el catálogo NS 1 se indican la capacidad nominal de cierre, la capacidad nominal de ruptura y, en caso necesario, la corriente nominal de breve duración de los interruptores de potencia.

La *capacidad nominal de conexión* de un interruptor de potencia es la corriente de cortocircuito que el interruptor de potencia a tensión nominal +10%, frecuencia nominal y un factor de potencia estipulado puede conectar. La capacidad nominal de conexión esta determinada por el valor de cresta máximo de la corriente de cortocircuito prevista, y es igual a la capacidad nominal de ruptura multiplicada por el factor n de la tabla 3.2.

La *capacidad nominal de ruptura* (poder de corte) I_{cn} es la corriente de cortocircuito que el interruptor de potencia a tensión nominal +10%, frecuencia nominal y un factor de potencia estipulado puede desconectar. La capacidad nominal de ruptura está dada por el valor efectivo de la componente de corriente alterna de la corriente de cortocircuito.

En las recomendaciones IEC (CEI) 157-1 y en las determinaciones VDE 0660 parte 101 09.1982 se indican las "Categorías del comportamiento bajo condiciones de cortocircuito". Estas categorías caracterizan el estado en que deben de quedar los interruptores de potencia, después de las pruebas de la capacidad nominal de conexión y de la capacidad nominal de ruptura. Las dos categorías existentes: P-1 y P-2 se describen en la tabla 3.3.

Tabla 3.2
Dependencia de la capacidad nominal de conexión de la capacidad nominal de ruptura (según VDE 0660, parte 101 e IEC (CEI) 157-1

Capacidad nominal de ruptura I_{cn} A	Factor de potencia cos φ	Capacidad nominal de conexión (valor mínimo)
$I_{cn} \leqq 1500$	0,95	$1.41\ I_{cn}$
$1500 < I_{cn} \leqq 3000$	0,9	$1.42\ I_{cn}$
$3000 < I_{cn} \leqq 4500$	0,8	$1.47\ I_{cn}$
$4500 < I_{cn} \leqq 6000$	0,7	$1.53\ I_{cn}$
$6000 < I_{cn} \leqq 10000$	0,5	$1.7\ I_{cn}$
$10000 < I_{cn} \leqq 20000$	0,3	$2.0\ I_{cn}$
$20000 < I_{cn} \leqq 50000$	0,25	$2.1\ I_{cn}$
$50000 < I_{cn}$	0,2	$2.2\ I_{cn}$

Tabla 3.3
Categorías de la capacidad de maniobra (según VDE 0660, parte 101 e IEC (CEI) 157-1)

Categoría de la capacidad de maniobra	P-1	P-2
Ciclo de pruebas[1])	O–t–CO	O–t–CO–t–CO
Estado del interruptor de potencia después de la prueba de la capacidad de ruptura	Debe realizarse una prueba con la corriente nominal permanente del interruptor. Los materiales aislantes no deben resultar dañados. Se admite un desplazamiento pequeño de la curva característica de disparo del disparador contra sobrecargas	El interruptor debe estar en capacidad de ser cargado con su intensidad nominal permanente, sin haber recibido mantenimiento (solamente en caso de duda debe efectuarse una prueba de calentamiento). No se admite desplazamiento alguno de la curva característica de disparo del disparador contra sobrecargas

[1]) O Desconexión (O = open)
CO Conexión y desconexión (C = close, O = open)
t Pausa

3.1.3 Corrientes nominales

La clase de servicio, por ej., servicio continuo, servicio de breve duración y servicio intermitente, así como el servicio por ocho horas, es determinante para la selección de los aparatos de maniobra en función de sus corrientes nominales.

En función de su comportamiento térmico, los aparatos de maniobra son caracterizados por dos o más de las siguientes corrientes nominales:

Corriente nominal térmica convencional I_{th}

Esta es la corriente que el aparato de maniobra puede soportar en el servicio continuo por ocho horas, sin que las temperaturas de sus partes sobrepasen las

temperaturas límite exigidas en las determinaciones correspondientes.

Corriente nominal térmica de aparatos en cajas I_{the}

Esta es la corriente máxima dada por el fabricante, que el interruptor puede soportar para una clase de servicio definida, cuando se incorpora en una caja (carcasa, encapsulamiento) determinada.

Corriente nominal de servicio I_e
de un contactor o de un arrancador

La corriente nominal de servicio I_e de un contactor o de un arrancador depende de la tensión nominal, de la frecuencia nominal, de la clase nominal de servicio, de la categoría de utilización y del tipo de caja donde está incorporado. Por tanto, un aparato de maniobra puede tener varias intensidades nominales de servicio I_e.

Corriente nominal permanente I_u
de un interruptor de potencia

La corriente nominal permanente de un interruptor de potencia es el valor de la corriente, dado por el fabricante, que el interruptor de potencia puede soportar en servicio continuo. En este caso, los contactos principales pueden permanecer cerrados hasta por años. La diferencia entre este tipo de servicio y el servicio continuo por ocho horas (véase la corriente nominal térmica convencional) se debe a que oxidación o suciedad en las superficies de contacto pueden provocar un calentamiento progresivo durante el servicio continuo. Para contrarrestar estos efectos se toman medidas adicionales, por ej., contactos de plata o la utilización de un factor de reducción.

3.2 Funciones de los aparatos de maniobra

3.2.1 Tipos de maniobras

En una instalación de maniobra normalmente se ejecutan las siguientes maniobras:

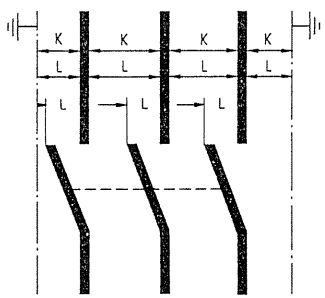
- ▷ **Seccionar**
- ▷ **Conectar en vacío**
- ▷ **Conectar bajo carga**
- ▷ **Conectar motores**
- ▷ **Conectar en caso de cortocircuito**

3.2.1.1 Seccionar

Seccionadores son interruptores, los cuales separan un circuito eléctrico en todas sus vías de corriente; los seccionadores tienen una indicación fiable de la posición de maniobra.

Antes de efectuar trabajos de mantenimiento o reparaciones en partes activas de las instalaciones, los componentes afectados deben separarse de la red; mientras se efectúan dichos trabajos, debe estar asegurada la separación de la red (véanse las prescripciones para la prevención de accidenten VBG 4 en cap. 1.4.1.2).

Para ésto, se ofrecen en el catálogo NS1 interruptores con características de seccionadores. En los seccionadores, las distancias de aislamiento y fuga (véase cap. 1.4.5) no solamente son mantenidas entre las vías de corriente y entre las vías de corriente y piezas puestas a tierra en sus cercanías, sino también entre los contactos fijos y los móviles cuando el seccionador se encuentra en la posición DES (véase fig. 3.1).



K Distancia de fuga
L Distancia de aislamiento

Fig. 3.1 Requisitos para seccionadores

Para poder asegurar una separación de la red, cuando se efectúan trabajos de mantenimiento, los seccionadores deberán estar provistos con un accionamiento que permita bloquearlo en la posición DES, por ej., mediante candados.

3.2.1.2 Conectar en vacío

En este tipo de maniobra la conexion y desconexión de circuitos eléctricos se efectúa cuando no circula corriente o, cuando la tensión entre el contacto fijo y el contacto móvil en cada uno de los polos sea sumamente baja durante la maniobra.

La utilización de interruptores para conectar en vacío presupone que en ningún caso, debido a medidas previamente tomadas, sea posible conectar bajo carga, por ej., en caso de averías. Si ésto llegase a ocurrir, tendría como consecuencia la destrucción del aparato y de partes de la instalación y, lo que es peor, pondría en peligro al personal de servicio a causa del arco que se produciría durante la desconexión. Debido a ésto, los interruptores para conectar en vacío solamente se utilizan en casos aislados, por ej., en instalaciones de altas intensidades. En el resto de las instalaciones se emplean, como mínimo, interruptores bajo carga.

3.2.1.3 Conectar bajo carga

Con los interruptores bajo carga se pueden conectar y desconectar aparatos y partes de las instalaciones cuando prestan servicio normal con intensidad nominal. La capacidad de ruptura de los interruptores bajo carga está, según VDE 0660/parte 10, en el orden de su intensidad nominal. La capacidad de ruptura de los interruptores bajo carga de Siemens es un múltiplo de su intensidad nominal y, por tanto, pueden conectar y desconectar todas las sobreintensidades que ocurren en un servicio normal, como son las corrientes de arranque de motores (véanse los catálogos NS1 y NS2). Además de ésto, con ellos se maniobra sin peligro cuando se conectan involuntariamente cortocircuitos, ya que poseen una capacidad de conexión sumamente alta.

3.2.1.4 Conectar motores

La capacidad de ruptura de los aparatos de maniobra para conectar motores debe estar en concordancia con los esfuerzos que se presentan cuando los diversos tipos de motores son conectados o desconectados, así como con las distintas clases de servicio, por ej., servicio intermitente (véase cap. 3.2.2.1).

Aparatos de maniobra para conectar motores son, por ej., contactores, guardamotores, así como seccionadores para motores, provistos de fusibles.

3.2.1.5 Conectar bajo condiciones de cortocircuito

Los interruptores de potencia son aparatos de maniobra capaces no solamente de conectar y desconectar motores y sobrecargas, sino también corrientes de cortocircuito.

Interruptores de potencia

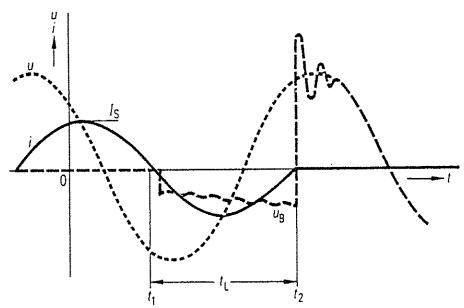
Dependiendo del tipo de extinción del arco podemos diferenciar dos géneros constructivos básicos:

- ▷ **Interruptores de potencia con extinción al paso por cero e**
- ▷ **interruptores de potencia con limitación de la corriente.**

Interruptores de potencia con extinción
al paso por cero

Los interruptores de potencia con extinción al paso por cero apagan el arco de desconexión de corriente alterna cuando ésta alcanza un paso natural por cero (fig. 3.2).

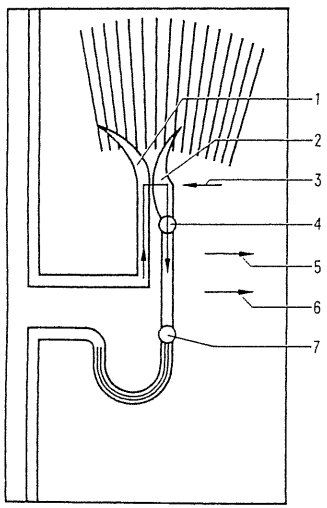
Los altos picos de las corrientes de cortocircuito (corriente de choque I_S) originan enormes fuerzas de separación en los contactos. Los interruptores tienen,



t_1 Apertura de los contactos
t_2 Fin del proceso de interrupción
t_L Duración del arco
u_B tensión del arco

Fig. 3.2
Curso de la corriente y de la tensión, cuando desconecta un interruptor de potencia con extinción del arco al paso por cero

por tanto, elevada fuerza de contacto o una amplificación electrodinámica de dicha fuerza, para que los contactos permanezcan cerrados hasta que reaccionen los disparadores electromagnéticos sin retardo contra cortocircuitos. En los interruptores previstos para una protección selectiva contra cortocircuitos (fig. 3.3), se aprovecha la amplificación electrodinámica de las fuerzas de contacto; ésto es necesario, ya que en caso de perturbación la desconexión ocurre generalmente con retardo. Mientras dura el cortocircuito, el brazo de palanca más largo del contacto móvil es apartado del contacto fijo a causa de las fuerzas repulsivas que actúan entre dos conductores paralelos por los cuales circulan corrientes en sentido contrario. Esta fuerza cambia de dirección en el brazo de palanca más corto y, por consiguiente, la fuerza de contacto es amplificada. La intensidad nominal de éstos interruptores comienza a partir de 160 A.



1 Contacto fijo
2 Contacto móvil
3 Dirección de la amplivicación de la fuerza de contacto
4 Punto de giro del contacto móvil cuando el interruptor se encuentra conectado
5 Dirección de la fuerza de repulsión
6 Dirección de la fuerza de los resortes de contacto
7 Punto de giro del contacto móvil durante el cierre o apertura de los contactos

Fig. 3.3
Contactos principales de un interruptor de potencia para selectividad mediante escalonamiento en el tiempo, intensidad nominal permanente a partir de aproximadamente 160 A (representación del principio)

Interruptores de potencia con limitación de la corriente

Bajo limitación de la corriente se entiende que la corriente de choque prevista I_S es limitada o amortiguada a una corriente de menor intensidad, la cual se denomina corriente de cortocircuito limitada I_D (véase el cap. 9.7). Esta limitación puede ser alcanzada por diversos métodos.

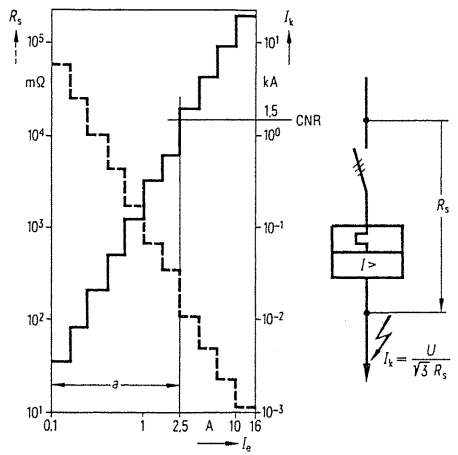
Interruptores de potencia con elevada resistencia propia

En los interruptores de potencia con bajas corrientes de ajuste en los disparadores térmicos contra sobrecargas, las resistencias de la vías de corriente, incluidas las bobinas de calefacción de las tiras bimetálicas y las bobinas de los disparadores electromagnéticos sin retardo contra cortocircuitos, son muy altas. Ellas pueden ser tan altas, que estén en capacidad de amortiguar cualquier cortocircuito a un valor que el interruptor térmica y dinámicamente pueda dominar e interrumpir. En este caso se dice que el interruptor es "resistente a los cortocircuitos". El puede ser utilizado en puntos de la red en los cuales los cortocircuitos previstos puedan alcanzar valores mayores que 50 kA. Hasta para cual margen de ajuste el interruptor es resistente a los cortocircuitos, depende de la capacidad de ruptura del interruptor. Como ésta a su vez depende de la tensión nominal, la resistencia a los cortocircuitos es distinta para cada tensión nominal.

La figura 3.4 ilustra en el interruptor 3VE1 que, debido a la resistencia propia de los interruptores con disparadores contra sobrecargas con márgenes de ajuste hasta 2,5 A, todo cortocircuito, aún el pleno en los bornes de salida del interruptor, siempre es inferior a la capacidad nominal de ruptura (CNR) de 1,5 kA a 380 V.

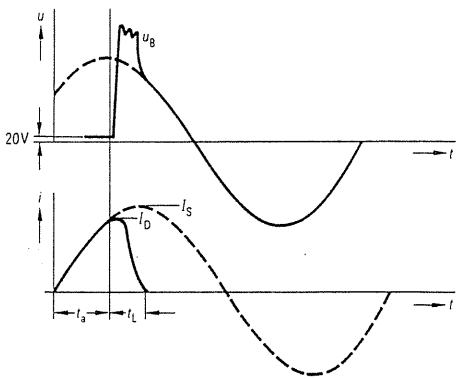
Interruptor de potencia con tiempo propio extremamente corto y elevada tensión de arco

Los interruptores de potencia con un proceso de interrupción limitador de la corriente tienen un mecanismo de disparo y apertura que se diferencia por principio de los mecanismos de los extintores al paso por cero: La apertura de los contactos no ocurre por medio del mecanismo de desenganche del interruptor. Esto tomaría demasiado tiempo (fig. 3.5).



CNR Capacidad nominal de ruptura
I_e Corriente nominal de servicio
a Margen resistente a los cortocircuitos

Fig. 3.4
Resistencia a los cortocircuitos debida a la resistencia propia R_s de los interruptores de potencia. Ejemplo interruptor 3VE1 para la protección de motores, tensión de servicio 380 V



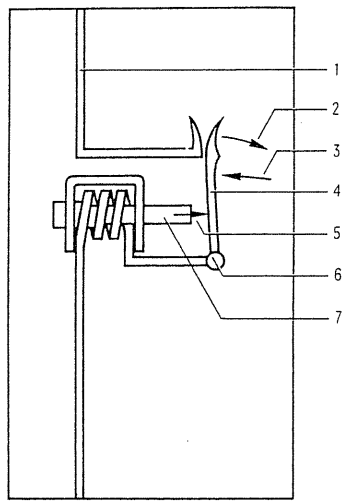
t_a Retardo de desconexión
t_L Duración del arco
u_B Tensión del arco
I_D Corriente de cortocircuito limitada
I_S Corriente de choque

Fig. 3.5
Curso de la corriente y de la tensión, cuando desconecnecta un interruptor limitador de la corriente

Exactamente como en los fusibles se llenan dos requisitos:

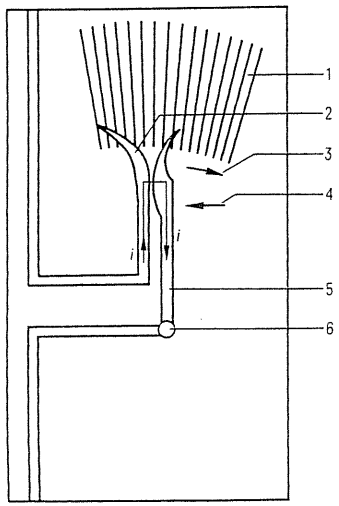
- ▷ **Abrir los contactos antes que sea alcanzado el valor de cresta de la corriente I_S.**
- ▷ **Conexión inmediata de una elevada resistencia en el circuito en forma de una tensión de arco alta U_B.**

La rápida apertura de los contactos se logra, como se muestra en la figura 3.6 para los interruptores pequeños, haciendo impactar directamente la armadura de percusión en los contactos móviles del interruptor. En los interruptores para intensidades nominales más altas, el contacto fijo y el contacto móvil de cada vía de corriente se disponen de tal manera,



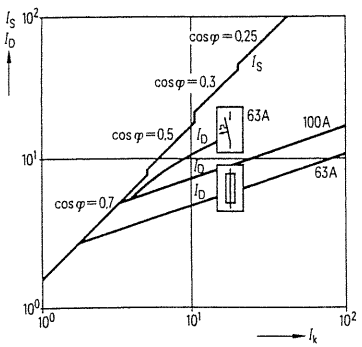
1 Contacto fijo
2 Dirección de la fuerza de repulsión de los contactos
3 Dirección de la fuerza de los resortes de contacto
4 Contacto móvil
5 Dirección de choque de la armadura de percusión
6 Punto de giro del contacto móvil
7 Armadura de percusión

Fig. 3.6
Contactos principales de un interruptor de potencia limitador de la corriente, con corriente nominal permanente de hasta 63 A (representación del principio)



1 Láminas de extinción
2 Contacto fijo
3 Dirección de la fuerza de repulsión
4 Dirección de la fuerza de contacto
5 Contacto móvil
6 Punto de giro del contacto móvil

Fig. 3.7
Contactos principales de un interruptor de potencia limitador de la corriente, con corriente nominal permanente a partir de aproximadamente 200 A (representación del principio)



I_D Corriente de cortocircuito limitada
I_S Corriente de choque

Fig. 3.8
Limitación de la corriente por interruptores de potencia de 63 A y fusibles NH de 63 y 100 A

que la corriente circule por ellos en sentido contrario (fig. 3.7).

La fuerza de repulsión, que es efectiva en caso de cortocircuito, aparta al contacto móvil del fijo. Esta fuerza de repulsión es más fuerte cuanto más elevada sea la corriente *i*.

Una elevada tensión de arco se logra en corto tiempo mediante contactos con forma apropiada y la ejecución de las cámaras de extinción. Los contactos hacen que el arco se transporte rápidamente a la cámara y sea enfriado intensamente en las láminas de extinción.

Los interruptores de potencia limitadores de la corriente generalmente dominan corrientes de cortocircuito más altas que los extintores al paso por cero de igual intensidad nominal, en especial a tensiones de servicio bajas. Sin embargo, ellos no tienen una capacidad de ruptura ilimitada, ya que ésta y la corriente de cortocircuito limitada I_D dependen de la tensión.

En la figura 3.8 se pueden comparar las características de la limitación de la corriente de un guardamotor 3VE4 para 63 A y de fusibles NH tipo 3NA4 de la clase de servicio gl de 63 y 100 A (comparables en circuitos para motores) a una tensión de 380 V, 50 Hz.

3.2.2 Conectar componentes de instalaciones

A continuación se tratarán las condiciones que se presentan para los aparatos de maniobra, cuando se conectan los principales componentes de las instalaciones. Estos componentes son:

- ▷ **Motores de baja tensión,**
- ▷ **Motores de alta tensión,**
- ▷ **Condensadores,**
- ▷ **Aparatos para calefacción,**
- ▷ **Instalaciones para iluminación,**
- ▷ **Transformadores en redes de baja tensión.**

3.2.2.1 Motores de baja tensión

Motores de anillos rozantes

Dependiendo de las condiciones que rigen al arrancar motores de anillos rozantes, VDE 0660 parte 301/9.82 distingue los siguientes casos:

- ▷ Arranque a media carga, $I_m/I_{er} = 0{,}7$, por ej., elevadores.
- ▷ Arranque a carga completa, $I_m/I_{er} = 1{,}4$, por ej., prensas y tornos.
- ▷ Arranque pesado, $I_m/I_{er} = 2{,}0$, por ej., bomba centrífuga y trituradora de piedras.

Aquí significan:

I_m = Promedio de la corriente durante el arranque = $1/2(I_1 + I_2)$.
I_{er} = Corriente nominal del circuito del rotor.
I_1 = Corriente del rotor antes de cortocircuitar una etapa de las resistencias.
I_2 = Corriente del rotor instantes después de cortocircuitar una etapa de las resistencias.

En el campo comprendido entre el arranque a media carga y el arranque pesado, la corriente de arranque y el par motor T_m son prácticamente proporcionales. El grado de dificultad del arranque $k = I_m/I_{er}$ es por tanto $\approx T_m/T_{nominal}$.

Con las resistencias que se conectan en el circuito del rotor se reduce la corriente de arranque y se regula el par motor de arranque entre cero y su valor máximo. Las resistencias y combinaciones de arranque se describen en el capítulo 3.5.

Para conectar motores de anillos rozantes se emplean interruptores para motores de la categoría de servicio AC2.

Motores con rotor de jaula

Arranque directo

Cuando se conecta un motor con rotor de jaula, primeramente fluye el pico inicial de la corriente de arranque (rush), al atenuarse ésta, circula la corriente estacionaria de arranque I_A. El valor de esta corriente de arranque I_A es independiente del momento de la carga; el tiempo de arranque t_A, por el contrario, depende del momento de carga de la máquina accionada. En caso de tenerse momentos de inercia altos, lo que trae como consecuencia tiempos de arranque muy largos, se dice que se tiene un arranque pesado (fig. 3.9).

Valores de orientación:

- ▷ Pico inicial de la corriente de arranque (valor máx.) $I_S = 2\sqrt{2} \cdot I_A$
- ▷ Corriente de arranque (valor efectivo) $I_A = 4$ a $8 \cdot I_N$
- ▷ Corriente de marcha en vacío $I_0 = 0{,}95$ a $0{,}2 \cdot I_N$ (su valor es inversamente proporcional al tamaño del motor y aumenta conforme al N.° de polos)
- ▷ Tiempo de arranque t_A:
  - En circunstancias normales $t_A < 10$ s
  - Para arranque pesado $t_A > 10$ s (en este caso debe vigilarse el calentamiento del motor).

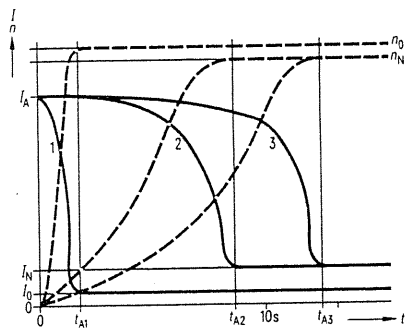
Cuando se invierte el sentido de giro de un motor, el pico de la corriente inicial de arranque es más alto que cuando se arranca del reposo.

Si un motor es conectado teniendo el rotor bloqueado, consumirá su corriente de arranque (corriente en reposo).

La corriente de arranque de un motor puede ser reducida de diversas maneras.

Arranque estrella-triángulo

Este tipo de arranque puede ser utilizado en motores cuya tensión nominal, cuando están conectados en triángulo (delta), concuerda con la tensión de la red y, al mismo tiempo, los extremos de sus devanados están separados y conectados a la bornera del motor. El par motor y la corriente de arranque, durante el arranque en conexión estrella, dependiendo del tamaño del motor, oscila entre $^1/_4$ y $^1/_3$ de los valores en caso de arranque directo.



n_0 Velocidad de giro en vacío
n_N Velocidad nominal de giro
I_N Corriente nominal
I_0 Corriente en vacío
t_A Tiempos de arranque
1 Arranque sin carga
2 Arranque normal
3 Arranque pesado

Fig. 3.9
Curso de la corriente y velocidad de giro durante el arranque de un motor

Hay que prestar atención que el motor durante el arranque no puede ser cargado con más de $^1/_3$ de su par motor nominal y que dicho motor debe haber alcanzado más del 90% de su velocidad nominal de giro antes de conmutar de estrella a triángulo.

A pesar de ser de conocimiento general que el arranque estrella-triángulo solamente puede ser aplicado a motores cuya carga durante el arranque sea baja, en algunas ocasiones se emplea de manera incorrecta. Este es el caso cuando el par motor de la máquina accionada es tan grande que el motor, el cual durante el arranque solamente tiene $^1/_3$ de su par motor nominal a disposición, no puede ni aproximadamente alcanzar su velocidad nominal de giro.

Entre las máquinas que pueden causar problemas durante un arranque estrella-triángulo se encuentran ventiladores, bombas centrífugas ($M_A \sim n^2$), compresores y otras máquinas con características semejantes en lo que respecta a la relación entre par motor y velocidad de giro.

Durante la pausa de conmutación la velocidad de giro baja considerablemente. Cuando se acciona el contactor que realiza la conexión en triángulo del motor se producen fenómenos transitorios, los cuales pueden tener como consecuencia picos de corriente más altos que los que se dan cuando se conecta el motor directamente en triángulo, en especial cuando se tienen constelaciones desfavorables de los campos del rotor y del estator. En algunos casos son tan altos estos picos, que sobrepasan la capacidad de conexión de los contactores. Las consecuencias son soldaduras de los contactos de los mismos.

Una reducción de estas corrientes se logra mediante el cableado correcto del circuito principal (véase cap. 8.3). Con ello no solamente la carga de las vías de corriente del contactor es menor, sino también los esfuerzos que sufren las cabezas del devanado del motor se reducen.

Arranque estrella-triángulo sin pausa de conmutación

Este tipo de arranque puede ser ventajoso en redes de baja potencia. Durante la conmutación de estrella a triángulo un cuarto contactor, a través de resistencias, mantiene conectado el motor a la red y la conmutación se efectúa sin pausa. Con ésto se logra una supresión casi completa de los picos de corriente, por ej. cuando el motor no haya alcanzado la velocidad de giro necesaria.

Los diagramas para la conexión y las indicaciones para la selección de los aparatos de maniobra para el arranque estrella-triángulo se encuntran en el capítulo 8.3.

Arranque con autotransformadores

El motor se conecta durante el arranque a las tomas, por lo general del 70%, de un transformador en conexión estrella economizadora. En este caso, la corriente y el par de arranque se reducen aproximadamente al 49% de los valores que se dan cuando el motor es arrancado directamente. Es decir, se tiene la ventaja de descargar la red durante el arranque. Además, para el arranque con autotransformador, el motor se conecta con tres conductores de alimentación y no con seis como ocurre con el arranque estrella-triángulo.

Para los diagramas de conexión y la selección de los aparatos, véase el capítulo 8.3.

Arranque mediante resistencias trifásicas

La corriente de arranque del motor provoca una caída de tensión en las resistencias, de tal manera, que el motor arranca a tensión reducida. La corriente de arranque se reduce proporcionalmente a la disminución de la tensión. Cuando el arranque se efectúa con una sola etapa de resistencias, éstas se dimensionan para que la corriente de arranque quede limitada aproximadamente al triple de la corriente nominal del motor. Si el arranque se realiza con dos etapas de resistencias, la corriente de arranque puede ser limitada de 1,5 a 2 veces la corriente nominal del motor. En este caso, el par de arranque del motor es sumamente bajo.

Los diagramas de conexión y las indicaciones para la selección de los aparatos se encuentran en el capítulo 8.3.

Arranque suave mediante resistencia en una fase

Este tipo de arranque es también conocido como "Conexión KUSA" (del Alemán **K**urzschluß-**S**anft**a**nlauf, arranque suave en cortocircuito). Debido a la resistencia conectada en serie en uno de los conductores de alimentación del motor, la tensión aplicada a éste es asimétrica. En el motor se forma, además del par de giro en el sentido del campo, un par de giro en sentido opuesto, de tal manera, que el par de giro resultante se reduce. Esto no vale para la corriente de arranque, la cual en las dos líneas de alimentación sin resistencias es más alta que la

corriente que se produciría en caso de arranque directo. Cuando el motor alcanza su velocidad de giro normal, la resistencia se puentea.

Los diagramas de conexión y las indicaciones para la selección de los aparatos se encuentran en el capítulo 8.3.

Arrancadores para inversión del sentido de giro

Estos arrancadores invierten rápidemente el sentido de giro de motores trifásicos mediante el intercambio de dos de las líneas de alimentación. Cuando la conmutación es muy rápida, en el devanado del motor permanece tovavía un campo magnético residual y la correspondiente tensión residual. Esto provoca los picos de corriente adicionales de la conmutación, los cuales alcanzan valores de aproximádamente 0,7 I_N.

Hay que prestar atención, que la pausa de conmutación sea lo suficientemente larga, para que el arco de desconexión del aparato que desconecta se extinga totalmente. Los contactores para ambos sentidos de giro deben estar enclavados entre si eléctricamente mediante contactos normalmente cerrados. Un enclavamiento mecánico adicional es aconsejable; cuando un contactor está conectado, el contactor opuesto es mantenido con seguridad por el enclavamiento mecánico en la posición "desconectado".

Los diagramas de conexión y las indicaciones para la selección de los aparatos se encuentran en el capítulo 8.3.

Control de motores trifásicos de polos conmutables

La velocidad de giro de un motor asíncrono la determina el número de sus polos. Si se desea que un motor trabaje a diferentes velocidades de giro, los devanados del estator deberán de subdividirse de tal manera, que el motor pueda conectarse a la red con diferentes números de polos.

- ▷ 1ª ejecución: Conexión Dahlander, dos velocidades, un sentido de giro.
  El motor tiene para cada velocidad de giro una potencia diferente. Para reducir la corriente de arranque, el motor pude ser arrancado en estrella-triángulo en la velocidad de giro más baja. Condición previa es que el motor tenga en total nueve bornes y que el punto estrella sea accesible.
- ▷ 2ª ejecución: Conexión Dahlander y un devanado separado, tres velocidades de giro.
  Las velocidades de giro del devanado tipo Dahlander, que están en relación 1/2, son complementadas por la velocidad de giro del devanado separado. Esta última velocidad de giro puede estar sobre, debajo o entre las velocidades de giro del devanado Dahlander.
- ▷ 3ª ejecución: Dos conexiones Dahlander, 4 velocidades de giro.
  Las velocidades giro del motor pueden ser conectadas en cualquier orden.

Para todas las exigencias concernientes a la conexión del devanado correspondiente del motor, así como para la elección de la velocidad de giro por parte del operador, está a su disposición un amplio programa de interruptores de control y combinaciones de contactores.

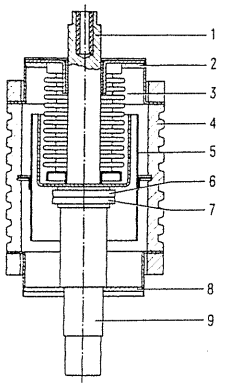
Los diagramas para la conexión de motores de polos conmutables y las indicaciones para la selección de los aparatos se encuentran en el capítulo 8.2.5.

Servicio intermitente de motores

En este servicio, para lograr pequeños movimientos, los motores son conectados por corto tiempo una o más veces. El motor es, por tanto, desconectado durante el arranque, es decir, los aparatos de maniobra tienen que interrumpir la corriente de arranque. El servicio intermitente de motores se presenta, por ej., en máquinas herramientas y en elevadores de carga. Entre las consecuencias se tiene un fuerte desgaste de los contactos debido al arco de desconexión. Los aparatos de maniobra para la conexión del motor se eligen según la categoría de servicio AC4. En caso de presentarse un servicio mixto AC3/AC4, la vida de los contactos del contactor debe ser calculada (véase cap. 3.5.9).

3.2.2.2 Motores de alta tensión

Los motores de baja tensión se construyen normalmente para potencias de hasta 300 kW para 380 V~ y hasta 550 kW para 660 V~. Para mayores potencias se emplean motores de alta tensión para 3, 6 y 10 kV (en algunos países, 3,6, 7,2 y 12 kV). Para conectar motores de alta tensión, normalmente se emplean contactores (solamente en casos especiales se emplean interruptores de potencia de alta tensión).



1 Piezas móviles de la alimentación
2 Brida final
3 Fuelle
4 Aislador de cerámica
5 Pantalla para los vapores de metal
6 Contacto móvil
7 Contacto fijo
8 Brida final
9 Piezas fijas de la alimentación

Fig. 3.10
Tubo de conexión al vacío para contactores de 7,2 kV, 400 A

Los contactores al vacío 3TL, son los aparatos de maniobra de Siemens para estas aplicaciones. La figura 3.10 muestra un corte a través del tubo de conexión para 7,2 kV, 400 A.

Los contactores al vacío aprovechan la alta tensión disruptiva que se da cuando se interrumpe corriente alterna a presiones extremamente bajas.

Los contactores al vacío de Siemens se caracterizan por las siguientes cualidades:

- ▷ **Absolutamente seguros contra soldadura de los contactos.**
- ▷ **Vida eléctrica muy alta, como mínimo un millón de maniobras con la corriente nominal, sin dar mantenimiento.**
- ▷ **Varias posiciones de montaje, por tanto su incorporación en instalaciones de maniobra es sencilla.**

Los datos técnicos y los detalles para el pedido de contactores al vacío se encuentran en el catálogo HG 11.

3.2.2.3 Condensadores

Al conectar condensadores, éstos se cargan a su valor estacionario a través de fenómenos transitorios. Mientras ocurren dichos fenómenos pueden presentarse picos de corriente sumamente altos con frecuencias desde varios cientos hasta varios miles Hertz. Esto impone exigencias especiales a los aparatos de maniobra. La amplitud y la frecuencia de las corrientes de conexión las determinan la capacidad del condensador, las reactancias del circuito y la amplitud de la tensión de la red.

Conexión de condensadores individuales

Cuando se conecta un condensador individual de una potencia determinada a la red, la corriente de conexión la determinan, en primer lugar, la potencia del transformador y la longitud de las líneas de alimentación a los condensadores.

Los esfuerzos a que son sometidos los aparatos de maniobra aumentan conforme

- ▷ crece la potencia nominal del transformador de alimentación, o sea, conforme aumenta la reactacia de cortocircuito del mismo.
- ▷ disminuye la inductividad de las líneas de alimentación.
- ▷ aumenta la potencia de los condensadores.

Conexión de condensadores en equipos de regulación del factor de potencia

Cuando se conecta una batería de condensadores, compuesta por condensadores individuales, a una red en la cual ya se encuentran conectados otros condensadores, éstos últimos hacen las veces de una fuente adicional de energía. Debido a ésto, los aparatos de maniobra, al conectar a los condensadores, trabajan en condiciones de servicio adversas.

En casos extremos, los picos de la corriente de conexión son limitados solamente por la inductividad de los condensadores y las inductividades entre las baterías de condensadores.

Los esfuerzos a que son sometidos los aparatos de maniobra los determinan por tanto:

- ▷ El cociente entre la potencia de los condensadores que están siendo conectados y la potencia de los condensadores que previamente estaban conectados a la red.
- ▷ La longitud de los conductores que unen a las baterías de condensadores.
- ▷ La inductividad propia de los condensadores, la cual es sumamente baja en el caso de los condensadores tipo MKV de bajas pérdidas y, por tanto, insignificante.

Para conectar condensadores de una manera económica, generalmente deben tomarse medidas

adicionales. Por ej., cuando para la conexión de condensadores se utilizan contactores para motores, existe el peligro de soldadura prematura de los contactos. En este caso, para posibilitar un aumento de la frecuencia de conexión, pueden conectarse inductancias adicionales en las líneas de alimentación.

Mediante la utilización de contactores especiales para la conexión de condensadores, se logra una alta frecuencia de conexión y se minimizan los efectos retroactivos a la red. Estos contactores poseen resistencias a través de las cuales los condensadores son preconectados a la red amortiguando así los picos de la corriente de conexión.

Los contactores para la conexión de condensadores se describen en el cap. 3.5.6.

3.2.2.4 Aparatos para calefacción eléctrica

Estos aparatos se utilizan, por ej., para la calefacción de habitaciones, en hornos de resistencias y en instalaciones de aire acondicionado. En el caso de las resistencias de alambre, la corriente de conexión puede ser 1,4 veces la corriente nominal. Si se toma en cuenta un aumento de la tensión de la red en un 10%, hay que contar con el correspondiente aumento de la corriente. Esto debe considerarse para la selección de los aparatos de maniobra en lo que respecta a la intensidad nominal de servicio. Como categoría de servicio debe tomarse AC1 en el caso de corriente alterna y DC1 en el caso de corriente continua. Para las maniobra es suficiente un interruptor con capacidad de conexión bajo carga.

Los circuitos para calefacción son frecuentemente circuitos monofásicos. En estos casos, las vías de corriente de los aparatos de maniobra se conectan normalmente en paralelo para aumentar la corriente de carga admisible.

Indicaciones para la conexión en paralelo de las vías de corriente de los aparatos de maniobra y sobre la cargabilidad de los mismos, se encuentran en el capítulo 3.5.6.

3.2.2.5 Instalaciones para iluminación

En las instalaciones de iluminación los aparatos de maniobra son sometidos a esfuerzos por las elevadas corrientes de conexión.

Lámparas incandescentes

El pico de la corriente de conexión de las lámparas incandescentes alcanza un valor aproximado de 15 veces su corriente nominal. La capacidad de conexión del contactor debe tener, como mínimo, dicho valor. Considerando admisible un aumento de la tensión en un 10%, lo que trae como consecuencia el correspondiente aumento de la corriente, los contactores en servicio continuo solamente pueden cargarse con el 90% de la intensidad nominal de servicio según las categorías de servicio AC1 y DC1.

Lámparas de luz mixta

Las lámparas de luz mixta tienen un quemador de alta presión de vapor de mercurio y un filamento de tungsteno en una bombilla con paredes fluorecentes. El filamento de tungsteno es al mismo tiempo fuente luminosa y resistencia en serie del quemador de alta presión de vapor de mercurio. La corriente de conexión tiene un valor aproximado de 1,3 veces su corriente nominal, durante un tiempo de arranque de tres minutos.

Debido a que la constante térmica de tiempo de los contactores pequeños es de menor duración que tres minutos, la selección del contactor se efectua para una corriente nominal igual a la corriente de conexión según la categoría de servicio AC1. Contactores grandes se eligen para una intensidad nominal 1,1 veces mayor que la corriente nominal de las lámparas.

Lámparas fluorescentes

La corriente de precalentamiento de las lámparas fluorescentes no compensadas y la de aquellas en conexión dúo, alcanza durante el arranque valores de aproximadamente 2,1 veces la corriente nominal. Los contactores para conectarlas pueden ser elegidos con una corriente nominal de servicio, según AC1, igual a 1,1 veces la corriente nominal de las lámparas.

Cuando se conectan lámparas fluorescentes compensadas, pueden presentarse picos de corriente de conexión de aproximadamente 20 veces la corriente nominal del condensador. En este caso, los contactores deben elegirse en base a su capacidad para conexión de condensadores.

Lámparas de vapor de mercurio de alta presión y lámparas de halógeno

Estas lámparas trabajan con arrancadores y con aparatos auxiliares preconectados. Durante el arranque, que dura entre 3 y 5 minutos, fluye una corriente de conexión casi netamente inductiva. Esta puede alcanzar valores de aproximadamente 2 veces la co-

rriente nominal. La intensidad nominal de servicio, según la categoría de servicio AC1, de los contactores debe ser como mínimo igual a la corriente de arranque de las lámparas.

Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Durante el arranque, que dura entre 5 y 10 minutos, circula una corriente inductiva de aproximadamente 1,4 veces la corriente nominal. Esta corriente es determinante para la selección del contactor en función de su intensidad nominal de servicio I_e según la categoría de servicio AC1.

Lámparas de vapor de mercurio,
lámparas de halógeno y
lámparas de vapor de sodio, todas compensadas

Cuando se compensan las lámparas de vapor de metal, para la selección del contactor para la conexión, debe tomarse en cuenta la alta corriente de conexión del condensador. Por otra parte, el condensador compensa en parte la corriente inductiva del arranque. Si la corriente de conexión del condensador lo permite, en muchos casos, puede ser utilizado un contactor con una corriente nominal de servicio más baja que la del contactor que se emplea cuando las lámparas no se compensan.

En la tabla 3.4 se muestra una sinopsis de las corrientes de arranque de las diferentes lámparas y la forma de dimensionar los contactores para su conexión.

Los datos para la selección de los contactores 3TJ y 3TB para la conexión de lámparas se encuentran en el capítulo 3.5.12.

3.2.2.6 Transformadores en redes de baja tensión

Cuando se conecta un transformador en una red de baja tensión puede presentarse brevemente un elevado pico de corriente. Este depende de diferentes factores como son la posición del devanado, los valores característicos del núcleo y otros, en los transformadores trifásicos del grupo de conexión y finalmente del momento de la conexión. El pico de la corriente de conexión puede alcanzar valores de 15 a 20 veces la corriente nominal del transformador. Los aparatos de maniobra, por tanto, deben de tener la capacidad de conexión correspondiente.

Tabla 3.4 Corrientes de conexión de lámparas y dimensionado de los contactores

Tipo de lámpara	Corriente de conexión	cos φ	Tiempo de arranque	Los contactores se dimensionan según	
				AC1	su capacidad de conexión de condensadores
			min		
Lámparas incandescentes	15 I_N	1	–	0,9 I_e	–
Lámparas de luz mixta	1,3 I_N	aprox. 1	3	0,7 I_e o 0,9 I_e [1])	– –
Lamparas de néon, sin compensar compensadas	 aprox. 2,1 I_N 20 I_N	 0,4 a 0,6 0,9	 – –	 0,9 I_e –	 – ×
Lámpara de vapor de mercurio de alta presión, sin compensar	aprox. 1,4 I_N	0,4 a 0,6	3 a 5	0,9/1,4 I_e	–
Lámparas de halógeno, sin compensar	aprox. 1,4 a 2 I_N	0,4 a 0,5	5 a 10	0,9/2 I_e	–
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	1,4 I_N	0,4 a 0,5	5 a 10	0,9/1,4 I_e	–
Lámparas de vapor de mercurio, de halógeno y de sodio, compensadas	20 I_N	–	–	–	×

[1]) 0,7 I_e para contactores pequeños y 0,9 I_e para contactores grandes

Conexión de transformadores en máquinas de soldar

Las máquinas de soldar se conectan con mucha frecuencia, para ello se utilizan normalmente contactores. En servicio, el secundario de los transformadores es conectado en cortocircuito en cortos lapsos de tiempo por los electrodos de soldadura. Debido a ésto, en el primario del transformador se presentan en rápida secuencia picos de corriente, los cuales someten al aparato de maniobra a esfuerzos significantes. Para la selección del contactor es imprecindible tener los datos técnicos y las condiciones de servicio de las máquinas de soldar. Estos son, por ej., la potencia del transformador, la corriente de servicio, la corriente de cortocircuito cuando los electrodos hacen contacto, así como la frecuencia con que se efectúan soldaduras. La corriente nominal de servicio del contactor debe ser menor o igual a su corriente nominal según la categoría de servicio AC4.

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 a su aplicación, un aparato de maniobra se conecta con mayor o menor frecuencia. Mientras ciertas partes de las instalaciones solamente se desconectan para trabajos de mantenimiento y para efectuar reparaciones, otras se conectan y desconectan diariamente o semanalmente, es decir, en las pausas de producción se corta el suministro de energía. Por otra parte, ciertas máquinas de elaboración y manufactura con controles automáticos se conectan y desconectan hasta 3000 veces por hora.

Es muy importante que los aparatos de maniobra seleccionados sean aptos para la frecuencia de maniobras prevista y tengan una vida útil aceptable.

3.3.1 Frecuencia admisible de maniobras

La frecuencia admisible de maniobras se da en maniobras por hora, es decir, las veces que un aparato de maniobra se puede conectar y desconectar por unidad de tiempo. Según la frecuencia de maniobras, la vida útil mecánica de un aparato de maniobra se agota en un tiempo corto o largo.

Para la práctica es de suma importacia conocer la frecuencia admisible de maniobras en función del servicio nominal según las categorías AC1 hasta AC4 y DC1 hasta DC5. Los catálogos NS1 y NS2 contienen informaciones sobre la frecuencia admisible de maniobras de los contactores y de los interruptores.

La frecuencia admisible de maniobras de los interruptores de potencia y de los contactores con relé bimetálico está determinada por el comportamiento de las tiras bimetálicas.

Para informaciones más amplias al respecto, véase el cap. 3.4.3.

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 sin tener cargadas sus vías de corriente. Ella depende del desgaste de las piezas del interruptor movidas mecánicamente. Mientras más altas sean las fuerzas que deben ser dominadas, ma-

yores son los esfuerzos y el desgaste que sufren los materiales afectados.

Los interruptores de potencia y los seccionadores para altas corrientes nominales trabajan con fuerzas de contacto sumamente elevadas y, por tanto, su vida útil mecánica es limitada. Los aparatos de maniobra para una vida mecánica larga, por ej., contactores, trabajan con una fuerza de contacto baja.

3.3.3 Vida útil eléctrica

La vida útil eléctrica de un aparato de maniobra está determinada por el número de maniobras que él puede efectuar quedando sus contactos principales en estado de funcionamiento. Cuando se efectúan maniobras bajo carga, los contactos se desgastan tanto al conectar como al desconectar. El desgaste de conexión, que se produce cuando los contactos móviles rebotan, y el desgaste provocado por el arco de desconexión, el cual es más grande, dependen del trabajo de la maniobra y, por tanto, de la tensión, de la corriente y del tiempo. En los catálogos NS1 y NS2 se dan indicaciones sobre la vida útil eléctrica de los interruptores, arrancadores y contactores.

Tabla 3.5 Categorías de servicio de interruptores para conectar motores[1]), según VDE 0660, parte 104/9.1982 e IEC (CEI) 292-1/1969, y de contactores, según VDE 0660, parte 102 e IEC (CEI) 158/1970.

Categoría de servicio	Ejemplos de aplicaciones	Requisitos para comprobar la vida útil eléctrica						Maniobras % de la vida útil mecánica	Requisitos para la capacidad de conexión y desconexión en conformidad con la categoría de servicio						Ciclo de pruebas (número de conexiones y desconexiones prescritas)	
		Conexión			Desconexión				Conexión			Desconexión				
		I/I_e	U/U_e	$\cos\varphi$ bien. L/R	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos\varphi$ ó bien. L/R		I/I_e	U/U_e	$\cos\varphi$ ó bien. L/R	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos\varphi$ ó bien. L/R	VDE 0660/ parte 102 IEC 158	VDE 0660 parte 104 IEC 292
Corriente alterna																
AC1	Cargas no inductivas o de baja inducción, horno de resistencias	1	1	0,95	1	1	0,95	–	1,5	1,1	0,95	1,5	1,1	0,95	20 × conexión, por separado 25 × desconexión	
AC2	Motores de anillos rozantes: Arranque, frenado por contracorriente inversión del sentido de giro	2,5	1	0,65	1	0,4	0,65	–	4	1,1	0,65	4	1,1	0,65		
AC3	Motores con rotor de jaula: Arranque, desconexión de motores durante la marcha															
	VDE 0660, parte 102 e IEC 158-1	6	1	0,35[3])	1	0,17	0,35[3])	IV/IV 5%	10	1,1	0,35[2])	8	1,1	0,35[2])		
	$I_e \leq 100$ A	6	1	0,35	1	0,17	0,35		8	1,1	0,35	6[3])	1,1	0,35		
	$I_e > 100$ A															
AC4	Marcha breve, frenado por contracorriente, inversión del sentido de giro VDE 0660, parte 102 e IEC 158-1	6	1	0,35	1	0,17	0,35	IV/IV 5%	8	1,1	0,35	6[3])	1,1	0,35	100 × conexión (aparatos con accionamiento manual 20 ×), por separado 25 × desconexión	
	$I_e \leq 100$ A	6	1	0,35[3])	6	1	0,35[3])	IV/IV 5%[2])	12	1,1	0,35[2])	10	1,1	0,35[2])		
	$I_e \geq 100$ A	6	1	0,35	6	1	0,35		10[4])	1,1	0,35	8[3])	1,1	0,35		
Corriente continua																
DC1[6])	Cargas no inductivas o de baja inducción, horno de resistencias	1	1	1 ms	1	1	1 ms	–	1,5	1,1	1 ms	1,5	1,1	1 ms	–	–
DC2	Motores de excitación independiente Arranque y desconexión del motor durante la marcha	2,5	1	2 ms	1	0,1	7,5 ms	–	4	1,1	2,5 ms	4	1,1	2,5 ms	–	–
DC3	Marcha breve, frenado por contracorriente, inversión del sentido de giro	2,5	1	2 ms	2,5	1	2 ms	–	4	1,1	2,5 ms	4	1,1	2,5 ms	20 × conexión, por separado 25 × desconexión	
DC4	Motores de excitación en serie: Arranque y desconexión del motor durante la marcha	2,5	1	7,5 ms	1	0,3	10 ms	–	4	1,1	15 ms	4	1,1	15 ms		
DC5	Marcha breve, frenado por contracorriente, inversión del sentido de giro	2,5	1	7,5 ms	2,5	1	7,5 ms	–	4	1,1	15 ms	4	1,1	15 ms		

[1]) Solamente AC3 y AC4
[2]) Como mínimo 800 A
[3]) Como mínimo 1000 A
[4]) $\cos\varphi = 0{,}65$ para $I_e \leqq 17$ A, según VDE 0660 parte 102 e IEC (CEI) 158-1
[5]) Como mínimo 1200 A
[6]) Solamente VDE 0660 parte 102 e IEC (CEI) 158-1

I_e Corriente nominal de servicio
I Corriente de conexión
I' Corriente de desconexión
U_e Tensión nominal de servicio
U' Tensión en vacío
U_r Tensión de restablecimiento

Tabla 3.6
Interruptores bajo carga, seccionadores y combinaciones de interruptores con fusibles, según VDE 0660 parte 107 Sep. 1982 e IEC (CEI) 408, 1972

Categoría de servicio	Ejemplos de aplicaciones	Requisitos para la conexión y desconexión en conformidad con la categoría de servicio					Ciclo de pruebas (número de conexiones y desconexiones precedentes)
		Conexión			Desconexión		
		I/I_e	U/U_e	cos φ ó bien L/R	I/I_e	U/U_e	cos φ ó bien L/R
Corriente alterna (los valores en la tabla son valores efectivos)							
AC 20	Cerrar y abrir sin carga (Cuando el aparato de maniobra tiene una capacidad de conexión y/o de ruptura, el fabricante debe dar los valores correspondientes e indicar el cos φ)	–	1,1	–	–	1,1	–	5 × CON-DES
AC 21	Conexión de cargas óhmicas, incluyendo pequeñas sobrecargas	1,5	1,1	0,95	1,5	1,1	0,95	5 × CON-DES
AC 22	Conexión de cargas mixtas, óhmicas e inductivas, incluyendo pequeñas sobrecargas	3	1,1	0,65	3	1,1	0,65	5 × CON-DES
AC 23	Conexión de motores y otras sumamente inductivas (véanse también interruptores para conectar motores en la tabla 3.5)							
	$I_e \leqq 100$ A	10	1,1	0,35	8	1,1	0,35	5 × CON-DES
	$I_e > 100$ A	8 [1])	1,1	0,35	6 [2])	1,1	0,35	5 × CON-DES
Corriente continua								
DC 20	Cerrar y abrir sin carga (Cuando el aparato de maniobra tiene una capacidad de conexión y/o ruptura, el fabricante debe dar los valores correspondientes e indicar la constante de tiempo)	–	1,1	–	–	1,1	–	5 × CON-DES
DC 21	Conexión de cargas óhmicas, incluyendo pequeñas sobrecargas	1,5	1,1	1 ms	1,5	1,1	1 ms	5 × CON-DES
DC 22	Conexión de cargas mixtas, ohmicas e inductivas, incluyendo pequeñas sobrecargas, por ej., motores de excitación independiente	4	1,1	2,5 ms	4	1,1	2,5 ms	5 × CON-DES
DC 23	Conexión de cargas sumamente inductivas, por ej., motores de excitación en serie	4	1,1	15 ms	4	1,1	15 ms	5 × CON-DES

[1]) Como mínimo 1000 A
[2]) Como mínimo 800 A

3.4 Protección contra sobreintensidades

Hay que diferenciar entre la protección contra las corrientes de sobrecarga y la protección contra los efectos de las corrientes de cortocircuito.

3.4.1 Finalidades

Protección contra sobrecargas

Las componentes de las instalaciones pueden ser sobrecargadas cuando sobreintensidades correspondientes a un servicio normal permanecen por un tiempo muy largo o cuando los aparatos u otros materiales, por ej., motores o conductores, han sido mal dimensionados, es decir, son muy débiles para la función que desempeñan. Estas corrientes de sobrecarga calientan el devanado de los motores y los conductores a temperaturas no admisibles y disminuyen su vida útil.

Mientras más alta sea la corriente de sobrecarga, más rápidamente se alcanza la temperatura límite y, por tanto, más corto es el tiempo de carga admisible (fig. 3.11a). La curva de carga admisible se obtiene inscribiendo los tiempos de carga admisible en el diagrama de tiempo y corriente (fig. 3.11b).

La función de la protección contra sobrecargas es permitir las sobrecargas correspondientes a un servicio normal y desconectarlas antes que el tiempo de carga admisible sea sobrepasado.

Protección contra cortocircuitos

Los orígenes de un cortocircuito pueden estar en una falla del aislamiento o en una conexión incorrecta. Los cortocircuitos casi siempre están acompañados de arcos voltáicos.

Los arcos voltáicos pueden destruir las instalaciones y ponen en peligro al personal. Los cortocircuitos

a) Calentamiento con corriente nominal y con diversas sobreintensidades ($1{,}1 \cdot I_N$; $1{,}2 \cdot I_N$; $1{,}3 \cdot I_N$; $1{,}5 \cdot I_N$ y $2 \cdot I_N$)

b) Tiempo de carga admisible en dependencia de la corriente

ϑ_N Temperatura límite admisible
ϑ_0 Temperatura del refrigerante
t_{adm} Tiempo de carga admisible
τ Constante de tiempo térmica

Fig. 3.11
Calentamiento y cargabilidad de un aparato en dependencia de la corriente

Tabla 3.7
Dispositivos de protección contra sobreintensidades en baja tensión

Dispositivo de protección	Ofrece protección contra	
	sobre-cargas	corto-circuitos
Fusible		
de la clase de servicio gL	×	×
de la clase de servicio aM	–	×
Interruptor de potencia con		
disparador a [1])	×	–
disparador z [2])	–	×
disparador n [3])	–	×
Combinaciones de maniobra		
Fusible e interruptor de potencia con disparador an	–	×
Fusible y contactor en combinación con relé contra sobrecargas termistores (PTC y NTC)	×	×
Interruptor de potencia para protección de arrancadores, con disparador n y contactor en combinación con relé contra sobrecargas termistores (PTC y NTC)	–	×
	×	–
	×	–

[1]) a disparador con retardo dependiente de la corriente
[2]) z disparador con retardo independiente de la corriente
[3]) n disparador sin retardo

provocan esfuerzos térmicos y dinámicos en los conductores y demás componentes de la instalación por los cuales circulan.

La función de la protección contra cortocircuitos es limitar los efectos y las consecuencias de éstos al mínimo posible. Para ello, los cortocircuitos son detectados en milisegundos, al mismo tiempo que se dispone su interrupción, para lo cual, una limitación de la corriente es provechosa.

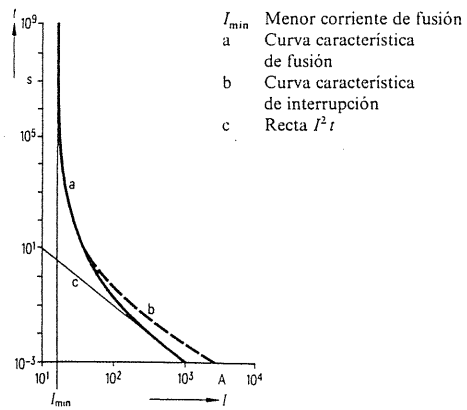
Un cuadro general de los dispositivos de protección contra sobreintensidades en baja tensión lo da la tabla 3.7.

3.4.2 Aparatos de protección y combinaciones de maniobra

3.4.2.1 Fusibles

Curvas características de tiempo y corriente

El tiempo de fusión de un fusible se representa normalmente en el diagrama de tiempo y corriente, con abscisa y ordenada con división logarítmica, en dependencia de la corriente. El curso de la curva característica de fusión comienza en el menor valor de la corriente al cual el "conductor fusible" puede derretirse y se acerca asintóticamente a la recta oblicua con el valor calorífico de fusión del fusible (recta I^2t) cuando las corrientes de cortocircuito son muy altas (fig. 3.12).



I_{min} Menor corriente de fusión
a Curva característica de fusión
b Curva característica de interrupción
c Recta I^2t

Fig. 3.12
Curva característica de tiempo y corriente de un fusible

El curso de la curva característica de fusión depende principalmente de la transmisión de calor del "conductor fusible" al exterior. En la determinación VDE 0636 estan estipulados márgenes de tiempo y corriente entre los cuales deben correr las curvas características de los fusibles. Eston márgenes son necesarios debido a las tolerancias de fabricación.

La desviación admitida por VDE 0636 es de $\pm 7\%$ en dirección del eje de la corriente. La desviación de los fusibles ISO-NH y aM de Siemens está por debajo de $\pm 5\%$.

La curva característica de fusión y la curva característica de interrupción son, hasta corrientes de aproximadamente 20 veces I_N, prácticamente iguales. A mayores corrientes de cortocircuito ambas curvas divergen. La diferencia entre ambas curvas está dada por el tiempo de extinción del fusible, el cual depende del factor de potencia, la tensión de servicio y la corriente que debe ser interrumpida.

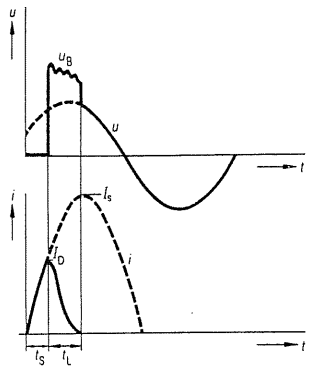
En los catálogos y en la documentación técnica se muestran las curvas características de fusión medias. Ellas fueron determinadas a una temperatura ambiente de 20 ± 5 °C y tienen validez para fusibles sin carga previa.

Influencia de la temperatura ambiente

En la práctica, los fusibles se utilizan a diferentes temperaturas y más aún a temperaturas variables. Las curvas características de fusión de los fusibles NH de Siemens permanecen prácticamente invariables para temperaturas ambiente entre -5 °C y $+45$ °C. Además de ésto, ellos pueden ser cargados permanentemente con su intensidad nominal a una temperatura ambiente de 55 °C y, a 65 °C la soportan como mínimo 24 horas.

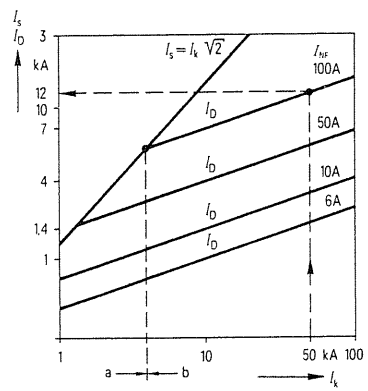
Limitación de la corriente

Cuando la corriente de cortocircuito es muy alta, los fusibles se derriten tan rápidamente que la corriente de choque I_S no puede ser alcanzada (fig. 3.13). El valor momentáneo más alto que la corriente puede alcanzar se denomina corriente de cortocircuito limitada I_D. La limitación de la corriente se indica en los catálogos en forma de diagramas de corriente de cortocircuito limitada (fig. 3.14).



I_S Corriente de choque
I_D Corriente de cortocircuito limitada
t_S Tiempo de fusión
t_L Tiempo de extinción
u_B Tensión del arco

Fig. 3.13
Oscilograma de la interrupción de un cortocircuito por un fusible



I_{NF} Corriente nominal del fusible
I_D Corriente de cortocircuito limitada
a Campo sin limitación de la corriente
b Campo con limitación de la corriente

Fig. 3.14
Diagrama de limitación de la corriente por fusibles (ejemplo)

Ejemplo

Tensión de la red	500 V, 50 Hz
Valor efectivo de la corriente de cortocircuito prevista I_p	50 kA
Corriente de choque de cortocircuito I_s con la mayor componente de corriente continua	105 kA
Fusible previsto: Fusible NH-ISO, intensidad nominal	100 A
Valor de cresta de la corriente de cortocircuito limitada (tomada del diagrama de la corriente de cortocircuito limitada)	12 kA

El fusible de 100 A permite solamente el paso de 11,5% de la corriente de choque prevista ($I_D = 0{,}115 \cdot I_S$).

Resistencia al envejecimiento

Los fusibles se utilizan frecuentemente para la protección contra cortocircuitos de las líneas de alimentación de motores. En estos casos pueden presentarse corrientes de arranque de hasta ocho veces la intensidad nominal del motor. Ni estas sobrecargas breves, ni sobrecargas por largos espacios de tiempo afectan las curvas características de los fusibles NH de Siemens.

Pérdidas nominales

Bajas pérdidas nominales no solamente disminuyen los costos de operación, sino también producen menos calor, lo cual es muy favorable para su montaje en distribuciones que día a día se realizan en forma más compacta. Mientras menos se calientan los fusibles, menor es la temperatura de sus bornes y, por tanto, menores son los esfuerzos térmicos a que son sometidos los cables y conductores conectados.

Las pérdidas nominales de los fusibles ISO-NH están, en parte, considerablemente por debajo de los límites admitidos en VDE 0636 para la corriente nominal máxima de un tamaño constructivo de fusibles.

Valores caloríficos (valores $I^2 \cdot t$)

Aquí hay que diferenciar entre el valor calorífico de la corriente hasta que se derrita el fusible ($I^2 \cdot t_S$ de fusión) y el valor calorífico de la corriente hasta la extinción del arco de desconexión ($I^2 \cdot t$ de interrup-

ción). Para estos valores VDE 0636 también da límites. Los valores $I^2 \cdot t$ de los fusibles NH de Siemens se mantienen dentro de los límites admitidos.

Los valores $I^2 \cdot t$ de los fusibles son determinantes para la selectividad entre ellos, para corrientes de cortocircuito altas, y son también una medida de los esfuerzos térmicos a que son sometidos los objetos protegidos, por ej., conductores.

Capacidad de ruptura

Debido a su limitación de la corriente (fig. 3.14), los fusibles están en capacidad de dominar corrientes de cortocircuito sumamente altas en un espacio de extinción pequeño. Mientras más efectiva sea la limitación de la corriente, se obtienen capacidades de ruptura más altas en espacios de extinción iguales.

Los fusibles NH de Siemens dominan como mínimo corrientes de cortocircuito de 120 kA, a un $\cos \varphi = 0{,}1$. Esta capacidad de ruptura está por encima del valor exigido por VDE 0636 de 50 KA para corriente alterna.

La efectiva limitación de la corriente y la con ella estrechamente ligada sumamente alta capacidad de ruptura son características específicas de los fusibles, las cuales los hacen indispensables en la técnica de protección contra cortocircuitos.

Clasificación

Los fusibles de baja tensión se clasifican de acuerdo a sus características de funcionamiento y a su forma constructiva.

Una sinopsis de la clasificación de acuerdo a sus características de funcionamiento se muestra en la tabla 3.8.

La clase de funciónamiento g caracteriza a los fusibles de rango completo, los cuales pueden ser cargados permanentemente con su corriente nominal y están en capacidad de interrumpir corrientes a partir de su menor corriente de fusión hasta su capacidad nominal de ruptura.

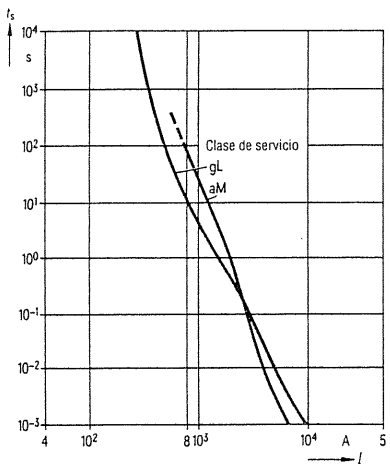
A esta clase de funcionamiento pertenecen los fusibles gL para la protección de cables y conductores.

La clase de funcionamiento a caracteriza a los fusibles de rango parcial. Ellos pueden ser cargados permanentemente con su corriente nominal e interrumpen corrientes, a partir de un múltiplo determinado de su intensidad nominal, hasta su capacidad nominal de ruptura.

Tabla 3.8
Clasificación de los fusibles de baja tensión de acuerdo a sus características de funcionamiento según DIN 57636 parte 1/VDE 0636 parte 1/8.76

Clase de funcionamiento			Clase de servicio	
denominación	corriente permanente hasta	corriente de interrupción	denominación	protección de
Fusibles de rango completo				
g	I_N	$\geqq I_{min}$ [1])	gL	Cables y conductores
			gR	Semiconductores
			gB	Equipos de minas
Fusibles de rango parcial				
a	I_N	$\geqq 4\, I_N$	aM	Aparatos de maniobra
			aR	Semiconductores

[1]) I_{min} Corriente mínima de desconexión (fusión)



t_S Tiempo de fusión

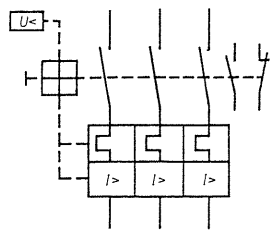
Fig. 3.15
Curvas características de fusión de fusibles NH de las clases de servicio aM y gL, corriente nominal 100 A

A esta clase de funcionamiento pertenecen los fusible aM, cuya corriente de interrupción comienza a partir de cuatro veces su intensidad nominal y, por tanto, solamente protegen contra cortocircuitos.

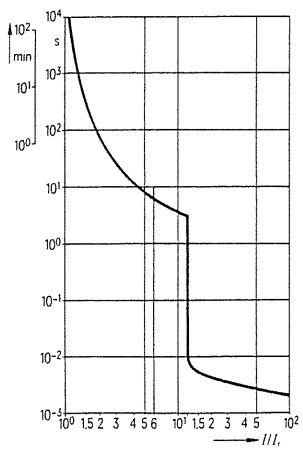
Las curvas características de tiempo de fusión y corriente de los fusibles NH de las clases de servicio gL y aM, para 200 A se comparan en la figura 3.15.

3.4.2.2 Interruptores de potencia

Los interruptores de potencia tienen como función primordial la protección contra cortocircuitos. Ellos también pueden proteger contra sobrecargas, corrientes de defecto y contra subtensión. Para poder cumplir con la función de protección prevista, los interruptores deben ser equipados con disparadores o con relés. Los disparadores forman parte del interruptor (fig. 3.16) y actúan directamente sobre el mecanismo de apertura del mismo; los relés, por ej., los disparadores de los termistores, actúan eléctricamente, a través del disparador de mínima tensión o del disparador por corriente de trabajo, sobre el mecanismo del interruptor. Una sinopsis de los disparadores y relés la da la tabla 3.9.



a) Diagrama del interruptor



b) Curva característica de disparo

Fig. 3.16
Interruptor de potencia con disparador térmico contra sobrecargas y disparador sin retardo en caso de cortocircuito (guardamotor)

Capacidad nominal de ruptura y capacidad nominal de conexión

La capacidad nominal de ruptura I_{cn} y la capacidad nominal de conexión del interruptor deben de tener un valor mayor o igual al valor de la corriente alterna inicial de cortocircuito prevista I''_k. Sie éste no es el caso, es necesario, por ej., preconectar fusibles al interruptor. Los valores máximos admisibles de los fusibles se encuentran en el catálogo NS 1.

Corriente nominal de choque y corriente nominal de breve duración

Los interruptores de potencia para formar redes con protección selectiva contra cortocircuitos, mediante

Tabla 3.9
Disparadores y relés de interruptores de potencia con función de protección

Función	Disparador	Relé
Protección contra sobrecargas	Disparador contra sobrecargas, con retardo dependiente de la corriente, térmico o electrónico	Relés contra sobrecargas, con retardo térmico o electrónico. Disparadores para termistores
Protección en caso de cortocircuito	Disparador sin retardo contra sobreintensidades, electromecánico o electrónico	Relé sin retardo contra sobreintensidades, electromecánico o electrónico
Protección selectiva contra cortocircuitos, con escalonamiento en el tiempo	Disparador contra sobreintensidades, con retardo independiente de la corriente, electromecánico o electrónico	

escalonamiento en el tiempo, deben estar en capacidad de permanecer cerrados (conectados) al inicio del cortocircuito, cuando es efectiva la corriente de choque, y deben poder soportar la corriente de cortocircuito durante el tiempo de retardo. Los valores de la corriente nominal de choque y de la corriente nominal de breve duración (corriente por 1 s) de los interruptores para protección selectiva contra cortocircuitos se encuentran en el catálogo NS1. En el caso de corriente alterna se toma, para dimensionar al interruptor en base a su intensidad nominal de breve duración, el valor efectivo de la componente de corriente alterna del cortocircuito previsto.

Disparadores contra sobrecargas

Los disparadores contra sobrecargas, con retardo dependiente de la corriente, por ej., térmicamente retardados, pueden ser ajustables en un determinado margen, o estar fijamente ajustados. El ajuste se efectúa mediante un botón giratorio o mediante una palanquita. Con el ajuste de la corriente se determina la curva característica de disparo. En los catálogos, la curva característica de disparo de los relés y de los disparadores contra sobrecargas da el tiempo de apertura, en función de la corriente, como múltiplo de la corriente ajustada (fig. 3.16b).

En los disparadores electrónicos puede ajustarse adicionálmente el tiempo de apertura a $6 \cdot I_r$. Con ello se adapta la curva característica de disparo a la aplicación específica, por ej., arranque pesado.

Las tablas 3.10 y 3.11 son un resumen de las exigencias impuestas al comportamiento de los disparadores y relés con retardo dependiente de la corriente, por ej., relés bimetálicos, por VDE 0660, IEC (CEI) 157-1 e IEC (CEI) 292-1.

Disparadores en caso de cortocircuito

Los disparadores electromagnéticos contra cortocircuitos pueden ser ajustables o estar fijamente ajustados; los disparadores electrónicos, por otra parte, siempre son ajustables. Ambos tipos de disparadores pueden ser de actuación instantánea (sin retardo) o de actuación con retardo independiente de la corriente (retardo breve).

La tabla 3.12 da una idea de los márgenes de ajuste y de las corrientes de reacción de los disparadores para protección en caso de cortocircuito. Según VDE 0660 e IEC (CEI), la corriente de reacción puede tener una desviación máxima de $\pm 20\%$ de la corriente ajustada.

Bloqueo de reconexión en caso de cortocircuito

Si se desea impedir que el interruptor pueda ser conectado después de un disparo ocasionado por un cortocircuito, el interruptor debe estar provisto de un mecanismo de bloqueo, el cual es activado por los disparadores para protección en caso de cortocircuito. Cuando el bloqueo es efectivo, el mecanismo permanece en la posición de disparo. Esto impide que el interruptor pueda ser reconectado. Para reconectar es indispensable desactivar el bloqueo, de lo contrario ocurre una conexión en vano. El bloqueo de reconexión también puede efectuarse eléctricamente utilizando los contactos de alarma de los interruptores.

Tabla 3.10
Datos característicos de disparadores con retardo dependiente de la corriente, con todos sus polos cargados, según VDE 0660, parte 101 e IEC (CEI) 157-1

Disparadores contra sobrecargas	Corriente de ajuste I_r A	A	B	T Horas	Temperatura ambiente, valor de referencia
sin compensación de temperatura	$I_r \leqq 63$	1,05	1,35	1	+20 °C o +40 °C si el fabricante no acusa lo contrario
	$I_r > 63$	1,05	1,25	2	
con compensación de temperatura	$I_r \leqq 63$	1,05 1,05 1,00	1,30 1,40 1,30	1 1 1	+20 °C −5 °C +40 °C
	$I_r > 63$	1,05 1,05 1,00	1,25 1,35 1,25	2 2 2	+20 °C −5 °C +40 °C

Si un disparador tripolar se carga solamente en dos polos, el valor B puede aumentar en 10%.

Cuando la corriente que circula es A veces mayor que la corriente de ajuste I_r, no es permitido que los disparadores, cargados en todos sus polos y partiendo del estado frío, disparen al interruptor. Si a continuación la corriente aumenta a B veces I_r debe ocurrir un disparo dentro del tiempo T

Tabla 3.11
Datos característicos para la apertura de relés contra sobrecargas, con retardo dependiente de la corriente, según VDE 0660, parte 104 e IEC (CEI) 292

a) Todos los polos uniformemente cargados

Relé contra sobrecargas	Tipo 1 A	Tipo 1 B	Tipo 2 C	Tipo 2 D	Temperatura ambiente, valor de referencia en °C
sin compensación de temperatura	1,05	1,2	0,87	1	[1])
con compensación de temperatura	1,05 1,05 1	1,2 1,3 1,2	0,87 0.87 0,87	1,05 1,11 1	+20 − 5 +40

[1]) El valor de referencia de la temperatura ambiente puede ser cualquier valor entre −5 °C y +40 °C; valores preferenciales: +20 °C y +40 °C

b) Relés tripolares, sin sensibilidad a la falla de fases, solamente con dos polos cargados

Relé contra sobrecargas	Tipo 1 A	Tipo 1 B	Tipo 2 C	Tipo 2 D	Temperatura ambiente, valor de referencia en °C
sin compensación de temperatura	1,05	1,32	0,87	1,1	+20 ó +40
con compensación de temperatura	1.05	1,32	0,87	1,16	+20

c) Relés tripolares, con sensibilidad a la falla de fase, con carga desigual en sus polos

Relé contra sobrecargas	Tipo 1 A	Tipo 1 B	Tipo 2 C	Tipo 2 D	Temperatura ambiente, valor de referencia en °C
con compensación de la temperatura	2 polos 1,0 1 polo 0,9	2 polos 1,15 1 polo 0	2 polos 0,83 1 polo 0.75	2 polos 0,95 1 polo 0	+20

Cuando la corriente que circula a través del relé es A o C veces mayor (tipo 1 o tipo 2) que la corriente de ajuste I_r, no es permitido que el relé, a partir del estado frío, dispare en un tiempo menor a dos horas. Si a continuación la corriente aumenta a B o D veces I_r, el relé debe disparar en un tiempo menor a 2 horas.

En los interruptores compactos (MCCB), la palanca de accionamiento del interruptor, después de un disparo ocasionado por un corto circuito, se va a la posición Tripped. Para reconectar es preciso llevar primero la palanca de accionamiento a la position DES (OFF) y luego a la posición CON (ON).

Tabla 3.12
Margen de ajuste y corrientes de reacción de disparadores electromagnéticos contra cortocircuitos

Aplicación en especial para disparo en caso de cortocircuito	Tipo de retardo	Margen de ajuste y límites de la corriente de reacción como múltiplos de la corriente de ajuste I_r del disparador contra sobrecargas
Interruptor de potencia para protección de generadores	Sin retardo o con retardo independiente de la corriente	aprox. 2 a 4 I_r
Interruptor de potencia para protección de conductores	Sin retardo o con retardo independiente de la corriente	aprox. 3 a 6 I_r
Interruptor de potencia para protección de motores (Guarda motores)	Sin retardo	aprox. 8 a 14 I_r

Disparador de mínima tensión

El disparador de mínima tensión se utiliza para vigilar la tensión de la red, para enclavamientos eléctricos o para desconectar a distancia.

Ellos deben disparar al interruptor cuando la tensión aplicada baja a un valor entre el 70 y el 35% de la tensión nominal de accionamiento, es decir, a una tensión mayor al 70% de la tensión nominal el interruptor debe permanecer conectado y, si la tensión baja a un valor menor del 35% el interruptor debe ser disparado.

Los disparadores de mínima tensión con retardo se utilizan para evitar que los interruptores sean disparados por fluctuaciones de la tensión de la red, por ej., en redes de baja potencia cuando se conectan motores. El retardo, normalmente 1 segundo, se obtiene mediante un condensador. Una desconexión inmediata, lo cual es necesario en caso de peligro, siempre es posible.

Disparador por corriente de trabajo

El disparador de mínima tensión se emplea para desconectar el interruptor a distancia. El campo de trabajo exigido por VDE 0660 parte 101/9.82 es del 70 al 110% de la tensión nominal de accionamiento U_c. Los disparadores por corriente de trabajo de los interruptores de Siemens tienen un campo de trabajo del 50 al 110% de U_c.

Disparadores para redes enmalladas

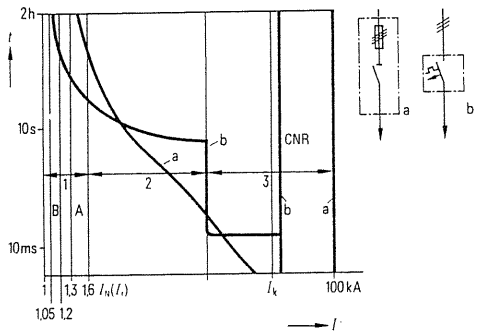
Los disparadores para redes enmalladas son disparadores por corriente de trabajo con un campo de trabajo del 10 al 110% de la tensión nominal de accionamiento U_c. Esto se logra mediante una combinación compuesta por un disparador por corriente de trabajo en ejecución normal y un dispositivo de condensadores por separado. La capacidad del condensador está dimensionada de tal manera que, aún después de 4 a 5 minutos de haber fallado completamente la tensión, la combinación permanece en capacidad de disparar al interruptor.

3.4.2.3 Comparación de las características de protección de fusibles e interruptores de potencia

En el diagrama de tiempo y corriente (fig. 3.17) están trazadas la curva característica de fusión de un fusible de la clase de servicio gL y la curva característica de disparo de un interruptor de potencia. La corriente nominal del fusible y la corriente de ajuste del diparador con retardo dependiente de la corriente son iguales.

La corriente límite (menor corriente de fusión) del fusible está entre 1,3 y 1,6 veces su corriente nominal; la corriente límite (menor corriente de disparo) del disparador contra sobrecargas, en comparación, está entre 1,05 y 1,2 veces su corriente ajustada. Un interruptor con un disparador contra sobrecargas ajustable y, por tanto, con corriente límite de disparo también ajustable, puede adaptarse mejor a la cargabilidad permanente del objeto a proteger que un fusible, ya que éstos últimos solamente pueden adquirirse para valores determinados, cuyo escalonamiento solamente permite un adaptamiento aproximado a la cargabilidad del objeto a preteger. La corriente límite de los fusibles es adecuada para la protección de cables y conductores.

En la zona de sobrecargas, la pendiente de la curva característica de fusión del fusible es mayor que la pendiente de la curva característica de disparo del disparador contra sobrecargas del interruptor. Esto es adecuado para la protección de cables y conductores; para la protección de motores, por el contrario, se precisa la curva característica de disparo del disparador contra sobrecargas, cuyos tiempos son más largos.



1 Rango de las corrientes límite
A Margen para la prueba de los fusibles
B Margen para las pruebas de las corrientes límite de disparo de los interruptores de potencia
2 Corrientes de sobrecarga
3 Corrientes de cortocircuito
CNR Capacidad nominal de ruptura

Fig. 3.17
Carvas características y capacidad nominal de ruptura del fusible a y del interruptor de potencia b

En el rango de las corrientes de cortocircuito, el disparador del interruptor de potencia, a partir de su corriente de reacción, registra las corrientes de cortocircuito más rápidamente que el fusible. A corrientes más altas el fusible interrumpe más rápidamente que el interruptor. Si las corrientes de cortocircuito son sumamente elevadas, el fusible limita la corriente de choque.

De estas características proviene la alta capacidad nominal de ruptura de los fusibles, de más de 100 kA a 660 V. En comparación, la capacidad nominal de ruptura de los interruptores de potencia depende de diversos factores, como son la tensión de servicio U_e y la forma constructiva del interruptor.

La comparación de las características de los fusibles e interruptores de potencia la muestra la tabla 3.13.

Tabla 3.13
Comparación de las características de los fusibles e interruptores de potencia

Característica	Fusible	Interruptor de potencia
Capacidad de ruptura para corriente alterna	100 kA, 660 V	f(I_u, U, forma constructiva [1])
Limitación de la corriente	f(I_N, I_k)	f(I_u, I_k, U, forma constructiva [1])
Espacio de extinción en comparación con la capacidad de ruptura	Pequeño	f(I_u, U, Forma constructiva)
Espacio adicional para la expansión y deionización de gases	Ninguno	f(I_u, I_k, I_k, forma constructiva [1])
Indicación externa visible de aptitud de funcionamiento	Si	No
Accionamiento sin peligro	Con gastos adicionales [2]	Si
Mando a distancia	No	Si
Desconexión en todos los polos	Con gastos adicionales [3]	Si
Posibilidad de señalización	Con gastos adicionales [4]	Si
Posibilidad de enclavamientos	No	Si
Disponibilidad de reconexión después de una desconexión por sobrecarga cortocircuito	No No	Si f(estado)
Interrupción del servicio	Si	f(estado)
Gastos de mantenimiento	No	f(N° de maniobras, estado)
Selectividad	Sin gastos adicionales	Con gastos adicionales
Intercambiabilidad	Si [5]	Solamente con el mismo modelo

[1]) Forma constructiva puede ser: Principio de extinción, resistencia a los cortocircuitos por la resistencia propia, etc.
[2]) Por ej., cuando se emplean en seccionadores bajo carga con conexión rápida o en seccionadores para conectar motores
[3]) Con la ayuda de la vigilancia de fusibles y del interruptor de potencia preconectado
[4]) Con la ayuda de la vigilancia de fusibles
[5]) Ya que están normalizados

3.4.2.4 Combinaciones de maniobra con fusibles

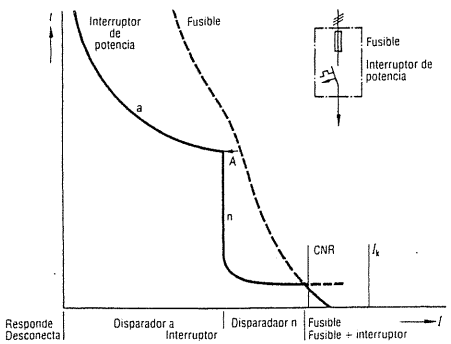
Fusibles e interruptores de potencia

Si la corriente de cortocircuito prevista en el lugar de instalación del interruptor es mayor que su capacidad de ruptura, se le conecta un fusible en serie. Las intensidades nominales máximas admisibles para los fusibles se indican en los catálogos de interruptores.

En este caso, el fusible debe tomar a su cargo la interrupción a partir de una corriente de cortocircuito menor que la correspondiente a la capacidad nominal de ruptura del interruptor (fig. 3.18).

A cada dispositivo de protección se le adjudica un determinado rango a proteger. Las corrientes de sobrecarga las vigila el disparador con retardo dependiente de la corriente del interruptor (disparador a), las corrientes de cortocircuito, hasta un valor aproximado a la capacidad nominal de ruptura del interruptor, las registra el disparador sin retardo (disparador n) del interruptor, el cual lo dispara inmediatamente.

Es decir, todas las sobreintensidades, hasta la capacidad nominal de ruptura del interruptor, las desconecta el interruptor solo. De esta manera, sus características específicas, como son desconexión en todos los polos, disponibilidad para una reconexión inmediata, pueden ser aprovechadas completamente. Solamente en caso de corrientes de cortocircuito más altas realiza el fusible la desconexión. En este caso, el interruptor garantiza una desconexión en todos los polos.



a Disparador con retardo dependiente de la corriente
n disparador sin retardo
CNR Capacidad nominal de ruptura
I_k Corriente de cortocircuito en el sitio de instalación
A Distancia entre las curvas características

Fig. 3.18
Combinación de maniobra formada por fusible e interruptor de potencia

Fusible, contactor y relé contra sobrecargas

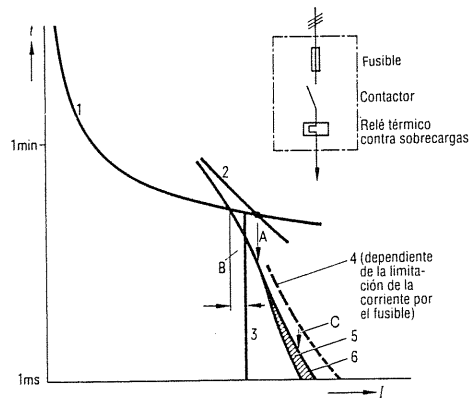
El contactor se utiliza para conectar y controlar al motor. La protección contra sobrecargas del motor, de las líneas de alimentación y del contactor es función del relé contra sobrecargas. La protección del motor y demás aparatos, en caso de cortocircuito, la da el fusible. Para lograr una protección correcta, las características y los rangos de acción de cada uno de los componentes deben ser analizados y coordinados concienzudamente.

- Tanto la curva característica de fusión del fusible como la curva característica de disparo del relé contra sobrecargas deben permitir el arranque del motor.
- El fusible debe proteger al relé contra sobrecargas de destrucción por corrientes de aproximádamente más de 10 veces la intensidad nominal del relé.
- El fusible debe desconectar las sobreintensidades que el contactor no esté en capacidad de interrumpir (corrientes entre ocho y diez veces la intensidad nominal del contactor).
- El fusible debe proteger al contactor en caso de cortocircuito. Para esta protección pueden considerarse los siguientes puntos de vista: No se permiten soldaduras en los contactos del contactor, o las soldaduras en los contactos se permiten hasta un grado determinado.

Al respecto, VDE 0660 parte 102/9.1982 considera los siguientes tipos de protección, dependiendo de los daños permitidos en el contactor:

- "a" Todo tipo de daños son permitidos, es decir, puede ser necesario sustituir el contactor completo.
- "c" No se permite daño alguno en el contactor, con exención de soldadura de los contactos, las cuales deben de reconocerse facilmente.

En lo que respecta a los arrancadores directos para motores, la publicación IEC (CEI) 292-1A/1971 y



1 Curva característica de disparo del relé térmico contra sobrecargas
2 Curva característica de destrucción del relé térmico contra sobrecargas
3 Capacidad de ruptura del contactor
4 Curva característica de contactor, para una soldadura fácil de romper de los contactos
5 Curva característica de fusión del fusible de la clase de servicio aM
6 Curva característica del tiempo total de interrupción des fusible de la clase de servicio aM

Fig. 3.19
Combinación de maniobra formada por fusible, contactor y relé contra sobrecargas

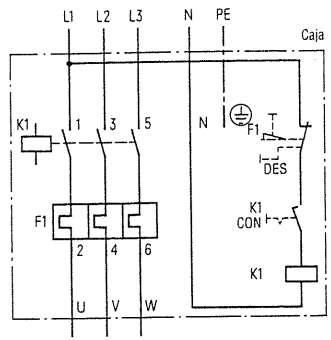


Fig. 3.20
Diagrama de un arrancador directo, tipo 3TW10

VDE 0660 parte 104/9.82 diferencian entre los siguientes ripos de protección, dependiendo del grado de daños admitidos:

- "a" Todo tipo de daños son permitidos, es decir, puede ser necesario cambiar el arrancador completo o partes de él.
- "b" Los valores característicos de disparo del relé contra sobrecargas pueden cambiarse permanentemente, soldadura de los contactos son permitidas.
- "c" No se permite daño alguno en el arrancador, con exención de soldadura de los contactos, las cuales deben reconocerse facilmente.

Las determinaciones no contemplan una clase de protección, en la cual no se admita soldadura de los contactos. Si en alguna aplicación no se admite soldadura de los contactos, la protección debe efectuarse en coordinación con el fabricante.

Arrancadores directos

Los arrancadores directos son combinaciones de maniobra compuestas por contactores y relés de protección contra sobrecargas. Los arrancadores directos 3TW vienen en cajas de material aislante de los grados de protección IP 42 e IP 65, en las cuales se encuentran incorporados los pulsadores de accionamiento.

La utilización de arrancadores directos es ventajosa cuando se arrancan motores de máquinas sencillas, como son esmeriles, sierras y mezcladoras de concreto.

Las ventajas ofrecidas por los arrancadores directos son:

- **Evitan que un motor arranque involuntariamente al retornar la tensión después de una falla.**
- **Permiten una conexión a distancia.**

Los arrancadores directos 3TW pueden adquirirse en varios tamaños constructivos. Para mayores detalles, por ej., protección en caso de cortocircuito y datos técnicos, véase el catálogo NS 2.

3.4.2.5 Combinaciones de maniobra sin fusibles

Conexión en cascada

Si se conectan en serie dos interruptores de potencia, con tiempos de interrupción y sistemas de extinción del arco de desconexión iguales, en caso de un cortocircuito detrás del interruptor subordinado (punto K en la fig. 3.21), ambos interruptores desconectan simultáneamente. En este caso, la corriente de cortocircuito es detectada e interrumpida de una forma muy efectiva por los dos dispositivos de extinción conectados en serie. La consecuencia de ésto es que el interruptor subordinado, de una capacidad de ruptura más baja, puede ser utilizado en puntos de la red, en los cuales la corriente de cortocircuito prevista es mayor que la capacidad nominal de ruptura del interruptor.

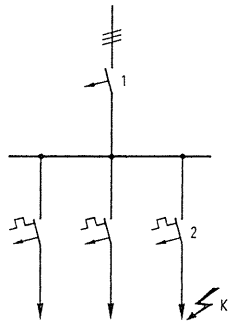
La figura 3.21 muestra el principio de una conexión en cascada. La corriente nominal del interruptor preconectado (1) se elige en conformidad a su intensidad de servicio. El puede ser el interruptor principal de varias derivaciones. La corriente de reacción de su disparador sin retardo (disparador n) se ajusta a un valor alto, de ser posible a la capacidad nominal de ruptura del interruptor subordinado. De esta manera, el interruptor subordinado toma a su cargo la protección contra sobrecargas y él solo desconecta las corrientes de cortocircuito bajas, como son las que ocurren al final de los conductores, las provocadas por fallas en el aislamiento y los cortocircuito con las carcasas. Solamente en caso de corrientes de cortocircuito muy altas, las cuales solamente se presentan en caso de cortocircuito pleno en las cercanías del interruptor subordinado (2), desconectan ambos interruptores (1 y 2).

Interruptor de potencia (con disparadores a y n) y contactor

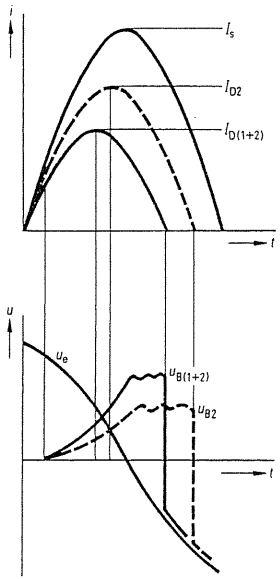
El interruptor de potencia protege contra sobrecargas y en caso de cortocircuito. El contactor, por su parte, se encarga de conectar y desconectar. Al interruptor de potencia se le imponen las mismas exigencias que al fusible en la combinación "Fusible, contactor y relé contra sobrecargas" (fig. 3.22).

Interruptor de potencia (con disparador n solamente), contactor y relé contra sobrecargas

La protección contra sobrecargas la ofrece el relé en combinación con el contactor, la protección en caso de cortocircuito la da el interruptor de potencia.



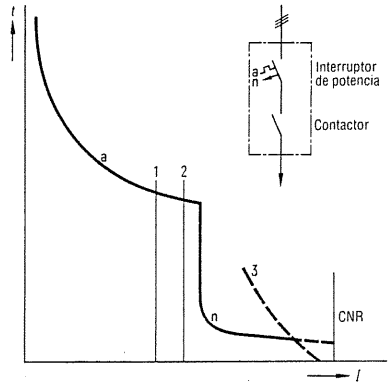
a) Diagrama general de la conexión en cascada



b) Tensión del arco de la cascada, durante el proceso de desconexión

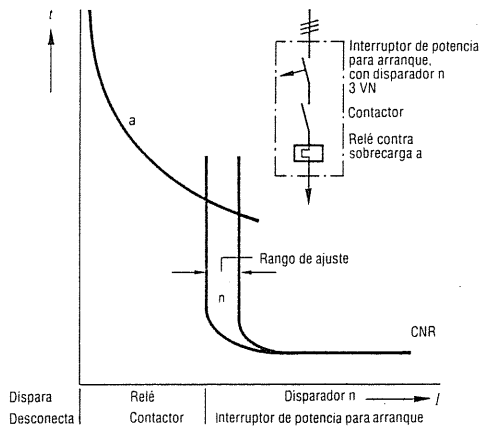
u_c Tensión de servicio (mantiene el arco)
u_{B2} Tensión del arco del interruptor en la derivación 2
I_{D2} Corriente de cortocircuito limitada del interruptor en la derivación 2
$u_{B(1+2)}$ Suma de las tensiones de los arcos del interruptor preconectado 1 y del interruptor en la derivación 2
$I_{D(1+2)}$ Corriente de cortocircuito limitada que en realidad se presenta

Fig. 3.21 Principio de una conexión en cascada



1 Capacidad de ruptura del contactor
2 Capacidad de conexión del contactor
3 Curva característica del contactor, para una soldadura de los contactos fácil de romper
a Disparador con retardo dependiente de la corriente
n Disparador sin retardo contra cortocircuitos
CNR Capacidad nominal de ruptura

Fig. 3.22
Combinación de maniobra compuesta por interruptor de potencia y contactor



a Relé térmico contra sobrecargas
n Disparador sin retardo contra cortocircuitos

Fig. 3.23
Combinación de maniobra formada por interruptor de potencia con disparador sin retardo contra cortocircuitos, contactor y relé contra sobrecargas

La corriente de reacción del disparador n del interruptor se ajusta al valor más bajo que todavía permita un arranque del motor. De esta manera, también las corrientes de cortocircuito bajas son registradas y desconectadas sin retardo (fig. 3.23). Esta combinación de maniobra ofrece la ventaja que, dependiendo del aparato que efectuó la desconexión, se sabe si ésta la ocasionó una sobrecarga (desconexión por el contactor) o un cortocircuito (desconexión por el interruptor). El interruptor ofrece además la ventaja de la disponibilidad para ser reconectado inmediatamente y la desconexión tripolar. Esta combinación de maniobra gana cada día en importancia conforme se popularizan las instalaciones sin fusibles.

3.4.2.6 Comparación de las características de protección de fusibles, interruptores de potencia y sus combinaciones

Una comparación entre las características de protección ofrecidas por fusibles, interruptores de potencia, y combinaciones de maniobra con fusibles o interruptores de potencia se encuentra resumida en la tabla 3.14.

Tabla 3.14
Comparación de las características de protección de fusibles, interruptores de potencia y sus combinaciones

Objeto a proteger	Dispositivo de protección	Protección contra sobrecargas	Protección en caso de cortocircuito	Protección selectiva en redes radiales y en redes enmalladas
Conductores y cables	Fusible	Suficiente	Excelente	Sin costos extras
	Interruptor de potendia	Buena	Buena	Con costos adicionales
	Combinación de maniobra compuesta por fusible e interruptor de potencia	Buena	Excelente	Con costos adicionales
Motor	Interruptor de potencia	Buena	Muy buena	–
	Combinación de maniobra compuesta por fusible e interruptor de potencia	Buena	Excelente	–
	Combinación de maniobra compuesta por fusible, contactor y relé o termistor	Excelente	Excelente	–
	Combinación de maniobra compuesta por interruptor de potencia y contactor	Buena	Buena	–
	Combinación de maniobra compuesta por interruptor con disparador n, contactor y relé o termistor	Excelente	Buena	–

[1]) Con sensibilidad a asimetría de las fases
Combinaciones entre contactores y relés bimetálicos, véase también arrancadores directos

3.4.3 Protección contra sobreintensidades de los componentes de las instalaciones

3.4.3.1 Protección de motores

Las propiedades de los materiales de aislamiento son afectadas por los esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos a los cuales son sometidos, así como por las influencias dañinas de la atmósfera, por ej. humedad, o por materiales químicos y suciedad de cualquier tipo. Los materiales de aislamiento alcanzan bajo las condiciones de servicio usuales una vida útil aceptable, si no se sobrepasa la temperatura límite correspondiente a la clase de aislamiento utilizado según VDE 0530.

Causas de las sobrecargas térmicas

Un motor puede ser térmicamente sobrecargado por una de las siguientes razones:

- ▷ Aumento de las pérdidas a causa del tipo del servicio, o sea

  carga con un par de giro muy alto en servicio continuo,

  un factor de marcha (tiempo relativo de conexión) muy largo en servicio intermitente,

  tiempos de arranque y/o frenado muy largos debido a un momento de inercia muy alto y

  bloqueo del rotor durante el servicio;
- ▷ Errores de conexión;
- ▷ Aumento de las pérdidas debido a las características de la red, o sea

  discrepancias considerables de la frecuencia o de la tensión de la red de con respecto a los valores nominales,

  asimetría de las fases (la falla de una de las fases es un caso extremo de asimetría);
- ▷ Merma del enfriamiento, o sea

  aumento de la temperatura del medio refrigerante,

  lugar de instalación muy elevado (cuando el sitio de instalación está por encima de 1000 m sobre el nivel del mar, la densidad del aire es muy baja) e

  impedimentos del flujo del medio refrigerante.

Dispositivos para la protección de motores

Para la protección de motores se encuentran dispositivos dependientes de la corriente, como son los que funcionan bajo el principio de los bimetálicos o principios electrónicos, y dispositivos dependientes de la temperatura, con sondas a base de semiconductores para la medición.

Dispositivos de protección dependientes de la corriente, los cuales trabajan bajo el principio del bimetálico son:

- ▷ **Disparadores contra sobrecargas térmicamente retardados como parte integrante de los interruptores de potencia.**
- ▷ **Relés contra sobrecargas térmicamente retardados como componentes de las combinaciones de maniobra con fusibles y contactores, así como en combinaciones con interruptores para protección de arrancadores y contactores.**

Dispositivos de protección dependientes de la corriente, los cuales funcionan bajo principios electrónicos son:

- ▷ **Disparadores electrónicos como parte integrante de los interruptores de potencia.**
- ▷ **Relés electrónicos contra sobrecargas, para combinaciones de maniobra.**

Dispositivos de protección dependientes de la temperatura son:

- ▷ **Termistores con coeficiente de temperatura positivo (PTC) o con coeficiente de temperatura negativo (NTC).**

Protección con dispositivos que funcionan bajo el principio del bimetálico

Ajuste

Los disparadores contra sobrecargas de los interruptores de potencia para la protección de motores (guardamotores) y los relés bimetálicos están provistos de un botón giratorio o de una palanquita para el ajuste de cualquier valor que se encuentre en el margen de ajuste del mismo.

Los márgenes de ajuste están indicados en los catálogos correspondientes. El valor ajustado I_r es generalmente igual a la corriente nominal del motor. En algunos casos puede ser ajustado a la corriente de servicio del motor, la cuales más baja, si la corriente de arranque del motor lo permite.

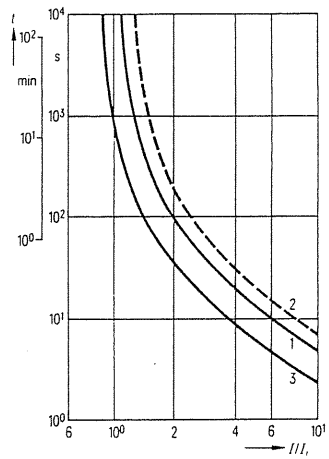
Curva característica de disparo

La corriente límite de disparo está comprendida entre 1,05 y 1,2 veces la corriente ajustada I_r, para un tiempo de disparo de 2 h.

El curso de las curvas características de disparo de los interruptores de potencia de Siemens para la protección de motores (guardamotores) pasa, para una corriente de 6 veces I_r, escasamente por debajo de 10 s (fig. 3.24). Esto permite que los motores con arranque normal (no pesado) puedan ser cargados plenamente y protegidos correctamente.

Dispersión

Las tolerancias de los materiales y de fabricación dan origen a dispersiones de los tiempos de disparo. Por tanto, cada rango de ajuste tiene una banda de dispersión propia. Las curvas características de disparo de los relés y disparadores contra sobrecargas, dadas en los catálogos para cada rango de ajuste, están afectadas, para corrientes entre 3 y 8 veces la corriente de ajuste I_r, por una banda de dispersión de $\pm 20\%$ del tiempo de apertura.



1 Carga tripolar simétrica
2 Carga en dos polos, relé sin sensibilidad a asimetría de las fases
3 Carga en dos polos, relé con sensibilidad a asimetría de las fases
I_r Corriente de ajuste del relé contra sobrecargas

Fig. 3.24
Curvas características de disparo de un relé tripolar contra sobrecargas

Comportamiento cuando el bimetálico está caliente debido al servicio

Cuando un motor está caliente debido al servicio, tiene menores reservas caloríficas que un motor frío. Esto es compensado por el comportamiento de la curva característica de disparo. Si el dispositivo de protección es cargado con la corriente ajustada I_r, su curva característica de disparo se desplaza hacia tiempos de apertura más cortos. Estos tiempos son aproximadamente la cuarta parte de los tiempos de apertura a partir del estado frío (valor de orientación).

Comportamiento cuando varía la temperatura ambiente

La potencia indicada en la placa de características de un motor es la correspondiente a una temperatura de 40 °C del medio refrigerante. Cuando esta temperatura varía, varía también la potencia admisible que el motor puede suministrar, la cual puede disminuir o aumentar.

La corriente límite de disparo y la curva característica de disparo de un relé o disparador contra sobrecargos dependen también de la temperatura. Los valores indicados en los catálogos están referidos a una temperatura de +20 °C. Cuando la temperatura ambiente varía, para garantizar una protección contra sobrecargas del motor, no solamente es necesario que el motor y el dispositivo de protección se encuentren a iguales temperaturas ambiente, sino también que el calentamiento límite del disparador o relé concuerde con el calentamiento máximo admisible del motor.

Generalmente no se cumplen los requisitos antes indicados. Por tanto, para una protección correcta, se debería corregir constantemente la corriente de ajuste del relé o disparador conforme varíe la temperatura, utilizando para ello factores de corrección.

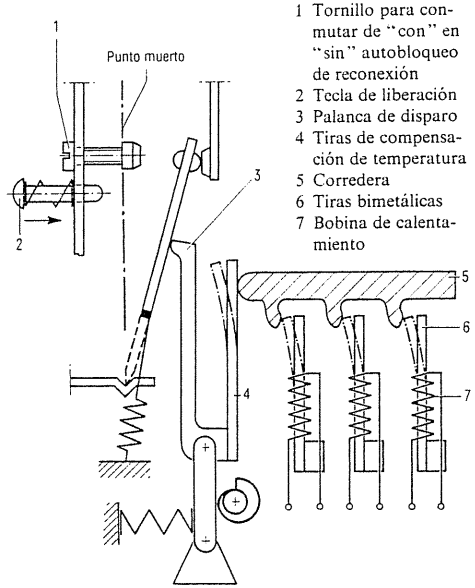
Comportamiento con compensación de la temperatura

Los relés contra sobrecargas y los disparadores de los interruptores de Siemens para protección de motores están provistos, por principio, con un dispositivo de compensación de la temperatura. Esta compensación de la temperatura tiene como resultado que, aún cuando la temperatura ambiente varíe entre −20 y +55 °C, la corriente límite permanece entre 1,05 y 1,2 veces la corriente ajustada I_r, que es lo exigido para 20 °C. Con esto puede prescindirse de correcciones de la corriente de ajuste I_r.

Protección contra reconexiones indeseadas

Después de un disparo por sobrecarga, las tiras bimetálicas deben enfriarse y regresar al punto de partida, antes que el dispositivo de protección pueda ser puesto nuevamente en servicio. De esta manera se asegura forzosamente la pausa necesaria para el motor.

El interruptor para protección de motores (guardamotor) debe ser reconectado después de un disparo. Por el contrario, el interruptor auxiliar del relé contra sobrecargas retorna automáticamente al punto de partida cuando se enfrían las tiras bimetálicas. Este retorno automático del interruptor auxiliar puede evitarse si, al ocurrir el disparo, el contacto móvil del mismo pasa el punto muerto (fig. 3.25). Para la reconexión es necesario oprimir el botón de desbloqueo. El hace retornar el contacto móvil, pasando nuevamente el punto muerto, al punto de partida.



1 Tornillo para conmutar de "con" en "sin" autobloqueo de reconexión
2 Tecla de liberación
3 Palanca de disparo
4 Tiras de compensación de temperatura
5 Corredera
6 Tiras bimetálicas
7 Bobina de calentamiento

Fig. 3.25
Principio de un relé tripolar contra sobrecargas, con compensación de temperatura, conmutable de "con autobloqueo de reconexión" en "sin autobloqueo de reconexión"

Si ocurre una sobrecarga mientras se oprime el botón de desbloqueo, el contacto cambia de posición, ya que los relés de Siemens están provistos de disparo libre.

Los relés contra sobrecargas *sin* bloqueo de reconexión se emplean cuando los contactores se accionan mediante pulsadores (fig. 3.26a). En este caso, aunque el contacto móvil retorna después de enfriarse al punto de partida, el circuito de mando permanece abierto debido al pulsador S1.

Los relés contra sobrecargas *con* bloqueo de reconexión se emplean cuando los contactores se accionan mediante interruptores con contacto permanente (fig. 3.26b). En este caso, el circuito de mando permanece abierto debido al contacto del relé, indiferentemente de si otros contactos de aparatos de mando, tales como vigiladores de nivel, presostatos, interruptores de posición (fines de carrera) y termómetros permanecen cerrados.

Los relés Siemens contra sobrecargas son conmutables de "con" autobloqueo de reconexión a "sin" autobloqueo de reconexión.

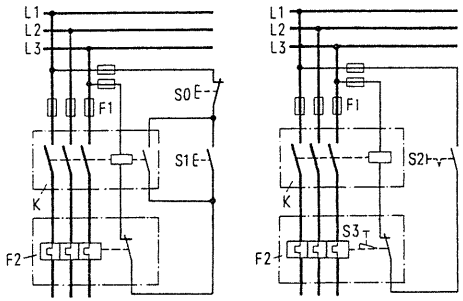
Protección adecuada en caso de falla de fase por la sensibilidad a asimetrías de las fases

Las curvas características de disparo de los relés y disparadores tripolares contra sobrecargas están referidas a una carga simétrica. Si durante el servicio se interrumpe una de las tres líneas de alimentación, es decir si solamente se calientan dos tiras bimetálicas, VDE 0660 permite que la corriente límite de disparo aumente en un 10% o sea, permite un tiempo de disparo más largo.

Si debido a la falla de una de las fases un motor se sobrecarga (máx. 1,32 veces I_r) en las otras dos fases por tiempos largos, hay que contar con daños del motor. Esto se evita si se utilizan relés contra sobrecargas con sensibilidad a asimetrías de las fases, por ej., los relés 3UA5 de Siemens (véase el cat. NS 2). En este caso, la corriente límite de disparo se reduce a un valor menor de 1,05 veces la corriente ajustada I_r.

Protección de motores trifásicos compensados

Para la compensación de la energía reactiva, los condensadores se empalman muy a menudo directamente a los bornes del motor y ambos se conectan y desconectan simultaneamente (fig. 3.27). De la red se toma casi solamente corriente efectiva I_{ef}. Esta es la corriente que fluye a través del disparador o

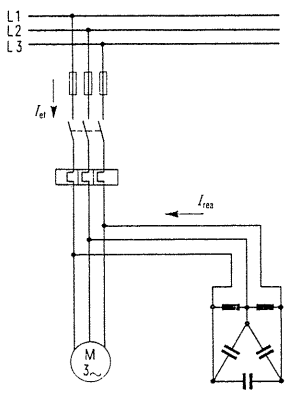


a) Accionamiento por pulsadores, relé sin autobloqueo de reconexión

b) Accionamiento por contacto permanente, relé con autobloqueo de reconexión

F1 Fusible
F2 Relé térmico contra sobrecargas
K Contactor
S0 Pulsador DES
S1 Pulsador CON
S2 Emisor de señal permanente
S3 Tecla de liberación del autobloqueo de reconexión

Fig. 3.26
Ejemplos de aplicaciones para relés contra sobrecargas, con o sin autobloqueo de reconexión



I_{ef} Corriente efectiva
I_{rea} Corriente reactiva

Fig. 3.27
Protección de un motor trifásico compensado

del relé contra sobrecargas y, por tanto, éstos deben ajustarse conforme la corriente efectiva.

La corriente de ajuste se calcula con una exactitud aceptable con la relación:

$$I_r = \frac{I_N \cdot \cos \varphi}{0{,}9}.$$

Los valores de la intensidad nominal I_N y del factor de potencia (cos φ) se toman de la placa de características del motor.

Ejemplo

Motor trifásico, 4 polos, 1500 rpm, 22 kW, 380 V, 50 Hz, intensidad nominal $I_N = 45$ A, factor de potencia cos $\varphi = 0{,}83$. El motor se compensó a cos $\varphi = 0{,}9$.

La corriente a la cual debe ajustarse el relé o el disparador debe ser:

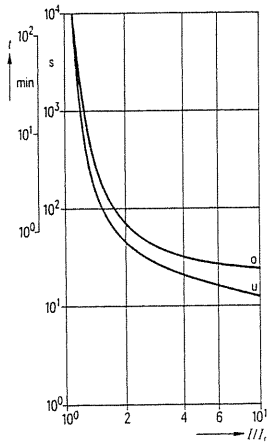
$$I_r = \frac{45\ \text{A} \cdot 0{,}83}{0{,}9} = 41{,}5\ \text{A}.$$

Protección de motores previstos
para arranque pesado

En diversos accionamientos, los motores deben arrancar en contra de un momento de carga alto y necesitan más de 10 segundos para alcanzar las revoluciones nominales. Este es el caso, por ej., en centrífugas y en ventiladores de diámetros grandes cuando se tienen grandes masas y altas revoluciones, y cuando se arrancan bajo carga molinos o bandas transportadoras.

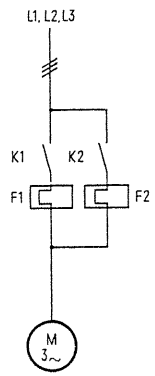
Para proteger los motores de accionamientos de este tipo se utilizan relés para arranque pesado. El tiempo de disparo a 6 veces la corriente de ajuste I_r oscila entre 15 y 30 segundos.

En este tipo de relés contra sobrecargas, las tiras bimetálicas se calientan a través de un transformador de intensidad saturado. Estos son transformadores con bajos factores nominales de sobrecorriente. En ellos, la relación de transformación de la corriente es constante solamente hasta aprox. dos veces la intensidad nominal del relé. A mayores corrientes, la relación de transformación se hace más grande, es decir, la corriente en el secundario es menor que la correspondiente al factor nominal de transformación. Esto se debe a la mayor saturación del hierro del nucleo del transformador. Las tiras bimetálicas, por tanto, se calientan menos; las curvas características de disparo de estos relés se muestran en la fig. 3.28.



o Curso con el relé ajustado al valor máximo
u Curso con el relé ajustado al valor mínimo

Fig. 3.28
Curva característica de disparo de un relé contra sobrecargas para arranque pesado



Valores de orientación para ventiladores

K1 Con una reserva entre el 20 y el 50%
F1 Ajustado a 2,2 veces la corriente nominal del motor
K2 Para el 100% de la potencia del motor
F2 Ajustado a la corriente nominal del motor

Fig. 3.29
Principio de una combinación para la protección de un motor con arranque extremamente pesado

Frecuentemente, para arrancar motores cuyo tiempo de arranque sobrepasa 30 segundos (fig. 3.29) se emplean dos contactores. La combinación K1 y F1 está prevista para el arranque. El relé se ajusta, por ej., a 2,2 veces la corriente nominal del motor I_N. De esta manera se permite un tiempo de arranque de aprox. 35 segundas para una corriente 6 veces mayor que la corriente nominal del motor I_N. Después de concluido el arranque se conmuta del contactor K1 al contactor de servicio K2. El relé contra sobrecargas F2 está ajustado a la corriente nominal del motor.

En esta forma se garantiza una protección adecuada tanto durante el arranque como durante el servicio.

Colocación y ajuste del relé contra sobrecargas
para algunas conexiones básicas de motores
trifásicos

▷ Inversión inmediata del sentido de giro

Indiferentemente del sentido de giro, simpre fluye la misma intensidad de la corriente, por tanto, el relé de protección contra sobrecargas ha de colocarse en las líneas de alimentación y debe ajustarse a la corriente nominal del motor (véase el cap. 8.2.4). Esto también tiene validez cuando la inversión del sentido de giro está complementada por freno por contracorriente mediante vigiladores de frenado.

▷ Arranque estrella-triángulo

Durante el arranque en estrella el motor se alimenta de la red con una corriente igual a $1/\sqrt{3}$ veces su corriente nominal. Cuando se conmuta a la conexión triángulo, fluye la intensidad nominal completa del motor, si éste trabaja a plena carga. En este caso, el relé bimetálico se conecta entre el contactor de la red y el devanado del motor y se ajusta a la corriente parcial que fluye por el circuito, la cual es $1/\sqrt{3}$ veces la intensidad nominal del motor (0,58 veces). Con ésto se logra una protección correcta del motor, tanto en la conexión estrella como en la conexión triángulo (conexión para el servicio). Los diagramas para la conexión estrella-triángulo se muestran en el capítulo 8.3.

Motores de polos conmutables

Un motor de polos conmutables con un devanado (conexión Dahlander), dos velocidades y un sentido de giro, tiene una potencia diferente para cada velocidad y, por tanto, dos intensidades nominales diferentes. La intensidad nominal más alta le corresponde a la velocidad de giro más alta. Debido a ésto, para cada velocidad de giro hay que prever un relé contra sobrecargas, el cual se ajusta a la intensidad nominal correspondiente.

Lo mismo tiene validez para los siguientes motores de polos conmutables:

▷ Motor de polos conmutables con dos devanados separados, tres velocidades, y un sentido de giro. Aquí se precisan tres reles contra sobrecargas, cuyas corrientes de ajuste estén coordinadas con las corrientes nominales del motor.

▷ Motor de polos conmutables con dos devanados separados, cuatro velocidades y un sentido de giro (ambos devanados en conexión Dahlander). Para cada velocidad de giro hay que prever un relé contra sobrecargas, es decir se necesitan cuatro relés.

Los esquemas básicos para la conexión de motores de polos conmutables se encuentran en el capítulo 8.3.

Protección de motores de alta tensión

Protección contra sobrecargas

Los motores de alta tensión se protegen contra sobrecargas mediante relés secundarios contra sobreintensidades, los cuales se conectan a los transformadores de intensidad principales. Los transformadores pueden seleccionarse con una clase de precisión del 3% y deben tener un factor de sobrecorriente $\geqq 10$. Su potencia debe estar en conformidad con la carga formada por los conductores y el relé, para que la curva característica de disparo esté garantizada.
El relé contra sobreintensidades y el transformador de intensidad principal deben ser elegidos de tal manera que, cuando el motor trabaje a plena carga, la corriente que fluye en el secundario del transformador se encuentre en el rango de ajuste del relé.

Ejemplo

Intensidad nominal del motor 210 A, transformador de intensidad principal 400/5 A, relación de transformación = 80.

La corriente en el secundario del transformador, cuando el motor trabaja a plena carga, es igual a 210 A : 80 = 2,63 A.

En este caso debe elegirse un relé con un margen de ajuste que incluya el valor 2,63, por ej., 2 a 3,2 A o bien 2,5 a 4 A.

Cuando un motor de alta tensión arranca bajo condiciones adversas, por ej., un número alto de arranques sucesivos o bajo carga con un momento de inercia elevado, es aconsejable vigilar la temperatura del devanado del rotor utilizando un termómetro de radiación.

Protección en caso de cortocircuito

Para la protección en caso de cortocircuito se emplean fusibles HH o interruptores de potencia de alta tensión.

Cuando la protección se efectúa con fusibles HH, la corriente de cortocircuito limitada I_D no debe sobrepasar 63 kA. Esto también tiene que cumplirse cuando se conectan dos fusibles en paralelo, en cuyo caso la corriente total de cortocircuito limitada $I_{D2} = 1{,}6 \cdot I_{D1}$.

Los fusibles HH para circuitos de motores se describen en el catálogo HG 12.

Los interruptores de potencia pueden preverse para la protección de motores grandes, para los cuales no existen fusibles apropiados. A causa del largo tiempo de interrupción del interruptor de potencia (tiempo máx. admisible 120 ms) la corriente de cortocircuito (valor efectivo) no debe sobrepasar 20 kA.

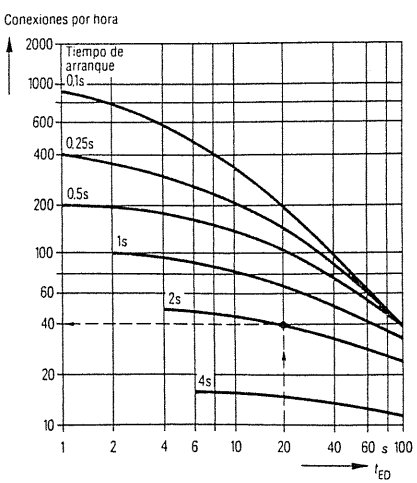
Otros dispositivos para la protección de motores de alta tensión contra sobreintensidades son ARDOMOT y la protección electrónica contra cortocircuitos 7SK2.

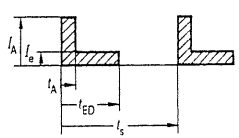
Frecuencia admisible de maniobras

Cuando se desean utilizar combinaciones de maniobra compuestas por contactores y relés bimetálicos, hay que tomar en cuenta que su utilización, en caso de tenerse una elevada frecuencia de maniobra, está limitada por el relé. La frecuencia admisible de maniobras depende de los siguientes datos del servicio:

Corriente nominal (corriente de servicio) del motor	I_N
Corriente de arranque del motor	I_A
Tiempo de arranque del motor	t_A
Duración de la marcha del motor	t_{ED}
Duración del ciclo	t_c

En la figura 3.30 puede leerse el número de maniobras admisibles por hora, cuando se arrancan directamente motores normalizados con una corriente de arranque $I_A = 6 \cdot I_N$, en dependencia del tiempo de marcha t_{ED} y del tiempo de arranque t_A.





I_A Corriente de arranque del motor
I_N Corriente nominal del motor
t_A Tiempo de arranque del motor
t_{ED} Duración de la marcha
t_c Duración del ciclo

Fig. 3.30
Frecuencia admisible de maniobras de los relés contra sobrecargas con retardo térmico, a $I_A = 6 \cdot I_N$

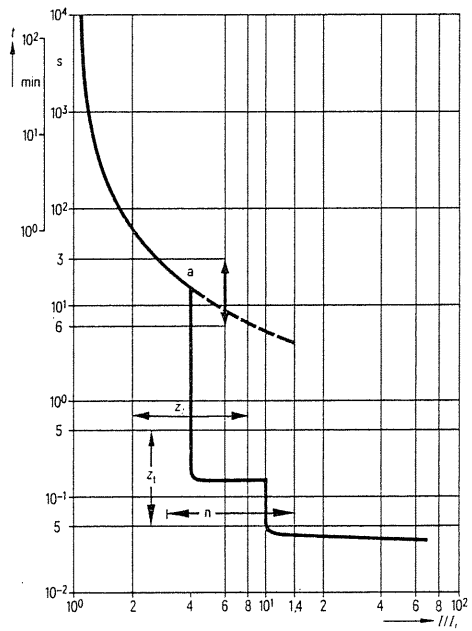
Ejemplo

Para $t_{ED} = 20$ s y $t_A = 2$ s pueden efectuarse aproximadamente 40 maniobras por hora. La duración del ciclo es en este caso

$$t_c = \frac{3\,600 \text{ s}}{40} = 90 \text{ s}.$$

Límites para la protección mediante bimetálicos

Una protección contra sobrecargas mediante relés bimetálicos no es efectiva cuando la corriente del motor no refleja la temperatura del devanado del motor.



a Disparador con retardo dependiente de la corriente
n Disparador sin retardo
z Disparador con retardo independiente de la corriente
z_I Margen de ajuste de la corriente de reacción del disparador z
z_t Margen de ajuste del tiempo de retardo del disparador z

Fig. 3.31
Curva característica de disparo de un disparador electrónico de un interruptur de potendia (3WE)

Este es el caso cuando se tiene:

- ▷ **Alta frecuencia de maniobra,**
- ▷ **servicio intermitente irregular,**
- ▷ **enfriamiento parcialmente obstruído y**
- ▷ **temperatura ambiente alta.**

En todos estos casos, el dispositivo de protecció mediante termistores, el cual depende de la temperatura, ofrece una protección de motores muy segura contra sobrecargas.

Interruptor de potencia con disparador electrónico contra sobreintensidades

Para la protección de motores con intensidades nominales a partir de 200 A, están a disposición los interruptores de potencia 3WE con disparadores electrónicos contra sobreintensidades (fig. 3.31).

Ellos ofrecen las siguientes ventajas:

- ▷ **Posibilidad de adaptar la curva característica de disparo a la capacidad de sobrecarga del motor,**
- ▷ **Posibilidad de una reconexión inmediata después de un disparo por sobrecarga y**
- ▷ **altos picos de las corrientes de conexión pueden ser consideradas para el ajuste del disparador sin retardo (disparador n).**

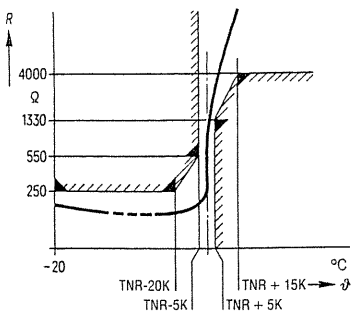
Dispositivos de protección dependientes de la temperatura (Protección de motores mediante termistores)

En contraposición con los disparadores y relés contra sobrecargas, cuyo comportamiento depende de la corriente que por ellos circula y provocan una desconexión si una corriente muy elevada fluye por un tiempo muy largo, están los dispositivos de protección mediante termistores. En este último sistema se mide directamente la temperatura del devanado del motor mediante sondas (termistores), la cual es valorizada en un aparato de disparo, el cual da la orden de la maniobra a efectuarse.

Las sondas empleadas tienen generalmente un coeficiente de temperatura positivo (PTC), en casos especiales también se utilizan sondas con un coeficiente de temperatura negativo (NTC).

Protección de motores de fabricación en serie, mediante termistores con coeficiente de temperatura positivo (PTC)

Las sondas de los termistores con coeficiente de temperatura positivo son resistencias cuyo valor aumenta en varias potencias de diez cuando la temperatura aumenta en 10 K a partir de una temperatura determinada (fig. 3.32). Los termistores con coeficiente de temperatura positivo (PTC) se emplean para la protección de motores cuyo cuadro de temperatura (valores de la temperatura admisible en distintos puntos) es conocido, antes que los motores sean fabricados. La fábrica incorpora los termistores generalmente en el extremo del devanado, en el lado de la salida del aire. La temperatura nominal de respuesta (TNR) de la sonda se elige en base a la clase del aislamiento, tipo y forma constructiva del motor. Cuando se sobrepasa la temperatura admisible del bobinado, la resistencia de la sonda aumenta en varias potencias de diez. Esto provoca que un aparato de disparo, colocado por separado, de una orden, la cual puede ser utilizada tanto para desconectar el motor como para dar una señal de aviso. Cuando se desea dar una señal de aviso antes de desconectar definitivamente el motor, se precisan 3 sondas adicionales con una TNR más baja. Para estas sondas, es indispensable prever un aparato de disparo, adicional al de desconexión, para dar la señal de aviso (fig. 3.33).



ϑ Temperatura
TNR Temperatura nominal de reacción

Fig. 3.32
Valores característicos de la resistencia de una sonda de temperatura PTC (termistor) con una curva característica según DIN 44081/Junio 1980 (aumento de la resistencia en varias potencias de diez en el margen de reacción)

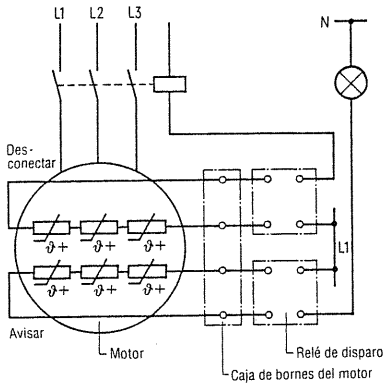


Fig. 3.33
Esquema de conexiones de la protección de un motor mediante termistores para aviso y para desconexión

Los motores con termistores incorporados pueden ser seleccionados del programa ofrecido en el catálogo M1.

Siemens ofrece tres aparatos de disparo diferentes:

▷ 3UN8 en ejecución estándard.

▷ 3UN6 con bloqueo de reconexión, indicador óptico y botón de prueba.

Ambos tipos están previstos para la protección de un solo motor.

▷ 3UN9 con bloqueo de reconexión, indicador óptico y botón de prueba.

Esta ejecución está prevista para la protección de hasta 6 motores.

Los datos técnicos de las sondas PTC y de los aparatos de disparo 3UN se encuentran en el catálogo NS2.

En lo que respecta a esquemas de conexión con termistores PTC para la protección de motores, véase el capítulo 8.4.

Protección de motores de fabricación individual mediante termistores con coeficiente de temperatura negativo (NTC)

En contraposición con los metales, la resistencia eléctrica de las sondas con coeficiente de temperatura negativo decrece considerablemente conforme aumenta la temperatura (fig. 3.34). Las sondas NTC se emplean para la protección de motores cuyo cuadro de temperatura no se conoce antes de su fabricación y, por tanto, la temperatura de reacción del dispositivo de protección solamente puede ser determinada en el motor completamente listo.

Como aparato de disparo está a disposición el aparato 3UP7, en el cual pueden ajustarse dos temperaturas diferentes, una para aviso y otra para desconexión.

Los datos técnicos de los termistores con coeficiente de temperatura negativo, los del aparato de disparo, así como las indicaciones para el ajuste de la temperatura de reacción, están indicados en el catálogo NS2.

Protección de motores con rotor crítico

En motores normales con una potencia de hasta 15 kW aproximadamente, el estator alcanza más rápido que el rotor la temperatura límite admisible cuando este último se encuentra bloqueado. Como las sondas registran la temperatura del estator, está garantizado que el rotor en ningún caso puede ser sobrecalentado.

Los motores de mayor potencia tienen generalmente un rotor crítico. En este caso, un rotor bloqueado alcanza su temperatura límite admisible antes que el estator, es decir antes que los termistores incorporados en el estator alcancen su temperatura nominal de reacción (TNR). La sobretemperatura del rotor puede ser considerablemente más alta que la del estator. La consecuencia es una disminución de la vida útil del motor. Esto ocurre especialmente, cuando se arranca un motor frío con el rotor bloqueado.

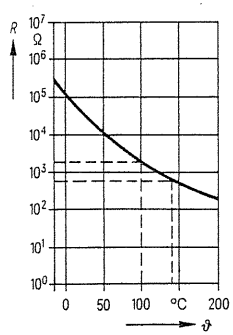


Fig. 3.34
Curva característica de resistencia eléctrica y temperatura de una sonda NTC

Para poder garantizar en este caso extremo la protección de motores con rotor crítico, además de los termistores, se emplean relés térmicamente retardados para vigilar las tres fases, los cuales reaccionan a tiempo.

En ejecución especial, ciertos motores con rotor crítico, pueden ser protegidos completamente utilizando termistores solos. Para mayores detalles, véase el catálogo M1.

Relés electromagnéticos sin retardo contra sobreintensidades

Los relés electromagnéticos sin retardo, tipo 3UG1, están previstos para la protección de conductores, motores de anillos rozantes y aparatos eléctricos, contra sobrecargas y cortocircuitos. Estos relés se utilizan espacialmente en combinación con interruptores de potencia. Los relés son ajustables en un rango entre 0,5 y 1,5 o entre 1 y 2 veces su corriente nominal, la cual va de 0,4 hasta 1300 A.

Otras posibilidades de vigilancia para motores son:

▷ Vigilancia de reposo

Para la vigilancia de reposo y de velocidades rotación cerca de cero, de accionamientos con tacómetro, se emplea el aparato de evaluación 6KB4.

▷ Vigilancia de la velocidad de rotación

Para la vigilancia de las revoluciones de accionamientos, a partir de velocidades de rotación cercanas a cero, hasta 6000 rpm, puede utilizarse el aparato de evaluación tipo 6KB4 202, en combinación con un emisor de impulsos (BERO).

▷ Vigilancia del proceso de frenado

Los vigiladores de la velocidad de rotación (vig. de frenado) tipo 6KB4 110, en combinación con contactores, son adecuados para un frenado rápido de accionamientos, cuando éstos deben ser detenidos en un tiempo sumamente corto, mediante frenado por contracorriente.

▷ Vigilancia de bandas transportadoras

Los vigiladores de bandas, tipos 6KB4 111 y 6KB4 112, paran el complejo, cuando la banda transportadora resbala fuertemente o se queda prensada o, cuando las revoluciones del motor de accionamiento divergen considerablemente del valor teórico.

Para mayores detalles sobre éstos y otros vigiladores, véase el catálogo NS2.

Protección contra sobreintensidades de motores de la clase de protección "seguridad aumentada" (e)

Para la protección contra sobreintensidades de motores de la clase de protección "seguridad aumentada (e), se aplican las siguientes normas y determinaciones:

- ▷ Norma europea EN 50019/mayo 1978. "Aparatos eléctricos para zonas con peligro de explosión, seguridad aumentada 'e' ". Equivale a VDE 0170/0171 parte 6/5.1978 para aparatos eléctricos con protección contra gas de grisú y contra explosiones.
- ▷ Determinación VDE 0165/DIN 57165/6.1980 "Determinaciones para edificar instalaciones eléctricas en recintos expuestos a explosiones".
- ▷ Determinación VDE 0165 A1/DIN 57165 A1/12.80 "Determinaciones para edificar instalaciones eléctricas en zonas expuestas a explosiones".

Además de estas normas y determinaciones están las reglas de ensayo PTB (**P**hysikalisch-technische **B**undesanstalt; institución federal físico-técnica con sede en Braunschweig) para máquinas con protección contra explosiones, de la clase "seguridad aumentada" (Ex)e, 52.01-69.

En particular, hay que observar que los motores deben protegerse contra calentamiento no admisible como consecuencia de sobrecargas. Como dispositivos de protección pueden tomarse en consideración:

- ▷ Dispositivos de protección contra sobreintensidades, con retardo de disparo dependiente de la corriente.
- ▷ Dispositivos para una vigilancia directa de la temperatura del devanado mediante sondas.
- ▷ Otros dispositivos.

Protección mediante disparadores de interruptores o relés con retardo de disparo dependiente de la corriente

La capacidad nominal de ruptura del interruptor de potencia debe ser como mínimo, según las categorías de utilización AC3 y AC4 descritas en VDE 0660 parte 104, la corriente de arranque I_A del motor.

El dispositivo de protección debe ser efectivo en todos los polos. Cuando los dispositivos son del tipo 1 (véanse las tablas 3.10 y 3.11), la corriente de ajuste I_r no debe ser mayor que la intensidad nominal del motor. En redes no puestas solidamente a tierra es suficiente una protección en dos fases, cuando la tensión nominal es más alta que 1 kV.

Las curvas características de disparo de los relés y disparadores contra sobrecarga deben estar siempre accesibles en el sitio de instalación. Dichas curvas deben indicar los tiempos de disparo a partir del estado frío, a una temperatura ambiente de 20 °C, para el rango comprendido entre 3 y 8 veces la corriente de ajuste I_r, en función de la corriente. La tolerancia máxima de los tiempos de disparo indicados en las curvas es $\pm 20\%$.

Los relés y disparadores para la protección de motores con rotor de jaula de ardilla deben ser seleccionados de tal manera, que vigilen tanto la corriente nominal como el tiempo de disparo, a partir del estado frío, correspondiente a la corriente de arranque indicada en la placa de pruebas del motor. El tiempo de disparo t_A debe ser mas corto que el tiempo de calentamiento admisible t_E indicado en la placa. La tabla 3.15 da unos ejemplos al respecto.

El tiempo de calentamiento t_E es el tiempo en el cual un motor con el rotor frenado alcanza su temperatura límite admisible a partir de la temperatura de servicio.

Los dispositivos para la protección de motores, deben también garantizar una protección correcta en caso de fallar una de las fases. Para esta aplicación son adecuados los relés y disparadores con sensibilidad a la falla de fases, según VDE 0660 parte 104/DIN 57660 parte 204/9.1982.

Tabla 3.15
Selección de los relés contra sobrecargas para los motores de la clase de protección "Seguridad aumentada (e)" (ejemplos)

Motor, 1500 min^{-1}, cuatro polos				Relé térmico contra sobrecargas		
P_N para T3(G3)	I_N para 380 V	I_A	t_E para T3(G3)	t_a para I_A	Margen de ajuste	I_E
kW	A		s	s	A	A
15	30	5,9 I_N	11	8,5	22 hasta 32	30
84	154	6,4 I_N	10	8,6	130 hasta 160	154
115	210	6,7 I_N	13	5,8	162 hasta 250	210

T3(G3) Clasificación de temperatura
I_A Corriente de arranque
I_r Corriente de ajuste del relé térmico
t_a Tiempo de disparo
t_E Tiempo de calentamiento

Los dispositivos para la protección de motores en conexión triángulo deben de desconectar al motor, en caso que éste marche en dos fases, en un tiempo igual o menor al tiempo de calentamiento t_E, cuando la corriente alcanza un valor de 0,87 veces la corriente de arranque del motor y al mismo tiempo es mayor o igual a tres veces la corriente de ajuste I_r. El tiempo de disparo del dispositivo de protección es a partir del estado frío (véase VDE 0165 A1/DIN 57165 A1/12.80, parrafo 6.1.4.3.5).

Los motores con protección mediante vigilancia de la corriente solamente pueden utilizarse en servicio continuo cuando los arranques son suaves y poco frecuentes, y el calentamiento durante los mismos no es significante. Los motores para arranque pesado o para una frecuencia de arranque alta solamente pueden emplearse con dispositivos de protección especiales, los cuales garantizan que la temperatura máxima admisible no sea superada.

Durante el arranque tampoco es permitido que la temperatura límite sea sobrepasada.

Nota

Se dice que un arranque es pesado, cuando un dispositivo de protección, seleccionado para condiciones de servicio normales, desconecta durante el arranque (tiempo de aceleración). Este es el caso, cuando el tiempo de arranque es más largo que 1,7 veces el tiempo de calentamiento t_E.

Los motores con rotor de anillos rozantes y devanado de la clase de protección contra encendido (Ex)e deben tener una protección adicional mediante disparadores o relés sin retardo. Estos dispositivos de protección deben ajustarse a una corriente de reacción escasamente superior a los picos de arranque previstos, la cual, sin embargo, no debe ser mayor que cuatro veces la intensidad nominal del motor.

Protección mediante termistores

Si la protección contra sobrecargas debe efectuarse exclusivamente con dispositivos para la vigilancia directa de la temperatura mediante sondas, los motores a utilizarse deben estar aprobados para este tipo de protección.

Certificado homologado de pruebas PTB

Para la protección de motores de la clase de protección "seguridad aumentada" (e), Siemens ofrece aparatos que cumplen con las determinaciones válidas y suministra la documentación correspondiente:

- ▷ **Interruptores de potencia, tripolares, para la protección de motores (véase el catálogo NS1).**
- ▷ **Relés contra sobrecargas, tripolares, con sensibilidad a asimetría de las fases (véase el catálogo NS2).**
- ▷ **Relés para arranque pesado y relés secundarios (véase el catálogo NSE).**
- ▷ **Curvas características de disparo.**
- ▷ **Relés electromagnéticos sin retardo (véase el cátalogo NS1)**
- ▷ **Certificados de pruebas PTB.**

3.4.3.2 Protección de condensadores

La determinación VDE 0560 parte 4 exige que los condensadores estén en capacidad de prestar servicio con una corriente cuyo valor efectivo no sobrepase 1,3 veces la corriente que fluye cuando la tensión de la red de alimentación es sinusoidal y su frecuencia es igual a la frecuencia nominal del condensador.

Debido a este dimensionado, en la mayoría de las aplicaciones de condensadores se renuncia a una protección contra sobrecargas.

Solamente en redes con grandes "generadores" de armónicas pueden ser sobrecargados los condensadores. El origen de estas sobrecargas está en resonancias del circuito paralelo oscilante formado por el condensador y la conexión en serie de las reactancias del transformador y la red, con la frecuencia de una de las armónicas generadas por el rectificador.

En estos casos, los condensadores deben conectarse en serie con bobinas de reactancia formando un circuito LC, cuya frecuencia de resonancia esté por debajo de la armónica de menor orden del circuito de carga (250 Hz). De esta manera, el condensador es inductivo para todas las armónicas de la red y, por tanto, ya no puede formar un circuito resonante con la reactancia de la red.

Otra posibilidad es liberar la red principal de armónicas mediante circuitos LC para filtrarlas. En contraposición con el caso anterior, los circuitos de filtro se sintonizan exactamente a las armónicas que deben filtrarse, es decir, se precisa un circuito LC para cada armónica que debe ser filtrada. De esta forma, para las armónicas, la impedancia efectiva es igual a cero.

Si la protección de condensadores contra sobreintensidades se efectúa con relés contra sobrecargas, éstos pueden ser ajustados a una corriente de 1,3 hasta 1,43 veces la corriente nominal del condensador. Este ajuste contempla las tolerancias de la capacidad del condensador, las cuales permiten que la corriente pueda alcanzar un valor de $1{,}1 \cdot 1{,}3 = 1{,}43$ veces la corriente nominal del condensador.

Si para la protección se utilizan relés o disparadores con un calentamiento de las tiras bimetálicas a través de transformadores de intensidad, hay que considerar que las armónicas disminuyen la relación de transformación y, por tanto, la corriente del secundario del transformador aumenta, lo cual puede provocar disparos prematuros.

Para la protección en caso de cortocircuito generalmente se emplean fusibles NH de la clase de servicio gL.

Los fusibles se seleccionan con una corriente nominal de aproximadamente 1,6 a 1,7 veces la corriente nominal del condensador, para evitar que reaccionen en caso de sobrecarga o cuando se conectan los condensadores.

3.4.3.3 Protección de transformadores

Transformadores de potencia en redes radiales

Los transformadores de potencia son sobrecargables; el monto y la duración de la sobrecarga admisible dependen de la carga previa a la sobrecarga y de la temperatura del medio refrigerante (publicación IEC (CEI) 354).

Generalmente se emplean interruptores de potencia para la protección del lado de baja tensión del transformador. Los transformadores pequeños se protegen ocasionalmente con fusibles.

Para la protección de transformadores hay que prever un interruptor de potencia cuya capacidad de ruptura sea igual o mayor que la corriente de cortocircuito en el secundario del mismo. El disparador contra sobrecargas se ajusta a la intensidad nominal del transformador.

De la protección en caso de cortocircuito se encargan los disparadores sin retardo del interruptor. Cuando se precisa una selectividad con respecto a interruptores o fusibles postconectados se emplean disparadores con retardo independiente de la corriente (brevemente retardados), en algunos casos, en combinación con disparadores sin retardo.

Protección de dos transformadores en paralelo

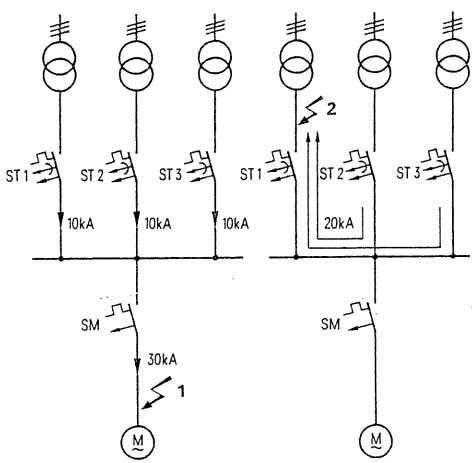
Para la protección individual de dos transformadores de igual potencia en paralelo se seleccionan interruptores de potencia cuya capacidad de ruptura corresponda a la corriente de cortocircuito de un transformador.

Protección de tres transformadores de igual potencia en paralelo

En caso de un cortocircuito en el punto 1 (fig. 3.35), fluye a través de cada interruptor la corriente de cortocircuito del transformador correspondiente. Si el cortocircuito ocurre en el punto 2, a través del interruptor ST1 fluye la suma de las corrientes de cortocircuito de los otros dos transformadores.

La capacidad de ruptura del interruptor debe ser, por tanto, igual al doble de la capacidad de ruptura necesaria cuando solamente hay un transformador.

En instalaciones con varios transformadores, las corrientes de cortocircuito pueden dominarse con mayor facilidad, si entre los transformadores se conectan interruptores de acople limitadores de la corriente.



a) Cortocircuito en el punto 1 (en una derivación)

b) Cortocircuito en el punto 2 (entre un transformador y su interruptor)

Fig. 3.35
Corrientes de cortocircuito cuando se conectan en paralelo tres transformadores de igual potencia

Interruptores de potencia en redes enmalladas

En una red enmallada, con alimentación a través de varias líneas de alta tensión y de varios transformadores, se desea impedir que, en caso de falla en una subestación o en una línea de alta tensión, la red de baja tensión retroalimente el punto de cortocircuito. En estos casos se emplean interruptores para redes enmalladas. Estos son interruptores de potencia, tripolares, sin disparadores contra sobreintensidades pero con un disparador para redes enmalladas. En caso de ocurrir la falla antes mencionada, un relé para el caso da la orden de disparo al disparador antes mencionado, el cual desconecta el interruptor. La orden de desconexión la da un contacto NA del relé, el cual cierra el circuito de accionamiento del disparador.
El diagrama básico para la conexión del interruptor para redes enmalladas con el relé se muestra en el catálogo NS1.
Para la selección del interruptor, en función de la capacidad de ruptura necesaria, hay que tomar en cuenta que la corriente de cortocircuito más alta se presenta en caso de cortocircuito entre el interruptor y los bornes del transformador. En este caso, a través del transformador, hacia el punto de cortocircuito, fluye una corriente igual a la suma de las corrientes de cortocircuito de los transformadores.
Esta suma puede ser mayor que la corriente de cortocircuito del transformador correspondiente al interruptor.

Para interruptores para redes enmalladas, véase el catálogo NS1;

para relés para redes enmalladas, véase el catálogo R.

Los transformadores de mando se tratan en el capítulo 2.1.1.

3.4.3.4 Protección de conductores y cables fuera de las CAMF

Para la protección de conductores y cables contra sobrecalentamiento es decisiva en la R.F.A. la determinación DIN 57100 parte 430/VDE 0100 parte 430/6.81: "Edificación de instalaciones de potencia con tensiones nominales de hasta 1000 V".

Conforme a estas determinaciones, los conductores y cables deben protegerse contra sobrecalentamiento mediante dispositivos de protección contra sobreintensidades. El origen de un sobrecalentamiento puede ser tanto una sobrecarga debida al servicio como un cortocircuito pleno.

La tabla 3.16 ofrece un cuadro sinóptico de los dispositivos de protección que pueden utilizarse para el efecto.

Cargabilidad

La cargabilidad de conductores aislados y de cables no enterrados, según DIN 57100 parte 523/VDE 0100 parte 523/6.81 y determinaciones de U.S.A. y Canadá se indica en el capítulo 9.3.

Protección contra sobrecargas

La coordinación de los interruptores y fusibles con la sección nominal de los conductores está indicada en el capítulo 9.3.2.2.

Protección en caso de cortocircuito

En DIN 57100 parte 430/VDE 0100 parte 430 capítulo 6 se encuentran las determinaciones para el cálculo de la corriente de cortocircuito y para la determinación de los datos característicos de los dispositivos de protección necesarios (capacidad de ruptura y tiempo de interrupción).

Protección mediante un solo dispositivo de protección

Cuando la capacidad de ruptura de un dispositivo elegido para la protección contra sobrecargas (tabla 3.16) equivale a la corriente de cortocircuito pleno prevista en el sitio de instalación, la protección de los conductores postconectados está generalmente garantizada en caso de cortocircuito. Determinados automáticos (interruptores termomagnéticos) e interruptores de potencia, sobre todo aquellos que no limitan la corriente de cortocircuito, no ofrecen la protección necesaria para todos los cortocircuitos posibles. Por tanto, es indispensable comprobar la protección contra cortocircuitos.

Protección de las fases y del conductor neutro

Los dispositivos de protección deben preverse en todas las fases. Ellos deben provocar la desconexión del conductor en el cual se presente una sobreintensidad. La desconexión de los restantes conductores no siempre es indispensable. Sin embargo, cuando la desconexión de una sola fase sea peligrosa, por ej., en caso de haber motores trifásicos conectados, es *imprescindible* tomar las medidas adecuadas para el caso (véase el cap. 3.4.3.1).

Tabla 3.16
Dispositivos de protección contra sobreintensidades para conductores y cables, así como su campo de protección

Dispositivo de protección	Determinación	Protección contra	
		sobrecargas	cortocircuitos
Fusibles gL para la protección de conductores	DIN 57636/ VDE 0636	×	×
Automáticos (interruptores termomagnéticos) para la protección de conductores	DIN 57641/ VDE 0641	×	×
Interruptores de potencia con disparador con retardo dependiente de la corriente y disparador sin retardo	VDE 0660 parte 101	×	×
Fusibles aM para la protección de aparatos de maniobra	DIN 57636/ VDE 0636	–	×
Interruptores de potencia con disparadores sin retardo	VDE 0660 parte 101	–	×
Combinación de aparatos de maniobra compuesta por:			
Fusible en serie (de la clase de servicio aM o gL)	DIN 57636/ VDE 0636	–	×
Contactor con relé contra sobrecargas	VDE 0660	×	–
Combinación de aparatos de maniobra compuesta por:			
Interruptor de potencia con disparador sin retardo	VDE 0660 parte 101	–	×
Contactor con relé contra sobrecargas	VDE 0660 parte 102/ 104	×	–

3.4.4 Selectividad

En caso de falla, los dispositivos de protección contra sobreintensidades deben de desconectar de la red solamente la parte afectada y ésto en el tiempo más corto posible.

De esta forma, se mantiene pequeño el círculo de los aparatos eléctricos afectados y el abastecimiento de energía del resto de los consumidores no se perturba sin motivo. Es decir, los disposivitos de protección contra sobreintensidades deben ser selectivos en la desconexión.

3.4.4.1 Selectividad en redes radiales

En la dirección del flujo de la energía pueden estar conectados en serie:

- ▷ Fusible con fusible subordinado,
- ▷ interruptor de potencia con interruptor de potencia subordinado,
- ▷ interruptor de potencia con fusible subordinado,
- ▷ fusible con interruptor de potencia subordinado,
- ▷ varias alimentaciones paralelas con un interruptor de potencia postconectado,
- ▷ fusibles HH (alta tensión) con fusibles NH (baja tensión) subordinados.

Selectividad entre fusibles conectados en serie

Las líneas de alimentación y las derivaciones salientes de las barras colectoras conducen corrientes de servicio de diferentes intensidades y tienen, por tanto, diferentes secciones, razón por la cual los fusibles de protección tienen intensidades nominales diferentes.

Por otra parte, en caso de falla detrás del fusible subordinado fluye por ambos la misma corriente.

Como regla general debe considerarse primeramente:
Dos fusibles conectados en serie se comportan selectivos, cuando sus curvas características de fusión, más exactamente sus bandas de dispersión, no se tocan y corren a suficiente distancia la una de la otra (fig. 3.36).

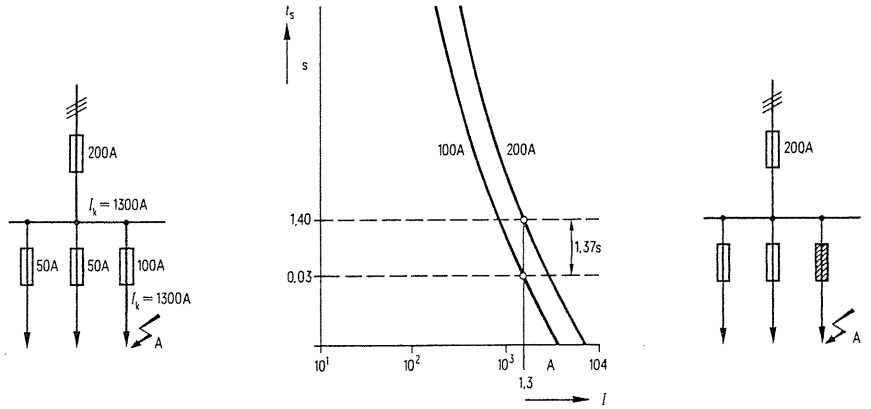
Esta regla no tiene validez para corrientes de cortocircuito altas. En ese caso, la selectividad solamente puede ser garantizada si el valor calorífico de la corriente ($I^2 \cdot t$) durante el tiempo de fusión y de extinción del fusible postconectado es menor que el valor calorífico de la corriente ($I^2 \cdot t_F$) solamente durante el tiempo de fusión del fusible preconectado.

De los datos técnicos de los fusibles NH-ISO pueden tomarse detalles de la selectividad entre ellos en redes radiales y en redes enmalladas, para tensiónes de hasta 660 V (véase el cap. 9.8).

Selectividad entre interruptores de potencia conectados en serie

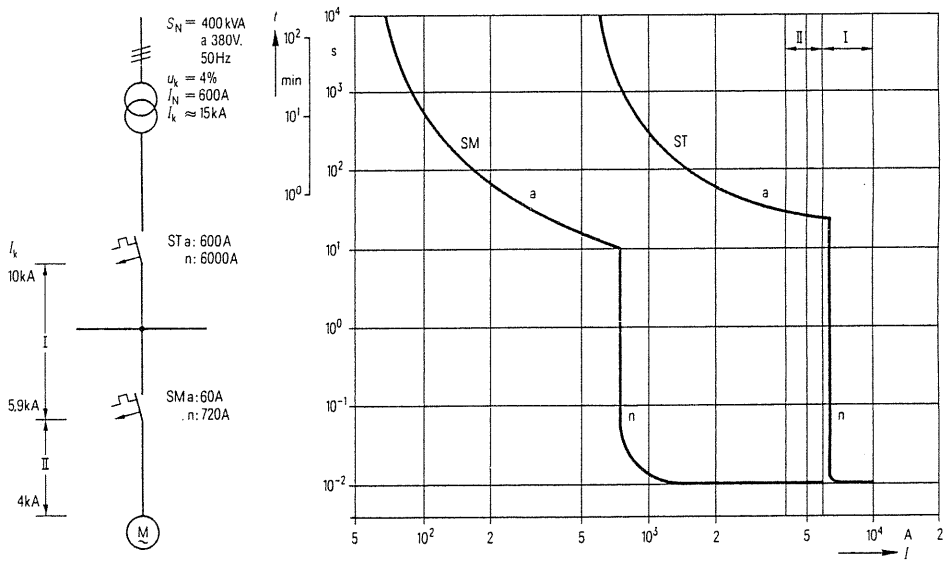
Selectividad mediante escalonamiento de las corrientes de reacción de los disparadores sin retardo contra sobreintensidades

Una selectividad mediante el escalonamiento de las corrientes de reacción de los disparadores sin retardo contra sobreintensidades, solamente puede realizarse



a) Esquema general b) Tiempos de fusión para I_k = 1 300 A c) Desconexión selectiva de la sección afectada por el cortocircuito

Fig. 3.36 Selectividad entre fusibles conectados en serie (ejemplo)



a) Esquema general b) Curvas características de disparo

SM Interruptor de potencia para la protección del motor
ST Interruptor de potencia para la protección del transformador
a Disparador con retardo dependiente de la corriente (disparador contra sobrecargas)
n Disparador sin retardo (disparador en caso de cortocircuito)

Fig. 3.37
Selectividad entre dos interruptores de potencia conectados en serie, para distintas corrientes de cortocircuito (ejemplo)

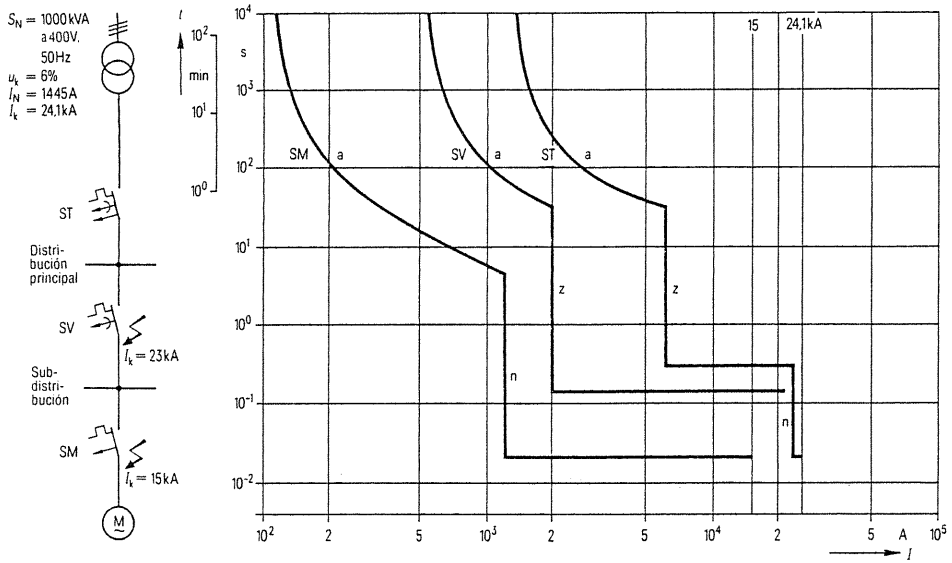
cuando las corrientes de cortocircuito previstas en los puntos de instalación de los interruptores de potencia difieren lo suficiente. La corriente de reacción del disparador del interruptor preconectado debe ser ajustada a un valor mayor que la máxima corriente de cortocircuito posible en el punto de instalación del interruptor postconectado (fig. 3.37).

Selectividad mediante disparadores
con retardo independiente de la corriente
(disparadores con breve retardo)

Cuando las corrientes de cortocircuito previstas en los puntos de instalación de los interruptores de potencia, debido a la baja resistencia eléctrica de los conductores que los unen, pueden alcanzar valores semejantes, por ej., cuando las distancias entre ellos son cortas, la selectividad solamente puede lograrse con la ayuda de un disparador con retardo independiente de la corriente, el cual actúa sobre el interruptor preconectado. Con este disparador se retarda la apertura del interruptor preconectado para que el interruptor postconectado tenga suficiente tiempo para interrumpir la corriente de cortocircuito.

Un escalonamiento en el tiempo de aproximadamente 150 ms para los disparadores electromagnéticos y a partir de 70 ms para los disparadores electrónicos, considera todas las tolerancias.

La corriente de reacción del disparador del interruptor preconectado debe ajustarse como mínimo a 1,25 veces la corriente ajustada en el disparador del interruptor postconectadó (ésto vale solamente cuando las tolerancias de la corriente de reacción de los disparadores no sean mayores que el 10% de la corriente ajustada).



a) Diagrama general b) Diagrama de escalonamiento del tiempo de disparo

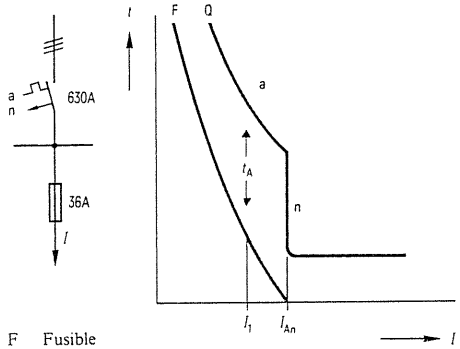
ST Interruptor de potencia para la protección del transformador
SV Interruptor de potencia para la protección de distribuciones
SM Interruptor de potencia para la protección del motor
a Disparador con retardo dependiente de la corriente (disparador contra sobrecargas)
n Disparador sin retardo (disparador en caso de cortocircuito)
z Disparador con retardo independiente de la corriente (disparador para selectividad mediante escalonamiento del tiempo de disparo)

Fig. 3.38 Selectividad entre tres interruptores conectados en serie

El retardo ajustable hasta 500 ms permite el escalonamiento de 4 y más interruptores conectados en serie.

Los interruptores pueden proverse adicionalmente con disparadores sin retardo para reducir los esfuerzos que sufren las instalaciones en caso de cortocircuito pleno en los bornes de los interruptores preconectados al retardarse la interrupción. La corriente de reacción de estos disparadores adicionales debe ajustarse a un valor lo suficientemente alto, de tal manera, que solamente reaccionen en caso de un cortocircuito pleno y que no afecten la selectividad lograda por el escalonamiento del tiempo de disparo.

En el ejemplo de la figura 3.38 está representado, además del diagrama con los tres interruptores conectados en serie, el diagrama del escalonamiento. Los interruptores limitadores de la corriente interrumpen la corriente de cortocircuito en pocos milisegundos cuando ésta alcanza el valor de reacción del disparador. Debido a esto, este tipo de interruptores no es apropiado para una selectividad mediante escalonamiento en el tiempo y solamente en casos espaciales puede lograrse una selectividad entre ellos y fusibles o interruptores postconectados.



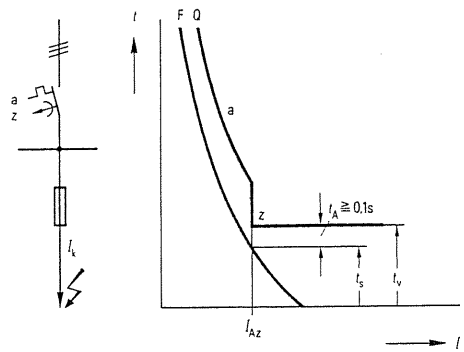
F Fusible
Q Interruptor de potencia
a Disparador con retardo dependiente de la corriente
n Disparador sin retardo
t_A Distancia de seguridad
I_{An} Corriente de reacción del disparador n

Fig. 3.39
Selectividad en el rango de sobrecargas entre un interruptor de potencia y un fusible postconectado. Las curvas características de tiempo y corriente, incluyendo sus bandas de dispersión, no se tocan

Selectividad entre un interruptor de potencia y un fusible postconectado

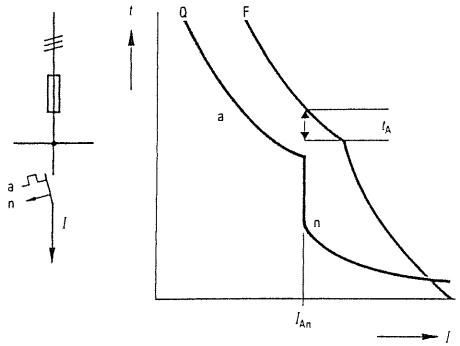
En el rango de sobrecargas, hasta aproximadamente la corriente de reacción del disparador sin retardo contra sobreintensidades del interruptor de potencia, se tiene selectividad si la curva característica de fusión del fusible no toca la curva característica de disparo del disparador con retardo dependiente de la corriente (por ej., disparadores térmicamente retardados). Esto debe cumplirse aún cuando el interruptor se encuentre precargado (fig. 3.39) y vale para las bandas de dispersión de ambos dispositivos de protección.

Cuando la corriente de cortocircuito prevista en el punto de instalación del fusible sobrepasa la corriente de reacción del disparador sin retardo contra sobreintensidades del interruptor de potencia, puede lograrse selectividad únicamente si el fusible limita la corriente de cortocircuito, de tal manera, que ésta no alcance la corriente de reacción del disparador sin retardo. Esto solamente puede esperarse de fusibles cuya intensidad nominal sea considerablemente menor a la intensidad nominal permanente del interruptor (fig. 3.40).



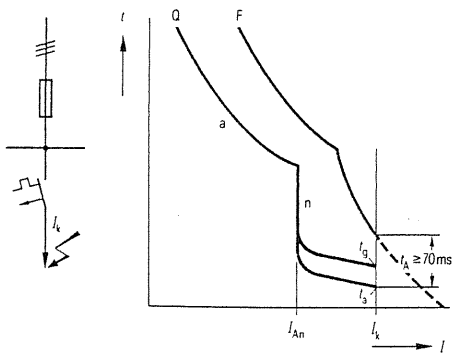
a Disparador con retardo dependiente de la corriente
z Disparador con retardo independiente de la corriente
t_A Distancia de seguridad
I_{Az} Corriente de reacción del disparador z
t_s Tiempo de fusión del fusible
t_v Tiempo de retardo del disparador z

Fig. 3.40
Selectividad en el rango de cortocircuitos entre un interruptor de potencia y un fusible postconectado



Q Interruptor de potencia
F Fusible
a Disparador con retardo dependiente de la corriente
n Disparador sin retardo
t_A Distancia de seguridad
I_{An} Corriente de reacción del disparador n

Fig. 3.41
Selectividad en el rango de sobrecargas entre un fusible y un interruptor de potencia postconectado. Las curvas características de tiempo y corriente, incluyendo sus bandas de dispersión, no se tocan



t_a Tiempo de apertura del interruptor de potencia
t_g Tiempo total de desconexión del interruptor de potencia (tiempo de apertura + tiempo de arco)

Fig. 3.42
Selectividad en el rango de cortocircuitos entre un fusible y un interruptor de potencia postconectado

La experiencia nos enseña que, en caso de cortocircuito, con seguridad se tiene selectividad, cuando el tiempo de retardo t_v del disparador con retardo independiente de la corriente se encuentra, como mínimo, 100 ms sobre la curva característica de fusión del fusible.

Selectividad entre un fusible y un interruptor de potencia postconectado

En este caso también se tiene selectividad en el rango de sobrecargas cuando la curva característica de disparo del disparador con retardo dependiente de la corriente no toca a la curva característica de fusión del fusible (fig. 3.41).

En caso de cortocircuito, debe tomarse en cuenta que la corriente continúa calentando el fusible durante el tiempo de arco del interruptor.

Para la práctica, es suficiente que la curva característica de fusión del fusible corra, como mínimo, 70 ms sobre la curva característica de disparo del disparador sin retardo del interruptor de potencia postconectado (fig. 3.42).

Selectividad en caso de dos o más alimentaciones paralelas

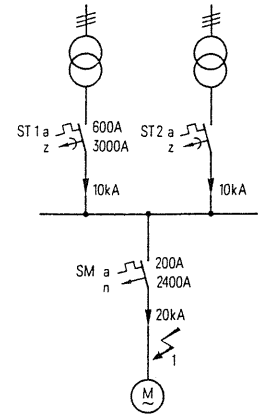
En caso de existir dos o más alimentaciones paralelas, la corriente de cortocircuito prevista no aumenta en dirección a las alimentaciones, sino se divide entre las líneas de alimentación. Esto hace que las condiciones para lograr una selectividad sean más favorables.

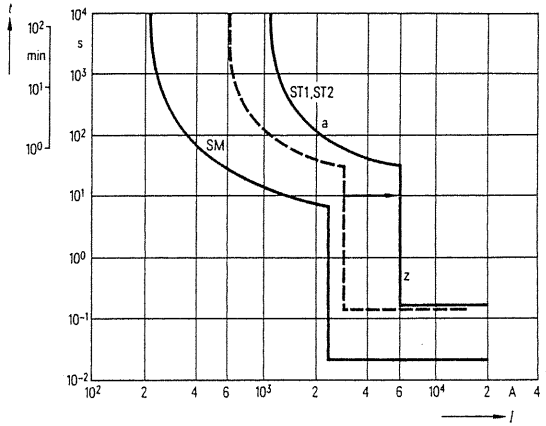
Dos alimentaciones iguales

Si un cortocircuito ocurre detrás del interruptor SM (fig. 3.43a), entonces fluye a través del interruptor la corriente total de cortocircuito de 20 kA, mientras por los interruptores de alimentación ST1 y ST2 circula solamente la mitad, es decir 10 kA.

En el diagrama de escalonamiento (fig. 3.43b), la curva característica de disparo de los interruptores ST1 y ST2 debe trazarse referida a la corriente que fluye por el interruptor SM.

Ya que la corriente total de cortocircuito se divide en dos partes iguales en las alimentaciones, la curva característica de disparo de los interruptores ST1 y ST2 debe desplazarse hacia la derecha, en el eje de la corriente, en el factor 2.

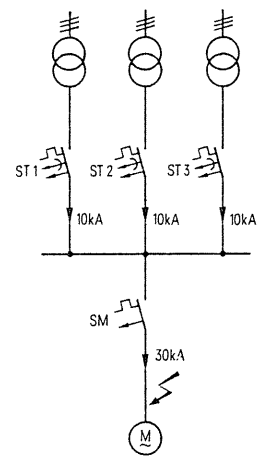




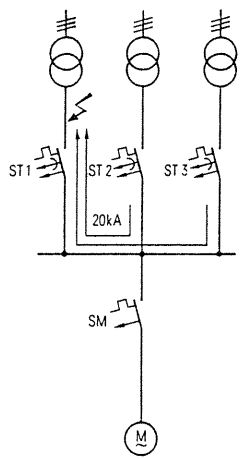
a) Diagrama general b) Diagrama de escalonamiento del tiempo de disparo

ST Interruptores de potencia para la protección de los transformadores
SM Interruptor de potencia para la protección del motor
a Disparador con retardo dependiente de la corriente
z Disparador con retardo independiente de la corriente

Fig. 3.43 Instalación de distribución con dos transformadores de alimentación de igual potencia conectados en paralelo



a) Cortocircuito en la línea de alimentación del motor: El interruptor SM se dispara sin retardo, los interruptores ST1, ST2 y ST3 permanecen cerrados



b) Cortocircuito entre un transformador y el interruptor de potencia correspondiente: El interruptor ST1 se dispara sin retardo, los interruptores ST2 y ST3 permanecen cerrados

SM Interruptor de potencia para la protección del motor
ST Interruptores de potencia para la protección de los transformadores

Fig. 3.44 Instalación de distribución con tres transformadores de alimentación de igual potencia conectados en paralelo

Tres alimentaciones iguales

Si la alimentación la realizan más de dos transformadores en paralelo (fig. 3.44), además de los disparadores con retardo independiente de la corriente, los interruptores deben ser provistos de disparadores sin retardo, cuya corriente de reacción deberá ajustarse a un valor mayor que la corriente de cortocircuito I_k del transformador correspondiente.

De esta manera, el interruptor será disparado cuando entre él y el transformador correspondiente ocurra un cortocircuito, mientras los otros dos transformadores permanecen conectados prestando un servicio ininterrumpido. El disparo lo provoca la suma de las corrientes de cortocircuito de los otros dos transformadores.

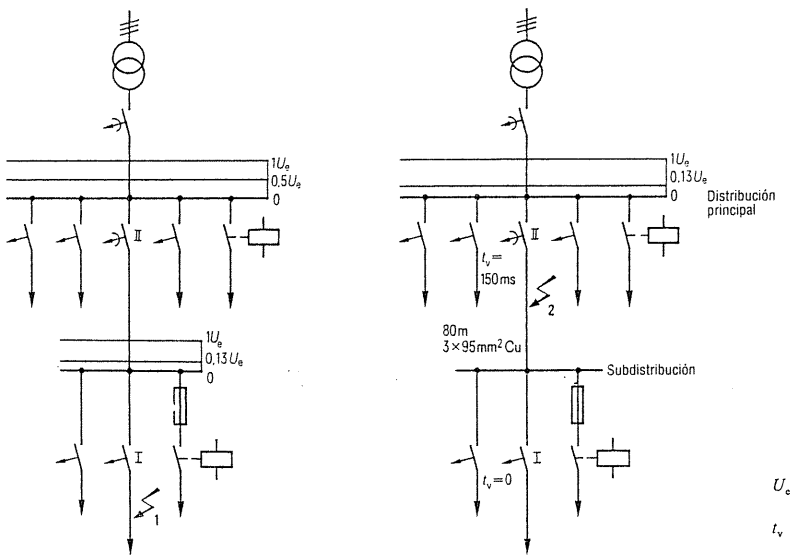
Alimentaciones conectadas en paralelo a través de un interruptor de acople

La selección de los aparatos de maniobra para las derivaciones y las condiciones para la selectividad, las determina esencialmente el tipo de interruptor de potencia utilizado como interruptor de acople, es decir, si éste limita la corriente, o es un extintor al paso por cero.

Los interruptores limitadores de la corriente descargan los circuitos eléctricos que protegen de los efectos de las corrientes máximas de cresta previstas (corriente de choque) I_S y, por tanto, permiten la utilización de aparatos de maniobra económicos.

Selectividad y protección contra caída de tensión

Cuando ocurre un cortocircuito, la tensión decae completamente en el punto donde éste se presenta. La tensión remanente depende de la resistencia eléctrica del punto de la falla. En caso de un cortocircuito pleno, la resistencia en el punto de la falla es prácticamente cero y, por tanto, también la tensión adquiere este valor. Por lo general, los cortocircuitos se presentan en forma de arcos, los cuales adquieren tensiones entre 30 y 70 V aproximadamente. La tensión de la red en un punto situado entre el lugar del cortocircuito y la fuente de energía decrece a un valor, el cual está determinado por la resistencia del conductor entre el punto de la perturbación y el punto en consideración, es decir, por la longitud del conductor entre ambos punto. Esta tensión muy baja permanece durante el tiempo en que fluye la corriente de cortocircuito. La figura 3.45 muestra las tensiones en diferentes puntos de una distribución en caso de un cortocircuito pleno.



a) Cortocircuito en la subdistribución

b) Cortocircuito en la distribución principal

U_e Tensión nominal de servicio U_e
t_v Tiempo de retardo del disparador z

Fig. 3.45
Tensiones en una instalación de baja tensión, con distribución principal y subdistribuciones, cuando ocurre un cortocircuito

Cuando un cortocircuito ocurre en el punto 1 (fig. 3.45a), la tensión de la red U_e se reduce a $0{,}13 \cdot U_e$ en las barras colectoras de la distribución secundaria, y a $0{,}5 \cdot U_e$ en las barras colectoras de la distribución principal.

El interruptor de potencia I, inmediato al sitio de la perturbación, desconecta. Su tiempo total de interrupción puede alcanzar valores, dependiendo de su tamaño y tipo, de hasta 0,03 s; los interruptores limitadores de la corriente interrumpen los cortocircuitos en tiempos menores que 0,01 s.

En caso de ocurrir un cortocircuito en el punto 2 (fig. 3.45b), la desconexión la efectúa el interruptor de potencia II, el cual está provisto de disparadores con retardo independiente de la corriente para una protección selectiva. El retardo mínimo es de 0,1 s. Durante este tiempo, la tensión en la barras colectoras de la distribución principal baja a $0{,}13 \cdot U_e$.

Si la tensión de la red baja a un valor comprendido entre 0,7 y 0,35 veces la tensión nominal y permanece a ese valor por más de 0,02 s aproximadamente, todos los interruptores de potencia provistos de disparadores de mínima tensión desconectan. De igual manera, caen también los contactores cuando la tensión del circuito de mando baja a un valor menor que el 65% de la tensión nominal de accionamiento de los mismos y permanece a ese valor por tiempos comprendidos entre 0,005 y 0,03 s.

Una protección selectiva contra sobreintensidades, exige que tanto los disparadores de mínima tensión de los interruptores de potencia como las bobinas de los contactores estén provistos con dispositivos de retardo de desconexión. En los interruptores de potencia con limitación de la corriente, con un tiempo total de interrupción menor que 0,1 s, puede desistirse de los dispositivos de retardo.

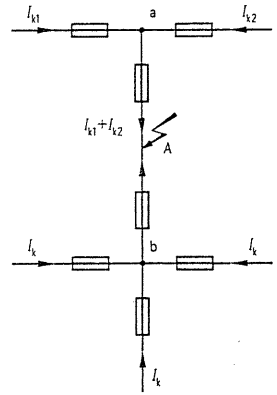


Fig. 3.46
Cortocircuito en un cable alimentado a través de dos puntos nodales (a y b)

3.4.4.2 Selectividad en redes enmalladas

La selectividad en redes enmalladas tiene dos funciones fundamentales:

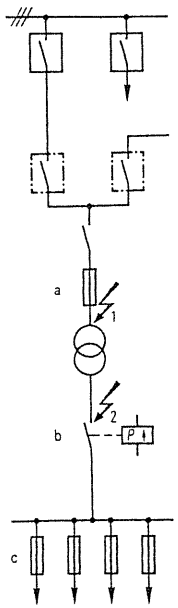
- **Solamente el conductor afectado por el cortocircuito debe ser separado de la red.**
- **En caso de un cortocircuito en los bornes de un transformador, solamente la sección afectada debe ser separada de la red.**

Fusibles de los puntos nodales

En una red enmallada de baja tensión normalmente se utilizan conductores de igual sección y, por tanto, fusibles NH de la clase de servicio gL del mismo tamaño y corriente nominal. Los fusibles se instalan en los puntos nodales (empalmes) de la red (fig. 3.46).

Si un cortocircuito ocurre en el punto A del conductor de la red enmallada, fluyen las corrientes de cortocircuito I_{k1} e I_{k2} de los puntos de alimentación hacia el punto del cortocircuito. Los valores de estas corrientes de cortocircuito dependen de las resistencias de los conductores de las alimentaciones y pueden ser muy diferentes. Para una mayor comprensión, estas corrientes han sido representadas en un punto nodal de la figura 3.46, en el cual se unen tres conductores.

La selectividad está dada si el fusible que conduce la suma de las corrientes I_{k1} e I_{k2} se funde sin que



a Fusibles HH de alta tensión
b Interruptor de potencia con relé para redes enmalladas
c Fusibles de los puntos nodales

Fig. 3.47
Diagrama general del sitio de alimentación de una red enmallada

reaccione el fusible a través del cual circula la corriente parcial más alta I_{k1}. Para los fusibles NH de Siemens éste es el caso, para corrientes de cortocircuito elevadas, si relación de las corrientes de cortocircuito $I_{k1}/(I_{k1}+I_{k2})$ no sobrepasa 0,8.

Interruptores de potencia para redes enmalladas y fusibles en puntos nodales

En los puntos de alimentación de un sistema múltiple, es decir una red enmallada alimentada por varios conductores de alta tensión, por principio deben preverse entre el transformador y el punto nodal un interruptor de potencia para redes enmalladas (fig. 3.47).

Si un cortocircuito ocurre en el lado de alta tensión del transformador (punto 1) o entre el transformador y el interruptor de potencia para redes enmalladas (punto 2), los fusibles HH de alta tensión reaccionan. En el lado de baja tensión fluye hacia el punto de cortocircuito – a través del interruptor – una potencia inversa. El disparador por corriente de trabajo recibe del relé para redes enmalladas la orden de desconectar el interruptor. De esta forma, la sección afectada es separada selectivamente de la red.

3.5 Indicaciones para la utilización de aparatos de maniobra de Siemens para circuitos principales

3.5.1 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 de dos o más polos, la corriente total se distribuye entre las vías de corriente, indirectamente proporcional a la resistencia óhmica de cada una de ellas. Esta resistencia la forma principalmente la resistencia de paso en los contactos principales, cuyo valor puede variar por oxidación o por desgaste por quemadura. Por tanto, no es posible lograr una distribución uniforme o estable; vías de corriente individuales pueden ser sobrecargadas y los relés o disparadores contra sobrecargas reaccionan muy temprano (error de disparo).

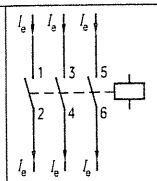
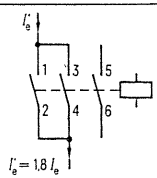
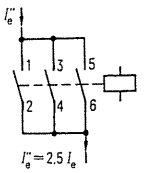
Para la conexión en paralelo de los interruptores de potencia 3WE se dan indicaciones en el catálogo NS1. En ellas se tratan tanto la conexión en paralelo de dos interruptores, para lograr una intensidad nominal de servicio alta, como la conexión en paralelo de las vías de corriente de un solo interruptor, por ej., para aplicaciones en redes de corriente continua.

Para la conexión en paralelo de las vías de corriente de los contactores tienen validez las siguientes reglas, siempre que en los catálogos no se indique lo contrario:

Cuando se conectan 3 vías de corriente en paralelo puede conducirse 2,5 veces la intensidad permanente; si el número de vías de corriente en paralelo son dos, puede conducirse 1,8 veces la intensidad permanente. Sin embargo, debe prestarse especial atención que las capacidades de conexión y ruptura permanecen invariables, ya que los contactos no abren simultáneamente y, por tanto, los contactos de una sola vía de corriente deben conectar o desconectar la corriente total de conexión o desconexión.

La magnitud de la capacidad de conexión y ruptura de los contactores, en función de la corriente de carga, cuando se conectan en paralelo dos o tres vías de corriente, puede ser tomada de la tabla 3.17.

Tabla 3.17
Capacidad de conexión y de ruptura de contactores cuando conectan tripolarmente y cuando se conectan en paralelo 2 o 3 vías de corriente

		 Conexión tripolar [1]	 Dos vías de corriente en paralelo [1]	 Tres vías de vorriente en paralelo [1]
Capacidad de conexión	$I_e < 100$ A	$12\ I_e$ (categoría de servicio AC4)	$\frac{12\ I'_e}{1,8} = 6,67\ I'_e$	$\frac{12\ I''_e}{2,5} = 4,8\ I''_e$
	$I_e > 100$ A	$10\ I_e$ (categoría de servicio AC4)	$\frac{10\ I'_e}{1,8} = 5,55\ I'_e$	$\frac{10\ I''_e}{2,5} = 4\ I''_e$
Capacidad de ruptura	$I_e < 100$ A	$10\ I_e$ (categoría de servicio AC4)	$\frac{10\ I'_e}{1,8} = 5,55\ I'_e$	$\frac{10\ I''_e}{2,5} = 4\ I''_e$
	$I_e > 100$ A	$8\ I_e$ (categoría de servicio AC4)	$\frac{8\ I'_e}{1,8} = 4,44\ I'_e$	$\frac{8\ I''_e}{2,5} = 3,21\ I''_e$

[1]) Tensión en cada contacto abierto $U = \frac{U_e}{\sqrt{3}}$.

Conexión en serie

Los aparatos de maniobra pueden ser empleados a mayores tensiones nominales de servicio cuando se conectan en serie sus vías de corriente. Esta característica se utiliza cuando se conectan corrientes monofásicas y, en especial, cuando se conecta corriente continua (fig. 3.48).

El límite de esta aplicación está dada por la tensión nominal de aislamiento del aparato.

Conexión en serie de las vías de corriente de los interruptores de potencia

Independientemente del número de vías de corriente conectadas en serie, la intensidad nominal de los interruptores de potencia de Siemens permanece invariable, ya que en todos los casos su cargabilidad térmica se aprovecha a plenitud. Los interruptores de potencia, sin embargo, pueden ser utilizados para mayores tensiones de servicio cuando se conectan en serie dos o más vías de corriente que cuando se utiliza una sola vía de corriente.

Cuando se emplean interruptores de potencia tripolares en redes de corriente continua, es ventajosa la incrementación de la tensión de servicio mediante la conexión en serie de las vías de corriente.

Para la utilización de los interruptores de potencia para corriente alterna en redes de corriente continua, véase el capítulo 3.5.4.

En el catálogo NS1 se dan indicaciones para la utilización de los interruptores de potencia tripolares y tetrapolares en redes de corriente continua. Estas in-

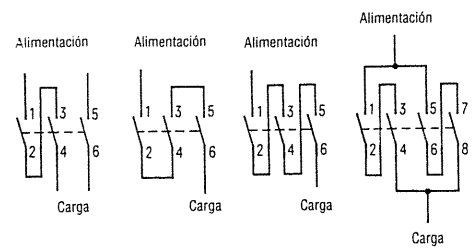


Fig. 3.48
Conexión en serie de las vías de corriente

dicaciones tratan también la conexión en serie de las vías de corriente.

Dicha conexión es aconsejable para toda conexión monopolar o bipolar, ya sea para corriente alterna o corriente continua, ya que de esta forma se cargan uniformemente las vías de corriente (Véase el cap. 3.4.3.1).

Las curvas características de disparo de los relés contra sobrecargas térmicamente retardados valen cuando las tres tiras bimetálicas se cargan con corrientes iguales. Cuando las vías de corriente se conectan en serie, está garantizada carga uniforme de las tres tiras bimetálicas.

Conexión en serie de las vías de corriente de los contactores

En el catálogo NS2 están dadas las tensiones e intensidades de servicio de los contactores para ser utilizados en circuitos de corriente continua. Los datos se indican para una o varias vías de corriente conectadas en serie.

Los contactores tripolares con sus tres vías de corriente conectadas en serie pueden ser empleados en redes de corriente continua a tensiones de hasta 110 V utilizando completamente la intensidad nominal de servicio del mismo; esto también tiene validez para redes de 220 V-cuando se emplean contactores a partir del tamaño 8 (3TB52). Es decir, hasta 220 V-se puede prescindir de contactores especiales para corriente continua.

3.5.2 Utilización de aparatos de maniobra tetrapolares

En diversas determinaciones se exige el uso aparatos de maniobra tetrapolares:

Según las determinaciones VDE

- VDE 0100/5.73 § 53 "Instalaciones de suministro de corriente de emergencia":

  "Cuando instalaciones para el suministro de corriente de emergencia, ya sean éstas estacionarias o móviles, abastecen consumidores al fallar la red, es imprescindible desconectar de la red de distribución las fases y el conductor neutro no puesto a tierra" (véanse las "Aclaraciones de VDE 0100/5.73", pág. 159).

Esta exigencia solamente tiene validez para redes con cinco conductores (3~, PE/N) cuando la sección de los mismos es menor que 10 mm² (§ 10a).

La desconexión tetrapolar puede efectuarla el interruptor principal de la red; en este caso, la instalación para el suministro de la corriente de emergencia abastece a todos los consumidores cuando falla la red. Si la desconexión la realiza un interruptor de acople, la instalación solamente puede abastecer a los circuitos más importantes.

- VDE 0100/5.73 § 13 "Conexión de protección por falla a tierra (FI)":

  "La conexión de protección por falla a tierra evita la permanencia de tensiones de contacto muy altas en objetos, mediante la desconexión de las fases y del neutro, cuando éste existe. El tiempo de desconexión más corto que 0,2 s cuando la corriente de falla sobrepasa un valor determinado".

Según las determinaciones francesas

- NFC 12-100 "Protección de empleados en empresas que utilizan la corriente eléctrica", I. Decret I/Art 2 et 9, IV. Fiche of Notes Techniques §1.

  Aclaraciones según PROMOTELEC, Exploitations Agricolas, Locaux Artisanaux, installation electrique:

  "Al comienzo de todo circuito trifásico con conductor neutro debe instalarse un seccionador, el cual debe conectar y desconectar simultáneamente el conductor N y las fases. La función de protección y seccionamiento puede ser realizada mediante la utilización de aparatos de maniobra tetrapolares, por ej., combinaciones de fusibles y seccionadores, interruptores de potencia, así como combinaciones de contactores con seccionadores con fusibles".

- NCF 15-100 para la edificación y mantenimiento de instalaciones de maniobra de baja tensión, cifra 473.3.3 – Conexión del conductor N:

  "Cuando se exige la desconexión del conductor N, la conexión debe efectuarse de tal manera, que éste sea conectado simultáneamente o previo que las fases y, al realizarse la desconexión que éste sea desconectado después que ellas".

- NCF 15-100, capítulo 53, adendo II y aclaraciones según PROMETELEC: "Ejemplos de ejecuciones para el seccionamiento del conductor N".

Según las determinaciones italianas

- CEI 11-1 fascicolo 206 y
- CEI 11-11 fascicolo 147 "Norme generali per gli impianti elettrici"
- CEI 64-3 fascicolo 316 "Norme per gli impianti elettrici negli edifici prefabbricati e nelle construzioni modulari"
- D.P.R. n. 547 "Decreto"
- CEI 44-1 fascicolo 245 "Equipaggiamento macchine utensili in generale"
- CEI 44-2 fascicolo 282 "Al comienzo de un circuito de consumo debe existir un punto de seccionamiento de todos los polos. Por tanto, debe desconectarse el conductor N cuando él tenga la función de un conductor principal, es decir, cuando la carga esté conectada a las fases y al conductor N. No es permitido desconectar el conductor N cuando éste solamente llena la función de protección contra cortocircuito a tierra".

3.5.3 Influencia de la frecuencia de la red en la función de los aparatos de maniobra

Cuando se desean utilizar en redes con frecuencias diferentes, aparatos de maniobra diseñados para trabajar en redes de 50/60 Hz, hay que prestar especial atención a las siguientes características de los aparatos:

- **Cargabilidad de las vías de corriente,**
- **capacidad de ruptura,**
- **vida útil de los contactos,**
- **comportamiento de los disparadores en lo que respecta a los valores de reacción,**
- **comportamiento de los accionamientos magnéticos o motorizados.**

Cargabilidad de las vías de corriente

En contraposición a la corriente continua, la corriente alterna no fluye uniformemente por toda la sección del conductor. La densidad de la corriente (A/mm²) disminuye de la superficie hacia el centro. Esta merma es mayor mientras más alta sea la frecuencia. Para frecuencias muy altas, el centro del conductor prácticamente no conduce corriente alguna; en este caso, la corriente fluye en una superficie muy fina. Este fenómeno se denomina efecto superficial o efecto skin. La consecuencia es que solamente una parte de la sección de los conductores puede ser aprovechada para la conduccion de corriente alterna y que la resistencia de corriente alterna crece conforme aumenta la frecuencia.

A un kHz, por ej., solamente se aprovecha el 20% de la sección del conductor; a 10 kHz, el aprovechamiento se reduce al 8%.

La corriente alterna de alta frecuencia ocasiona otro fenómeno: en las partes metálicas en las cercanias de los conductores se produce una inducción magnética. Debido a esta inducción, durante el cambio de magnetización, se consume una energía activa en dichas partes metálicas. Estas pérdidas por "histéresis" se presentan en forma de calor, debido a fenómenos de rozamiento molecular, y aumentan rápidamente conforme aumenta la frecuencia.

Las tensiones inducidas en las partes metálicas que se encuentran en las cercanías de los conductores y, por tanto, también las corrientes que ellas producen son directamente proporcionales a las corrientes que circulan por los conductores. Estas corrientes también provocan pérdidas, las cuales se denominan pérdidas por corrientes parásitas o de Foucault.

Por tanto, un aumento de la frecuencia siempre está acompañado por un aumento de la resistencia del conductor a causa del efecto skin y de pérdidas por corrientes de Foucault o por histéresis que se producen en las piezas metálicas en las cercanías de los conductores, por ej., en los mecanismos de los interruptores, en los ejes o en las piezas de fijación de los interruptores, etc.

Considerando la influencia de la frecuencia de la red en los conductores propiamente dichos y en las piezas magnéticas en las cercanías de los mismos, se dan para la cargabilidad de las vías de corriente de los interruptores las consecuencias siguientes:

Los interruptores que han sido diseñados para prestar servicio en redes de corriente alterna de 50/60 Hz pueden ser utilizados, como mínimo, para la misma intensidad nominal permanente cuando la frecuencia de la red es más baja. Por el contrario, para frecuencias más altas, a partir de aproximadamente 100 Hz, la intensidad nominal permanente del interruptor, bajo determinadas condiciones, debe ser reducida para que el calentamiento se mantenga en los límites admisibles. Cuando los interruptores se utilizan en redes de 400 Hz su cargabilidad admisible puede reducirse a un 50–80% de los valores para 50 Hz. La reducción depende del porcentaje de hierro empleado en la construcción de los mismos y es, por tanto,

Tabla 3.18
Intensidades de servicio admisibles de contactores para 50 Hz utilizados en redes con frecuencias más altas

Frecuencia f_1	Intensidad de servicio admisible
100 Hz	0.933 I_e
200 Hz	0.871 I_e
300 Hz	0.836 I_e
400 Hz	0.812 I_e

mayor en los interruptores abiertos cuyas paredes son metálicas (por ej. interruptores 3WE), que en los interruptores compactos (MCCB, por ej., interruptores 3 V.).

Para el cálculo de la intensidad de servicio admisible de los contactores Siemens, en redes con frecuencias comprendidas entre 50 y 1000 Hz, vale la siguiente relación:

$$I_e(\text{AC 1}, f_1) = I_e(\text{AC 1, 50 Hz}) \cdot \sqrt[10]{\frac{50}{f_1}} \quad (f_1 \text{ en Hz}).$$

En la tabla 3.18 se da para varias frecuencias la intensidad de servicio admisible de los contactores.

Para frecuencias f_2 mayores de 1000 Hz, vale la siguiente ecuación:

$$I_e(\text{AC 1}, f_2) = I_e(\text{AC 1, 50 Hz}) \cdot 0{,}741 \sqrt[4]{\frac{1000}{f_2}}$$

(f_2 en Hz).

Capacidad de ruptura

En contraposición con la corriente continua, la extinción del arco en redes de corriente alterna se facilita debido a que al paso por cero de la corriente el arco se extingue y éste solamente puede subsistir, si en la siguiente semionda se reenciende. El arco queda extinguido con éxito si se logra evitar un reencendido después del paso por cero. De aquí se da la extinción específica de corriente alterna. Ella consiste en liberar de transportadores de cargas eléctricas provenientes del arco previo el espacio comprendido entre los contactos principales y hacer que este espacio sea tan resistente a la tensión, que la chispa no pueda saltar otra vez.

Cuando la frecuencia de la red es alta, los pasos de la corriente por cero se suceden más rápidamente. Esto ocasiona que el tiempo del arco en cada semionda sea más corto y que el grado de ionización sea menor que en 50 (60) Hz.

Capacidad de conexión de motores

Las corrientes de arranque de motores para frecuencias altas son en parte considerablemente mayores que las de los motores para 50 o 60 Hz. En casos desfavorables, en redes de 200 Hz, hay que contar con corrientes de arranque 15 veces más altas que la corriente nominal; en redes de 400 Hz el factor puede llegar a 20. A ésto hay que agregar que el factor de potencia de estos motores, en ocasiones, solamente llega a alcanzar el valor de 0,25.

En total, para los contactores Siemens solamente hay que reducir la corriente nominal de servicio I_e cuando éstos se utilizan a frecuencias altas. Esto se debe al comportamiento térmico a estas frecuencias. En la tabla 3.18 se indican las reducciones a efectuarse.

Capacidad de ruptura de los contactores a $16^2/_3$ Hz

Tanto a 380 V y la conexión en serie de dos vías de corriente, como a 500 V y la conexión en serie de las tres vías de corriente, la intensidad nominal de servicio de los contactores es igual a la admitida para servicio en redes de 50 o 60 Hz.

Capacidad de ruptura de los contactores a frecuencias menores de $16^2/_3$ Hz

A estas frecuencias hay que tomar como base la capacidad de ruptura para corriente continua indicada en el catálogo NS2.

Capacidad de ruptura de los interruptores de potencia

Las corrientes de cortocircuito de los generadores de frecuencias medias son relativamente bajas. Por tanto, una posible reducción de la capacidad de ruptura con respecto a los valores para 50/60 Hz no ocasiona problemas en la práctica.

En redes monofásicas puede alcanzarse la capacidad nominal de ruptura indicada en los catálogos, cuando para tensiones de servicio mayores de 220 V hasta 380 V se conectan dos vías de corriente en serie. Cuando la tensión de la red es mayor de 380 V hasta 500 V, la misma capacidad nominal de ruptura se logra conectando las tres vías de corriente en serie. En este caso solamente es posible una desconexión monopolar.

Independientemente de lo anteriormente dicho, en redes monofásicas hay que cerciorarse de que la corriente circule por los tres disparadores contra sobrecargas, es decir, siempre debe efectuarse una de las dos posibilidades de conexión en serie de las vías de corriente (véase el capítulo 3.5.1).

Vida eléctrica de los contactos

Una característica específica de los aparatos de maniobra destinados a conectar frecuentemente, por ej., contactores, es la elevada vida eléctrica de sus contactos.

Sí la frecuencia de la red diverge de 50/60 Hz, la quemadura de los contactos y, por tanto, su vida eléctrica varía con respecto a la vida eléctrica para 50/60 Hz. Los valores que en realidad pueden ser alcanzados deben determinarse individualmente para cada caso.

Comportamiento de los disparadores y relés en lo que respecta a los valores de reacción

Disparadores y relés contra sobrecargas térmicamente retardados

Estos disparadores y relés trabajan con tiras bimetálicas, las cuales son calentadas por la corriente de servicio o por la corriente del secundario de transformadores de intensidad.

El comportamiento de las tiras bimetálicas, hasta frecuencias de aproximadamente 500 Hz, depende primordialmente del valor calorífico de la corriente. El calentamiento adicional debido a la inducción es, hasta estas frecuencias, tan pequeño que sus efectos son prácticamente insignificantes. Por tanto, las características de disparo son a estas frecuencias inapreciablemente más rápidas. A frecuencias mayores de 500 Hz el aporte de la inducción al calentamiento es mayor cuanto más alta sea la frecuencia, por lo cual, la curva característica de disparo se hace más rápida.

Los relés bimetálicos conectados a transformadores de intensidad con un factor nominal de sobrecarga alto tienen, a frecuencias entre 50 y 400 Hz, una curva característica de disparo un poco más rápida que a 50 Hz.

Por el contrario, cuando los relés bimetálicos se conectan a transformadores de intensidad saturados (en muchos casos ya los traen incorporados) para lograr una curva característica de disparo lenta, apropiada para arranque pesado, ésta se hace considerablemente más rápida a frecuencias altas.

Disparadores electromagnéticos contra sobrintensidades

Para la reacción de los disparadores electromagnéticos contra sobrintensidades es determinante, además del valor de la corriente, el tiempo durante el cual circula. A frecuencias de 50/60 Hz, las armaduras de los disparadores electromagnéticos reaccionan aproximadamente al valor de cresta de la corriente de una semionda. Durante dicha semionda la fuerza de atracción es lo suficientemente alta para llevar la armadura completamente a su posición final. A frecuencias más altas, la duración de una semionda es muy corta para esto. Las armaduras reaccionan entonces al valor efectivo de la corriente. El valor de la corriente de reacción aumenta, por ej., para un aumento de la frecuencia de $16^2/_3$ a 500 Hz, en un factor aproximadamente igual a $\sqrt{2}$.

Ejemplo

▷ Interruptor de potencia para la protección de motores, intensidad nominal permanente 10 A; disparador electromagnético contra sobreintensidades fijamente ajustado a 120 A. Cuando el interruptor se utiliza en redes de 100 Hz, por ej., la corriente de reacción del disparador electromagnético puede aumentar aproximadamente en un 30%, a 155 A.

Para la protección contra cortocircuito del disparador contra sobrecargas hay que tomar en cuenta el aumento del valor de reacción de los disparadores electromagnéticos.

Disparadores de mínima tensión y disparadores por corriente de trabajo

Los disparadores de mínima tensión y los disparadores por corriente de trabajo funcionan de una manera semejante a los accionamientos magnéticos y, por tanto, tienen la misma dependencia de la frecuencia. Según VDE 0660 parte 101, setiembre 1982, estos disparadores deben tener los signientes campos de trabajo:

Disparador de mínima tensión	0,7 a 0,35 U_c
Disparador por corriente de trabajo	0,5 a 1,1 U_c

Para poder cumplir con estos campos de trabajo, el N° de vueltas de la bobina debe estar dimensionado en conformidad a la tensión y frecuencia nominal de accionamiento.

Accionamientos eléctricos para aparatos de maniobra

Según VDE 0660, los circuitos de alimentación de accionamientos eléctricos, con todos sus elementos, deben estar construidos de tal manera, que llenen su cometido con seguridad cuando la tensión se mantiene dentro de los límites admitidos.

Accionamientos magnéticos

La fuerza de tracción de un electroimán de corriente alterna es directamente proporcional al cuadrado de la inducción. La inducción, por su parte, es indirectamente proporcional a la frecuencia de la tensión aplicada. De aquí se desprende que la fuerza de tracción de una bobina magnética, diseñada para una frecuencia definida, disminuye conforme la frecuencia crece y aumenta conforme la frecuencia baja. Para poder mantener la fuerza de tracción de una bobina, cuando esta se emplea a una frecuencia distinta a la nominal, hay que compenzar la variación de la frecuencia mediante la variación de la tensión aplicada.

Ejemplo para contactores

En la cinta de caracterización de la bobina se lee: 220 V, 50 Hz. El contactor se utilizará en una red de 60 Hz. Esto es posible si a la bobina se aplica una tensión de

$$U_e = \frac{60}{50} \cdot 220\ \text{V} = 264\ \text{V}.$$

El consumo nominal de la bobina cuando el contactor está conectado aumenta aproximadamente en la relación 60/50.

Este cálculo solamente es posible para frecuencias comprendidas entre 40 y 60 Hz. Fuera de este rango de frecuencias un accionamiento magnético diseñado para 50 Hz no puede ser utilizado. n este caso deben utilizarse accionamientos alimentados por rectificadores (por ej., conexiones economizadoras).

Accionamientos por motor

Los accionamientos por motor para los interruptores de potencia ofrecidos en nuestros catálogos tienen potencias, dependiendo del interruptor, de hasta 7 kW.

Estos accionamientos pueden ser alimentados con tensiones con frecuencias comprendidas entre 40 y 60 Hz. Para frecuencias sobre 60 Hz hay que preconectar rectificadores si en los accionamientos se utilizan motores universales (para corriente alterna y corriente continua).

Accionamientos por motor con rectificadores incorporados en fábrica, por ej., en los accionamientos de los interruptores 3V. 5, 3V. 6 y 3V. 7, pueden ser utilizados a frecuencias desde 40 hasta 400 Hz.

Cuando los accionamientos por motor tienen mandos incorporados a base de contactores, hay que tomar en cuenta las bobinas de los contactores.

Conclusiones

De las consideraciones anteriores se desprende que los aparatos de maniobra para 50/60 Hz, por lo general, también pueden ser utilizados en redes con otras frecuencias, hasta 500 Hz aproximadamente, si se toman en cuenta la influencia de la frecuencia en las características de los aparatos. Los accionamientos, incluidas las bobinas de los contactores y disparadores auxiliares (disparador de mínima tensión y disparador por corriente de trabajo), deben ser dimensionados en conformidad con la frecuencia, para que los límites de tensión exigidos por VDE 0660 puedan ser mantenidos. En muchos casos, los disparadores contra sobreintensidades requieren un ajuste especial.

3.5.4 Utilización de aparatos de maniobra para corriente alterna en redes de corriente continua

Si se desea emplear aparatos de maniobra de baja tensión, diseñados para corriente alterna de 50/60 Hz, en redes de corriente continua (tabla 3.19), hay que tomar en cuenta los siguientes puntos de vista:

- **Cargabilidad de las vías de corriente,**
- **vida eléctrica de los contactos,**
- **capacidad de ruptura,**
- **comportamiento de los disparadores en lo que respecta a los valores de reacción,**
- **comportamiento de los accionamientos magnéticos o motorizados.**

Cargabilidad de las vías de corriente

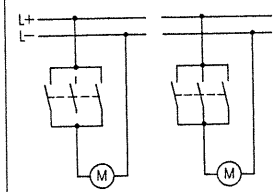
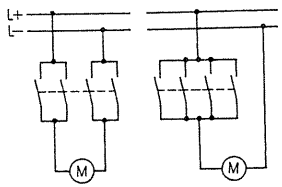
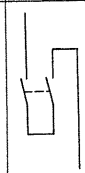
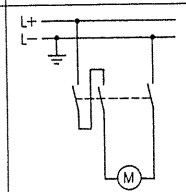
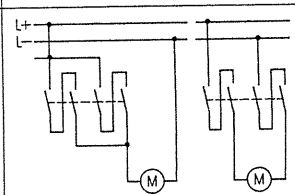
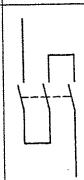
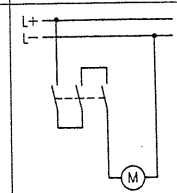
En contraposición con la corriente alterna, el efecto skin no se presenta en corriente continua. La corriente circula, por la sección de un conductor recto, uniformemente.

Tampoco se presentan otros fenómenos propios de la corriente alterna, como son las pérdidas por histéresis o por corrientes Foucault en las piezas de materiales magnéticos en las cercanías de las vías de corriente, por ej., en los ejes, en los mecanismos de conexión o en las piezas de fijación de los aparatos. De ésto se deduce que los aparatos de maniobra para corriente alterna pueden conducir como mínimo la misma corriente cuando se utilizan para corriente continua.

Vida eléctrica de los contactos

La vida eléctrica de los contactos es casi exclusivamente una función de la corriente de desconexión

Tabla 3.19
Ejemplos de utilización de interruptores de potencia 3WE para corrientes alterna y continua, en redes de corriente continua

Tensión nominal +10%	Cantidad necesaria de puntos de interrupción conectados en serie	Conexiónes posibles con interruptores de potencia tripolares	Conexiónes posibles con interruptores de potencia tetrapolares
hasta 300 V–[1]		 Monopolar con 2 (izquierda) o 3 (derecha) vías de corriente conectadas en paralelo	 Bipolar Monopolar con 2 (izquierda) o 3 (derecha) vías de corriente conectadas en paralelo
más de 300 V–[2] hasta 600 V–[2]		 Bipolar solamente con un polo puesto a tierra	 Monopolar Bipolar con dos vías de corriente conectadas en paralelo
más de 600 V–[2] hasta 1000 V–[2]		 Monopolar	

[1]) Con extensiones de las cámaras de extinción solamente para $I_k > 30$ kA
[2]) Siempre con extensiones de las cámaras de extinción

y de la tensión y frecuencia de la red. En corriente continua, la quemadura de los contactos y, por tanto, su vida eléctrica es diferente que en corriente alterna de 50/60 Hz. Los valores que puden ser alcanzados deben ser determinados de acuerdo al caso.

Capacidad de ruptura

En circuitos de corriente alterna, la extinción del arco se facilita debido que al paso por cero de la corriente el arco se extingue y solamente puede subsistir si en la siguiente semionda se reenciende. En redes de corriente continua no se tiene a disposición esta ayuda. En ellas debe desarrollarse una tensión de arco elevada, para que éste pueda ser extinguido. La capacidad de ruptura en corriente continua depende, por tanto, 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 tripolares (por ej. contactores, interruptores) o tetrapolares (por ej. interruptores). Para elevar la tensión de arco pueden conectarse en serie varias vías de corriente y así tener varios puntos de interrupción (véase el cap. 3.5.1). Hay que prestar atención si la red está puesta a tierra, y si es posible que un cortocircuito sencillo o doble con tierra pueda puentear un punto de interrupción y, con ello, hacer ineficaz su tensión de arco; la figura 3.19 da unos ejemplos de conexión.

Disparadores

Relés y disparadores contra sobrecargas térmicamente retardados

El comportamiento de las tiras bimetálicas calentadas directamente por la corriente de servicio depende primordialmente del valor calorífico de la corriente. Ellas también pueden ser utilizadas en redes de corriente continua. Su curva característica de disparo no varía.

Por el contrario, los relés o disparadores contra sobrecargas, cuyas tiras bimétálicas se calientan a través de transformadores de intensidad, no pueden ser utilizados para corriente continua.

Disparadores y relés electromagnéticos contra sobreintensidades

Los disparadores y relés electromagnéticos pueden ser utilizados para corriente continua, pero requieren una calibración especial.

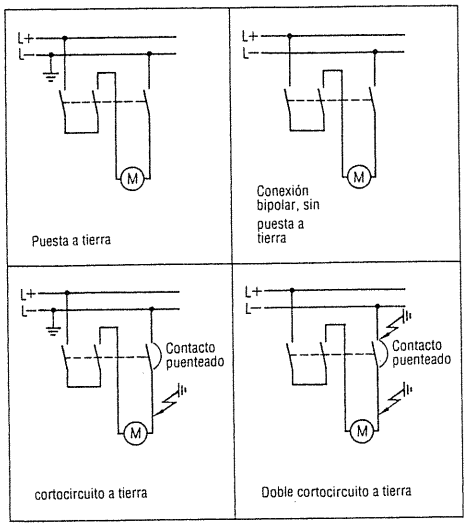


Fig. 3.49
Puenteado de un contacto principal en caso de cortocircuito a tierra y de doble cortocircuito a tierra

Disparadores de mínima tensión y disparadores por corriente de trabajo

El funcionamiento de estos disparadores es similar al de los accionamientos magnéticos. Las ejecuciones para corriente alterna no pueden ser utilizadas en corriente continua, ya que los campos de trabajo exigidos por las determinaciones no pueden ser mantenidos.

Accionamientos eléctricos

Aquí se consideran los accionamientos por motor y los accionamientos magnéticos.

Los accionamientos por motor pueden ser empleados en redes de corriente continua cuando el motor propulsor es un motor universal.

Los accionamientos magnéticos para contactores, dimensionados para 50 o 60 Hz, no pueden ser utilizados para frecuencias menores de 40 Hz y, por tanto, tampoco para corriente continua.

Para mayores detalles véanse los catálogos NS1 y NS2.

3.5.5 Influencia de las armónicas en el comportamiento de los disparadores térmicamente retardados y relés contra sobrecargas

En la corriente se presentan armónicas cuando la tensión de la red contiene armónicas o cuando se encuentran conectados consumidores que trabajan en el campo de saturación, como es el caso con las bobinas de compensación de las lámparas fluorescentes. También los consumidores con regulación mediante corte de fase producen armónicas en la red. Cuando la red contiene armónicas, los condensadores demandan una corriente mayor que la que corresponde a los datos de la red.

Los relés contra sobrecargas térmicamente retardados mediante tiras bimetálicas reaccionan al valor efectivo de la corriente. Esto vale también para los relés contra sobrecargas con tiras bimetálicas alimentadas por transformadores de intensidad con un factor de sobrecarga nominal elevado.

Cuando la alimentación se efectúa mediante transformadores de intensidad saturados, es decir con un factor de sobrecarga nominal bajo, los disparadores y relés contra sobrecargas se vuelven más rápidos cuando la red contiene un porcentaje alto de armónicas.

Esta dependencia puede ser compensada en los interruptores con disparadores electrónicos contra sobreintensidades (véase el cap. 3.4.3.1).

3.5.6 Aparatos de maniobra para la conexión de condensadores trifásicos

Interruptores de potencia

Cuando se conectan condensadores ha de tomarse en cuenta que la demanda de corriente depende del contenido de armónicas de la red, ya que la resitencia efectiva de los condensadores es para las armónicas (debido a la alta frecuencia) mucho menor que para la red de 50/60 Hz. El valor efectivo de la corriente, incluyendo las armónicas, no debe ser mayor que la intensidad nominal permanente del interruptor. De ésto se desprende que la corriente nominal de los condensadores solamente debe alcanzar el 75% de la intensidad nominal permanente del interruptor.

Contactores

Cuando los condensadores se conectan con contactores deben descargarse antes de la conexión, ya sea mediante resistencias incorporadas o a través de bobinas de descarga.

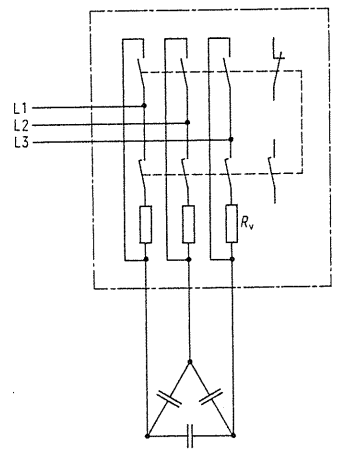
Conexión de condensadores individuales

La cargabilidad admisible de los contactores 3TB cuando se conectan condensadores trifásicos de baja inductancia (condensadores MKV) está indicada en el catálogo NS2 (vida de los contactos: 100000 maniobras).

Conexión de un condensador en paralelo a una batería de condensadores ya conectada.

Cuando se conectan condensadores de baja potencia, hasta aproximadamente 25 kVar, se tienen a disposición los contactores 3TK42 y 3TK44. Para conectar mayores potencias se forman unidades compuestas por contactores 3TK y condensadores, las cuales se conectan simultáneamente (en paralelo) a la red.

El cableado interno de los contactores 3TK lo muestra la figura 3.50.



R_v Resistencias preconectadas de 1,6 Ω–10% cada una

Fig. 3.50
Esquema interno de conexiones de los contactores 3TK42 para conectar contactores (los condensadores se "pre cargan" a través de las resistencias preconectadas, las cuales son conectadas por los contactos de actuación adelantada de estos contactores de ocho polos); los contactores y las resistencias forman una unidad

3.5.7 Selección de interruptores de potencia para distribuciones

Las distribuciones y los controles pueden construirse con o sin fusibles.

3.5.7.1 Distribuciones con fusibles

La construcción clásica de distribuciones con fusibles (tabla 3.20) contiene combinaciones de maniobra compuestas por interruptores y fusibles. En estas combinaciones, cada dispositivo de protección tiene una función definida.

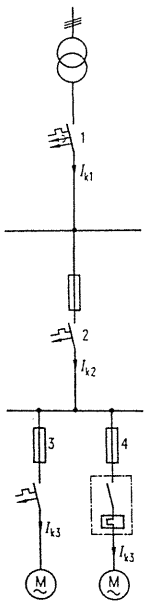
El interruptor de alimentación se encarga de la protección contra sobrecargas y la protección selectiva contra cortocircuitos del transformador y de la distribución. Para tal efecto, se emplean los interruptores de potencia 3WE con disparadores apropiados para lograr la selectividad (disparadores z).

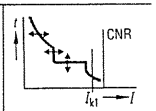
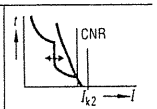
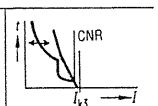
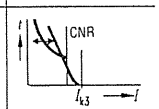
La combinación de maniobra compuesta por los fusibles y el interruptor de potencia para protección de distribuciones tiene como finalidad la protección contra sobrecargas y cortocircuito de los conductores hacia las distribuciones secundarias.

La combinación de maniobra compuesta por los fusibles y el interruptor de potencia para la protección de motores, al igual que la combinación de fusibles, contactor y relé contra sobrecargas, protegen el motor y las líneas de alimentación contra sobrecargas y cortocircuitos.

Los rangos de protección de los fusibles y de los aparatos de maniobra se toman del capítulo 3.4.2.4.

Tabla 3.20 Distribución con interruptores de potencia y fusibles

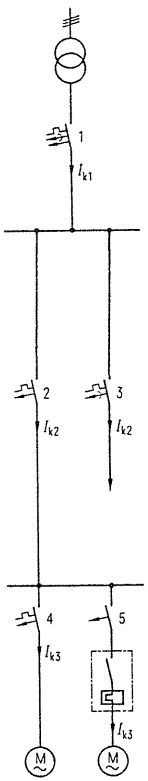


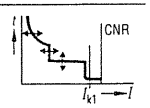
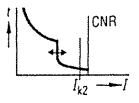
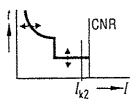
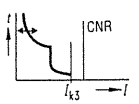
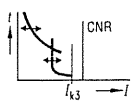
N.º	Tipo de interruptor/combinación de maniobra	Tipo	Capacidad de ruptura CNR	Disparador contra sobreintensidades a Ajustable	a Fijamente ajustado	z Ajustable	n Fijamente ajustado	n Ajustable	Fusible preconectado CNR > 100 kA	Curva característica de disparo
Interruptor de alimentación										
1	Interruptor para selectividad	3WE	$> I_{k1}$	×	–	×	×	–	–	
Interruptor de distribución										
2	Fusible e interruptor para protección de distribuciones	3NA 3VT	$> I_{k2}$ $< I_{k2}$	– –	– ×	– –	– –	– ×	× –	
Interruptores para consumidores										
3	Fusible e interruptor para la protección de motores	3NA 3VE	$> I_{k3}$ $< I_{k3}$	– ×	– –	– –	– ×	– –	× –	
4	Fusible y arrancador directo	3ND 3NA 3TW	$> I_{k3}$ $> I_{k3}$ $< I_{k3}$	– – ×	– – –	– – –	– – –	– – –	× × –	

3.5.7.2 Distribuciones sin fusibles

En las distribuciones sin fusibles (tabla 3.21) se utilizan interruptores de potencia con disparadores con retardo dependiente de la corriente y disparadores sin retardo, o interruptores de potencia solamente con disparadores sin retardo. En ambos casos los

Tabla 3.21 Distribución con interruptores de potencia, sin fusibles



N.º	Tipo de interruptor	Tipo	Capacidad de ruptura CNR	Disparador contra sobreintensidades a Ajustable	a Fijamente ajustado	z Ajustable	n Fijamente ajustado	n Ajustable	Curva característica de disparo
Interruptor de alimentación									
1	Interruptor para selectividad con escalonamiento en el tiempo	3WE	$> I_{k1}$	×	–	×	×	–	
Interruptor de distribución									
2	Interruptor para protección de distribuciones	3VT 3VS	$> I_{k2}$ $> I_{k2}$	– –	× ×	– –	– –	× ×	
3	Interruptor para selectividad con escalonamiento en el tiempo	3WE	$> I_{k2}$	×	–	×	–	–	
Interruptores para consumidores									
4	Interruptor para la protección de motores	3VE	$> I_{k3}$	×	–	–	×	–	
5	Interruptor para la protección de arrancadores Arrancador directo	3VN 3TW	$> I_{k3}$ –	– ×	– –	– –	– –	× –	

interruptores deben tener una capacidad de ruptura suficiente.

Los rangos de protección de la combinación de maniobra compuesta por interruptor de potencia con disparadores sin retardo, contactor y relé contra sobrecargas se aclaran en el capítulo 3.4.2.5.

Los datos técnicos de los interruptores de potencia se indican en el catálogo NS1.

3.5.8 Utilización de aparatos de maniobra para corriente alterna sinusoidal en redes de corriente alterna rectangular

Cuando se emplean contactores para corriente alterna en redes alimentadas por baterías con vibradores u onduladores (interruptores periódicos) postconectados, hay que considerar lo siguiente:

Capacidad de ruptura

El comportamiento de extinción de un contactor lo determinan la magnitud y el incremento de corriente por unidad de tiempo durante el tiempo de arco y la tensión de restablecimiento después de la extinción del arco.

Cuando la carga es óhmica pura, si la tensión alterna es rectangular, también la corriente es rectangular. Con una carga inductiva, la corriente toma la forma representada en la figura 3.51.

Si el incremento de la tensión al paso por cero es menor que 2 kV/ms (éste es el caso en los vibradores

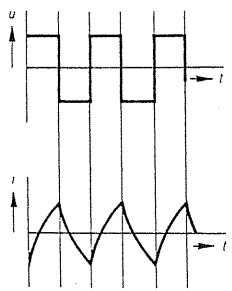


Fig. 3.51
Tensión rectangular alterna.
Forma de la corriente cuando la carga es inductiva

Siemens), la capacidad de ruptura de los contactores es igual a su capacidad de ruptura completa para corriente alterna sinusoidal según las categorías de utilización AC1 a AC4. Esto vale cuando la frecuencia y los valores efectivos de la tensión y de la corriente son iguales a los de la corriente alterna sinusoidal.

Accionamiento de las bobinas de los contactores con tensiónes rectangulares

La fuerza de un accionamiento magnético está determinada principalmente por la energía magnética, la cual es directamente proporcional al cuadrado del valor efectivo de la corriente.

La bobina de un contactor puede, por tanto, ser energizada con una tensión rectangular alterna cuando.

$I_{r\,eff} = I_{eff}$.

Esta condición se cumple cuando

$U_{cr} = 1{,}1\ U_c$
$f_c = f_{cr}$
$\cos \varphi_{con} \leqq 0{,}75$

Aquí significan:

$I_{r\,eff}$	Corriente rectangular, valor efectivo
I_{eff}	Corriente nominal de accionamiento cuando la tensión nominal de accionamiento es sinusoidal, valor efectivo
U_c	Tensión nominal de accionamiento (sinusoidal)
U_{cr}	Tensión alterna rectangular (valor efectivo y máximo)
f_c	Frecuencia nominal a U_c
f_{cr}	Frecuencia nominal a U_{cr}
$\cos \varphi_{con}$	Factor de potencia de la bobina durante la conexión y a U_c

Ejemplos

▷ Un contactor con una bobina para una tensión nominal de accionamiento de 220 V, 50 Hz puede ser energizada con una tensión rectangular alterna de 242 V, 50 Hz.

▷ Cuando la tensión rectangular alterna de alimentación es de 220 V, 50 Hz hay que utilizar una bobina para 200 V, 50 Hz.

3.5.9 Selección de los contactores 3TB de acuerdo a la vida útil de los contactos y a la categoría de servicio

De acuerdo a la vida útil de los contactos

En el catálogo NS2 se encuentran las curvas características de la vida útil de los contactos de los contactores de corriente alterna, en dependencia de la corriente de desconexión, cuando se conectan cargas trifásicas óhmicas o inductivas (fig. 3.52). Las líneas a trazos indican la potencia máxima admisible del motor que puede ser conectado.

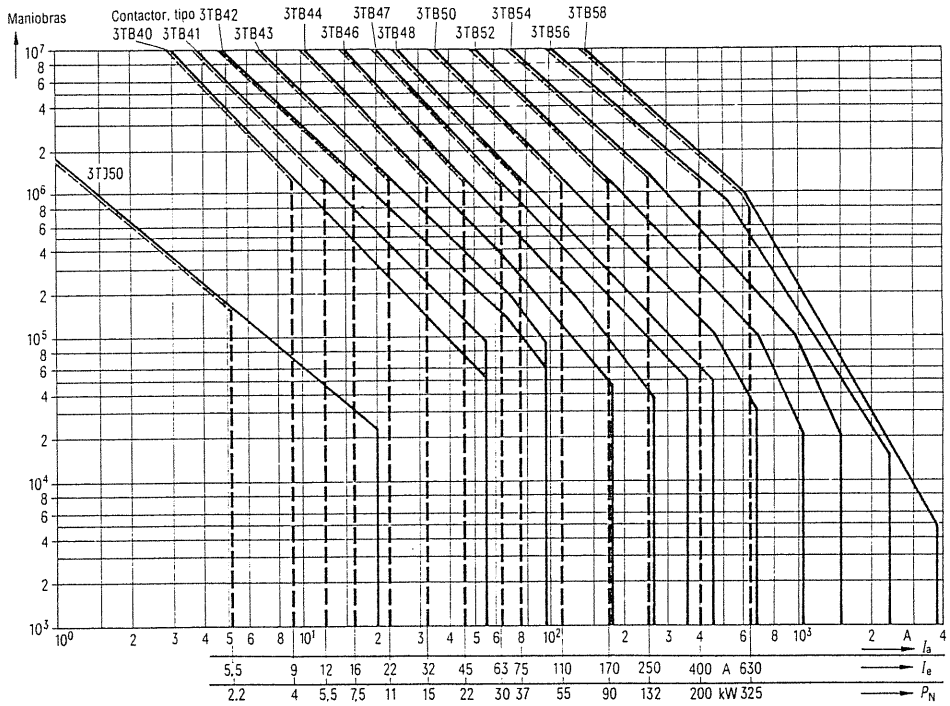
Ejemplos

▷ Un motor con rotor de jaula, 22 kW, cos $\varphi = 0{,}83$, 380 V, $I_N = 45$ A, corriente de arranque $I_A = 6{,}4$ veces $I_N = 288$ A, debe ser conectado 10^6 veces con un contactor sin cambiar los contactos.

Del diagrama de la figura 3.52 se obtiene, para $I_a = 45$ A (I_a = corriente de desconexión): tipo del contactor 3TB46 (vida útil de los contactos $> 10^6$ maniobras).

▷ Un motor con rotor de jaula, 200 kW, cos $\varphi = 0{,}89$, 380 V, $I_N = 360$ A, corriente de arranque $I_A = 6{,}8$ veces $I_N = 2456$ A, debe ser conectado $4 \cdot 10^5$ veces con un contactor sin cambiar los contactos.

De la figura 3.52 se determina, para $P_N = 200$ kW: contactor 3TB56, el cual admite, para $I_a = 360$ A aproximadamente $1{,}5 \cdot 10^6$ maniobras.



P_N Potencia nominal de los motores trifásicos con rotor de jaula, tensión norminal 380 V
I_a Corriente de desconexión
I_e Corriente nominal de servicio

Fig. 3.52
Vida útil de los contactos (en maniobras) de los contactores 3TJ y 3TB, en dependencia de la corriente de desconexión

El contactor immediato inferior 3TB54 no puede ser empleado ya que se sobrepasa su capacidad de conexión cuyo valor máximo es $8 \cdot I_N = 2000$ A.

Según la categoría de servicio

Para la conexión de un aparato de calefacción eléctrica de 40 kW, cos $\varphi = 1$, 380 V, $I_N = 61$ A se busca el contactor apropiado.

Del catálogo NS2, sección 9, datos técnicos "cargabilidad de los contactores trifásicos para corriente alterna, categoría de servicio AC1, conexión de carga óhmica, potencia nominal de las cargas trifásicas, cos $\varphi \geqq 0{,}95$ a 380 V", resulta el contactor 3TB46, el cual, en este caso, puede conectar 52,5 kW. La vida útil de los contactos alcanza, según la fig. 3.52 para $I_a = 61$ A, aproximadamente $7 \cdot 10^5$ maniobras.

Según la categoría de servicio AC3

Para la conexión de un motor trifásico (con rotor de jaula), 37 kW, cos $\varphi = 0{,}85$, 380 V, $I_N = 72$ A, $I_A =$ 6,4 veces $I_N = 460$ A se busca el contactor apropiado.

Del catálogo NS2, sección 9, tabla de selección, resulta el contactor 3TB48, el cual, en este caso, puede conectar 37 kW. La vida útil de los contactos según la figura 3.53 alcanza para $I_N = I_a = 72$ A aproximadamente 10^6 maniobras.

Según la categoría de servicio AC4

Para la conexión del mismo motor en servicio intermitente se busca el contactor.

Del catálogo NS2, sección 9, datos técnicos, resulta el contactor 3TB52, el cual puede conectar 37 kW y sus contactos tienen para $I_a = 460$ A una vida útil de aproximadamente $2 \cdot 10^5$ maniobras.

Si se admite una vida útil de los contactos más corta, puede aumentarse para la categoría de servicio AC4 la intensidad nominal de servicio I_e. Si la frecuencia de conexión es sumamente baja, los contactores pueden entonces ser seleccionados, para un servicio intermitente según AC4, de acuerdo a la categoría de servicio AC3.

En caso de servicio combinado

Si se tiene un servicio en el cual debe desconectarse la intensidad nominal de servicio I_e según la categoría de servicio AC3 y ocasionalmente un múltiplo de la misma según la categoría de servicio AC4, se habla de servicio combinado. Se trata de una mezcla de un servicio normal y un servicio intermitente. Un cálculo aproximado de la vida útil de los contactos de los contactores (véase el catálogo NS2) puede efectuarse con la siguiente ecuación:

$$X = \frac{A}{1 + \frac{C}{100}\left(\frac{A}{B} - 1\right)}.$$

Aquí significan:

- X Vida útil de los contactos en N° de maniobras para el servicio combinado
- A Vida útil de los contactos en N° de maniobras para el servicio normal ($I_a = I_N$)
- B Vida útil de los contactos en N° de maniobras para el servicio intermitente (I_a = múltiplo de I_N)
- C Porcentaje del número de maniobras en servicio intermitente con respecto al total de maniobras

Ejemplo

▷ Un motor trifásico, 37 kW, cos $\varphi = 0{,}85$, 380 V, $I_N = 72$ A, $I_A = 6{,}4$ veces $I_N = 460$ A debe ser conectado en servicio combinado con un contactor 3TB48. El porcentaje de conexiones en servicio intermitente es el 30%. Se busca la vida útil de los contactos del contactor 3TB48.

De la figura 3.52 se obtiene:

$A = 1{,}2 \cdot 10^6$ maniobras ($I_a = I_N = 72$ A),

$B = 5 \cdot 10^4$ maniobras ($I_a = 6{,}4 \cdot I_N = 640$ A),

$C = 30\%$ (dato del ejemplo).

La vida útil de del contactor calculada para este servicio combinado es:

$$X = \frac{1{,}2 \cdot 10^6}{1 + \frac{30}{100}\left(\frac{1{,}2 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^4} - 1\right)} = 15{,}2 \cdot 10^4 \text{ maniobras.}$$

La vida útil de los contactos de los contactores 3TB para un porcentaje de conexiones en servicio intermitente del 10, 20, 50 y 100% y para la conexión de motores con rotor de jaula o con rotor de anillos rozantes puede obtenerse de las figuras 3.53 y 3.54.

Ejemplos

▷ Datos: Motor con rotor de jaula, 30 kW, cos $\varphi =$ 0,83, 380 V, $I_N = 60$ A, $I_A = 6{,}4$ veces $I_N = 384$ A, 10% de conexiones en servicio intermitente.

Exigencias: Los contactos deben tener una vida eléctrica de 10^6 maniobras.

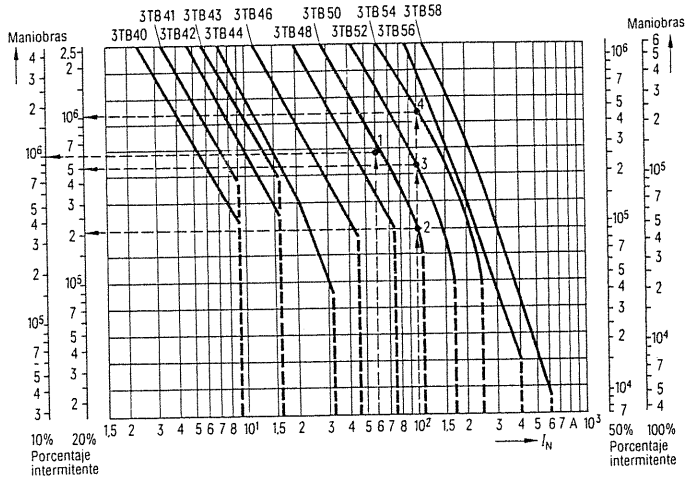


Fig. 3.53
Vida útil de los contactos de los contactores 3TB para servicio mixto con seis veces la corriente nominal I_N del motor (motores con rotor de jaula)

1 a 4 Puntos de intersección, véa los ejemplos en el texto

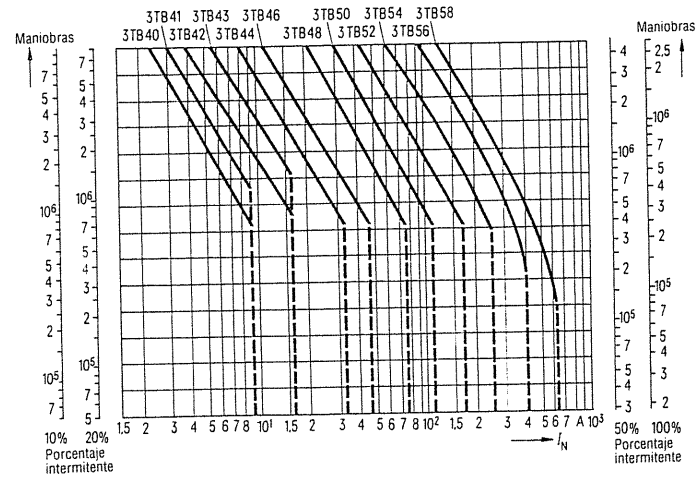


Fig. 3.54
Vida útil de los contactos de los contactores 3TB para servicio mixto con 2,5 veces la corriente nominal I_N del motor (motores de anillos rozantes)

Se busca: El contactor apropiado.

De la figura 3.53, punto de intersección 1, se obtiene el contactor 3TB50.

▷ Datos: Motor con rotor de jaula, 55 kW, cos $\varphi =$ 0,87, 380 V, $I_N = 104$ A, $I_A = 6$ veces $I_N = 624$ A, 20% de conexiones en servicio intermitente.

Exigencias: El contactor debe tener una vida útil mecánica de 10^6 maniobras (en este caso es el contactor y no – un juego de contactos – el que debe estar dimensionado para una vida útil de 10^6 maniobras).

Se busca: El contactor apropiado.

De la figura 3.53 se obtienen las siguientes posibilidades:

Punto de intersección 2
Contactor 3TB50, intensidad nominal 110 A, vida eléctrica de los contactos $0{,}21 \cdot 10^6$ maniobras.

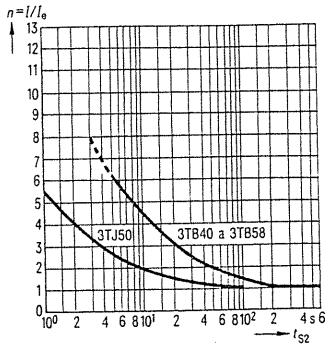
Punto de intersección 3
Contactor 3TB52, intensidad nominal 170 A, vida eléctrica de los contactos $0{,}5 \cdot 10^6$ maniobras.

Punto de intersección 4
Contactor 3TB54, intensidad nominal 250 A, vida eléctrica de los contactos $1{,}1 \cdot 10^6$ maniobras.

Para seleccionar la solución más ventajosa debe tenerse en cuenta que el contactor 3TB54, cuya intensidad nominal es de 250 A, está sin lugar a dudas sobredimensionado; además él es sensiblemente más caro y de mayor tamaño que el contactor 3TB50. Sin embargo, cuando se utiliza el contactor 3TB54 no es necesario efectuar un recambio de contactos.

Conclusión básica:

Si durante el servicio no se desea recambiar los contactos, es preciso utilizar un contactor sobredimensionado. Los costos del contactor y del armario se duplican aproximadamente.



El límite absoluto para cada contactor (capacidad de maniobra) se muestra en la tabla 3.23

n Múltiplo de la corriente nominal de servicio según AC1

t_{S2} Tiempo de carga en segundos, durante el servicio S2

Fig. 3.55
Servicio de breve duración S2; cargabilidad admisible de los contactores, como múltiplo de la corriente nominal de servicio I_{eAC1} (Las curvas valen para una temperatura ambiente de 55 °C)

3.5.10 Selección de los contactores 3TJ y 3TB para servicio de breve duración y para servicio intermitente

Cuando se emplean contactores para un servicio de breve duración S2 o para un servicio intermitente S3, S4 y S5, ellos pueden o deben ser seleccionanados bajo otros puntos de vista que para un servicio permanente normal S1.

Directrices para la selección de contactores para servicio de breve duración S2

Cuando se dimensionan contactores para un servicio de breve duración, vale para la corriente de carga admisible:

$$I_{S2} = n \cdot I_{eAC1}.$$

El factor n, a una temperatura ambiente de 55 °C, en dependencia del tiempo de carga t_{S2}, para los contactores Siemens se lee en la figura 3.55.

La pausa t_0 durante el servicio de breve duración debe ser más larga o igual al tiempo mínimo de refrigeración del contactor según la tabla 3.22.

La carga máxima admisible durante el servicio de breve duración S2 está dada por la capacidad de conexión y de ruptura del contactor según la tabla 3.22.

Tabla 3.22
Contactores para servicio de breve duración

Contactor	I_{eAC1}	Capacidad de conexión	Capacidad de ruptura		Tiempo mínimo de enfriamiento t_0
			500 V	660 V	
Tipo	A	A	A	A	min
3TJ	20	80	(50/380V)	–	5
3TB40	20	120	90	70	5
3TB41	20	160	120	76	5
3TB42	30	200	170	150	5
3TB43	30	220	200	170	5
3TB44	45	300	300	195	5
3TB46	80	520	520	360	10
3TB47	90	600	600	360	10
3TB48	100	700	700	700	20
3TB50	160	960	960	960	20
3TB52	200	1200	1200	1200	20
3TB54	300	1800	1800	1800	20
3TB56	400	2900	2900	2900	20
3TB58	630	4500	4500	4500	20

Ejemplo

Servicio de breve duración según la figura 3.56:

Intensidad nominal del motor $I_N = 200$ A
Corriente de arranque del motor $I_A = 400$ A
Tiempo de carga $t_{S2} = 3$ s
Pausa $t_0 = 9$ min
La corriente de carga no es constante.

Ella se sustituye, como se muestra en la figura 3.58, por los siguientes valores de carga constante:

$I_1 = 400$ A por 0,7 s e

$I_2 = 200$ A por 2,3 s.

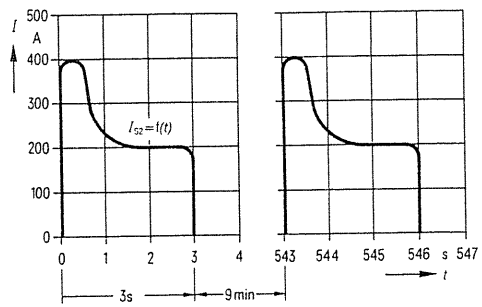


Fig. 3.56
Diagrama de tiempo y corriente para el servicio de un motor

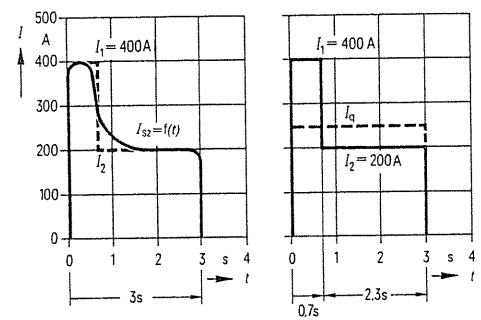


Fig. 3.57
Determinación de la corriente de carga I_q (media cuadrática de la carga en escalones) para el servicio de breve duración de un motor según la fig. 3.56

La media cuadrática de la corriente durante el tiempo de carga es:

$$I_q = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2}{t_1 + t_2}},$$

$$= \sqrt{\frac{400^2 \cdot 0{,}7 + 200^2 \cdot 2{,}3}{3}} = 260 \text{ A}.$$

De la tabla 3.22 se obtiene, para una capacidad de ruptura de 400 A como mínimo, el contactor 3TB46.

La carga térmica del contactor es, tomando en cuenta el factor n obtenido de la figura 3.55, para un tiempo de carga de 3 s

$$I_{S2} = n \cdot I_{eAC1}; \quad I_{eAC1} = \frac{I_{S1}}{n} = \frac{260}{8} = 32{,}5 \text{ A}.$$

El contactor 3TB46 con $I_{eAC1} = 80$ A (tabla 5.22) es adecuado para este servicio de breve duración S1.

Directrices para la selección de contactores para servicio intermitente S3, S4, S5

Para la utilización de los contactores Siemens como contactores para el rotor y el estator de motores de anillos rozantes, en el catálogo NS2 se indica una duración del ciclo del servicio intermitente de hasta 10 min (ejemplo 1). Las corrientes de servicio, admisibles durante el servicio intermitente, están dadas en el catálog NS2 para factores de marcha ED% (tiempos relativos de conexión) de 20, 40, 60, y 80%. Si en la práctica se tienen otros factores de marcha, se aconseja seleccionar el contactor de acuerdo al factor de marcha immediato superior indicado en el catálogo (véase el cap. 2.2).

El contactor para servicio intermitente de motores con rotor de jaula se selecciona como para servicio permanente. Esto se debe a que para este caso la capacidad de ruptura del contactor y no su capacidad térmica es la característica determinante.

Si un motor tiene una corriente de arranque más baja que la prevista en la categoría de servicio AC3 (por ej. 5 veces I_N), el contactor para servicio intermitente puede elegirse de una manera semejante a la selección de los contactores para la conexión de motores de anillos rozantes (contactor para el estator) según se indica en el catálogo NS2.

También para esta aplicación debe tenerse presente la corriente de arranque del motor y la capacidad de ruptura del contactor (ejemplos 2 y 3).

Ejemplo 1

Servicio intermitente de un motor de anillos rozantes según la figura 3.58, con una corriente del estator de 45 A:

Duración del ciclo $t_c < 10$ min.
La pausa más corta es de 1 min (por tanto, no se trata de un servicio de breve duración; compárese con los tiempos mínimos de refrigeración tabla 3.22).

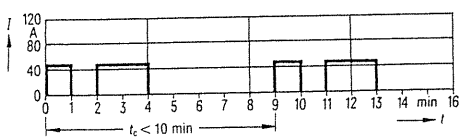
De acuerdo a la siguiente ecuación se obtiene el tiempo relativo de conexión *ED* en %:

$$ED\% = \frac{\Sigma t_{S3}}{\Sigma t_{S3} + \Sigma t_0} \cdot 100\%$$

$$ED\% = \frac{t_1 + t_2}{t_1 + t_2 + t_{01} + t_{02}} \cdot 100\%$$

$$= \frac{1+2}{1+2+1+5} \cdot 100\% = 33\%.$$

De acuerdo al catalogo NS2, para una corriente del estator de 45 A y un tiempo de conexión relativo $ED = 33\%$, debe utilizarse el contactor 3TB44 (hasta 55 A para $ED = 40\%$).



t_c duración del ciclo

Fig. 3.58
Diagrama de tiempo y corriente del estator de un motor de anillos rozantes correspondiente a un servicio intermitente S 3 (representación simplificada, sin los picos de la corriente de arranque)

Ejemplo 2

Condiciones de servicio:

Motor con rotor de jaula, $I_N = 39$ A,

$I_A = 4{,}7$ veces $I_N = 183{,}3$ A,

tiempo de arranque aprox. 0,5 s, servicio intermitente con un factor de marcha (tiempo relativo de conexión) $ED = 60\%$, duración del ciclo 5 min.

Para motores con rotor de jaula puede seleccionarse un contactor de la misma manera que para el estator de un motor de anillos rozantes según el catálogo NS2; para esta aplicación, debe asegurarse que la corriente no sobrepase la capacidad de conexión del contactor seleccionado, en este caso la corriente de arranque $I_A = 183{,}3$ A.

De los datos anteriores se calcula el tiempo de carga:

$$ED\% = \frac{t_{S3}}{t_c}; \quad t_{S3} = \frac{ED\% \cdot t_c}{100} = \frac{60{,}5}{100} = 3 \text{ min}.$$

La corriente de arranque circula, en comparación al tiempo de carga de 3 min, por un tiempo relativamente corto (0,5 s). Esta corriente de arranque prácticamente no tiene influencia sobre el calentamiento del contactor durante el tiempo de carga. Los valores que la corriente adquiere durante el tiempo de carga del servicio intermitente están representados en la figura 3.59.

Del catálogo NS2 se elige un contactor para el estator de un motor de anillos rozantes para un factor de marcha (tiempo relativo de conexión) $ED = 60\%$. Dicho contactor deberá tener, como mínimo, una capacidad de conexión de $I_A = 183.3$ A. Para esta aplicación el contactor adecuado es el 3TB42.

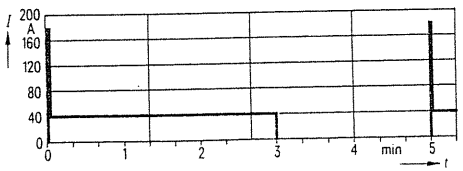


Fig. 3.59
Diagrama simplificado de tiempo y corriente para el servicio intermitente S3 de un motor con rotor de jaula

Ejemplo 3

Las condiciones de servicio son iguales a las del ejemplo 2, con la diferencia que en este caso el ciclo tiene una duración de 30 s, es decir:

Motor con rotor de jaula, $I_N = 39$ A, $I_A = 4{,}7 \cdot I_N$, tiempo de arranque 0,5 s, servicio intermitente con un factor de marcha (tiempo relativo de conexión) $ED = 60\%$, duración del ciclo 30 S.

De los datos anteriores se calcula el tiempo de carga:

$$ED\% = \frac{t_{S3}}{t_c}; \quad t_{S3} = \frac{ED\% \cdot t_c}{100} = \frac{60 \cdot 30}{100} = 18 \text{ s}.$$

La corriente de arranque del motor, la cual fluye durante 0,5 s, influye en el calentamiento del contactor durante el tiempo de carga. Los valores que la corriente adquire durante el servicio intermitente los muestra la figura 3.60.

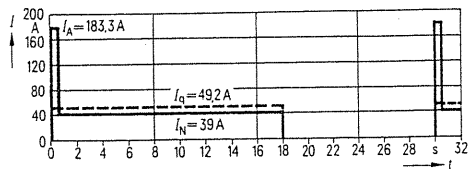
Ya que el valor de la corriente no permanece constante durante el tiempo de carga, es necesario calcular la media cuadrática de la corriente I_q durante el tiempo de carga:

$$I_q = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \cdots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \cdots + t_n}},$$

$$I_q = \sqrt{\frac{183{,}3^2 \cdot 0{,}5 + 39^2 \cdot 17{,}5}{0{,}5 + 17{,}5}} = 49{,}1 \text{ A}.$$

De acuerdo al catálogo NS2, para una corriente del estator de 49,1 A (en este caso también para motores con rotor de jaula) y $ED = 60\%$, debe emplearse el contactor 3TB46 (hasta 87 A para $ED = 60\%$).

En el servicio intermitente de este ejemplo, la corriente de arranque alcanza un valor de $I_A = 4{,}7 \cdot 39 = 183{,}3$ A. El contactor 3TB tiene una capacidad de cierre de 540 A (en conformidad con la categoría de servicio AC4) y es, por tanto, adecuado para este servicio intermitente.



I_A Corriente de arranque
I_q Media cuadrática de la corriente de carga
I_N Corriente nominal del motor

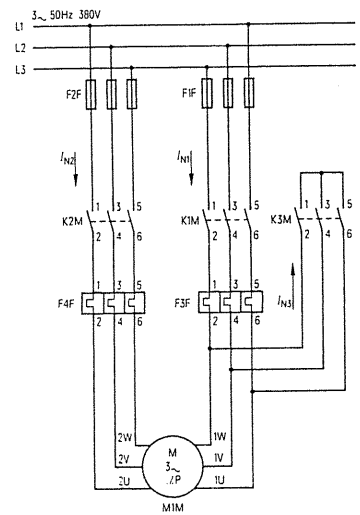
Fig. 3.60
Diagrama simplificado de tiempo y corriente para el servicio intermitente S3 de un motor con rotos de jaula

3.5.11 Selección de contactores para motores trifásicos de polos conmutables

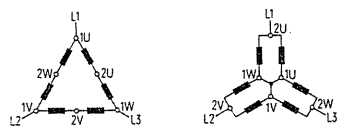
El contactor estrella debe dimensionarse de acuerdo a la mitad de la corriente que circula cuando el motor está conectado en doble-estrella.

Para motores trifásicos de polos conmutables, véase el cátalogo M1; para esquemas de conexión, véase el capítulo 8.2.5.

La conexión de los contactores para el servicio de motores trifásicos de polos conmutable con un devanado, 6 bornes, en connexión Dahlander (4/2 y 8/4 polos) o en conexión PAM (6/4 y 8/6 polos), está representada en la fig. 3.62.



a) Diagrama del circuito principal



Velocidad baja Velocidad alta

b) Diagramas del devanado del motor

Fig. 3.61
Esquema de conexiones de motores trifásicos de polos conmutables, en conexión Dahlander, con un devanado, seis bornes

Los contactores se seleccionan de acuerdo a las intensidades nominales del motor:

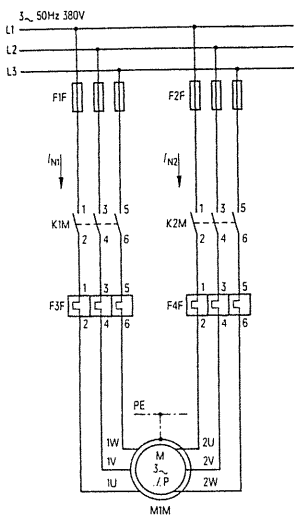
Contactor K1M para la intensidad nominal I_{N1} a bajas revoluciones

Contactor K2M para la intensidad nominal I_{N2} a altas revoluciones

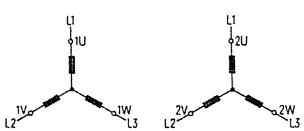
Contactor K3M (contactor estrella)

para $I_{N3} = \frac{I_{N2}}{2}$.

La conexión de los contactores para el servicio de los motores trifásicos de polos conmutables con dos devanados separados, 6 bornes (6/4 y 8/6 polos), la muestra la fig. 3.62.



a) Diagrama del circuito principal



b) Diagramas del devanado del motor

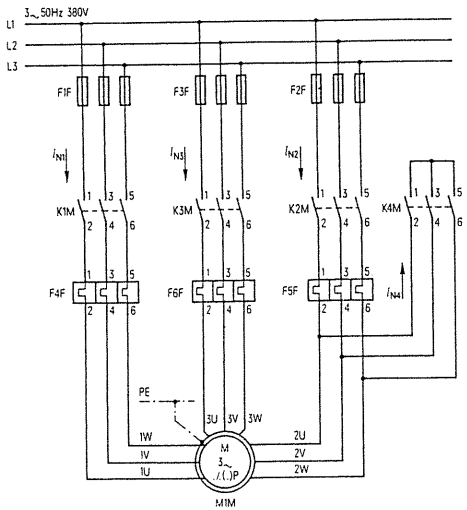
Fig. 3.62
Esquema de conexiones de motores trifásicos de polos conmutables, con dos devanados separados, seis bornes

Los contactores se seleccionan de acuerdo a las intensidades nominales del motor:

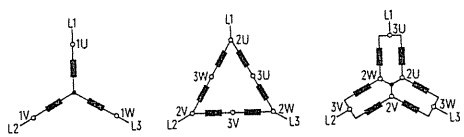
Contactor K1M para la intensidad nominal I_{N1} a bajas revoluciones

Contactor K2M para la intensidad nominal I_{N2} a altas revoluciones.

La conexión de los contactores para el servicio de motores trifásicos de polos conmutables con dos devanados separados, nueve bornes, tres revoluciones (6/4/2, 8/4/2, 8/6/4 y 8/6/2 polos), se muestra en la figura 3.63.



a) Diagrama del circuito principal



Devanado separado Conexión Dahlander

b) Diagramas del devanado del motor

Fig. 3.63
Esquema de conexiones de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, nueve bornes, tres velocidades

Los contactores se seleccionan de acuerdo a las intensidades nominales del motor:

Contactor K1M para la intensidad nominal I_{N1} a bajas revoluciones

Contactor K2M para la intensidad nominal I_{N2} a revoluciones intermedias

Contactor K3M para la intensidad nominal I_{N3} a altas revoluciones

Contactor K4M (contactor estrella)

para $I_{N4} = \frac{I_{N3}}{2}$.

3.5.12 Selección de contactores 3TJ y 3TB para conectar lámparas

Al seleccionar los contactores para conectar lámparas deben tenerse presente las corrientes de arranque que en este caso se presentan. La tabla 3.4 da las corrientes de arranque, el cos φ y el tiempo de arranque de los diferentes tipos de lámparas, así como las bases para dimensionar los contactores.

En las tablas 3.23, 3.24 y 3.25 se dan indicaciones para seleccionar contactores 3TJ y 3TB para conectar lámparas incandescentes, lámparas sin compensar y lámparas compensadas respectivamente.

Tabla 3.23 Selección de contactores 3TJ y 3TB para conectar lámparas incandescentes

Lámparas incandescentes	Carga admisible de cada vía de corriente del contactor						
	3TJ50	3TB40	3TB41	3TB42	3TB43	3TB44	3TB46
220 V	1,15 kW	1,9 kW	2,35 kW	2,90 kW	3,50 kW	4,6 kW	9,6 kW

Tabla 3.24 Selección de contactores 3TJ y 3TB para conectar *lámparas no compensadas.*

Si el número de lámparas indicadas debe conectarse con una frecuencia alta, es aconsejable emplear el contactor de tamaño inmediato superior

Datos de la lámpara		Corriente nominal por lámpara	Cantidad máxima de lámparas por cada vía de corriente del contactor						
W	V	A	3TJ50	3TB40	3TB41	3TB42	3TB43	3TB44	3TB46
Lámparas de luz mixta									
160	220	0,8	17	19	19	28	28	43	76
250		1,2	11	12	12	19	19	29	56
500		2,4	5	6	6	9	9	14	25
1000		4,7	3	3	3	5	5	7	13
Lámparas de neón									
18/20	220	0,37	44	49	49	73	73	110	196
36/40		0,43	38	42	42	63	63	95	169
58/65		0,67	27	27	27	40	40	61	108
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión									
50	220	0,6	20	22	22	33	33	50	88
80		0,8	15	16	16	25	25	37	66
125		1,15	10	11	11	17	17	26	46
250		2,15	5	6	6	9	9	14	24
400		3,25	3	4	4	6	6	9	16
700		5,4	2	2	2	3	3	5	9
1000		7,5	1	1	1	2	2	4	7
Lámparas de halógeno									
250	220	3	4	4	4	6	6	10	17
400		3,5	3	3	3	5	5	8	15
1000		9,5	1	1	1	2	2	3	5
2000	D380	10,3	1	1	1	2	2	3	5
2000	N380	8,8	1	1	1	2	2	3	6
3500	380	18	–	–	–	1	1	1	3
Lámparas de vapor de sodio de alta presión									
50	220	0,76	17	18	18	28	28	42	75
70		1,0	13	14	14	21	21	32	57
150		1,8	7	8	8	12	12	18	32
210		2,25	5	6	6	9	9	14	25
250		3,0	4	5	5	7	7	11	19
350		3,45	3	4	4	6	6	9	16
400		4,4	3	3	3	5	5	7	13
1000		10,3	1	1	1	2	2	3	5
Lámparas de vapor de sodio de baja presión									
18	220	0,35	38	40	40	61	61	92	163
35		1,4	9	10	10	15	15	23	41
55		1,4	9	10	10	15	15	23	41
90		2,1	6	7	7	10	10	15	27
135		3,1	4	4	4	7	7	10	18
180		3,1	4	4	4	7	7	10	18

Tabla 3.25

Selección de contactores 3TJ y 3TB para conectar *lámparas compensadas.*

Si el número de lámparas indicadas debe conectarse con una frecuencia alta, es aconsejable emplear el contactor de tamaño inmediato superior

Datos de la lámpara		Capacidad del condensador	Cantidad máxima de lámparas por cada vía de corriente del contactor						
W	V	µF	3TJ50	3TB40	3TB41	3TB42 [1])	3TB43 [1])	3TB44 [1])	3TB46
Lámparas de neón									
18/20	220	4,5	10	29	29	55	55	55	133
36/40		4,5	10	29	29	55	55	55	133
58/65		7	6	18	18	35	35	35	85
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión									
50	220	7	6	18	18	35	35	35	85
80		8	5	16	16	30	30	30	75
125		10	4	13	13	24	24	24	60
250		18	2	7	7	14	14	14	33
400		25	1	5	5	8	8	8	22
700		40	1	3	3	5	5	5	13
1000		60	–	1	1	3	3	3	9
Lámparas de halógeno									
250	220	32	1	4	4	7	7	7	17
400		40	1	3	3	5	5	5	13
1000		85	–	1	1	3	3	3	7
2000	D380	60	–	–	–	1	1	1	3
2000	N380	37	–	1	1	2	2	2	5
3500	380	100	–	–	–	1	1	1	2
Lámparas de vapor de sodio de alta presión									
50	220	8	5	16	16	30	30	30	75
70		12	3	11	11	20	20	20	50
150		20	2	6	6	12	12	12	30
210		20	2	6	6	12	12	12	30
250		32	1	4	4	7	7	7	17
350		32	1	4	4	7	7	7	17
400		50	–	2	2	5	5	5	12
1000		100	–	1	1	2	2	2	6
Lámparas de vapor de sodio de baja presión									
18	220	5	10	29	29	55	55	55	133
35		20	2	6	6	12	12	12	30
55		20	2	6	6	12	12	12	30
90		26	1	5	5	8	8	8	22
135		45	1	3	3	5	5	5	13
180		40	1	3	3	6	6	6	15

[1]) Los contactores 3TB42, 3TB43, 3TB44 tienen igual capacidad de conexión de condensadores

3.5.13 Conexión de transformadores de baja tensión con contactores 3TB

Las exigencias que se imponen a un aparato de maniobra para conectar transformadores, varían en dependencia de las diferentes magnitudes que son de influencia para la aplicación.

Para la mayoría de los casos, sin embargo, pueden utilizarse las coordinaciones entre los contactores 3TB y las corrientes nominales de los transformadores indicadas en la tabla 3.26.

Tabla 3.26
Coordinación de los contactores 3TB con la corriente nominal de transformadores de baja tensión

Contactor	Corriente nominal de los transformadores con		
	devanado primario interno	devanado primario externo	
	hasta 660 V A	hasta 500 V A	660 V A
3TB40	8,5	9	7
3TB41	8,5	12	9
3TB42	13	16	13,5
3TB43	13	17	13,5
3TB44	16,5	24	18
3TB46	35	45	45
3TB47	45	63	45
3TB48	53	75	75
3TB50	65	110	110
3TB52	80	135	135
3TB54	110	170	170
3TB56	170	250	250
3TB58	400	580	580

3.5.14 Selección de arrancadores para motores trifásicos de anillos rozantes

Si se desean mantener durante el arranque de un motor la corriente y el par de giro a valores constantes, se emplean arrancadores con resistencias (figuras 3.64 y 3.65).

Ejecuciones:

Las siguientes ejecuciones de arrancadores con resistencias, para motores trifásicos de anillos rozantes, están a su disposición:

- ▷ Arrancadores 3PA3 con refrigeración de aceite, con mando y resistencias en una caja.
- ▷ Arrancadores magnéticos, tipo 3PK4, y resistencias en cajas separadas, tipo 3PR3.

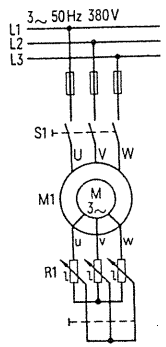
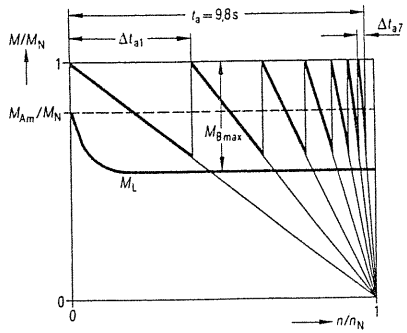


Fig. 3.64
Motor trifásico con rotor de anillos rozantes, con resistencia de arranque R1



M	Momento del motor
M_A	Momento de arranque
$M_{B\,max}$	Momento máximo de aceleración
M_L	Momento de la carga
M_N	Momento nominal
n	Velocidad de giro del motor
t_a	Tiempo de arranque
Δt_a	Tiempo de conexión de la etapa
M_{Am}	Momento medio de arranque

Fig. 3.65
Arranque de un motor con un arrancador controlado por relés de tiempo; escalonamiento del tiempo de conexión Δt_{a1} a Δt_{a7} de las etapas ajustable

Los arrancadores Siemens tipo 3PA3 y 3PK4 ofrecen una serie de ventajas:

- ▷ **Arranque con bajo consumo de energía, con la menor carga posible para el arrancador y el motor.**
- ▷ **Seguridad y fiabilidad elevadas.**
- ▷ **Aprovechamiento óptimo del espacio, clase de protección IP 54.**
- ▷ **Pocos efectos retroactivos a la red, reducción de los ruidos mediante la conexión simétrica.**
- ▷ **Puesta en marcha sencilla (solamente deben conectarse las líneas de alimentación, el mando se encuentra precableado y probado).**

Selección

Dependiendo si se tienen condiciones de arranque normales o especiales, el arrancador a utilizarse se determina mediante la "Selección sencilla" o según "Selección por cálculo" que es exacta.

Las condiciones de arranque son normales cuando no existen momentos de inercia altos y la frecuencia de arranque exigida no es alta.

Las condiciones de arranque son especiales, por ej., cuando los tiempos de arranque son muy cortos o muy largos, la frecuencia de arranque es alta, se trata de un arranque pesado, o el momento de inercia del motor y de la máquina propulsada son grandes. En estos casos, el tipo del arrancador se determina mediante el trabajo de arranque W que tiene que resistir el arrancador. Esto vale también para una selección exacta cuando se tienen diagramas de arranque o curvas características del momento de la carga.

El catálogo NS3 contiene una instrucción detallada para determinar el tamaño de los arrancadores de acuerdo a los datos del servicio existente. Dichas instrucciones están acompañadas de ejemplos explicativos.

Selección sencilla

Para la selección sencilla se necesitan los siguientes datos:

Potencia del motor P_N
Inercia del arranque f
($f = I_m/I_N$; I_m = valor medio de la corriente de arranque, I_N = corriente nominal del motor)
Corriente nominal del rotor i_2
Tensión del inducido en reposo u_{20}

En base a estos datos puede seleccionarse de las tablas técnicas y de las tablas de selección el arrancador apropiado. Los datos del servicio determinan el campo de aplicación del arrancador.

Selección por cálculo

Para la selección por cálculo hay que determinar el trabajo de arranque W. Para ello, es indispensable conocer los siguientes datos del motor y de la máquina propulsada:

Potencia nominal del motor P_N en kW.

Número de revoluciones nominales del motor n_N en r.p.m.

Momento de la carga o la curva característica del momento de la carga M_L en Nm.

Valor medio del momento de arranque M_A en Nm, o la inercia del arranque f.

Momento de inercia I_G del motor y de la máquina propulsada, en kg · m², para n_N.

Todo arrancador debería estar dimencionado de tal manera, que puedan efectuarse dos arranques consecutivos ($z = 2$). Es decir, para dimensionar un arrancador es significante el producto del trabajo de arranque W por el número de arranques z.

Ejemplo para la selección sencilla

- ▷ Datos:
  (tomados del catálogo M1 para el motor 1RS6)
  Potencia nominal del motor $P_N = 110$ kW
  Arranque con ventilador como carga
  $I_m/I_N = f = 1{,}0$
  Corriente nominal del inducido $i_2 = 226$ A
  Tensión del inducido en reposo $u_{20} = 300$ V
  Corriente nominal del estator $I_N = 210$ A
  Tensión nominal del estator $U_e = 660$ V
- ▷ Se busca:
  Tamaño del arrancador con refrigeración de aceite, tipo 3PA3, con contactor para el estator.
- ▷ Arrancador seleccionado de acuerdo a los datos técnicos en el catálogo NS3: Arrancador 3PA3 02 en ejecución básica. Para la determinación del resto del N° de pedido, véase el catálogo NS3.

Ejemplo para la selección por cálculo

- ▷ Datos:
  Motor de anillos rozantes tipo 1RS6314-6AA10 (Siemens)
  Potencia nominal $P_N = 160$ kW
  Tensión nominal $U_e = 380$ V, 50 Hz
  Corriente nominal $I_N = 306$ A
  Tensión del inducido en reposo $u_{20} = 285$ V
  Corriente nominal del inducido $i_2 = 347$ A.

Máquina propulsada: Molino

Inercia de arranque $f = 1{,}4$

Tiempo de arranque (calculado de los datos del motor y del molino) $t_A = 16$ s.

▷ Se busca:
Arrancador con contactor para el estator, de la clase de protección IP 54,
tensión de mando 220 V, 50 Hz,
N.° de arranques $z \geqq 5$ y
frecuencia de arranque $h \geqq 1{,}5$.

▷ Determinación del tamaño mediante el trabajo de arranque W:

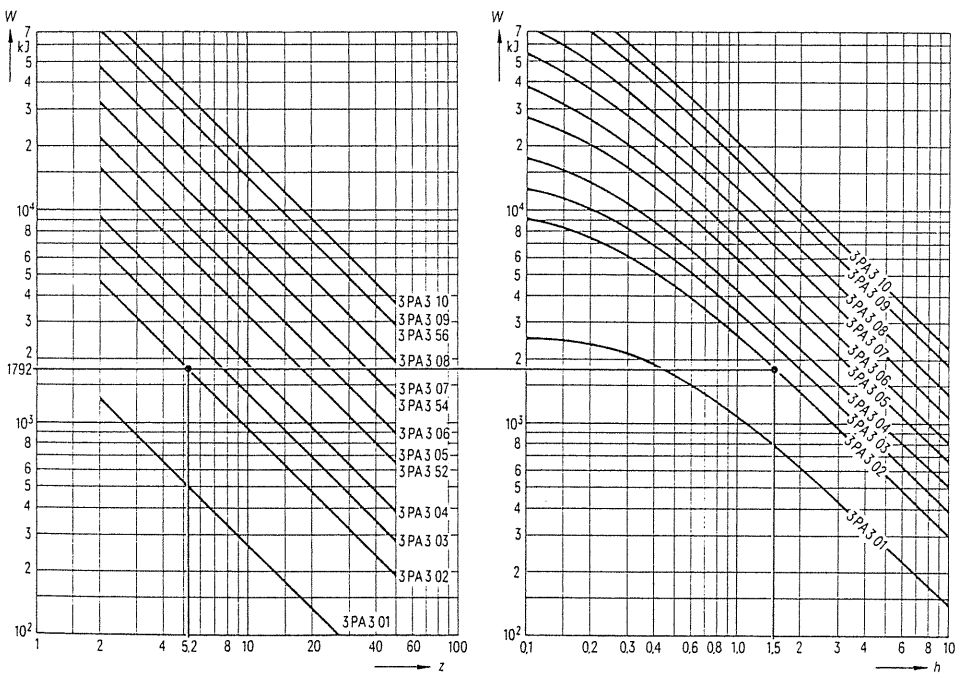
$W = 0{,}5 \cdot P_N \cdot f \cdot t_A$
$= 0{,}5 \cdot 160\ \text{kW} \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}6\ \text{s} = 1\,792\ \text{kJ}$.

Según la figura 3.66, el N.° de arranques $z \geqq 5$ y la frecuencia de arranque $h \geqq 1{,}5$ se logran con el tamaño 3PA3 02.

Si uno de estos valores no fuese alcanzado, deberá utilizarse el tamaño inmediato superior.

El arrancador 3PA3 02 permite, por lo tanto, cinco arranques consecutivos del motor de 160 kW, a partir del estado frío, con pausas de una duración igual al doble del tiempo de arranque ($2 \times 16\ \text{s} = 32$ s). Cuando el aparato adquiere la temperatura de servicio, el arranque puede repetirse cada 40 min.

Para la determinación completa del N.° de pedido, véase el catálogo NS3.



a) Diagrama Trabajo de arranque – N° de arranques

b) Diagrama Trabajo de aranque – Frecuencia de arranque

Fig. 3.66
Diagramas para la selección del arrancador adecuado, con la ayuda del trabajo de arranque W, cuando se conocen el número de arranques z, la frecuencia de arranque h y el tiempo de arranque t_a

4 Criterios para la selección de aparatos de maniobra para circuitos auxiliares

Las funciones de los interruptores en los circuitos auxiliares son emitir ordenes, dar avisos y enclavar. Ellos pueden ser emisores de mando, contactores auxiliares, interruptores auxiliares de los aparatos de maniobra para circuitos principales y relés de tiempo. A los interruptores para circuitos auxiliares se le imponen, además de las exigencias eléctricas, otras de distinta naturaleza, las cuales atañen a los diversos accionamientos, a la clase de protección, a la funcionabilidad de los contactos y al diseño de los mismos. Además de ésto, se presupone que son de fácil montaje, que las denominaciones de sus bornes son claras e inequívocas y que la técnica de conexión ahorra tiempo y gastos. Los emisores de mando, los contactores auxiliares y los relés de tiempo de Siemens llenan estos requisitos.

4.1 Tensiones de accionamiento

Las tensiones de accionamiento normalizadas, las tolerancias admisibles de la tensión y las fuentes de tensión se describen en capítulo 2.1.1.

Problemas de contacto en caso de tensiones bajas

La seguridad de la transmisión de contacto depende, entre otros, del estado del punto de contacto y del valor de la tensión. Cuando la tensión y la corriente son muy bajas, se suprime el efecto de autolimpieza del punto de contacto por el arco de desconexión. Partículas aislantes en el sitio de contacto o capas extrañas sobre los materiales de contacto pueden perturbar o suprimir la transmisión de contacto. Las capas extrañas que se forman sobre las superficies de los materiales de contacto son generalmente tan delgadas, que pueden ser perforadas por tensiones de pocos voltios (este efecto se denomina fritura) y, por tanto, no son de relevancia. Cuando se tienen tensiones bajas y se conectan en serie varios contactos, no pueden excluirse inseguridades de transmisión de contacto.

Para garantizar la seguridad de contacto deben tomarse medidas especiales:

▷ Elección de los materiales de contacto adecuados, por ej., plata y materiales compuestos con contenido de plata.

▷ Siempre que sea posible, evitar la conexión en serie de contactos.

▷ Utilización de aparatos de maniobra con contactos con punta y/o contactos paralelos, por ej., el puente de contactos paralelos utilizado en los elementos 3SB1 y en contactores auxiliares.

▷ Colocación en recintos libres de polvo o instalación en encapsulamientos.

Medidas a tomarse en circuitos auxiliares con tensiones inestables

La tensión de mando puede fallar momentáneamente o salirse de los límites admisibles cuando ella se toma del circuito principal y ocurre un cortocircuito en el lado de alta tensión, se tiene una desconexión selectiva mediante escalonamiento en el tiempo en caso de cortocircuito en el lado de baja tensión o se conectan directamente motores de gran potencia. Para garantizar un servicio continuo de los dispositivos de maniobra dependientes de la tensión pueden aplicarse las siguientes medidas:

▷ Contactores con dispositivo de retardo en la desconexión (véase el catálogo NS2)
Los contactores auxiliares 3TH80 a 3TH83 y los contactores para motores 3TB40 a 3TB43 pueden suministrarse con un dispositivo separado para retardo en la desconexión. Los tiempos de retardo son a 110 V, 50 a 60 Hz, 0,15 o 0,3 s y, a 220 V, 50 a 60 Hz, 0,6 o 1,2 s (valores mínimos).

▷ Contactores auxiliares 3TH83 con retención mecánica (véase el catálogo NS2)
Después de la conexión, el contactor auxiliar se retiene mecánicamente en la posición CON y permanece cerrado, aún cuando falla la tensión. La conexión y desconexión pueden efectuarse manual o eléctricamente.

Al retornar la tensión, la producción puede continuar su marcha sin pérdida de tiempo, debido

a la "memoria" del contactor con retención mecánica.

▷ Disparadores de mínima tensión con retardo en la desconexión (véase el catálogo NS 1)
Los disparadores de mínima tensión de los interruptores de potencia pueden suministrarse con un dispositivo de retardo en la desconexión (disparador rc). El tiempo de retardo tiene una duración de 1 s aproximadamente. Este retardo se alcanza mediante un dispositivo de retardo a base de condensadores, el cual se suministra separado del interruptor. Mediante condensadores adicionales puede prolongarse el retardo a un máximo de 3 s.

4.2 Condiciones de servicio

Categorías de empleo según VDE e IEC (CEI)

En las correspondientes determinaciones VDE y en las recomendaciones IEC (CEI) se dan categorías de empleo para los interruptores para circuitos auxiliares. Dichas categorías de empleo establecen, en combinación con la tensión nominal de servicio U_e, la intensidad nominal de servicio I_e y el ciclo de pruebas, el campo de aplicación de los aparatos de maniobra (tabla 4.1).

Clasificación de los aparatos de mando, contactos para circuitos auxiliares y contactores auxiliares según NEMA, UL y CSA

Aparatos de mando y contactos auxiliares, que de preferencia se emplean para conectar cargas electromagnéticas (bobinas de contactores), normalmente se clasifican en USA y en Canadá en "standard duty" (o "standard pilot duty") y "heavy duty" (o "heavy pilot duty"). Con dichas denominaciónes se determinan la intensidad nominal de servicio y la capacidad de conexión de los aparatos a diversas tensiones y, si no se establece lo contrario, también se determina la intensidad térmica permanente de los mismos.

Las determinaciones NEMA contienen abreviaturas, en las cuales pueden leerse la tensión máxima admisible y la capacidad de ruptura de los aparatos de mando y de los interruptores para circuitos auxiliares. Estas abreviaturas también se emplean para la clasificación de los contactores auxiliares (magnetic control relays).

Ejemplo:

NEMA relay A600 significa: Contactor auxiliar para 10 A intensidad permanente (A), 600 V tensión alterna máxima admisible (distancias de aislamiento y fuga para 600 V~) y una capacidad de conexión de 7200 VA (tabla 4.2).

Protección de circuitos auxiliares contra cortocircuitos

Según VDE 0100 §60, en los circuitos auxiliares deben protegerse contra los efectos de los cortocircuitos tanto los aparatos como los conductores.

Para la selección de los dispositivos de protección contra cortocircuito de los aparatos, por ej., contactos auxiliares, deben tenerse en cuenta las indicaciones en los catálagos NS1 y NS2.

Tabla 4.1
Categorías de utilización de interruptores para circuitos auxiliares, segun VDE 0660, parte 200, Set. 1982/IEC (CEI) 337-1, 1970

	Categoría de utilización	Condiciones normales de servicio						Condiciones anormales de servicio					
		Conexión			Desconexión			Conexión			Desconexión		
Corriente alterna	AC-11	I/I_e	U/U_e	cos φ	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ	I/I_e	U/U_e	cos φ	I_c/I_e	U_r/U_e	cos φ
		10	1	0,7 [1]	1	1	0,4 [1]	11	1,1	0,7 [1]	11	1,1	0,7 [1]
Corriente continua	DC-11	I/I_e	U/U_e	$t_{0,95}$	I/I_e	U_r/U_e	$t_{0,95}$	I/I_e	U/U_e	$t_{0,95}$	I/I_e	U_r/U_e	$t_{0,95}$
		1	1	$6 \cdot P^2$ [2]	1	1	$6 \cdot P^2$ [2]	1,1	1,1	$6 \cdot P^2$ [2]	1,1	1,1	$6 \cdot P^2$ [2]

I_e Corriente nominal de servicio
I Corriente de conexión
I_c Corriente de desconexión
U_e Tensión nominal de servicio
U Tensión en vacío
U_r Tensión de restablecimiento
$t_{0,95}$ Tiempo que transcurre hasta que la corriente alcanza el 95% de su valor estacionario, en milisegundos
$P = U_e \cdot I_e$ Potencia nominal en Vatios

[1]) Los cos φ indicados son valores convencionales y valen para los circuitos de ensayo que simulan datos electricos de las bobinas magnéticas.
[2]) El valor "$6 \cdot P$" se obtiene de una relación empírica válida para la mayoría de las cargas mágnéticas de corriente continua hasta el límite superior de 50 W, para las cuales vale 6 (ms)/(W) · P(W) = 300 (ms). Aqui se presupone que la carga individual máxima que se puede presentar es 50 W y si las potencias son más grandes, la carga está formada por la conexión en paralelo de cargas pequeñas y, por tanto, los 300 ms son un límite superior.

Según VDE 0660 parte 200/9.82 §4.2.2.3, con la protección indicada por el fabricante, los aparatos deben ser resistentes a cortocircuitos de hasta 1000 A. En caso de corrientes de cortocircuito más altas hay que contar, bajo determinadas circumstancias, con una soldadura de los contactos.

La determinación VDE 0100 §42 es determinante en la R.F.A. para la selección de los dispositivos para la protección contra sobreintensidades de cables y conductores.

La tabla 4.3 aclara un ejemplo para la selección de la intensidad nominal del fusible de protección de un circuito auxiliar con 4 contactos y un conductor de Cu con una sección de 1,5 mm².

En DIN 57113 A2/VDE 0113 A2/3.81 sección D 2.3 se exige:

La corriente de cortocircuito más baja posible I_K debe ser calculada y tomada en cuenta para la selección del fusible apropiado cuando se tienen tensiones bajas y conductores de gran longitud o pequeña sección, así como en circuitos eléctricos cuya alimentación se efectúa con transformadores de baja potencia (por ej., circuitos de mando) o, cuando la tensión se aplica a través de dispositivos de protección de alta impedancia.

Protección de transformadores de mando contra cortocircuitos

Cuando se conectan transformadores de mando en vacío, durante el momento de conexión y por corto espacio de tiempo, pueden presentarse altos picos de corriente, los cuales, en algunos casos, pueden alcanzar valores de 40 veces su intensidad nominal.

Esto debe tenerse presente para la selección de los dispositivos de protección contra sobreintensidades.

Cuando se emplean interruptores de potencia 3VE con disparadores *a* y *n*

▷ la corriente de reacción del disparador n debe ser lo suficientemente alta o

▷ el pico de corriente debe ser amortiguado mediante una resistencia, la cual se puentea con un contactor después de la conexión.

Los picos de la corriente de conexión pueden ser dominados con mayor facilidad cuando se emplean fusibles. La protección adecuada contra sobrecargas se logra con un interruptor de potencia

▷ con un disparador *a* cuando se protege en el primario o,

▷ con disparadores *a* y *n* cuando se protege en el secundario del transformador.

Tabla 4.2
Clasificación de aparatos de mando, contactos auxiliares y contactores auxiliares, según NEMA, UL y CSA

Clasificación (solamente CSA y UL)	Datos nominales requeridos por polo						Abreviatura (solamente NEMA) según la tensión nominal		
		Capacidad de maniobra		Intensidad permanente	Capacidad de maniobra (solamente NEMA)				
		Conexión	Desconexión		Conexión	Desconexión	600 V	300 V	150 V
	V	A	A	A	VA	VA			
Corriente alterna									
Heavy Duty	120	60	6	10	7200	720	A600	A300	A150
	240	30	3	10	7200	720	A600	A300	–
	480	15	1,5	10	7200	720	A600	–	–
	600	12	1,2	10	7200		A600	–	–
Standard Duty	120	30	3	5	3600	360	B600	B300	B150
	240	15	1,5	5	3600	360	B600	B300	–
	480	7,5	0,75	5	3600	360	B600	–	–
	600	6	0,6	5	3600		B600	–	–
–	120	15	1,5	2,5	1800	180	C600	C300	C150
	240	7,5	0,75	2,5	1800	180	C600	C300	–
	480	3,75	0,375	2,5	1800	180	C600	–	–
	600	3	0,3	2,5	1800		C600	–	–
–	120	3,6	0,6	1	432	72	–	D300	D150
	240	1,8	0,3	1	432		–	D300	–
–	120	1,8	0,3	0,5	216	36	–	–	E150
Corriente continua									
Heavy Duty	125	2,2	2,2	10	275	275	N600	N300	N150
	250	1,1	1,1	10	275	275	N600	N300	–
	301 a 600	0,4	0,4	10	275		N600	–	–
Standard Duty	125	1,1	1,1	5	138	138	P600	P300	P150
	250	0,55	0,55	5	138	138	P600	P300	–
	301 a 600	0,2	0,2	5	138		P600	–	–

Tabla 4.3
Protección de un circuito auxiliar contra cortocircuitos (ejemplo)

Diagrama de conexión	Interruptor auxiliar	Intensidad nominal máxima del fusible según		Intensidad nominal del fusible que debe seleccionarse
		datos del fabricante	VDE 0100	
		A	A	A
L1				
F1F		–	–	6
		–	16	–
1,5 mm² Cu				
F2F	Relé térmico contra sobrecargas	10	–	–
S1Q	Interruptor de mando	16	–	–
K2M	Contactor	10	–	–
Q1M	Interruptor auxiliar del interruptor de potencia	6	–	–
K1M	Bobina del contactor	16	–	–
N				

4.3 Indicaciones para la utilización de aparatos de maniobra de Siemens para circuitos auxiliares

4.3.1 Formas de evitar perturbaciones en mandos con contactores

Protección del contactor contra los efectos de los cortocircuitos

Los contactores ni son resistentes a los cortocircuitos ni están en capacidad de conectar o desconectar corrientes de cortocircuito. Por tanto, deben protergerse contra los efectos de las corrientes de cortocircuito. Para mayores detalles, véase el capítulo 3.4.2.

Señales inequívocas

Para conectar y desconectar contactores es necesario dar ordenes inequívocas. Cuando se emplean aparatos con contactos inestables, como son termostatos y vigiladores, por ej., de presión, temperatura, etc, no es posible garantizar señales inequívocas, especialmente cuando los aparatos son sometidos a sacudidas. Las señales fluctuantes hacen vibrar al contactor. Los contactos pueden soldarse ya que el contactor cierra y abre con una frecuencia muy alta y, por tanto, se sobrecarga térmicamente.

En los casos, en los que no se pueden evitar las órdenes fluctuantes, es aconsejable emplear un contactor intermedio con retardo de desconexión.

Para la conexión básica, véase el cap. 8.1.5.

Enclavamientos correctos para evitar cortocircuitos

En las conexiones para inversión del sentido de giro y en arrancadores estrella-triángulo es imprescindible efectuar enclavamientos para evitar cortocircuitos al conmutar de un contactor al otro. No puede pasarse por alto, que tanto los aparatos de mando como los contactores deben ser enclavados el uno contra el otro. En caso contrario, el arco de desconexión del contactor que abre todavía puede persistir al conectarse el otro contactor. Por esta razón, pueden producirse cortocircuitos entre las fases, lo cual puede provocar la soldadura de los contactos del contactor que cierra.

Para una conmutación segura de las combinaciones estrella triángulo, mediante enclavamientos probados, véanse los diagramas básicos de conexión en el capítulo 8.3.

Forma de evitar caídas de tensión en los circuitos de accionamiento

Según VDE e IEC (CEI), los contactores deben trabajar correctamente a 0,85 U_c (U_c tensión nominal de accionamiento). Si al conectar un contactor la caída de tensión es mayor que el 15% admisible (contactores 3TB: 20%), por ej., cuando se conecta una carga grande en una red de baya potencia, el contactor puede vibrar al bajar momentáneamente la tensión en el momento que se tocan los contactos principales y se presentan los picos de la corriente de conexión. Esta vibración se produce ya que, debido a la tensión sumamente baja, la fuerza magnética no es suficiente para conectar correctamente al contactor. El cierra y abre con una frecuencia de hasta el doble de la frecuencia de la red, los arcos de desconexión que entonces se producen lo sobrecargan térmicamente. El contactor puede quedarse pegado a los contactos, los cuales entonces se sueldan.

Los registradores gráficos que muy a menudo se instalan para vigilar la tensión en un equipo son demasiado lentos para registrar, durante el servicio, caídas de tensión de esta índole. Aún los instrumentos de medición electrodinámicos o electromagnéticos no permiten una lectura exacta. Estas caídas de tensión solamente pueden medirse con osciloscopios y aparatos de medición electrónicos.

En la 1.ª fase de la proyección instalaciones de maniobra de baja tensión deben de tomarse en cuenta, además de las corrientes estacionarias, las corrientes de conexión de las cargas que se conectan simultaneamente y la corriente de conexión de la mayor de las cargas.

Las tensiones de la instalación completa, es decir incluyendo el transformador principal, los conductores del secundario, los transformadores de mando y los conductores de los circuitos de mando, pueden ser comprobadas con el siguiente modelo:

Caída de tensión en los conductores de mando en el momento de la conexión

La caída de tensión en los conductores de mando se calcula con la ecuación

$$u_m = \frac{P_A \cdot l}{5 \cdot U_c^2} \cdot R_L \cdot \cos \varphi_{con}. \qquad (4.1)$$

Aquí significan:

u_m Caída de tensión en los conductores de mando en %

P_A Potencia de conexión del contactor en VA (para los valores, véase el catálogo NS 2)

l Longitud sencilla de los conductores de mando en m

U_c Tensión nominal de accionamiento en V

R_L Resistencia óhmica por unidadde longitud de los conductores de mando en Ω/km (para los valores, véase el capítulo 9.3.2.5)

$\cos \varphi_{con}$ Factor de potencia de la bobina del contactor al conectar (para los valores, véase el catálogo NS 2)

Promedio de la caída de tensión en el transformador de mando

Dicha caída de tensión u_{Tm} tiene un valor medio de

$$u_{Tm} = 5\%. \qquad (4.2)$$

Aquí se sobreentiende que el transformador ha sido elegido correctamente. (¡Compárese con el capítulo 2.1.1!).

Caída de tensión en las líneas principales, en el secundario del transformador:

La caída de tensión en las líneas principales se calcula con la igualdad

$$u_L = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l}{10 \cdot U_N} \cdot (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \operatorname{sen} \varphi). \qquad (4.3)$$

Aquí significan:

u_L Caída de tensión en las líneas principales en %

I Corriente máxima al conectar la carga en A

l Longitud sencilla de las líneas principales en m

U_N Tensión nominal en V (por ej., la tensión del secundario del transformador en vacío)

R_L Resistencia óhmica por unidad de longitud de cada línea principal en Ω/km (para los valores, véase el capítulo 9.3.2.5)

X_L Resistencia inductiva por unidad de longitud de cada línea principal en Ω/km (para los valores, véase el capítulo 9.3.2.5)

$\cos \varphi$ Factor de potencia mientras circula la corriente de arranque de los motores (véase la tabla 4.4)

$\operatorname{sen} \varphi$ Función trigonométrica que depende del factor de potencia (véase la tabla 4.4)

Tabla 4.4
Valores medios del cos φ y del sen φ durante el arranque de motores trifásicos con rotor de jaula

Motores con una corriente nominal	cos φ	sen φ
hasta 16 A	0.65	0,76
sobre 16 A	0,35	0,94

Caída de tension en las barras colectoras

La caída de tensión en barras colectoras con una longitud de hasta 5 m puede ser despreciada. Cuando la longitud de las barras es mayor, la caída de tensión se calcula con la fórmula 4.3, con:

$X_L \approx 0{,}15\ \Omega/\text{km}$.

Caída de tensión en el transformador principal

El cálculo de la variación de la tensión en el secundario de un transformador, como consecuencia de las caídas de tensión internas, se efectúa con la siguiente igualdad:

$$u_\varphi = u'_\varphi + \frac{u''^2_\varphi}{200}. \qquad (4.4)$$

u'_φ y u''_φ se calculan de la siguiente manera:

$$u' = u_x \cdot \operatorname{sen} \varphi + u_R \cdot \cos \varphi \qquad (4.4')$$

$$u'' = u_x \cdot \cos \varphi - u_R \cdot \operatorname{sen} \varphi.$$

Aquí significan:

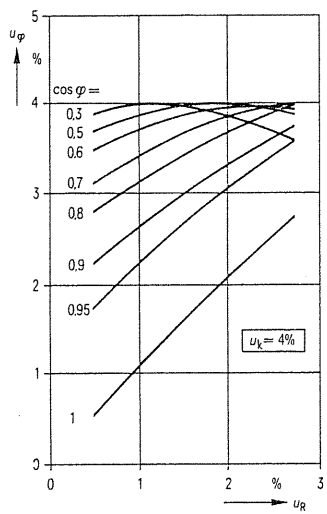
u_φ Variación de la tensión en transformadores comunes con $u_k = 4\%$ (figura 4.1 a) o $u_k = 6\%$ (figura 4.1 b) en %

u_x Tensión de dispersión en % ($u_X = \sqrt{u_k^2 - u_R^2}$)

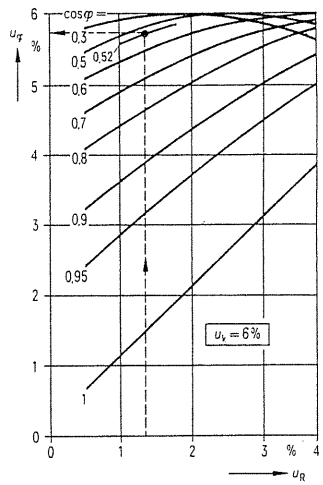
u_R Caída de tensión óhmica en %

u_k Tensión nominal de cortocircuito en %

φ Angulo de fase



a) Tensión de cortocircuito de los transformadores para $u_k = 4\%$



b) Tensión de cortocircuito de los transformadores para $u_k = 6\%$

$u_R = P_k / P_N \cdot 100\%$
P_k Pérdidas de cortocircuito del transformadores en kW
P_N Potencia nominal del transformador en kVA

Fig. 4.1
Variación de la tensión u para distintas tensiones de cortocircuito de los transformadores

Para una carga cualquiera con la corriente I, la caída de tensión es igual a:

$$u_T = u_\varphi \frac{I}{I_N}. \qquad (4.5)$$

Aquí significan:

u_T Caída de tensión en el transformador en %
u_φ Variación de la tensión en %
I Carga con una corriente de cualquier valor en A (por ej., carga de breve duración al conectar un motor)

La corriente I se calcula de:

$$I = \sqrt{I_{ef}^2 + I_r^2} \qquad (4.6)$$

I_{ef} Corriente efectiva
I_r Corriente reactiva

I_N Corriente nominal del transformador en A

$$I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3}\, U_0} \qquad (4.7)$$

P_N potencia nominal del transformador
U_0 Tensión en el secundario del transformador

Caída de tensión en la línea principal de alta tensión

Esta caída de tensión es generalmente despreciable. En caso necesario puede calcularse con la ecuación 4.3.

Ejemplo

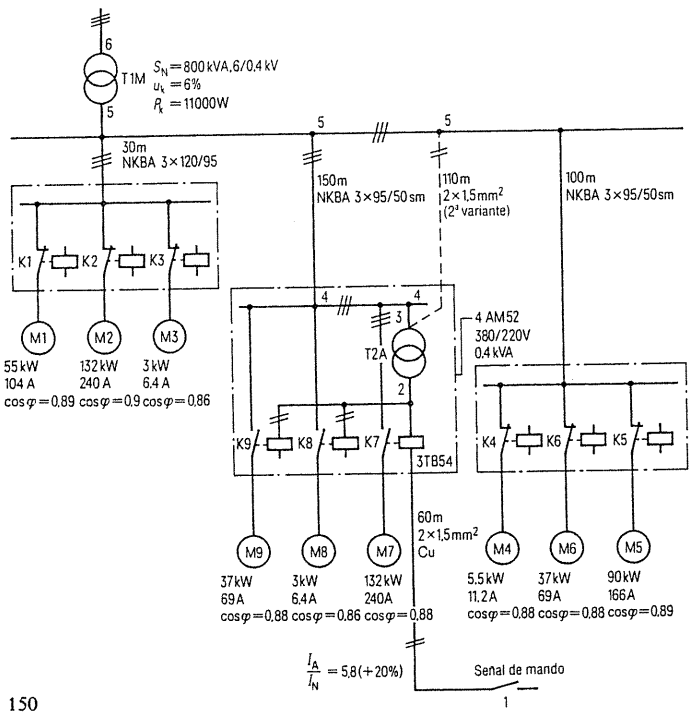
Un transformador con una potencia de 800 kVA alimenta una instalación compuesta por 9 motores M1 a M9, los cuales son arrancados en el orden correspondiente a su numeración.

Los datos técnicos del transformador, de los motores y del mando a base de contactores se encuentran en la figura 4.2.

El contactor K7 conecta el motor de mayor potencia M7 (132 kW).

El total de la caída de tensión esta compuesto por la suma de las caídas de tensión parciales:

u_{12} entre los puntos nodales 1 y 2
u_{23} entre los puntos nodales 2 y 3
u_{35} entre los puntos nodales 3 y 5
u_{56} entre los puntos nodales 5 y 6



T1M Transformador
T2A Transformador de mando
K1 a K9 Contactores
1 a 6 Puntos nodales para el cálculo de las caídas de tensión individuales

Fig. 4.2
Ejemplo para el cálculo de las caídas de tensión posibles en el circuito de mando de una instalación

La carga total del transformador al conectar el motor M7 está indicada en la tabla 4.5. La tabla 4.6 contiene los datos conocidos y las operaciones intermedias para el cálculo de las caídas de tensión.

Determinación de las caídas de tensión

▷ Caída de tensión en los conductores de mando, calculada con la ecuación (4.1)

$$u_{12} = \frac{P_A \cdot l}{5 \cdot 220^2} \cdot R_L \cdot \cos\varphi_{con}$$

$$u_{12} = \frac{980 \cdot 60}{5 \cdot 220^2} \cdot 14{,}47 \cdot 0{,}47 = 1{,}6\%.$$

▷ Caída de tensión en el transformador de mando T2A, calculada según la fórmula (4.2)

$$u_{23} = u_{Tm} = 5\%.$$

▷ Caída de tensión en las líneas principales, en el secundario del transformador, calculada con la igualdad (4.3)

$$u_{35} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l}{10 \cdot U_N} \cdot (R_L \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \operatorname{sen}\varphi)$$

$$u_{35} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1680 \cdot 150}{10 \cdot 400} \cdot (0{,}232 \cdot 0{,}35 + 0{,}087 \cdot 0{,}94)$$

$$= 17{,}7\%.$$

Tabla 4.5
Carga total del transformador de la figura 4.2 cuando se conecta el motor M7
(Cálculo según la ecuación 4.6)

Motores previamente conectados	Motores a conectar	Corrientes I de los motores, valores tomados de la fig. 4.2 A	cos φ, de la fig. 4.2	sen φ	Corriente efectiva $I_{ef} = I \cdot \cos\varphi$ A	Corriente reactiva $I_{re} = I \cdot \operatorname{sen}\varphi$ A
M1		104 (Corriente nominal)	0,89	0,45	92,5	46,8
M2		240 (Corriente nominal)	0,9	0,43	216	103,2
M3		6,4 (Corriente nominal)	0,86	0,51	5,5	3,2
M4		11,2 (Corriente nominal)	0,88	0,48	9,8	5,3
M5		166 (Corriente nominal)	0,89	0,45	147,7	74,7
M6		69 (Corriente nominal)	0,88	0,48	60,7	33,1
	M7	1680 (Corriente de arranque)	0,35	0,94	588	1579,2
Carga total del transformador al conectar el motor M7					1120,2	1845,5

Tabla 4.6
Valores conocidos y cálculos intermedios para determinar las caídas de tensión

Magnitud	Valor	Origen
Para la ecuación (4.1):		
Contactor	3TB54	Fig. 4.2
P_A	980 VA	Catálogo NS2
cos φ_{con}	0,47	Catálogo NS2
l_{SL}	60 m, q=1,5 mm²	Fig. 4.2
U_c	220 V	Fig. 4.2
R_{SL}	14,47 Ω/km	Cap. 9.3.2.5
Para la ecuación (4.3):		
l_L	150 m, q=95 mm²	Fig. 4.2
U_N	400 V	Fig. 4.2
R_L	0,232 Ω/km	Cap. 9.3.2.5
X_L	0,087 Ω/km	Cap. 9.3.2.5
Conexión del motor M7		
cos φ	0,35	Tabla 4.5
sen φ	0,94	Tabla 4.5
I_A	5,8+20%[1])	Fig. 4.2
I_N	240 A	Fig. 4.2
$I_A = 5{,}8 \cdot 1{,}2 \cdot 240$	1670 A	
Para la ecuación (4.5):		
P_K	11000 W	Fig. 4.2
P_N	800000 VA	Fig. 4.2
$u_R = \frac{P_K}{P_N} 100$	$\frac{11000}{800000} \cdot 100 = 1{,}38\%$	
u_k	6%	Fig. 4.2
u_φ	5,75%	Fig. 4.1 a
U_0	400 V	Fig. 4.2
Ecuación (4.6):		
$I_{ef} = I \cdot \cos\varphi$	1120,2	Tabla 4.5
$I_{re} = I \cdot \operatorname{sen}\varphi$	1845,5	Tabla 4.5
$I = \sqrt{I_w^2 + I_b^2}$	$\sqrt{1120^2 + 1845{,}5^2} = 2158{,}87$	
$\cos\varphi = \frac{I_w}{I}$	$\frac{1120{,}2}{2158{,}87} = 0{,}5188$	
Ecuación (4.7):		
$I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3}\, U_0}$	$\frac{800000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1155$ A	

[1]) Tolerancia admisible según VDE

▷ La caída de tensión en las barras colectoras puede despreciarse.

▷ Caída de tensión en el transformador principal T1M, calculada con la ecuación (4.5)

$$u_{56} = u_T = u \cdot \frac{I}{I_N}$$

$$u_{56} = 5{,}75 \cdot \frac{2158{,}87}{1155} = 10{,}7\%.$$

▷ La caída de tensión en la línea principal de alta tensión puede despreciarse.

Caída de tensión, valor total

La caída de tensión u_{36} en el primario del transformador de mando T2A (entre los puntos nodales 3 y 6) tiene un valor de

$$u_{36} = u_{35} + u_{56} = 17{,}7 + 10{,}7 = 28{,}4\%.$$

Esto significa, que la tensión aplicada en el primario del transformador de mando U_3 (punto nodal 3) tiene un valor de

$$U_3 = 400 - \frac{28{,}4}{100} \cdot 400 = 286{,}4\ \text{V}.$$

Tomando como base que una tensión de 380 V debe aplicarse al primario del transformador de mando, la caída de tensión alcanza un valor total de

$$u'_{36} = \frac{380 - 286{,}4}{380} \cdot 100 = 24{,}6\%.$$

La caída de tensión u_{16} desde el transformador T1M (punto nodal 6) hasta la bobina del contactor K7 (punto nodal 2), incluyendo los conductores de mando hasta el emisor de la señal de mando, se compone de:

$$u_{16} = u_{12} + u_{23} + u'_{36}$$
$$= 1{,}6\% + 5{,}0\% + 24{,}6\% = 31{,}2\%.$$

Con ésto, no puede garantizarse un funcionamiento correcto del contactor K7, ya que $u_{16} > 20\%$ (la caída de tensión admisible para los contactores 3TB es el 20%).

Modificación de la instalación

Para poder garantizar un funcionamiento correcto del contactor K7 puede efectuarse una de las siguientes modificaciones de la instalación:

▷ Utilizar un transformador de alimentación T1M de mayor potencia.

▷ Agrandar la sección del cable entre los puntos nodales 4 y 5.

▷ Una solución económica, que en algunas ocasiones puede realizarse, es el tendido por separado de una línea de mando de $2 \times 1{,}5\ \text{mm}^2$ entre el primario del transformador de mando T2A (punto nodal 3) y las barras colectoras (punto nodal 5). Esta línea adicional se dibujo a trazos en la figura 4.2.

La caída de tensión en esta línea adicional entre los puntos 3 y 5 se calcula con la ecuación (4.1):

$$u'_{35} = \frac{P_A \cdot l}{5 : U_c^2} \cdot R_L \cdot \cos\varphi_{con}$$

$l = 110$ m (fig. 4.2)
$U_c = 380$ V
P_A, $\cos\varphi_{con}$ y R_L se determinan con ayuda de la fig. 4.6.

$$u'_{35} = \frac{980 \cdot 110}{5 \cdot 380^2} \cdot 14{,}47 \cdot 0{,}47 = 1{,}02\%.$$

En comparación con u_{35}, la caída de tensión se reduce en:

$$u_{35} - u'_{35} = 17{,}7 - 1{,}02 = 16{,}68\%.$$

Con ésto, el total de la caída de tensión alcanza un valor de:

$$u'_{16} = u_{16} - 16{,}68 = 31{,}2 - 16{,}68 = 14{,}52\%.$$

Es decir, al tender una línea adicional entre los puntos 3 y 5, la caída de tensión entre el transformador principal T1M y el transformador de mando se reduce a $u_{16} < 20\%$ y, por tanto, el contactor K7 trabaja correctamente cuando se conecta el motor M7.

4.3.2 Conductores largos en circuitos de mando – Problemas e indicaciones para dimensionarlos

Si la longitud de los conductores de mando de las bobinas de contactores, relés, disparadores de mínima tensión, etc. es considerable (por ej., 100 m a 220 V ~), deben considerarse los siguientes puntos:

▷ Máxima caída de tensión admisible en los 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 debida a la corriente capacitiva de compensación (de suma importancia para los contactos con una capacidad de conexión relativamente pequeña, por ej., en contactos con atmósfera protectora).

Caída de tensión

Las bobinas de los contactores todavía trabajan correctamente cuando la tensión baja hasta 0,85 veces del valor de la tensión nominal de accionamiento (en los contactores de Siemens hasta 0,8 veces del mismo valor). Por lo general, la tensión puede fluctuar hasta en un 10%. Por esta razón, la caída de tensión en los conductores de mando no debe ser mayor del 5% (para los contactores 3TB de Siemens 10%).

El cálculo aproximado de la longitud sencilla admisible del conductor l_{adm} se efectúa con:

$$l_{adm} = \frac{5 \cdot U_c^2 \cdot u}{R \cdot P_A} \quad \text{(en metros)}$$

para corriente continua (4.8)

$$l_{adm} = \frac{5 \cdot U_c^2 \cdot u}{R \cdot P_A \cdot \cos\varphi_{con}} \quad \text{(en metros)}$$

para corriente alterna. (4.9)

Aquí significan:

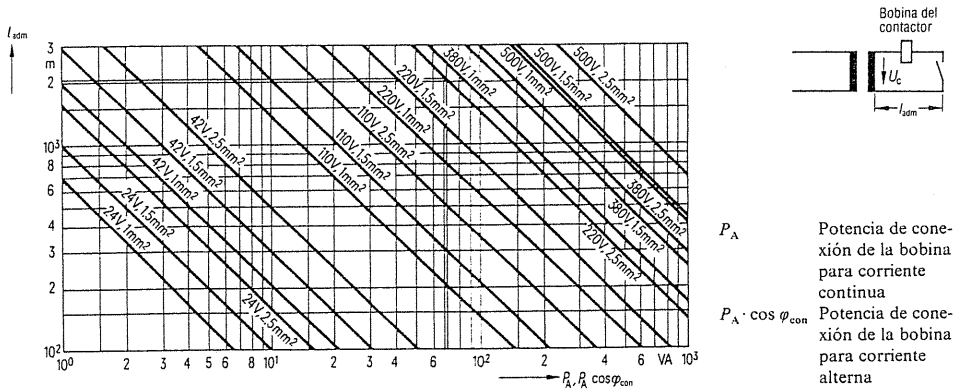
U_c	Tensión nominal de accionamiento en V,
u	Caída de tensión en los conductores de mando en %,
R	Resistencia óhmica de cada conductor de mando en Ω/km,
P_A	Potencia de conexión del contactor en VA (para los valores, véase el catálogo NS2),
$\cos\varphi_{con}$	Factor de potencia de la bobina del contactor al conectar.

De las ecuaciones (4.8) y (4.9) se deduce lo siguiente:

Mientras más alta sea la tensión nominal de accionamiento de la bobina del contactor o mayor sea la sección del conductor de mando (R es menor), mayor es la longitud admisible de los conductores de mando.

Cuando se aumenta la tensión nominal de accionamiento de las bobinas de corriente alterna de los contactores, hay que tomar en cuenta la influencia de la capacidad de los conductores.

La figura 4.3 muestra la longitud admisible l_{adm} de conductores de mando de sección usual para distintas tensiones nominales de accionamiento U_c y una caída de tensión máxima admisible $u = 5\%$.



P_A Potencia de conexión de la bobina para corriente continua

$P_A \cdot \cos\varphi_{con}$ Potencia de conexión de la bobina para corriente alterna

Fig. 4.3
Longitud sencilla admisible l_{ad} de conductores de mando (cobre) en dependencia de la carga, cuando se conectan bobinas de contactores, teniendo la sección del conductor y la tensión de accionamiento como parametros

VER LBM2X018.OTE

Influencia de la capacidad de los conductores en el accionamiento de los contactores con bobina para corriente alterna

La capacidad de los cables de mando con dos o tres conductores no tiene influencia negativa sobre el accionamiento de los contactores si el emisor de mando se encuentra en las cercanías de la alimentación (fig. 4.4).

Por lo general, sin embargo, el contactor se instala en las cercanías de la alimentación y el aparato de mando se instala por separado, por ej., en el tablero de mando (fig. 4.5).

En este caso, después de abrir el emisor de mando, permanece entre los conductores una diferencia de potencial.

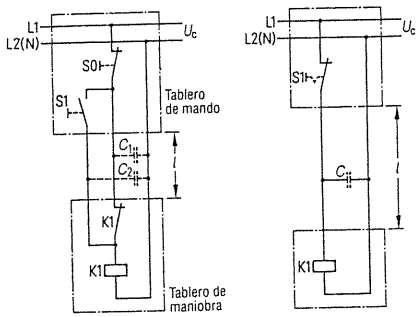
Los conductores, los cuales se encuentran a diferente potencial, actúan como un condensador cuya capacidad es mayor cuanto más largos sean los conductores y mayor sea el número de conductores a diferente potencial. En el caso de los cables de mando puede contarse con una capacidad de 0,3 µF/km entre dos conductores.

Cuando se tienen tres conductores, como es el caso en la fig. 4.5 (accionamiento de un contactor mediante pulsadores y autorretención), de los cuales, al abrir el pulsador S0, dos quedan al mismo potencial y el tercero a otro, la capacidad alcanza un valor de 0,6 µF/km aproximadamente.

Esta capacidad hace que circule una corriente a través de la bobina del contactor, aunque el emisor de mando esté abierto. Si esta corriente es lo suficientemente alta, hay que contar con que la bobina del contactor permanezca exitada y, por tanto, el contactor puede quedar conectado.

Capacidad y longitud crítica de los conductores

Con capacidad y longitud crítica de los conductores se denominan los valores límite, que al ser sobrepasados puede presentarse la perturbación antes mencionada, de tal manera, que el contactor permanece conectado aunque el emisor de mando esté abierto. Cuando se tienen conductores de mando muy largos, por ej., de algunos cientos de metros, es aconsejable determinar, ya durante la proyección, si las longitudes de los conductores previstos y, por tanto, las capacidades de los mismos sobrepasan los valores críticos de cada uno de los contactores. Si esto llegase a ocurrir, deben tomarse medidas para eliminar las influencias perturbadoras.

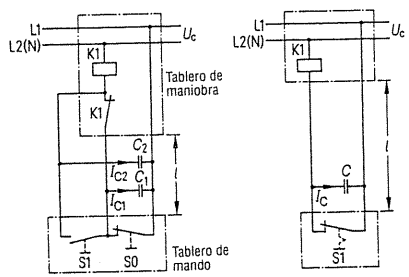


a) Accionamiento por pulsadores

b) Accionamiento por interruptor de mando

C, $C1$, $C2$ Capacidades de los conductores de mando
l Longitud sencilla de los conductores de mando

Fig. 4.4
Emisor de mando en las cercanías de la alimentación del circuito de mando, contactor colocado por separado (las figuras muestran al contactor accionado)



a) Accionamiento por pulsadores

b) Accionamiento por interruptor de mando

C, $C1$, $C2$ Capacidades de los conductores de mando
I_c, I_{c1}, I_{c2} Corrientes capacitivas

Fig. 4.5
Contactor en las cercanías de la alimentación del circuito de mando, emisor de mando colocado por separado (las figuras muestran al contactor accionado); ésta es la disposición normal de los aparatos

Para la longitud crítica de los conductores vale:

$$l_{cr} = \frac{500 \cdot P_M}{2 \cdot 0{,}3 \cdot U_c^2} \cdot 10^3 \text{ (m)}$$

para accionamiento por pulsadores (4.10)

$$l_{cr} = \frac{500 \cdot P_M}{0{,}3 \cdot U_c^2} \cdot 10^3 \text{ (m)}$$

para accionamiento por interruptor de mando (contacto permanente). (4.11)

En redes de 60 Hz deben reducirse los valores calculados con las ecuaciones 4.10 y 4.11 en un 20%.

Para un cálculo rápido se dan en la tabla 4.7 y en la figura 4.6 los valores críticos de la capacidad y longitud de los conductores para los contactores. Dichos valores se calcularon con las ecuaciones 4.10 y 4.11.

Determinación de la influencia capacitiva sobre el accionamiento de los contactores mediante la medición de la corriente de fuga en mandos existentes a base de contactores

Al tender juntos conductores de mando largos (fig. 4.7) se originan entre los circuitos adyacentes corrientes capacitivas de compensación, las cuales no pueden determinarse mediante cálculo al proyectar la instalación. Además, al efectuar la instalación, pueden darse cambios con respecto a la proyección. Al poner en marcha la instalación es posible que la capacidad de los conductores sea mayor que la capacidad crítica para los contactores individuales. Las capacidades de los conductores que realmente son efectivas en las instalaciones pueden determinarse mediante la medición de la corriente de fuga.

En lugar de la bobina del contactor se conecta un amperímetro muy sensible. Para evitar cortocircuitos a través del amperímetro sensible, es aconsejable desconectar ambos extremos de los conductores (fig. 4.7b). Todos los conductores se llevan al mismo potencial (por ej., puentes entre 1 y 2, así como entre 3, 4, 5 y 6 en la fig. 4.7b) cuando se desea comprobar la desexitación de la bobina del contactor K1M estando conectado el contactor K2M.

La capacidad efectiva de los conductores que afecta al contactor se calcula con:

$$C_L = \frac{1000 \cdot I_c}{2\pi \cdot f \cdot U_c} \text{ [µF]}. \quad (4.12)$$

Tabla 4.7
Capacidad crítica de los conductores y las correspondientes longitudes críticas, para una tensión nominal de accionamiento de 220 V, 50 Hz, tomando en cuenta una sobretensión del 10%

Contactor	Capacidad crítica de los conductores	Longitudes críticas de los conductores para accionamiento por	
		pulsadore	interruptores de mando
	µF	m	m
3TJ1 y 5	0,055	93	185
3TH80, -82, -83	0,085	142	285
3TB40, -41, -42, -43, -44			
3TB46	0,137	228	455
3TB47 y -48	0,222	370	740
3TB50	0,273	455	911
3TB52	0,376	626	1252
3TB54	0,529	882	1765
3TB56	0,717	1195	2390
3TB58 [1])	0,939	1565	3130
3TC44	0,085	142	285
3TC48	0,222	370	740
3TC52	0,376	626	1252
3TC56	0,717	1195	2390

[1]) El sistema magnético del contactor 3TB58 reduce la capacidad crítica que corresponde a su potencia

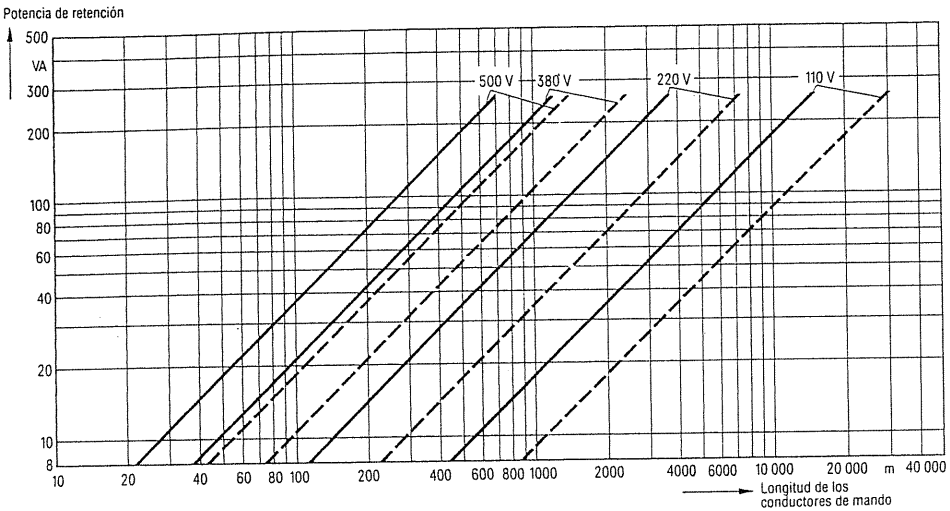
Aquí significan:

I_c Corriente capacitativa de fuga medida en mA
f Frecuencia de la red del circuito de mando en Hz
U_c Tensión nominal de accionamiento en V

Para la tensión de mando normal de 220 V, 50 Hz, el valor es:

$C_L = 0{,}0145\ I_c$.

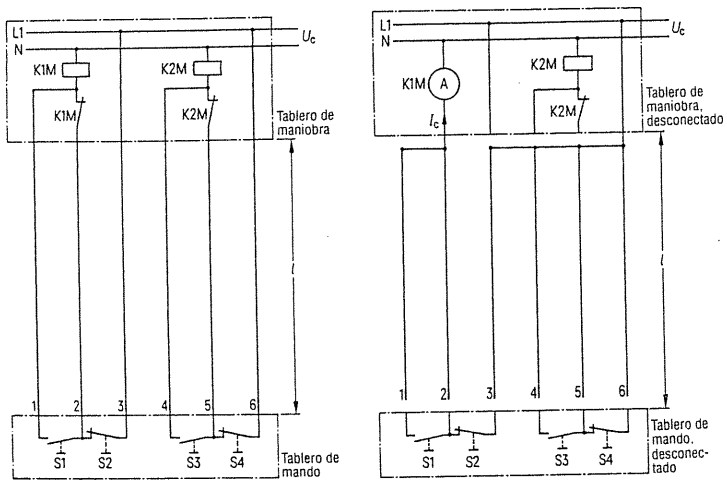
Para las tensiones nominales de accionamiento más usuales en redes de 50 Hz pueden determinarse con la fig. 4.8 las capacidades de los conductores en función de la corriente de fuga medida.



P_H Potencia de retención
l Longitud de los conductores de mando

——— Accionamiento por pulsadores
– – – – – Accionamiento interruptores de mando

Fig. 4.6
Valores de orientación para las longitudes admisibles de los conductores de mando, en dependencia de la tensión nominal de accionamiento (50 Hz, 10% de sobretensión ha sido considerado) y de la potencia de retención de las bobinas. Para 60 Hz los valores se reducen en un 20%



a) Diagrama del circuito de mando

b) Diagrama para la medición

Fig. 4.7
Determinación de la capacidad efectiva de los conductores mediante la medición de la corriente I_c

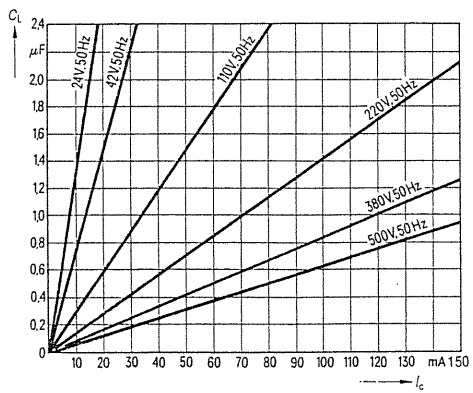


Fig. 4.8
Capacidad de los conductores C_L, en dependencia de la corriente de fuga medida I_c, según la ecuación 4.12, para diversas tensiones nominales de accionamiento en redes de 50 Hz

Medidas contra las influencias perturbadoras de las capacidades de los conductores

Si durante la proyección o puesta en marcha de una instalación en la cual se emplean conductores largos se comprueba que la longitud de los mismos sobrepasa la longitud crítica (por ej., según la tabla 4.7 o la fig. 4.6) y, por tanto, al dar la orden DES los contactores permanecen cerrados, hay que contrarrestar los efectos de la capacidad de los conductores con una de las siguientes medidas:

Empleo de tensión continua como tensión de mando

Al emplear una tensión continua como tensión de mando, cuando se da la orden de desconexión, la capacidad de los conductores se descarga, dentro del tiempo de desconexión, a través de la bobina del contactor. Un retardo adicional en la apertura no es palpable.

Empleo de una tensión de mando más baja

Al reducir la tensión de mando, las capacidades y longitudes críticas de los conductores aumentan.

Al emplear tensiónes de mando más bajas, debe tenerse presente la caída de tensión admisible en los conductores de mando, la cual se comprueba mediante la ecuación 4.8 o 4.9.

Las tensiones de mando bajas son económicas, sobre todo en instalaciones con un número elevado de contactores. El valor de la tensión se elige en conformidad a los conductores de la derivación más crítica. Para identificarla, se calcula para una tensión ficticia, por ej., 220 V, el cociente C_L/C_{cr} de cada derivación. La derivación con el cociente más alto es la más crítica.

Conectar en paralelo consumidores adicionales

Esta conexión es económicamente aceptable solamente en mandos con contactores pequeños (por ej., contactores auxiliares 3TJ y 3TH).

Mediante los consumidores adicionales en paralelo a la bobina del contactor, se limita la tensión de la bobina a valores por debajo de la tensión de retención.

Los consumidores adicionales pueden ser tanto óhmicos como capacitivos.

Consumidores óhmicos adicionales

Los consumidores óhmicos adicionales son solamente aceptables cuando sus pérdidas son menores que 10 W. La resistencia apropiada se calcula con:

$$R_p = 1000 \cdot \frac{1}{G_1} \quad \text{(en } \Omega\text{)}. \tag{4.13}$$

La potencia de la resistencia se calcula con:

$$P_p = \frac{U_c^2}{R_p} \quad \text{(en W)}. \tag{4.14}$$

Exigencia: $P_p < 10$ W.

Aquí significan:

C_L Capacidad de los conductores, en µF (cálculo según la ecuación 4.12 o medición)
U_c Tensión nominal de accionamiento en V
R_p Resistencia óhmica adicional para conectar en paralelo en Ω
P_p Potencia de la resistencia adicional en W

Al elegir el sitio de colocación de la resistencia debe tenerse en cuenta que, con carga nominal, la temperatura de servicio puede alcanzar varios cientos de grados centígrados.

Consumidores capacitivos adicionales

Los consumidores capacitivos adicionales (elementos RC) tienen pocas pérdidas. La conexión se efectúa como se indica en la figura 4.9.

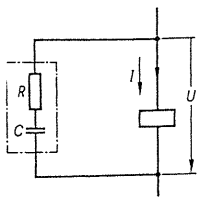


Fig. 4.9
Conexión de los consumidores capacitivos adicionales a la bobina del contactor

Atención: A pesar de que las conexiónes son iguales, no deben confundirse los consumidores adicionales capacitivos con los elementos RC para limitar las sobretensiones cuando se desconectan contactores (véase el capítulo 4.3.3). Los consumidores adicionales capacitivos son de mayor potencia que los elementos RC para limitar las sobretensiones y pueden, por tanto, ser utilizados simultáneamente para ambas aplicaciones.

Para determinar el tamño del consumidor capacitivo adicional vale:

$$C_p = 4{,}5 \cdot C_L \quad \text{(en } \mu\text{F)}. \tag{4.15}$$

El condensador se selecciona de acuerdo a 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:

$$P_P = R_p \cdot \left(\frac{U_c \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_p}{10^6} \right)^2 \quad \text{(en W)}. \tag{4.16}$$

Aquí significan:

- C_l Capacidad de los conductores en µF (cálculo según la ecuación 4.12 o medición),
- U_c Tensión nominal de accionamiento en V,
- R_p Resistencia adicional para el circuito RC, valor preferencial $R_p = 100\ \Omega$,
- f Frecuencia nominal en Hz,
- C_p Condensador adicional para el circuito RC en µF.

Para $U_c = 220$ V, 50 Hz y $R_p = 100\ \Omega$ se obtiene de la ecuación 4.16:

$$P_p \approx 0{,}5 \cdot C_p^2 \quad \text{(en W)}.$$

Cuando se emplean consumidores capacitivos adicionales, el tiempo de apertura de los contactores puede prolongarse hasta en 50 ms.

Los consumidores capacitivos adicionales son económicamente aceptables solamente para contactores individuales con conductores de mando largos. Esto se debe a que a cada bobina hay que conectarle en paralelo un elemento RC, lo cual encarece considerablemente las instalaciones con un número alto de contactores.

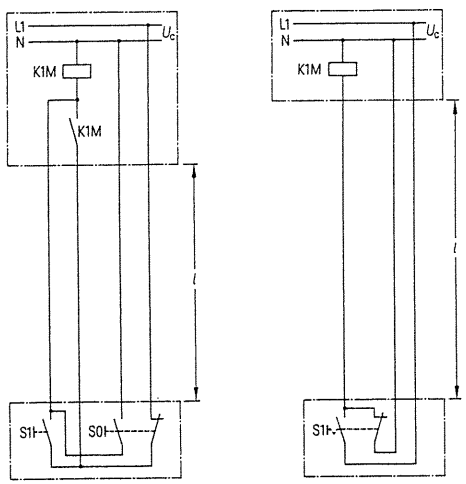
Puesta en cortocircuito de la bobina del contactor

Al dar la orden de desconexión se unen eléctricamente los bornes de la bobina como se indica en la fig. 4.10. Este puente adicional hace que el contactor desconecte con seguridad. Para poder realizar esta medida hay que tender un conductor adicional para el mando y deben emplearse emisores de señales con un contacto NC adicional.

El tiempo de apertura del contactor puede alargarse a varios cientos de milisegundos.

Empleo de un contactor de mayor tamaño

De la tabla 4.7 y figura 4.6 se deduce que la longitud crítica de los conductores aumenta con el tamaño de los contactores, es decir, conforme aumenta la potencia de la bobina.



a) Accionamiento por pulsadores

b) Accionamiento por interruptores de mando

Fig. 4.10
Circuito de mando con conductores largos ($l > l_{cr}$) y bobina del contactor cortocircuitada en la posición DES

Carga adicional en los contactos debida a la corriente capacitiva de compensación

Al utilizar aparatos con una capacidad de conexión relativamente baja, como es el caso de los contactos en atmósfera protectora, deben evitarse igualmente los conductores largos. Al cerrar, los contactos deben transportar la corriente de descarga correspondiente a la capacidad del cable. Estas corrientes altas pueden provocar una soldadura de los contactos.

Para mayores detalles, véase el catálogo NS2, interruptores de posición (fin de carrera) con accionamiento magnético, tipo 3SE6.

4.3.3 Limitación de las sobretensiones durante la desconexión de contactores, por medio de elementos RC

Al desconectar las bobinas de los contactores se originan sobretensiones, las cuales ponen en peligro a los elementos sensibles a la tensión conectados en paralelo a ellas; así mismo, pueden provocar perturbaciones serias debido a acoplamientos capacitivos con los conductores de mando de circuitos electrónicos.

Para amortiguar tales sobretensiones se conectan en paralelo con la bobina del contactor diferentes elementos o sus combinaciones, por ejemplo:

- ▷ Resistencias
- ▷ Díodos
- ▷ Resistencias y díodos en serie
- ▷ Varistores
- ▷ Condensadores
- ▷ Resistencias y condensadores en serie

Entre las posibilidades antes mencionadas no conviene emplear resistencias y díodos, ya que estos elementos de baja resistencia óhmica, conectados en paralelo con las bobinas de los contactores, originan generalmente un retardo inadmisible de la apertura del contactor.

Por el contrario, los varistores y los elementos RC, conectados en paralelo a las bobinas de los contactores (hasta 220 V), tienen poca influencia en el comportamiento de las mismas.

La solución más económica es la conexión con elementos RC.

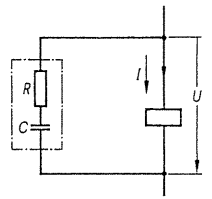


Fig. 4.11
Conexión del circuito RC a la bobina del contactor

Conexión de contactores con accionamiento por corriente continua con elementos RC (véase la fig. 4.11)

Capacidad C del condensador

La capacidad necesaria del condensador se determina con:

$$C = k \cdot \frac{\tau}{R}. \tag{4.17}$$

Tamaño y potencia de la resistencia

El valor de la resistencia del elemento RC debe elegirse aproximadamente igual al valor de la resistencia de la bobina:

$$R_c = \frac{U_c^2}{P_H} R. \tag{4.18}$$

Ya que en servicio con tensión continua no fluye ninguna corriente por el elemento RC cuando el contactor está conectado, la potencia requerida para la resistencia se compone solamente de la potencia de conexión y desconexión, y puede ser calculada como sigue:

$$P_R = 1{,}5 \cdot (\tau \cdot 10^{-3} \cdot P_H + 3 \cdot C \cdot 10^{-6} \cdot U_c^2) \cdot z \cdot \frac{1}{3600} \tag{4.19}$$

Aquí significan:

- C Capacidad del condensador en µF
- k Factor tomado de la figura 4.12 (contiene diversos parámetros, por ej., límite deseado para la sobretensión)
- τ Constante de tiempo de la bobina del contactor en ms (fig. 4.13)
- R Resistencia de la bobina del contactor en Ω
- R_c Resistencia del elemento RC en Ω
- U_c Tensión nominal de accionamiento en V
- P_H Potencia de retención de la bobina en W
- P_r Potencia nominal de la resistencia del elemento RC en W
- z Maniobras por hora

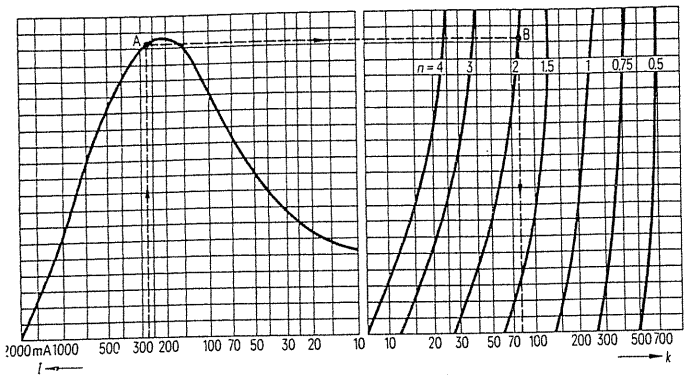
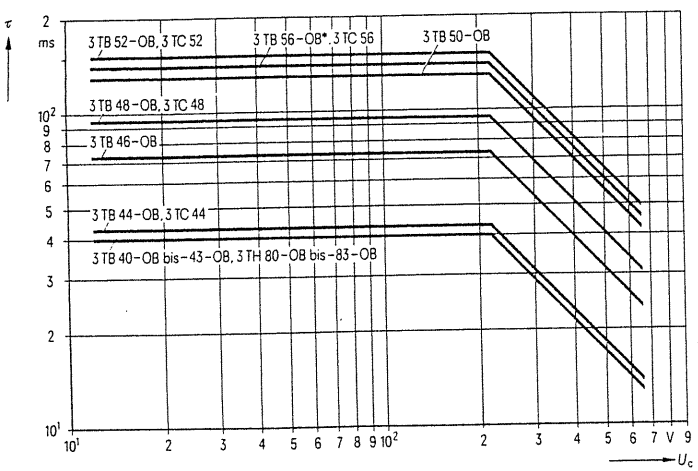


Fig. 4.12
Determinación del factor k de la ecuación 4.17
(En la figura izquierda se determina el punto A en dependencia de la corriente de la bobina $I = P/U$.
Este punto se proyecta a la curva del factor de limitación n deseado, obteniendose así el punto B. En la abscisa puede leerse entonces el factor k)



* Bobina con resistencia preconectada para cada U_c

Fig. 4.13
Constante de tiempo $\tau = L/R$ en dependencia de la tensión nominal de accionamiento U_c de diversos contactores con bobina para corriente continua (contactor accionado)

Conexión de contactores con accionamiento por corriente alterna con elementos RC

Capacidad del condensador:

$$C = g \cdot \frac{P_H}{f \cdot U_c^2}. \qquad (4.20)$$

Tamaño y potencia de la resistencia

El valor de la resistencia se calcula con:

$$R_c = \frac{U_c^2}{P_H} \cdot \cos\varphi. \qquad (4.21)$$

Para el cálculo de la potencia total de la resistencia hay que considerar la potencia de conexión y desconexión de la bobina, asícomo, en contraposición a la corriente continua, la potencia permanente.

$$P_R = \frac{R_c \cdot U_c^2}{R_c^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C \cdot 10^{-6}}\right)^2} + 3\left(\frac{P_H\sqrt{1-\cos\varphi}}{\omega} + 3 \cdot C \cdot 10^{-6} \cdot U_c^2\right) \cdot z \cdot \frac{1}{3600}. \qquad (4.22)$$

En estas ecuaciones significan:

C	Capacidad del condensador en µF
g	Factor según la figura 4.14
P_H	Potencia de retención de la bobina en VA (potencia aparente)
f	Frecuencia nominal en Hz
U_c	Tensión nominal de accionamiento en V (valor efectivo)
R_c	Resistencia del elemento RC en Ω
$\cos\varphi$	Factor de potencia de la bobina cuando se encuentra conectada
P_R	Potencia nominal de la resistencia del elemento RC en W
ω	Frecuencia angular ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$) en s^{-1}

En las tablas 4.8 y 4.9 se dan los datos técnicos de los elementos RC para los contactores 3TH, 3TB y 3TC con bobina para 220 V, 50 Hz y 24 V=.

Como factores de limitación fueron elegidos $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ y $n = 4$.

El factor de limitación es, en este caso:

$$n = \frac{\text{Sobretensión máxima admisible}}{\sqrt{2} \cdot U_c}$$

U_c Tensión nominal de accionamiento

La resistencia de los condensadores a las tensiones debe ser mayor que la sobretensión admisible después de la amortiguación.

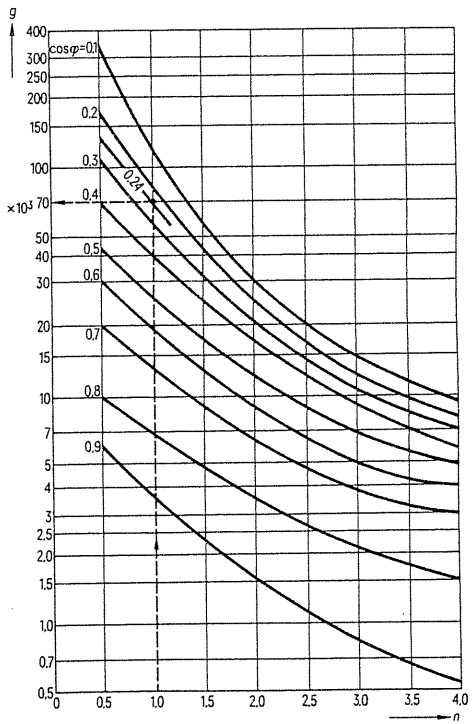


Fig. 4.14
Determinación del factor g de la ecuación 4.20
(A partir del valor del factor de limitación deseado n, se traza la perpendicular hasta intersectar la curva correspondiente al cos φ de la bobina. El valor de la ordenada del punto de intersección es el factor g buscado)

Tabla 4.8
Datos para una limitación de la sobretensión a $n=1$ hasta 4 para los contactores para corriente continua o corriente alterna, con accionamiento para corriente continua

Contactor	Tensión nominal de accionamiento	Potencia de retención P_H	Corriente de la bobina $I=P/U$ según fig. 4.12	Constante de tiempo $\tau=L/R$ según fig. 4.13	Resistencia $R=R_c=U_c^2/P_H$ según ecuación 4.18	Capacidad C en µF según ecuación 4.17 (Valores en paréntesis son valores nominales de las capacidades de condensadores según DIN 41311, marzo 1971) para los factores de limitación				Potencia nominal de la resistencia para $z=1500$ y $n=2$ según la ecuación 4.19
						$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	
Tipo	V	W	mA	ms	Ω [1]					W
Contactores para corriente alterna, tipos 3TH ... 0B y 3TB ... 0B										
3TH80	220	8,5	38,6	40	5694	1,4 (1,5)	0,45 (0,47)	0,17 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TH82	220	8,5	38,6	40	5694	1,4 (1,5)	0,45 (0,47)	0,17 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TH83	220	8,5	38,6	40	5694	1,4 (1,5)	0,45 (0,47)	0,17 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TB40	220	8,5	38,6	40	5694	1,4 (1,5)	0,45 (0,47)	0,17 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TB41	220	8,5	38,6	40	5694	1,4 (1,5)	0,45 (0,47)	0,17 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TB42	220	8,5	38,6	40	5694	1,4 (1,5)	0,45 (0,47)	0,17 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TB43	220	8,5	38,6	40	5694	1,4 (1,5)	0,45 (0,47)	0,17 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TB44	220	10	45,5	43	4840	1,8 (1,8)	0,53 (0,56)	0,23 (0,27)	0,14 (0,15)	0,5
3TB46	220	15	68,2	73	3227	4,9 (5,6)	1,5 (1,5)	0,7 (0,82)	0,43 (0,47)	1,0
3TB47	220	15	68,2	73	3227	4,9 (5,6)	1,5 (1,5)	0,7 (0,82)	0,43 (0,47)	1,0
3TB48	220	19	86,4	94	2547	8,3 (10)	2,6 (2,7)	1,2 (1,2)	0,7 (0,82)	2,0
3TB50	220	25	113,6	130	1936	16,1 (18)	5 (5,6)	2,4 (2,7)	1,6 (1,8)	3,0
3TB52	220	30	136,4	150	1613	23 (27)	7,3 (8,2)	3,4 (3,9)	2,1 (2,2)	4,0
3TB56	220	86	391	140	563	60 (68)	18,6 (22)	9,2 (10)	5,7 (6,8)	10
Contactores para corriente alterna, tipos 3TH ... 0B y 3TB ... 0B										
3TH80	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TH82	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TH83	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB40	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB41	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB42	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB43	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB44	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB46	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB47	24	8,5	354,2	4,0	67,8	145 (150)	46,6 (47)	22,4 (27)	13,5 (15)	0,5
3TB48	24	19	792	94	30,3	651 (680)	195 (220)	83,7 (100)	53 (56)	2,0
3TB50	24	25	1042	130	23,0	1015 (1200)	254 (270)	119 (220)	73 (82)	3,0
3TB52	24	30	1250	150	19,2	1367 (1500)	312 (330)	141 (150)	94 (100)	4,0
3TB56	24	86	3583	140	6,7	2822 (3330)	565 (560)	251 (270)	125 (150)	9,0

[1]) Pueden elegirse resistencias del mismo valor para todos los contactores:
para $U_c=220$ V – entre 820 Ω y 4000 Ω
para $U_c=24$ V – entre 10 Ω y 56 Ω

[2]) Para otras frecuencias de maniobra z y otros factores de limitación n, la potencia de la resistencia debe calcularse con la ecuación 4.19.

Tabla 4.8 (continuación)
Datos para una limitación de la sobretensión a $n=1$ hasta 4 para los contactores para corriente continua o corriente alterna, con accionamiento para corriente continua

Contactor	Tensión nominal de accionamiento	Potencia de retención P_H	Corriente de la bobina $I=P/U$ según fig. 4.12	Constante de tiempo $\tau=L/R$ según fig. 4.13	Resistencia $R=R_c=U_c^2/P_H$ según ecuación 4.18	Capacidad C en µF según ecuación 4.17 (Valores en paréntesis son valores nominales de las capacidades de condensadores según DIN 41311, marzo 1971) para los factores de limitación				Potencia nominal de la resistencia para $z=1500$ y $n=2$ según la ecuación 4.19
						$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	
Tipo	V	W	mA	ms	Ω [1])					W
Contactores para corriente continua, tipo 3TC ... 0A										
3TC44	220	10	418	43	4840	1,8 (1,8)	0,53 (0,56)	0,23 (0,27)	0,14 (0,15)	0,5
3TC48	220	15	418	94	2547	8,3 (10)	2,6 (2,7)	1,2 (1,2)	0,7 (0,8)	2,0
3TC52	220	30	418	150	1613	23 (27)	7,3 (8,2)	3,4 (3,9)	2,1 (2,2)	4,0
3TC56	220	86	418	140	563	60 (68)	18,6 (22)	9,2 (10)	5,7 (6,8)	10
3TC44	24	10	416,7	43	57,6	179 (180)	56 (56)	26,9 (27)	17,2(18)	0,5
3TC48	24	19	792	94	30,3	651 (680)	195 (220)	83,7 (100)	53 (56)	2,0
3TC52	24	30	1250	150	19,2	1367 (1500)	312 (330)	141 (150)	94 (100)	4,0
3TC56	24	86	3583	140	6,7	2822 (3330)	565 (560)	251 (270)	125 (150)	9,0

[1]) Pueden elegirse resistencias del mismo valor para todos los contactores:
para $U_c=220$ V – entre 820 Ω y 4000 Ω
para $U_c=24$ V – entre 10 Ω y 56 Ω

[2]) Para otras frecuencias de maniobra z y otros factores de limitación n, la potencia de la resistencia debe calcularse con la ecuación 4.19

Tabla 4.9
Datos para la limitación de la sobretensión a $n=1$ hasta 4 para los contactores para corriente continua o corriente alterna, con accionamiento para corriente alterna

Contactor	Potencia de retención P_H	cos φ (contactor accionado)	Resistencia [1] $R_e = \cos\varphi \cdot U_c^2/P_H$ según ecuación 4.21	Capacidad en µF para conectar en paralelo, según ecuación 4.20 (Valores en paréntesis son valores nominales de las capacidades de condensadores según DIN 41311, Marzo 1971) Para los factores de limitación				Potencia nominal de la resistencia para $z=1500$ y $n=2$ según la ecuación 4.22 P_R [2]
Tipo	VA		Ω	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	W
Contactores para corriente alterna, tipos 3TJ, 3TH y 3TB								
Tensión nominal de accionamiento 220 V, frecuencia de la red 50 o 60 Hz								
3TJ1	6,5	0.6	4468	0,05 (0,047)	0,02 (0,027)	0,01 (0,015)	0,01 (0,012)	0,25
3TJ5	6.5	0.6	4468	0,05 (0,047)	0,02 (0,027)	0,01 (0,015)	0,01 (0,012)	0,025
3TH80	10	0,29	1404	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,25
3TH82	10	0,29	1404	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,25
3TH83	10	0,29	1404	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,25
3TB40	10	0,28	1355	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,25
3TB41	10	0,28	1355	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,025
3TB42	10	0,28	1355	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,025
3TB43	10	0,28	1355	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,025
3TB44	10	0,28	1355	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,025
3TB46	16	0,3	908	0,46 (0,47)	0,17 (0,18)	0,08 (0,082)	0,05 (0,056)	0,25
3TB47	26	0,24	447	0,75 (0,82)	0,26 (0,27)	0,23 (0,15)	0,03 (0,1)	0,5
3TB48	26	0,24	393	0,92 (1,0)	0,3 (0,33)	0,16 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TB50	32	0,26	393	0,93 (1,0)	0,33 (0,33)	0,16 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TB52	44	0,23	253	1,3 (1,5)	0,45 (0,47)	0,22 (0,22)	0,15 (0,15)	1,0
3TB54	62	0,25	195	1,8 (1,8)	0,64 (0,68)	0,3 (0,33)	0,21 (0,22)	1,0
3TB56	84	0,26	150	2,4 (2,7)	0,37 (1,0)	0,43 (0,47)	0,28 (0,33)	2,0
3TB58	440	0,35	39	9,1 (10)	3,6 (3,9)	1,8 (1,8)	1,1 (1,2)	7,0

[1]) Pueden elegirse resistencias del mismo valor para todos los contactores:
para $U_c = 220$ V – entre 820 Ω y 4000 Ω
para $U_c = 24$ V – entre 10 Ω y 56 Ω

[2]) Para otras frecuencias de maniobra z y otros factores de limitación n, la potencia de la resistencia debe calcularse con la ecuación 4.19.

Tabla 4.9 (continuación)
Datos para la limitación de la sobretensión a $n=1$ hasta 4 para los contactores para corriente continua o corriente alterna, con accionamiento para corriente alterna

Contactor	Potencia de retención P_H	cos φ (contactor accionado)	Resistencia [1] $R_e = \cos\varphi \cdot U_c^2/P_H$ según ecuación 4.21	Capacidad en µF para conectar en paralelo, según ecuación 4.20 (Valores en paréntesis son valores nominales de las capacidades de condensadores según DIN 41311, marzo 1971) Para los factores de limitación				Potencia nominal de la resistencia para $z=1500$ y $n=2$ según la ecuación 4.22 P_R [2]
Tipo	VA		Ω	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	W
Contactores para corriente alterna, tipos 3TJ, 3TH y 3TB								
Tensión nominal de accionamiento 110 V, frecuencia de la red 50 o 60 Hz								
3TJ1	6,5	0,6	1116	0,2 (0,22)	0.1 (0,1)	0,06 (0,08)	0,04 (0,047)	0,25
3TJ5	6,5	0,6	1116	0,2 (0,22)	0.1 (0,1)	0,06 (0,08)	0,04 (0,047)	0,25
3TH80	10	0,29	351	0,9 (1,0)	0.34 (0,39)	0,18 (0,18)	0,11 (0,12)	0,25
3TH82	10	0,29	351	0,9 (1,0)	0.34 (0,39)	0,18 (0,18)	0,11 (0,12)	0,25
3TH83	10	0,29	351	0,9 (1,0)	0.34 (0,39)	0,18 (0,18)	0,11 (0,12)	0,25
3TB40	10	0,28	339	0,93 (1,0)	0.35 (0,39)	0,18 (0,18)	0,12 (0,12)	0,25
3TB41	10	0,28	339	0,93 (1,0)	0.35 (0,39)	0,18 (0,18)	0,12 (0,12)	0,25
3TB42	10	0,28	339	0,93 (1,0)	0.35 (0,39)	0,18 (0,18)	0,12 (0,12)	0,25
3TB43	10	0,28	339	0,93 (1,0)	0.35 (0,39)	0,18 (0,18)	0,12 (0,12)	0,25
3TB44	10	0,28	339	0,93 (1,0)	0.35 (0,39)	0,18 (0,18)	0,12 (0,12)	0,25
3TB46	16	0,3	227	1,5 (1,5)	0.56 (0,56)	0,29 (0,33)	0,19 (0,22)	0,25
3TB47	26	0,24	112	3,6 (3,3)	1.1 (1,2)	0,52 (0,56)	0,34 (0,39)	0,5
3TB48	26	0,24	112	3.6 (3,3)	1.1 (1,2)	0,52 (0,56)	0,34 (0,39)	0,5
3TB50	32	0,26	98	3,7 (3,9)	1.3 (1,5)	0,64 (0,68)	0,4 (0,47)	0,5
3TB52	44	0,23	63	5,1 (5,6)	1.8 (2,2)	0,87 (1,0)	0,6 (0,68)	1,0
3TB54	62	0,25	49	7,2 (8,2)	2.6 (2,7)	1,2 (1,5)	0,82 (0,82)	1,0
3TB56	84	0,26	38	9,7 (10,0)	3.5 (3,9)	1,7 (1,8)	1,1 (1,2)	2,0
3TB58	440	0.35	9.6	36 (39,0)	14.5 (15)	7.2 (8,2)	4,4 (4,2)	5,0
Tensión nominal de accionamiento 24 V, frecuencia de la red 50 o 60 Hz								
3TJ1	6,5	0.6	53,2	4,3 (4,7)	2.0 (2,2)	1,1 (1,2)	0,9 (1,0)	0,25
3TJ5	6.5	0.6	53,2	4.3 (4,7)	2.0 (2,2)	1,1 (1,2)	0,9 (1,0)	0,25
3TH80	10	0,29	16.7	19.4 (22)	7.3 (8,2)	3,8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TH82	10	0,29	16,7	19,4 (22)	7.3 (8,2)	3,8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TH83	10	0,29	16,7	19,4 (22)	7.3 (8,2)	3.8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TB40	10	0,28	16,1	19,4 (22)	7.3 (8,2)	3,8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TB41	10	0,28	16,1	19,4 (22)	7.3 (8,2)	3,8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TB42	10	0,28	16,1	19,4 (22)	7.3 (8,2)	3.8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TB43	10	0,28	16,1	19,4 (22)	7.3 (8,2)	3,8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TB44	10	0,28	16,1	19,4 (22)	7.3 (8,2)	3,8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TB46	16	0,3	10,8	31,1 (33)	11.7 (12)	6.1 (6,8)	3,9 (3,9)	0,25
3TB47	26	0,24	5,3	63,2 (68)	22.6 (27)	10.8 (12)	7,2 (8,2)	0,5
3TB48	26	0,24	5,3	63,2 (68)	22.6 (27)	10,8 (12)	7,2 (8,2)	0,5
3TB50	32	0,26	4,7	77,8 (82)	27.8 (33)	13,3 (15)	8.9 (10)	0,5
3TB52	44	0,23	3,0	107 (120)	38.2 (39)	18.3 (22)	12,2 (15)	1,0
3TB54	62	0,25	2,3	151 (150)	54 (56)	26 (27)	17,2 (18)	1,0
3TB56	84	0,26	1,8	204 (220)	73 (82)	35 (39)	23,3 (27)	2,0
3TB58	440	0,35	0,46	764 (820)	306 (330)	153 (150)	92 (100)	7,0

[1]) Pueden elegirse resistencias del mismo valor para todos los contactores:
para $U_c = 220$ V – entre 820 Ω y 4000 Ω
para $U_c = 24$ V – entre 10 Ω y 56 Ω

[2]) Para otras frecuencias de maniobra z y otros factores de limitación n, la potencia de la resistencia debe calcularse con la ecuación 4.19

Tabla 4.9 (continuación)
Datos para la limitación de la sobretensión a $n=1$ hasta 4 para los contactores para corriente continua o corriente alterna, con accionamiento para corriente alterna

Contactor	Potencia de retención P_H	cos φ (contactor accionado)	Resistencia [1] $R_c = \cos\varphi \cdot U_c^2/P_H$ según ecuación 4.21	Capacidad en µF para conectar en paralelo, según ecuación 4.20 (Valores en paréntesis son valores nominales de las capacidades de condensadores según DIN 41311, marzo 1971) para los factores de limitación				Potencia nominal de la resistencia para $z=1500$ y $n=2$ según la ecuación 4.22 P_R [2]
Tipo	VA		Ω	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	W
Contactores para corriente continua, tipo 3TC								
Tensión nominal de accionamiento 220 V, frecuencia de la red 50 o 60 Hz								
3TC44	10	0,28	1355	0,23 (0,27)	0,08 (0,082)	0,05 (0,047)	0,03 (0,033)	0,25
3TC48	26	0,24	393	0,92 (1,0)	0,3 (0,33)	0,16 (0,18)	0,11 (0,12)	0,5
3TC52	44	0,23	253	1,3 (1,5)	0,45 (0,47)	0,22 (0,22)	0,15 (0,15)	1,0
3TC56	84	0,26	150	2,4 (2,7)	0,87 (1,0)	0,42 (0,47)	0,28 (0,33)	2,0
Tensión nominal de accionamiento 110 V, frecuencia de la red 50 o 60 Hz								
3TC44	10	0,28	339	0,93 (1,0)	0,35 (0,39)	0,18 (0,18)	0,12 (0,12)	0,25
3TC48	26	0,24	112	3,0 (3,3)	1,1 (1,2)	0,52 (0,56)	0,34 (0,39)	0,5
3TC52	44	0,23	63	5,1 (5,6)	1,82 (2,2)	0,87 (1,0)	0,6 (0,68)	1.0
3TC56	84	0,26	38	9,7 (10,0)	3,5 (3,9)	1,7 (1,8)	1,1 (1,2)	2,0
Tensión nominal de accionamiento 24 V, frecuencia de la red 50 o 60 Hz								
3TC44	10	0,28	16,1	19,4 (22)	7,36 (8,2)	3,8 (3,9)	2,4 (2,7)	0,25
3TC48	26	0,24	5,3	63,2 (68)	28,6 (27)	10,8 (12)	7,2 (8,2)	0,5
3TC52	44	0,23	3,0	107 (120)	38,2 (39)	18,3 (22)	12,2 (15)	1,0
3TC56	84	0,26	1,8	204 (220)	73 (82)	35 (39)	23,3 (27)	2,0

[1]) Pueden elegirse resistencias del mismo valor para todos los contactores:
para $U_c = 220$ V – entre 820 Ω y 4000 Ω
para $U_c = 24$ V – entre 10 Ω y 56 Ω

[2]) Para otras frecuencias de maniobra z y otros factores de limitación n, la potencia de la resistencia debe calcularse con la ecuación 4.19.

Ejemplo

La bobina del contactor para corriente continua 3TC52 tiene los siguientes datos:

Tensión nominal de accionamiento	$U_c = 220$ V, 50 Hz
Potencia de retención	$P_H = 30$ W
Constante de tiempo	$\tau = \frac{L}{R} = 150$ ms
Maniobras por hora	$z = 600/h$

Se desea una limitación de la sobretensión a 440 V como máximo ($n=2$).

La capacidad del condensador se determina con la ecuación 4.17:

$$C = k \cdot \frac{\tau}{R}.$$

El factor k se determina con la figura 4.12, para ello hay que calcular la corriente nominal de la bobina:

$$I = \frac{P_H}{U_c} = \frac{30}{220} \cdot 1000 = 136 \text{ mA}.$$

Con este valor y $n=2$ se obtiene de la figura 4.12 el factor $k=75$.

La resistencia R de la bobina se calcula con la ecuación 4.18:

$$R_c = \frac{U_c^2}{P_H} = \frac{220^2}{30} = 1613\ \Omega.$$

Con ésto, la capacidad adquiere un valor de

$$C = k \cdot \frac{\tau}{R} = 75 \cdot \frac{150}{1613} = 7\ \mu\text{F}.$$

Aquí puede elegirse el condensador normalizado con la capacidad inmediata superior cuyo valor es 8 µF.

La resistencia R_c se calcula según la ecuación 4.18:

$$R_c \approx R = 1613\ \Omega.$$

Se toma el valor normalizado de 1800 Ω.

La potencia de la resistencia es, según la ecuación 4.19:

$$P_R = 1{,}5 \cdot (150 \cdot 10^{-3} \cdot 30 + 3 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2) \cdot \frac{600}{3600} = 1{,}42 \text{ W}.$$

Se toma el valor normalizado de la potencia de 1,5 W.

Con esto se obtiene un elemento RC con $R=1800\ \Omega$, 1,5 W y $C=8$ µF, 630 V –.

4.3.4 Selección de interruptores de posición 3SE (fines de carrera)

Con los interruptores de posición se registra la posición de piezas móviles en máquinas, puertas, objetos diversos, etc. y se emite una señal eléctrica, la cual se procesa en mandos y controles.

Se tienen tres líneas de interruptores de posición con diferentes dimensiones y datos técnicos para diversas aplicaciones. Los criterios para su selección y los principales datos técnicos de los mismos se encuentran resumidos en la tabla 4.10.

Para mayores detalles, véase el catálogo NS 2.

Condiciones de medio ambiente

Dependiendo de las condiciones que rigen en el sitio de instalación, deben emplearse interruptores de posición abiertos o encapsulados en caja de plástico o de metal, con la clase de protección requerida, por ej., clase de protección IP 00, IP 10, IP 65 o IP 67.

Los interruptores de posición en caja de material aislante llenan los requisitos de la medida de protección "Aislamiento de protección" según VDE 0100 §7. Además, son resistentes a diversos materiales químicos agresivos y a líquidos. La condensación de agua en ambientes húmedos, cuando la temperatura fluctúa considerablemente, se reduce considerablemente cuando se emplean interruptores de posición en caja de material aislante.

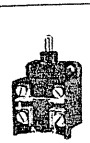
Los interruptores de posición en caja metálica soportan esfuerzos mécanicos altos. Ellos pueden ser utilizados en sitios donde se producen espiras calientes y chispas; son resistentes a muchos disolventes y productos químicos de limpieza.

Espacio para el montaje

El espacio que se tiene a disposición determina las dimensiones de los interruptores de posición. Para cada aplicación se tienen los interruptores de posición con las dimensiones adecuadas:

- ▷ **Interruptores de posición abiertos, tipo 3SE3. Construídos según DIN 43695 hoja 1 "Fines de carrera para recambio, para controles de máquinas, de forma alargada".**
- ▷ **Interruptores de posición 3SE3 200 en caja de material aislante, según DIN EN 50047 "Interruptores auxiliares, interruptores de posición 30 × 55".**

Tabla 4.10 Criterios para la selección de interruptores de posición (fines de carrera)

Criterios para la selección	Tipo					
	3SE3				3SE4	3SE6
Forma constructiva						
Según la norma	DIN 43695	EN 50047	DIN 43694 EN 50041			
Clase de protección IP 00	×	–	–		×	–
IP 10	×	–	–		–	–
IP 65	–	×	–		–	–
IP 67	–	–	×		–	×
Tensión nominal de servicio V máxima para corriente alterna	500				380	250
Corriente nominal de servicio A I_e/AC11 hasta 220 V	10	6	10		6(3)	0,5
Tipo de accionamiento	Mecánico (levas, reglas)					Sin contacto directo (imanes)
Accionamientos						
Vástago sencillo	×	×	×		×	–
Vástago de cúpula con recorrido prolongado	–	–	×		–	–
Vástago de rodillo	–	×	×		–	–
Palanca de rodillo acodada	–	×	×		–	–
Palanca de rodillo	–	×	×		–	–
Palanca basculante de longitud ajustable	–	–	×		–	–
Palanca cilíndrica	–	–	×		–	–
Varilla elástica	–	–	×		–	–
Palanca ahorquillada	–	–	×		–	–
Imán de maniobra	–	–	–		–	×
Tipo de los contactos:						
con acción instantanea	×	×	×		×	–
con acción lenta	×	–	×		×	–
con separación galvánica y contactos dobles	–	×	–		–	–
electrónicos (emisores de señales)	×	–	×		–	–
en atmósfera protectora (contactos Reed)	–	–	–		–	×
Apertura forzosa	×	×	×		×	
Guia forzosa	×	×	×			
Exactitud en la repetición del punto de conmutación en mm	±0,01					±1
Vida útil mecánica en millones de maniobras	30	10	30		1	30
Vida útil eléctrica en millones de maniobras, cuando conectan las bobinas de los contactores 3TH8, 3TB40 a 3TB44	30	10	30		1	30
Frecuencia máxima de maniobras con corriente alterna (50 Hz) en maniobras por minuto	100				160	1200
Medida de protección						
Aislamiento de protección	–	×	–		–	×
Borne para el conductor PE	–	–	×		–	–

- ▷ **Interruptores de posición 3SE3 120 en caja metálica, según DIN 43694 "Fines de carrera encapsulados" y DIN EN 50047 "Interruptores auxiliares, interruptores de posición 42,5 × 80".**
- ▷ **Interruptores de posición 3SE3 100, 3SE3 303, 3SE3 404 en caja metálica ancha, con tres perforaciones para la introducción de conductores.**
- ▷ **Interruptor de posición de tamaño reducido 3SE4.**
- ▷ **Interruptor de posición con accionamiento magnético 3SE6.**

Accionamiento de los interruptores de posición

La construcción y forma de trabajo de la máquina o instalación a ser controlada, determinan la manera como han de ser accionados los interruptores de posición. Las ejecuciones a disposición comprenden interruptores con diversos accionamientos para las distintas formas de actuar, direcciones y velocidades de los elementos que los accionan (ver tabla 4.11).

Elementos para accionar

Los elementos para accionar los interruptores de posición pueden ser reglas, discos de levas, levas, puertas, objetos, etc. Mediante la elección del elemento apropiado, se alcanza una vida mecánica larga, aún dando poco mantenimiento (engrasar los accionamientos con vástago sencillo o de marcha por inercia, aceitar los vástagos de rodillo, etc.).

Angulos de rodamiento

Las reglas y las levas de disco deben estar diseñadas de tal manera, que sus ángulos de rodamiento al accionar y al retornar a la posición de reposo no den origen a esfuerzos inadmisibles.

Amortiguación en el punto cero

Los interruptores de posición con palanca basculante o palanca cilíndrica pueden ser suministrados con o sin amortiguación en el punto cero (figura 4.15). Con dicha amortiguación se evita que la palanca sobrepase considerablemente el punto cero al retornar libremente desde el ángulo hasta el cual fué accionada y, por tanto, se evita la emisión de ordenes falsas. Los interruptores de posición con amortiguación en el punto cero se emplean cuando el ángulo de inclinación de la palanca puede alcanzar un valor de 45° y retorna libremente al punto cero.

Velocidad de los elementos para accionar

La velocidad admisible de los elementos que accionan los interruptores de posición, en dependencia de la dirección de accionamiento, se dan en el catálogo NS2. La longitud de una regla para accionar un interruptor de posición depende de la velocidad con que ésta se mueve. Su valor debe dimensionarse de tal manera que el tiempo, durante el cual los contactos del interruptor de posición permanecen conmutados, sea lo suficientemente largo.

Contactos

Se tienen a disposición interruptores de posición con uno o más contactos, así como diferentes sistemas de contactos para las más diversas aplicaciones.

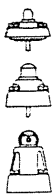
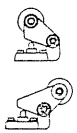
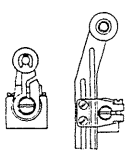
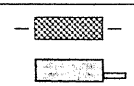
Contactos de acción instantánea (fig. 4.16)

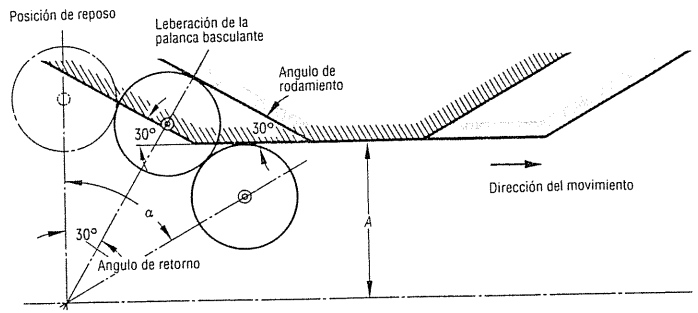
- ▷ Para una conmutación casi simultánea de los contactos NA y NC (tiempo aproximado de conmutación 3 ms), independientemente de la velocidad del elemento que acciona.
- ▷ Para una apertura completa de los contactos en instalaciones, en las cuales las piezas móviles de la maquinaria se detienen inmediatamente 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 contacto NC no pueden presentarse señales falsas provocadas por sacudidas).
- ▷ Para bajas velocidades de accionamiento.

Contactos de acción lenta

- ▷ Para una marcada diferencia entre los momentos de actuación de los contactos NA y NC. El lapso que transcurre entre la apertura del contacto NC y el cierre del contacto NA depende de la velocidad del elemento que acciona.
- ▷ Para una simultaneidad de contacto o escalonamiento del momento de actuación de los contactos.
- ▷ Para aplicaciones en las cuales los puntos de accionamiento y liberación del interruptor de posición son coincidentes (ninguna diferencia de recorrido, sin histéresis).

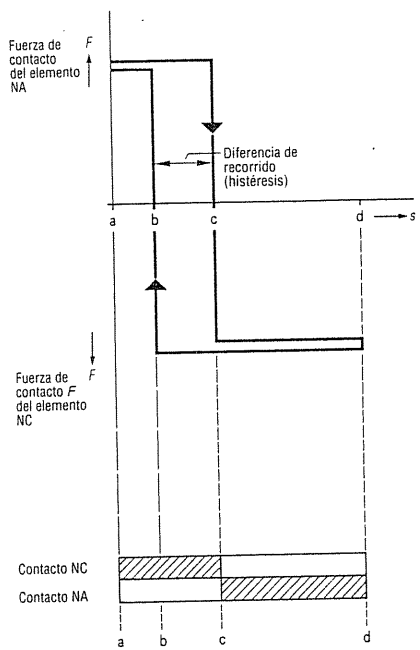
Tabla 4.11 Accionamientos de los interruptores de posición

	Accionamiento	Ventajas	Indicaciones
	Vástago sencillo Vástago de cúpula con recorrido prolongado Vástago de rodillo	Accionamiento en dirección al eje del vástago o perpendicular a él cuando se emplean reglas para accionarlos desde cualquier dirección, posibilidad de un recorrido adiciónal en los accionamientos con vástago de cúpula con recorrido prolongado y vástago de rodillo	Los interruptores no deben emplearse como tope mecánico, los ángulos de accionamiento y liberación deben ser iguales, los materiales de las reglas y levas para accionamiento perpendicular al eje del vástago deben ser adecuados y debe preverse una lubricación permanente, los interruptores con vástago de cúpula con recorrido prolongado y con vástago de rodillo requieren fuerzas de accionamiento más altas
	Palanca de rodillo Palanca de rodillo acodada	Para altas velocidades de accionamiento, vida útil mecánica sumamente alta	
	Palanca basculante Palanca cilíndrica	para altas velocidades de accionamiento, resistentes a los efectos del medio ambiente, como polvo, aceite, polvos abrasivos, etc., muchas posibilidades para accionarlos	Ejecuciones con o sin amortiguación en el punto cero
	Varilla elástica	Puede ser accionada desde cualquier dirección, apropiada para elementos de accionamiento de características variables	Solamente puede emplearse con contactos de acción instantánea
	Palanca ahorquillada	Accionamiento con enclavamiento	
	Accionamiento con imán (3SE6)	Para alta velocidad de accionamiento y elevada frecuencia de maniobra, accionamiento sin contacto directo, resistente a los efectos del medio ambiente, como suciedad, polvo, aceite, etc.	Proteger de sacudidas y golpes



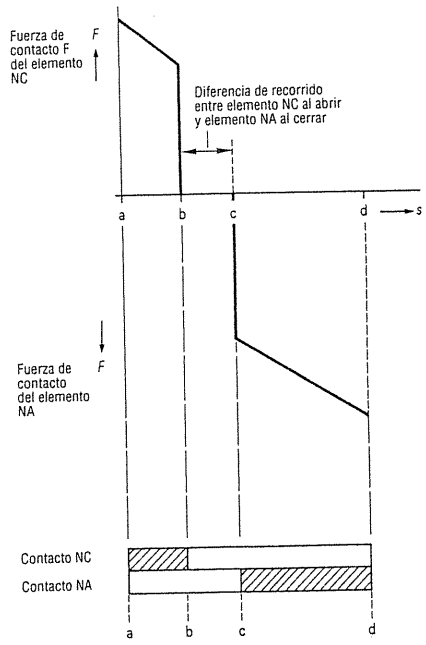
Angulo de inclinación α de la palanca basculante en dependencia de la distancia *A*

Fig. 4.15
Retorno a la posición de reposo de la palanca basculante



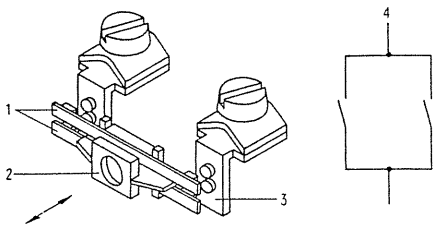
F Fuerza de contacto
s Recorrido
a Inicio del movimiento del vástago
b Punto de conmutación al retornar
c Punto de conmutación al ser accionado (contacto NA cierra, contacto NC abre)
a–d Recorrido máximo

Fig. 4.16
Contactos de acción instantánea.
Diagrama de la fuerza de contacto y recorrido (arriba) y diagrama del recorrido para conectar (abajo)



F Fuerza de contacto
s Recorrido
a Inicio del movimiento del vástago
b Contacto NC abre
c Contacto NA cierra
a–d Recorrido máximo

Fig. 4.17
Contactos de acción lenta. Diagrama de la fuerza de contacto y recorrido (arriba) y diagrama del recorrido para conectar (abajo)



1 Contactos dobles móviles
2 Resorte de platito (soporta los contactos dobles móviles sin una unión mecánica rígida)
3 Pieza con los contactos fijos y borne de conexión
4 Diagrama eléctrico

Fig. 4.18
Construcción y diagrama eléctrico de los contactos dobles

Contactos con separación galvánica con contactos móviles dobles (fig. 4.18)

- ▷ **Para alta seguridad de contacto, aún a tensiones y corrientes sumamente bajas.**
- ▷ **Para emplearse en circuitos de mando convencionales y electrónicos.**
- ▷ **Para conectar tensiones con distinto potencial, sin restricciones.**

Contactos (emisores de señales) electrónicos (Principio BERO)

- ▷ Para utilizarse en circuitos de mando electrónicos (por ej., SIMATIC).

Contacto sellado en atmósfera protectora (Contacto hermético tipo Reed)

- ▷ **Para ser accionado por imanes, es decir sin elemento de accionamiento mecánico.**
- ▷ **Para un número alto de maniobras por hora y alta velocidad de accionamiento.**
- ▷ **Para utilizarse en sitos con atmósfera agresiva.**

Diagrama de recorrido para la maniobra

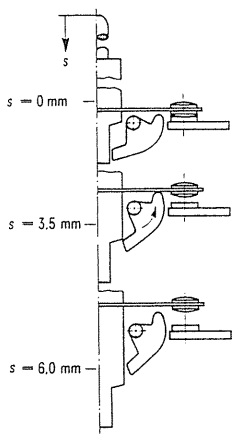
El diagrama de recorrido para la conexión indica el trayecto después del cual el contacto NA cierra y el contacto NC abre, así como el trayecto adicional para compensar las tolerancias de montaje. El recorrido total de accionamiento no debe ser sobrepasado; en caso contrario, el interruptor de posición puede ser destruido mecánicamente.

Apertura forzosa de los contactos NC, según DIN 57113/VDE 0113

Tanto los contactos de acción lenta como los contactos de acción instantanea (excepto en los interruptores 3SE6) tienen apertura forzosa, es decir, los contactos que abren son accionados mecánicamente de una manera fiable (fig. 4.16). Esta importante característica es exigida explícitamente en la determinación VDE 0113 y en las publicaciones IEC (CEI) 204-1 y 204-2 para los interruptores de posición utilizados en los equipos eléctricos de máquinas de manufactura y elaboración.

Guía forzosa de los contactos

Ello garantiza que el contacto NA cierre hasta después que el contacto NC haya abierto. De esta manera, el contacto NC de un interruptor de posición puede vigilar en circuitos de seguridad al contacto NA del mismo.



s Recorrido

Fig. 4.19
Principio del funcionamiento de la apertura forzosa de los contactos NC de acción instantanea

Separación galvánica de los contactos

Los contactos separados galvánicamente posibilitan la conexión de tensiones con distinto potencial, cuando se tienen interruptores con varios contactos. De esta forma, por ej., con un solo interruptor de posición se pueden dar ordenes con 220 V~ y avisos con 60 V—. Esto es, en parte, también posible cuando se emplea un interruptor en el cual los contactos NA y NC tienen el contacto móvil común, si se admite una capacidad de conexión más baja.

Aviso óptico

Los interruptores de posición en caja de hierro fundido, con contactos de acción instantánea, pueden suministrarse con lámparas de señalización incorporadas.

5 Manipulación y mantenimiento de los aparatos de maniobra

5.1 Montaje

El montaje de los aparatos de maniobra se facilita considerablemente mediante diversas ayudas para el efecto.

Dichas ayudas para el montaje son:

- ▷ **Plantillas para taladrar en las láminas de montaje los orificios de fijación de los aparatos de maniobra pequeños, por ej., interruptores 3VE1 (véase también el capítulo 8.11).**
- ▷ **Dimensión modular uniforme (fig. 5.1) de 35 mm para el ancho y las perforaciones de fijación de los aparatos.**
- ▷ **Los aparatos se construyen solamente con dos alturas y dos profundidades distintas. Los interruptores pueden montarse sobre piezas prefabricadas.**
- ▷ **Marco saliente en la parte frontal de los interruptores, de 120 mm de altura para todos los tamaños. Por esta razón pueden utilizarse coberteras ininterrumpidas para los interruptores. Esta característica es de suma importancia para las distribuciones.**
- ▷ **Las perforaciones para la fijación de los interruptores de potencia 3WE tamaño III están en plano horizontal; los interruptores se colocan primeramente sobre los pernos inferiores, así los pernos superiores pueden ser colocados y apretados con facilidad.**
- ▷ **Montaje por resortes. El posibilita un montaje rápido sobre rieles perfilados tipo sombrerete (fig. 5.2) y garantiza una fijación segura y solida, aún después de un servicio por largo tiempo. Para los aparatos pequeños se emplean rieles perfilados tipo sombrerete según DIN EN 50022 y para los aparatos de mayor tamaño según DIN EN 50023.**
- ▷ **Aparatos enchufables (fig. 5.3). En esta técnica, los contactos receptores se fijan en la instalación. En ellos se insertan los contactos de separación galvánica del interruptor. Un dispositivo de disparo evita que el interruptor pueda ser desenchufado cuando los contactos principales están cerrados, así como el cierre de los mismos cuando el interruptor está desenchufado.**
- ▷ **Aparatos insertables (fig. 5.4). El bastidor con los contactos receptores se fija en la instalación. El interruptor se coloca en el bastidor de tal manera, que los rieles del interruptor queden sobre las guías del bastidor. El interruptor puede ser deslizado a la posición de prueba/separación galvánica. Dependiendo del tipo de bastidor utilizado, el interruptor puede ser llevado a la posición de servicio ya sea manualmente o mediante un husillo de inserción. El mando se conecta mediante una unión por enchufe. Enclavamientos mecánicos impiden que un interruptor pueda ser deslizado con sus contactos principales cerrados.**

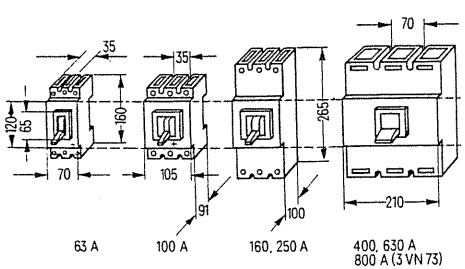
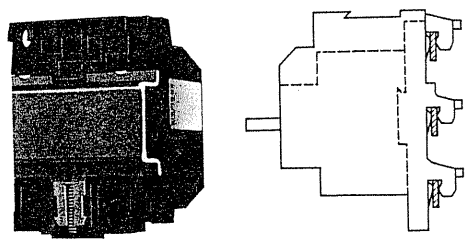


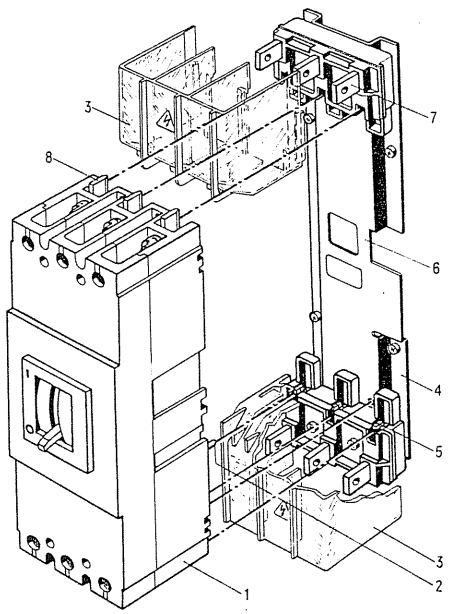
Fig. 5.1
Dimensiones modulares principales (en mm) de los interruptores de potencia 3VE, 3VN, 3VT y 3VP



a) Fijación sobre riel de soporte tipo sombrerete

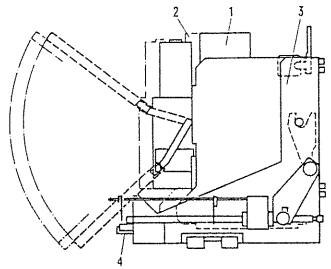
b) Fijación sobre barras colectoras

Fig. 5.2
Aparato de maniobra para fijación por resortes (ej., interruptor de potencia 3VE1)



1 Interruptor de potencia enchufable
2 Espiga para disparar el interruptor
3 Coberteras (protecciones de barros contra contactos accidentales, se colocan cuando se saca el interruptor)
4 Zócalo
5 Contactos receptores para las barras de enchufe
6 Sitio para colocar hasta tres candados
7 Barras de conexión

Fig. 5.3
Interruptor de potencia enchufable, con zócalo



1 Interruptor de potencia en la posición de servicio
2 Interruptor de potencia en la posición de prueba
3 Bastidor
4 Husillo de inserción

Fig. 5.4
Interruptor de potencia 3WE en ejecución insertable

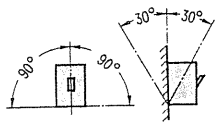


Fig. 5.5
Posición de servicio admisible (dato de catálogo), el ejemplo muestra un interruptor de potencia

Posición de servicio

Al instalar los interruptores hay que respectar la posición de servicio admisible. En los catálogos se encuentran indicaciones sobre el ángulo de desviación admisible del plano de servicio con respecto a la vertical (fig. 5.5). Mayores desviaciones obligan, bajo determinadas condiciones, a una reducción de la corriente nominal, la capacidad de ruptura y la vida útil mecánica y eléctrica y cambios en el comportamiento de disparo de los interruptores. El plano de servicio y el plano de montaje son casi siempre iguales y solamente en casos especiales difieren entre si, por ej., cuando están instalados en barcos, la posición de servicio varía con la intensidad de las olaz.

Espacios para la expansión y deionización de los gases expulsados a través de las cámaras de extinción

Cuando se desconectan corrientes se presentan arcos, cuya intensidad depende del trabajo de desconexión, es decir, de la corriente y tensión. Los arcos se apagan en las cámaras de extinción. Los gases que entonces

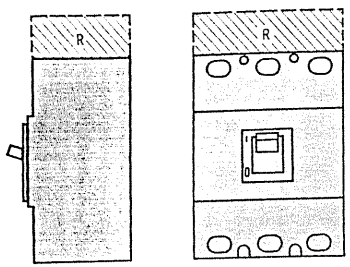


Fig. 5.6
Interruptor de potencia con el correspondiente espacio (R) para la expansion y deionizacion de gases de las cámaras de extención
(ejio interruptores de potencia 3VE, 3VN, 3VT)

se producen son expulsados a presiones altas a través de ellas. Para evitar que, debido a los gases expulsados que se encuentran ionizados, salte una chispa, es necesario mantener espacios mínimos entre los puntos de salida de los gases y las partes bajo tensión o puestas a tierra. También deben mantenerse distancias mínimas con respecto a las piezas aisladas para permitir una expansión sin obstáculos de los gases.

En los catálogos NS1 y NS2 se indican para cada aparato, en dependencia de la tensión, los espacios mínimos que deben mantenerse libres.

En algunos casos hay que prever un espacio libre para poder sacar las cámaras de extinción.

5.2 Conexión

Técnica de conexión SIGUT

En los aparatos de maniobra para circuitos auxiliares, así como en los aparatos de baja corriente nominal para circuitos principales, la técnica de conexión SIGUT ofrece una serie de ventajas (fig. 5.7).

Técnica de conexión SIGUT significa:

- **Puntos de conexión abiertos, el conductor solamente tiene que ser introducido, después se aprietan los tornillos.**
- **Tornillos imperdibles, una pequeñez que ahorra enojos innecesarios.**
- **Sitio de introducción de los cables en forma de embudo, con puntos de conexión diseñados en forma de cámaras con topes para los cables. Esto asegura una introducción fácil y la profundidad correcta.**
- **Guías para destornilladores, las cuales permiten el empleo de destornilladores eléctricos. Con ello se evita cansancio y se garantizan tornillos uniformemente apretados.**
- **Seguridad eléctrica y mecánica mediante las arandelas elasticas o los bornes de marco, los cuales fijan a los conductores en los puntos de conexión. La seguridad de funcionamiento es aumentada por salientes en las arandelas y por estrías en los bornes de marco. Los conductores pueden ser unifilares, multifilares o de hilos finos, con o sin casquillo en las puntas (según DIN 46228).**
- **Protección contra contacto accidental de todas las piezas bajo tensión de los aparatos. Los tornillos y puntos de conexión se encuentran ahondados en las cajas de los aparatos.**
- **Las denominaciones inequívocas en los aparatos evitan casi totalmente los errores de conexión. Todos los puntos de conexión están provistos de cifras ordinales y de función de fácil lectura, cuya correspondencia a los puntos de conexión es inequívoca y clara. Los aparatos en si tienen rótulos de denominación con fijación por encastre.**

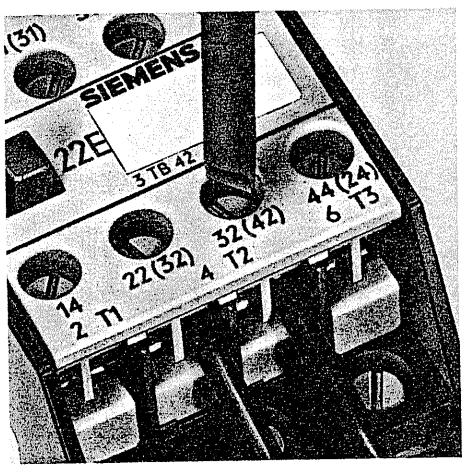


Fig. 5.7
Aparato de maniobra con técnica de conexión SIGUT

Bornes de marco

Los bornes de marco en los interruptores de la serie 3V. posibilitan la conexión directa de conductores de cobre sin necesidad de soldar o del uso de terminales.

Además de los bornes de marco se tienen a disposición para estos interruptores, barras de conexión y pernos para la conexión por la parte posterior.

5.3 Manejo

El manejo y operación de los aparatos de maniobra puede efectuarse con uno de los siguientes accionamientos:

- Accionamientos manuales,
- accionamientos magnéticos y
- accionamientos por motor.

5.3.1 Accionamiento manual

Como elementos de manipulación de los accionamientos manuales se emplean botones pulsadores, palancas basculantes y manijas giratorias. Para seccionadores de alta corriente nominal también se tienen accionamentos por estribo, palanca y varillaje y palanca vertical.

La dirección para accionar y la disposición de los elementos de manipulación según DIN e IEC (CEI) están resumidas en las tablas 5.1 a 5.4.

Sistema de accionamientos giratorios

El sistema de accionamientos giratorios comprende:

- Accionamientos con acoplamiento desmontable del interruptor.
- Accionamientos con posibilidad de cierre (mediante candados) según DIN 57113/VDE 0113.
- Accionamientos para MCC (Centro de control de motores) con acoplamiento desmontable del interruptor, según prescripciones especiales.

Mayores detalles sobre el sistema de accionamientos giratorios en el catálogo NV21.

Dirección para accionar y disposición de los elementos de manipulación según DIN e IEC (CEI)

Cuando se accionan los elementos de manipulación de un aparato de maniobra, debe alcanzarse el efecto deseado de una manera rápida e inequívoca. Para este fin, se ha estipulado en la publicación IEC (CEI) 447, 1974 y DIN 43602, Julio 1975 lo siguiente:

- Grupos de efectos para formarse un juicio del estado final deseado (tabla 5.1).
- Sentido de accionamiento y efecto que se produce al accionar un elemento de mando (tabla 5.2).
- Disposición de dos elementos de mando (por ej., botones pulsadores), uno al lado otro o uno sobre otro (tabla 5.3).
- Disposición del elemento de parada cuando se tienen varios elementos de mando, ya sea uno al lado del otro o uno sobre otro (tabla 5.4).

Tabla 5.1 Grupos de efectos

Primer grupo de efectos	Segundo grupo de efectos
Aumento de un efecto	Disminución de un efecto
Cambio de la condición, por ej.: Puesta en marcha Arrancar Acelerar Cerrar un circuito eléctrico Encender	Cambio de la condición, por ej.: Detener Parar Frenar Abrir un circuito eléctrico Apagar
Movimiento de un objeto o vehículo, por ej.: Arriba A la derecha Adelante	Movimiento de un objeto o vehículo, por ej.: Abajo A la izquierda Atrás

Tabla 5.2
Sentido de accionamiento para movimientos giratorios y en liena recta

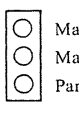
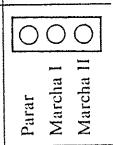
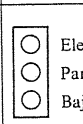
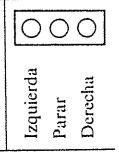
Clase de movimiento	Pieza que debe ser accionada	Sentido de accionamiento para Grupo de efectos I (conectar, aumento de un efecto, etc.)		Grupo de efectos II (desconectar, disminución de un efecto, etc.)	
Movimiento giratorio	Volante, muletilla, botón giratorio	↷	En sentido de las manecillas del reloj	↶	En sentido opuesto a las manecillas del reloj
Movimiento en sentido vertical	Palanca, empuñadura	↑	De abajo hacia arriba	↓	De arriba hacia abajo
Movimiento en sentido horizontal	Palanca, empuñadura	↗	Alejándose del operador (presionar o tirar)	↙	En dirección al operador (presionar o tirar)
		→	Hacia la derecha	←	Hacia la izquierda

Tabla 5.3
Disposición de dos dispositivos de manejo (por ej., pulsadores) [1])

Disposición de los dispositivos de manejo	Grupo de efectos I Aumento de un efecto	Grupo de efectos II Reducción de un efecto
Uno debajo de otro	 Accionamiento en el dispositivo superior	 Accionamiento en el dispositivo inferior
Uno junto al otro	 Accionamiento en el dispositivo de la derecha	 Accionamiento en el dispositivo de la izquierda

[1]) Para los colores distintivos de los pulsadores, véase el cap. 1.5.5

Tabla 5.4
Disposición de tres dispositivos de mando (por ej., pulsadores)

Efecto	Uno debajo de otro	Uno junto al otro
Un sentido de movimiento	 Marcha I (por ej., rápida) Marcha II (por ej., lenta) Parar	 Parar, Marcha I, Marcha II
Dos direcciones de movimiento	 Elevar Parar Bajar	 Izquierda, Parar, Derecha

[1]) Para los colores distintivos de los pulsadores, véase el cap. 1.5.5

5.3.2 Accionamiento magnético de los contactores

Tolerancias admisibles de la tensión al cerrar y para abrir

Según VDE e IEC (CEI), los contactores deben cerrar con seguridad cuando la tensión se mantiene entre 0,85 y 1,1 U_c. La tensión a la que abren, debe estar entre 0,1 y 0,75 U_c.

Los contactores Siemens, tipos 3TJ y 3TB, ofrecen un margen de seguridad mayor. Para ellos valen los siguientes valores de la tensión para los accionamientos por corriente alterna:

- **Cierran a todas las tensiones comprendidas entre 0,8 y 1,1 U_c**
- **Los contactores 3TJ abren a una tensión entre 0,2 y 0,5 U_c**
- **Los contactores 3TB abren a una tensión entre 0,4 y 0,65 U_c**

Ya que los motores solamente a partir del 80% de su tensión nominal trabajan correctamente, está conforme a la práctica que los contactores no cierren a tensiones más bajas.

Comportamiento biestable

Según NFC 63-110, parrafo 8.2.6.1, hay que demostrar los límites de funcionamiento, para ello se exige entre otros:

- Debe comprobarse que, cuando se aplica una tensión a la bobina del contactor, la cual aumenta uniformemente en $0{,}2 \cdot U_c$/s, éste cierra correctamente sin que haya un retardo notorio en el momento que cierra el circuito principal.
- Además, debe comprobarse que, cuando el contactor está cerrado y la tensión aplicada a la bobina decrece en $0{,}2 \cdot U_c$/s, él abre correcta y completamente y que los contactos principales no permanecen cerrados con una fuerza de contacto muy baja.

Estos ensayos se efectúan sin que circule corriente por los contactos principales.

Los contactores 3TJ y 3TB llenan estas exigencias y tienen, por tanto, un comportamiento biestable.

5.3.3 Accionamiento por motor

Los accionamientos por motor se emplean para conectar a distancia y para sincronizar:

Para conectar a distancia:

- Accionamientos por motor para conectar y desconectar (para los interruptores de potencia 3 V., así como para los seccionadores y conmutadores 3KV y 3KW).
- Accionamientos por motor para conectar solamente; la desconexión se efectúa mediante un disparador por corriente de trabajo o un disparador de mínima tensión (interruptores de potencia 3WE e interruptores rápidos para corriente continua 3WV).

Para sincronizar, en especial cuando se tiene un aparato de sincronización:

- Accionamiento mediante acumulador de energía cargado por motor, con dispositivo para soltar a distancia los resortes cargados (para interruptores de potencia 3WE).

Cuando se utilizan accionamientos por motor deben considerarse los siguentes puntos:

- La tensión de mando U_c debe ser preferentemente 220 V ≂, para un aprovechamiento económico de la sección de los conductores de mando.
- Las tolerancias de la tensión de mando U_c no deben sobrepasar −15 y +10%. Aquí debe considerarse la caída de tensión cuando el motor trabaja con carga nominal.
- Debe cumplirse con la duración mínima de la orden prescrita. Si esto no puede garantizarse, hay que prever un mando mediante contactores.
- Después de una conexión, seguida por un disparo inmediato del interruptor, debe transcurrir un tiempo determinado antes de poder efectuar una reconexión.
- Al fallar la tensión de mando, los interruptores pueden conectarse manualmente mediante los accionamientos auxiliares.

Los datos técnicos deben tomarse del catálogo NS1.

Dispositivos para bloquear o enclavar los accionamientos

Para bloquear o enclavar los accionamientos han sido previstos diversos dispositivos:

- Dispositivos mecánicos de cierre para candados o cerraduras de seguridad.
- Enclavamientos eléctricos utilizando: interruptores auxiliares, disparadores de mínima tensión y, en algunos casos, disparadores por corriente de trabajo y accionamientos por motor.

5.4 Medidas para facilitar los trabajos de cambio, vigilancia y mantenimiento

Una condición previa para minimizar los trabajos de mantenimiento es la correcta elección de los aparatos de maniobra, cuya vida útil eléctrica y mecánica debe estar en concordancia con las condiciones de servicio.

La vida útil eléctrica es generalmente más corta que la vida útil mecánica. Esto vale tanto para los contactores como para los interruptores de potencia. Por este motivo, cuando es económicamente aceptable, los contactos y las cámaras de extinción pueden ser cambiadas, para lo cual se da gran importancia a un cambio rápido. Es un asunto de costos si se emplea un contactor con una vida útil eléctrica igual a la mecánica o si se acepta cambiar varias veces los contactos durante la vida útil mecánica del contactor (véase el capítulo 3.5.9). Cuando se desconectan cortocircuitos de gran intensidad con los interruptores de potencia 3WE, es aconsejable revisar los contactos principales y las camaras de extinción para determinar si éstos pueden continuar en servicio. En las instrucciones de servicio se dan las indicaciones al respecto.

Las siguientes medidas facilitan considerablemente los trabajos de cambio, vigilancia y mantenimiento:

- ▷ **Fijación por resortes.**
- ▷ **Ejecución enchufable.**
- ▷ **Ejecución insertable con posición de prueba.**
- ▷ **Comprobación del funcionamiento correcto del disparador electrónico contra sobreintensidades del interruptor de potencia 3WE mediante un aparato de prueba, aún cuando el disparador se encuentra montado en el interruptor.**
- ▷ **Utilización de fusibles NH en los seccionadores bajo carga con fusibles NH y en seccionadores para motores, con fusibles (de esta manera se garantiza una manipulación sin peligro).**
- ▷ **Vigilancia del estado de los fusibles en los seccionadores bajo carga con fusibles NH.**
- ▷ **Placas de caracterización de los aparatos, las cuales posibilitan la clara correspondencia entre los aparatos y las vías de corriente, en especial, en mandos complejos.**

5.5 Control y criterios para determinar el estado de los contactos de los contactores 3TB

La vida útil de los contactos de los contactores puede ser calculada en años y meses con una buena aproximación, en base a las condiciones del servicio que prestan (fig. 5.8). Sin embargo, ocasionalmente deben realizarse inspecciones rutinarias de los contactos, ya que su vida útil puede alargarse o acortarse por diversas razones y, por tanto, ser distinta a la calculada teóricamente.

Estos motivos no son solamente tolerancias, muy a menudo es imposible prever todas las condiciones de servicio de las cuales depende la vida útil de los contactos.

Las inspecciones pueden efectuarse durante las pausas de servicio. Ellas aportan considerablemente a la fiabilidad del servicio de una instalación e impiden paros durante el tiempo de trabajo.

Un control visual es imprescindible después de ocurrir perturbaciones, por ej., cortocircuitos. Aquí hay

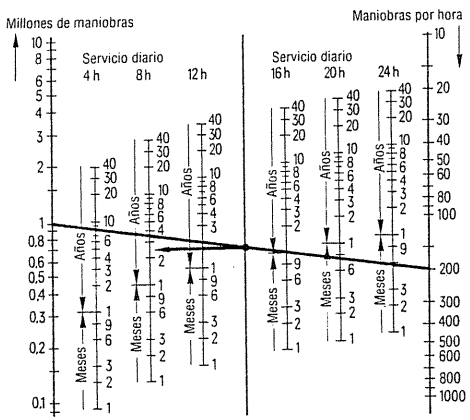


Fig. 5.8
Nomograma para determinar la vida útil eléctrica de los contactos en años (con 250 días laborables) y meses, para un servicio diario de 4, 8, 12, 16, 20 o 24 horas

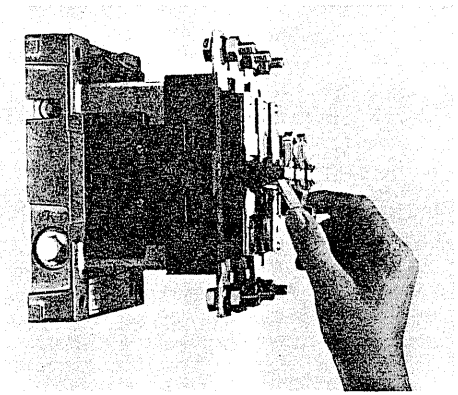


Fig. 5.9
Contactos facilmente remplazables en los contactores 3TB

que hacer mención, que la determinación VDE 0660, set 1982 parte 102, cap. C4 y Teil 104, cap. C4 permite que los contactos se suelden en caso de cortocircuito.

En los contactores de Siemens, el estado de los contactos puede ser controlado facilmente cuando éstos se encuentran desconectados: Después de accionar dos cierres rápidos, las cámaras de extinción pueden ser sacadas con suma facilidad.

No es necesario soltar los conductores. Mediante un control visual puede determinarse si es necesario cambiar los contactos del contactor (fig. 5.9).

El personal de mantenimiento debe saber juzgar si los contactos pueden continuar en servicio o si éstos deben ser cambiados. Sería falso cambiar contactos solamente porque un arco los ha ahumado y ha hecho áspera su superficie. Estos son fenómenos normales que se presentan durante el servicio y el cambiar dichos contactos en perfecto estado de funcionamiento solamente causaría gastos innecesarios.

El criterio para determinar si un contacto puede ser utilizado o no, es el volumen restante de la pieza (material) de contacto.

6 Emisores de señal electrónicos

La solucion de los múltiples problemas de detección y reconocimiento que se presentan en las cadenas automatizadas de producción continua, exigen emisores de señales y sensores para proveer los mandos y controles con las informaciones necesarias. Existen sistemas de sensores con los más diversos principios de funcionamiento. Los interruptores de posición con accionamiento mecánico (fines de carrera), por ej., solamente pueden reaccionar si tienen contacto directo con el objeto que está siendo elabotado (véase el capítulo 4.3.4).

Muchos procesos, ciclos y sistemas de fabricación no admiten un contacto mecánico y, por tanto, deben ser detectados sin efectuar un contacto directo. Esto puede tener como origen la composición de los materiales del objeto que debe ser palpado, su distancia del sensor, la fuerza de accionamiento disponible o la alta velocidad con que pasa por el sensor.

Tabla 6.1
Sinopsis de los emisores de señales y sistemas de sensores para la detección de objetos y fenómenos

Detección de objetos			Principio del funcionamiento	Emisor de señales o sistema de sensores	Señal	Procesamiento de las señales con		
Tipo del material	Distancia máxima	Forma de trabajar				mandos con contactores	mandos electrónicos	computadora
Solido	–	Contacto directo	Mecánico	Interruptor de posición	Binaria	×	×	–
Metal	50 mm para acero	Sin contacto directo	Modificación de un campo electromagnético	Interruptor de proximidad BERO, inductivo	Binaria	×	×	–
Cualquiera	30 mm para acero, puesto a tierra	Sin contacto directo	Modificación de un campo electrostático	Interruptor de proximidad BERO, capacitivo	Binaria	×	×	–
Cualquiera si puede reflejar suficientemente el sonido	1 m (10 m)	Sin contacto directo	Medición del tiempo de recepción del eco de ondas de ultrasonido con un ritmo definido	Interruptor de proximidad BERO, ultrasónico	Binaria y digital	–	×	–
Solido	0,5 m	Sin contacto directo	Reproducción anamorfótica (sistema simplificado de detección de figuras con fila de fotodíodos)	OPTIMAT	Digital	–	×	×
Solido	20 m	Sin contacto directo	Detección de figuras con cámara de televisión	VIDEOMAT	Digital	–	–	×

La tabla 6.1 muestra una sinopsis general de los emisores de señal y de los sistemas de sensores. Para funciones sencillas se emplean generalmente interruptores de posición mecánicos e interruptores de proximidad. En cambio, para problemas complejos se emplean los sistemas OPTOMAT y VIDEOMAT debido a sus principios de funcionamiento.

El aparato OPTOMAT es un sensor optoelectrónico el cual reconoce ópticamente la posición y forma de los objectos, aún cuando sus contornos son complejos. El es adecuado para leer cifras y símbolos. Las figuras se comparan con una muestra de referencia en la memoria del aparato. El aparato puede realizar hasta 7000 comparaciones por segundo.

El sistema VIDEOMAT, para la detección de figuras con la ayuda de una cámara de televisión, está previsto para detectar y elaborar un gran número de informaciones. Su aplicación representa un campo marginal y se nombra aquí solamente para completar la información.

A continuación se dan los criterios para la selección de los interruptores de proximidad BERO.

6.1 Criterios para la selección

6.1.1 Interruptores de proximidad BERO

Los interruptores de posición que tienen contactos electrónicos y actúan sin contacto directo con otros cuerpos se denominan "Interruptores de proximidad". Los interruptores de proximidad BERO se fabrican en ejecuciones capacitivas, inductivas y de ultrasonido (BERO: Berührungsloser Endtaster mit rückgekoppeltem Oszillator, lo cual significa: Fin de carrera sin contacto directo, con oscilador retroacoplado).

Interruptores de proximidad BERO, *inductivos y capacitivos, tipo 3SG31 y 3SG32, para distancias de conmutación de hasta 50 mm*

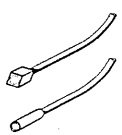
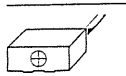
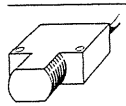
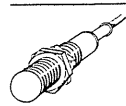
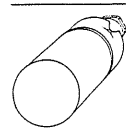
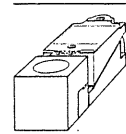
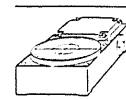
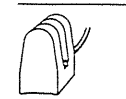
De acuerdo al principio de funcionamiento, se diferencia entre interruptores de proximidad BERO, capacitivos e inductivos. En las ejecuciones inductivas, el accionamiento se realiza mediante metales y en las ejecuciones capacitivas con cualquier material líquido, sólido o en polvo.

El interruptor de proximidad conmuta (cambio de señal en la salida) cuando el material (el cual viene a ser el accionamiento) se encuentra a una distancia determinada de la superficie activa (sensor).

Los interruptores BERO están caracterizados por las siguientes ventajas:

- ▷ **Accionamiento sin contacto directo,**
- ▷ **Alta frecuencia de maniobra,**
- ▷ **Accionamiento con distancias variables,**
- ▷ **Insensibles a condiciones de ambiente desfavorables (sacudidas, atmósferas agresivas),**
- ▷ **Accionamiento seguro con objetos que pasan a velocidades altas,**
- ▷ **Vida útil practicamente ilimitada, independiente de la frecuencia de maniobras,**
- ▷ **Servicio permanente, independiente de la frecuencia de maniobras,**
- ▷ **Señales inequívocas sin "rebotes".**

Tabla 6.2
Selección del BERO en función de la distancia máxima de conmutación y la frecuencia de maniobras

Forma constructiva		Distancia máxima de conmutación mm	Frecuencia máxima de maniobras: Ejecución para corriente continua Hz	Frecuencia máxima de maniobras: Ejecución para corriente alterna Hz
	Mini-BERO de forma cuadrada o cilíndrica, sin rosca	0,6	3000	–
	Micro-BERO	2	200	–
	De forma cuadrada, con saliente cilíndrica	7	100	3
	De forma cilíndrica, con rosca	15	100	15
	De forma cilíndrica, con caja lisa	25	50	3
	De forma cuadrada, para diferentes planos de accionamiento	15	100	15
	De forma cuadrada, para un plano de accionamiento	50	5	15
	BERO con superficie activa en ranura	–	100	5

Selección de la forma constructiva en dependencia de la distancia de conmutación y de la frecuencia de maniobras

La tabla 6.2 da una sinopsis de las formas constructivas, distancias de conmutación y frecuencia admisible de maniobras. En comparación con las ejecuciones para corriente continua, las ejecuciones para corriente alterna son relativamente lentas, es decir, su frecuencia admisible de maniobras es baja. Ella equivale a la frecuencia admisible de maniobras de los contactores auxiliares.

La frecuencia de maniobras más alta se alcanza cuando la superficie del elemento de accionamiento (de acero ST37) corresponde a la del interruptor de proximidad BERO, y la distancia de accionamiento es $0{,}5 \cdot s_n$ (s_n distancia nominal de conmutación según DIN EN 50010; véase también el catálogo NS 2).

Selección según la función que deben desempeñar

En la tabla 6.3 se indican las principales aplicaciones de los interruptores de proximidad BERO.

Selección y ejecución

Para cada aplicación hay un interruptor de proximidad BERO en la ejecución apropiada (tabla 6.4).

Interruptor de proximidad por ultrasonido BERO 3SG16, para distancias de conmutación de hasta 10 m

Los BEROS de ultrasonido son emisores de señal electrónicos para detectar objetos a grandes distancias (de hasta 10 m). Ellos detectan materiales sólidos, líquidos o en polvo. La constitución de la superficie de los objetos es irrelevante, pero deben reflejar de una manera suficiente las ondas ultrasónicas. La distancia para la conmutación es ajustable, por lo cual pueden ser detectados objetos en un margen definido.

Los BEROS de ultrasonido estan compuestos en principio por:

- ▷ Un transductor de ultrasonido a base de cerámica piezoeléctrica.
- ▷ Circuitos electrónicos para la emisión de sonido y para la recepción del eco.
- ▷ Un selector para ajustar el margen de la distancia deseada para la conmutación.

Tabla 6.3
Selección de los interruptores de proximidad BERO según la función que deben desempeñar

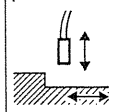
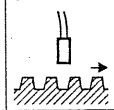
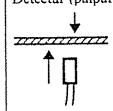
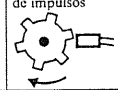
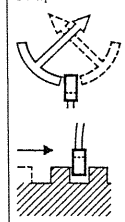
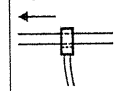
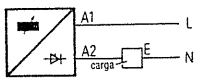
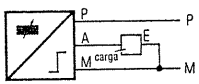
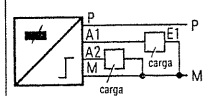
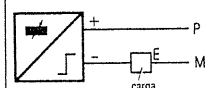
Ejemplos de aplicaciones	Función	Características ventajosas
Equipos de clasificación y transporte	Colocar en posición 	Exactitud de repetición sumamente alta (desviación máxima 0,06 mm)
	Contar 	Alta frecuencia de maniobra (hasta 3000 Hz)
Partes de máquinas en las cuales, por motivos técnicos, no se pueden montar dispositivos especiales de accionamiento, por ej. reglas o levas Partes de máquinas, cuyas distancias a los BEROS varían entre límites definidos Maquinas de empaquetar Instalaciones para transporte Puertas, portones, rejas Accionamientos reguladores Máquinas estibadoras Elevadores	Detectar (palpar) 	Accionamiento sin contacto directo
Dispositivos para contar digitalmente Detectar parada Detectar el sentido de giro (son necesarios dos BEROS)	Generación de impulsos 	Tiempos de conmutación cortos
Indicación de posiciones específicas de agujas de instrumentos de medición, las cuales no tienen suficiente fuerza para accionar mecánicamente (aplicación preferida de los BEROS con ranura)	Comprobar 	Accionamiento sin contacto directo
Transporte de las materias primas a las máquinas de elaboración mediante bandas transportadoras (aplicación preferida de los BEROS con superficie activa en ranura) Flujo de partes a dispositivos de montaje	Vigilar 	Alta velocidad accionamiento hasta 150 m/s (característica especial del BERO con superficie activa en ranura)

Tabla 6.4
Ejecuciones de BEROS para ser empleados como emisores de señales

Utilización como emisor de señales para	Ejecución del BERO: Para	N.° de bornes	Ejecución de los "contactos electrónicos"
Contactores auxiliares Válvulas magnéticas Embragues magnéticos	Corriente alterna	2 	1 NA o 1 NC
Relés de corriente continua Mandos electrónicos	Corriente continua	3 (2 para la alimentación, 1 salida) 	1 NA o 1 NC
Mandos electrónicos en técnica de cableado, por ej., SIMATIC C1 y C2 Mandos electrónicos programables en memoria, por ej., SIMATIC S5		4 (2 para la alimentación, 2 salidas) 	1 NA y 1 NC
Mandos electrónicos programables en memoria	Corriente continua, ejecución especial Ventajas: ▷ Forma constructiva corta ▷ Poco propenso a perturbaciones de acoplamiento ▷ Bajos costos de cableado ▷ Ninguna función falsa en caso de rotura de conductores	2 	1 NA

NA Contacto normalmente abierto, contacto de cierre
NC Contacto normalmente cerrado, contacto de apertura

Con el selector se ajusta, por tanto, el margen para detectar los objetos y materiales.

- ▷ Los objetos que se encuentran dentro del margen seleccionado provocan un cambio de la señal en la salida correspondiente del aparato.
- ▷ Los objetos que se encuentran entre este margen y el BERO de ultrasonido son señalizados en una salida adicional.

Criterios para la selección según la forma de detectar

Los BEROS de ultrasonido detectan

- ▷ **sin hacer contacto directo con los objetos.**
- ▷ **objetos a grandes distancias del sensor (ejecuciones para distancias de conmutación de 0,2 hasta 1 m y de 0,5 hasta 10 m).**
- ▷ **en un margen de distancia definido.**
- ▷ **sin ser afectados por perturbaciones acústicas, eléctricas u ópticas.**
- ▷ **objetos de cualquier material, pero una capacidad de reflexión lo suficientemente alta.**

Criterios para la selección en dependencia de la aplicación

Los BEROS de ultrasonido son apropiados para las siguientes aplicaciones:

- ▷ Posicionar autómatas de empaque y dispositivos para cargar.
- ▷ Control de salida en cadenas de producción continua.
- ▷ Control de distancias en ascensores y rampas móviles (protección contra colisión).
- ▷ Control y vigilancia de bandas transportadores y dispositivos de producción.
- ▷ Vigilancia del nivel de líquidos.

6.2 Criterios para decidir si los mandos a utilizar deberán ser electromecánicos o electrónicos

La automatización de ciclos de trabajo en la industria exige la elección de los aparatos de mando óptimos para aplicaciones específicas. De acuerdo a la aplicación, debe decidirse si se emplearán, por ej., contactores, relés de tiempo o mandos electrónicos, ya sean éstos programables en memoria o por cableado, para obtener los mandos más rentables.

La gama de automatizaciones en la industria va desde el más simple mando de una máquina aislada hasta el control y optimización de procesos completos. En la actualidad, cuando se analizan aspectos económicos, no es posible resolver con una sola técnica, de una manera óptima, la variedad de problemas que se presentan. Los sistemas programables en memoria, como es el sistema SIMATIC S5, están ganando popularidad, ya que los avances de la microelectrónica hacen que los precios de dichos sistemas se reduzcan día a día. Para mandos sencillos existe un gran campo de aplicación para las soluciones mediante programación por cableado, ya sea con relés y contactores auxiliares o con sistemas electrónicos modulares como SIMATIC C1, C2 y C3 (fig. 6.1).

La elección de los elementos de mando óptimos es sumamente compleja. Para cada aplicación deben compararse las ventajas y desventajas para la proyección, diseño, producción, montaje, puesta en marcha y servicio de los mandos, así como los costos para cada alternativa. Para todos estos análisis también debe tomarse en cuenta el grado de preparación del personal de servicio.

Los siguientes criterios, sugerencias y orientaciones sirven de ayuda para la elección de los elementos óptimos para los mandos de aplicaciones específicas.

Tamaño de la instalación

Debido a los bajos costos básicos, los mandos con SIMATIC C1 y C2 encuentran utilización en campos que hasta ahora estaban reservados a los contactores auxiliares y relés de tiempo. Los mandos con SIMATIC S5 son una alternativa de consideración cuando las ventajas de los mandos programables en memoria entran en primer plano compensando completamente los gastos básicos del sistema. Dichas ventajas son, por ej., "cambio rápido de los mandos", "duplicación de los mandos" y "documentación del programa, elaborada por sistemas de computación".

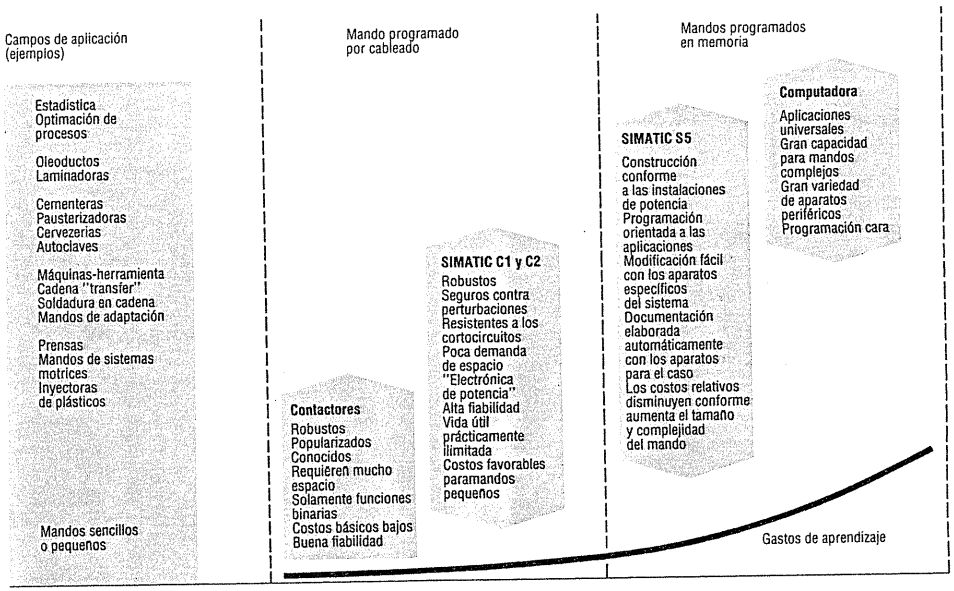


Fig. 6.1 Para cada mando el sistema adecuado

Tabla 6.5
Gastos básicos de los diferentes sistemas de mando

	Contactores auxiliares	SIMATIC C1 y C2	SIMATIC C3	SIMATIC S5
Transformador de mando	×	–	–	–
Adaptador para la red estabilizado	–	×	–	–
Adaptador para la red sin estabilizar	–	–	×	×
Unidad central	–	–	×	×
Memoria de programas	–	–	–	×
Aparato de programación [1])	–	–	–	×
Herramientas para cablear [1])	–	×	×	–
Aparato comprobador [1])	–	–	–	×
Lápiz o lámpara de pruebas [1])	×	×	×	–

[1]) Puede emplearse para varios mandos

Una comparación de los costos básicos de los diferentes sistemas la muestra la tabla 6.5.

Aumento del grado de automatización

Aumentar el grado de automatización significa hacer que los mandos asuman más funciones. Si adicionalmente se exigen tiempos de elaboración más cortos es ineludible el empleo de la electrónica (fig. 6.2).

Programación

La programación de un mando programable en memoria está compuesta por la estipulación de las funciones a programarse en forma de un plan de función, la lista de ordenes o diagrama de contactos y la entrada del programa (fig. 6.3).

En comparación, la programación de un mando programable por cableado se realiza elaborando un plan de función o de contactos, su conversión en un plan de cableado y el cableado en si.

En todo caso, la fase previa, en la cual se efectúan el análisis de los problemas y cometidos así como el esquema tecnológico, acarrea costos que no deben subestimarse.

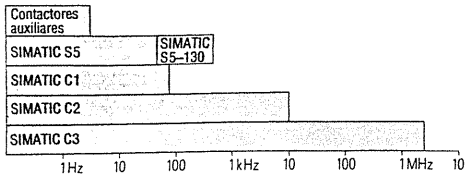


Fig. 6.2
Frecuencia del procesamiento de señales en mandos con contactores auxiliares y con los sistemas SIMATIC

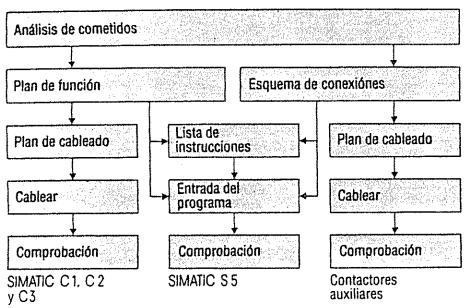


Fig. 6.3 Esquema tecnológico para un mando

Documentatión

Para las distintas fases del proyecto debe prepararse la documentación correspondiente (fig. 6.3). Para los mandos programables por cableado la documentación se prepara manualmente. En el caso de los mandos programables en memoria, como son los sistemas de automatización SIMATIC, la docúmentatión puede elaborarse automáticamente con los aparatos específicos del sistema.

Mandos iguales

Si se precisan varios mandos iguales, el empleo de mandos programables en memoria puede ser más ventajoso que la utilización de mandos programables por cableado, ya que los primeros pueden ser copiados de una manera sencilla y así ahorrar costos considerables.

Modificaciones

Cuando se efectúan modificaciones en el ciclo de trabajo, debe realizarse un análisis minucioso de las consecuencias en las fases posteriores al cambio (véase también programación). Cuando se concluye el analisis, se hacen los cambios y se corrige la documentación. Los costos de las modificaciones dependen del sistema de mandos empleado (tabla 6.6).

Tabla 6.6
Realización de modificaciones en diversos sistemas de automatización

	Modificaciones	Corrección de la documentación
Contactores auxiliares	Fácil de efectuar si son pocas	Manualmente
SIMATIC C1, C2, C3	Fácil de efectuar si son pocas	Manualmente
SIMATIC S5	Fácil de realizar con los aparatos correspondientes	Automaticamente con impresoras

Localización de fallas

Para la localización de fallas en mandos con contactores auxiliares o con los sistemas SIMATIC C1, C2 y C3 se precisan pocos instrumentos o ayudas técnicas (tabla 6.7). Las indicaciones de la posición de maniobra facilitan la localización de fallas.

Compatibilidad

Los sistemas SIMATIC pueden combinarse entre si, por ej., un contador rápido puede realizarse con SIMATIC C2, para luego ser incorporado en un mando con SIMATIC C1 o C3.

Tiempo de reacción

Como tiempo de reacción se entiende el tiempo que transcurre entre el "cambio de señal en la entrada" y la "reacción en la salida" de un mando. La duración resulta de la suma del retardo en la entrada t_E y del tiempo propio de los contactos t_I (tabla 6.8).

En los mandos programables mediante cableado, el tiempo propio de un contacto en una aplicación definida es igual a la suma de los tiempos propios de los n contactos previos que conectan uno tras el otro ($n \times t_I$).

En los mandos programables en memoria, este tiempo es igual a la mitad de la duración de un ciclo, es decir, al tiempo de elaboración de una orden (AW) multiplicado por la longitud del programa partido dos.

Tabla 6.7
Instrumentos y ayudas técnicas necesarios para la localización de fallas

Instrumentos y ayudas técnicas	Contactores auxiliares	SIMATIC C1, C2 y C3	SIMATIC S5
Plan de cableado	×	×	–
Documentación del programa	–	–	×
Probador de tensión	×	–	–
Lápiz o lámpara de pruebas	–	×	–
Aparatos especiales de programación y pruebas	–	–	×

Tabla 6.8
Tiempos de reacción de los diferentes aparatos de mando

	t_E	t_I
Contactor auxiliar	0	$+n \times 30$ ms
SIMATIC C1	0	$+n \times 3$ ms
SIMATIC C2	5 ms	$+n \times 20$ µs
SIMATIC C3	5 ms	$+n \times 10$ ns
SIMATIC S5		
sin alarma	5 ms	+2,5 a 15 ms c/u 1024 AW
con alarma	5 ms	+1 ms

En los mandos con SIMATIC S5 pueden reducirse estos tiempos a 1 ms mediante la conexión de alarma. Para ello, se tienen entradas especiales cuyas señales son tratadas con prioridad y un cambio en ellas tiene como consecuencia la ejecución inmediata de la parte correspondiente del programa.

Salidas de potencia

Cuando un mando se realiza con contactores auxiliares, raras veces se necesita de una parte adicional para conectar las potencias que se presentan en los mandos, ya que los contactos de los contactores auxiliares están previstos para corrientes relativamente altas (haste 10 A a 220 V) y, por tanto, es posible conectar y desconectar directamente válvulas, embragues, frenos y motores pequeños. En los mandos electrónicos, para dichas aplicaciones, se precisan salidas de potencia sumamente caras, o se combina la electrónica con contactores auxiliares o contactores de potencia.

Indicaciones de la posición de maniobra

Estas son una ayuda substancial para la puesta en marcha, localización de fallas y eliminación de perturbaciones. Estas indicaciones y avisos están generalmente incorporados constructivamente en los contactores auxiliares. Para los sistemas SIMATIC C1, C2 y C3 se tienen a disposición módulos de indicación. En el sistema SIMATIC S5 se indican los estados de las entradas y salidas mediante díodos luminiscentes.

Géneración de ruidos

Los ruidos que se producen en los mandos con contactores auxiliares pueden ser molestos. En este caso la electrónica es una alternativa apropiada.

Separación de potencial

La separación de potencial se hace más necesaria cuando deben protegerse componentes electrónicos sensibles a los efectos de "perturbadores" periféricos. En los contactores auxiliares ésto está dado constructivamente. Tensiones de mando de distinto potencial pueden ser elaboradas al mismo tiempo sin necesidad de medidas adicionales.

En el sistema SIMATIC S5 la separación de potencial se logra mediante óptoacopladores en las entradas y salidas.

Una separación de potencial no es necesaria en los sistemas SIMATIC C1 y C2, ya que sus elementos, por medidas tomadas en su diseño, son extremamente resistentes a las perturbaciones y a la destrucción.

Fiabilidad

El porcentaje estadístico de fallas de un mando, es igual a la suma de los porcentajes de fallas de los elementos que lo componen. De ésto resulta que, mientras más amplio y complejo sea un mando y major sea su grado de automatización, mayores son las exigencias que se deben imponer a sus componentes. Los sistemas SIMATIC tienen una fiabilidad que satisface cualquier exigencia, ya que han sido dimensionados de acuerdo al "worst case" (peor de los casos).

De los elementos periféricos, como son los interruptores de posición (fines de carrera), también se espera

una fiabilidad aumentada. En estos casos, es ventajoso emplear los interruptores electrónicos de proximidad BERO.

Gastos de mantenimiento

Los mandos electrónicos no ocasionan gastos de mantenimiento. En los mandos electromecánicos hay que prestar atención a la vida útil de cada uno de los aparatos y, en caso necesario, efectuar un cambio a tiempo.

Vida útil

La vida útil de un mando debería alcanzar, de ser posible sin ocasionar gastos de mantenimiento, la vida útil de la máquina o instalación que controla. Los aparatos electromecánicos para mandos, como son los contactores auxiliares, los relés de tiempo y los interruptores de posición, alcanzan aproximadamente una vida útil de 30 millones de maniobras.

Los sistemas SIMATIC y los interruptores electrónicos de proximidad BERO tienen una vida útil prácticamente ilimitada.

Condiciones de medio ambiente

Bajo condiciones de medio ambiente se denominan las influencias de la temperatura, polvo, sacudidas, humedad y atmósferas agresivas.

En comparación con los sistemas electromecánicos, los sistemas SIMATIC tienen un comportamiento no crítico, ya que las componentes utilizadas fueron seleccionadas de tipos constructivos de baja sensibilidad a las condiciones de medio ambiente. Los Bloques SIMATIC C1 están adicionalmente rellenados y sellados con resina sintética.

Demanda de espacio

Los mandos electrónicos demandan menos espacio que los correspondientes mandos convencionales. El espacio necesario puede reducirse, en dependencia de lo extenso y complejo que sea el mando y del sistema SIMATIC empleado, hasta a una tercera parte del espacio requerido para un mando convencional.

7 Combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica (CAMF)

7.1 Recomendaciones generales para la selección

La selección de instalaciónes de maniobra, distribuciones y mandos de baja tensión para una aplicación determinada se efectúa tomando en cuenta diversos criterios.

Tipo de la distribución

Lo primero que debe definir el usuario es, si la distribución deseada es un distribución principal o una subdistribución (fig. 7.1).

Las distribuciones principales y las subdistribuciones pueden dividirse en:

- ▷ **Distribuciones radiales**
- ▷ **Distribuciones lineales**
- ▷ **Tableros de mando**

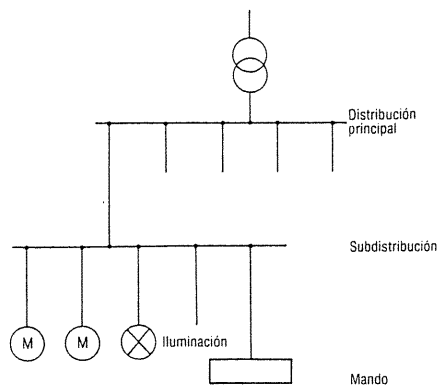


Fig. 7.1
Distribución principal, subdistribución y mando en una red de baja tensión

Distribuciones radiales

En las distribuciones radiales (fig. 7.2), la energía se reparte desde un solo punto del cual parten, tendidas de una manera fija, las líneas de alimentación de los consumidores. El punto de unión es la distribución central. Las distribuciones radiales pueden estar incorporadas en armarios, gabinetes, tableros o cajas modulares.

Distribuciones lineales

En las distribuciones lineales (fig. 7.3), la energía se conduce mediante barras colectoras hasta las inmediaciones de los consumidores. A lo largo del recorrido por las filas de máquinas, las barras colectoras se encuentran en un ducto metálico o de material aislante. Los consumidores se conectan a las barras colectoras, a través de cajas de salida desmontables, con conductores de alimentación cortos.

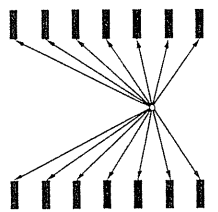


Fig. 7.2
Distribución radial

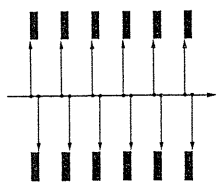


Fig. 7.3
Distribución lineal



Fig. 7.4
Tablero de mando

Tableros de mando

Mientras las distribuciones forman parte de las redes de baja tensión, se considera que los tableros de mando forman parte de las máquinas-herramienta o de las máquinas de elaboración y manufactura que controlan (fig. 7.4).

Intensidad nominal

El tamaño y tipo constructivo de una CAMF los determinan primordialmente las corrientes nominales de la alimentación, de las salidas y de las barras colectoras (véase también el capítulo 2.1).

Resistencia a los cortocircuitos

Las CAMF se construyen de tal manera, que están en condiciones de soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos que se presentan cuando ocurren cortocircuitos.

Los datos de la resistencia a los cortocircuitos de una CAMF con una sola alimentación pueden ser dados por el fabricante, según VDE 0660 parte 5, de la manera siguiente:

- ▷ Mediante la indicación de la mayor corriente de cortocircuito prevista en los bornes de entrada de la CAMF, para la cual ella ha sido dimensionada.
- ▷ Mediante la indicación de la máxima corriente nominal de los fusibles que pueden preconectarse a la CAMF.
- ▷ Mediante la indicación de la corriente nominal de choque y de la corriente nominal de breve duración (corriente por 1 s) de la CAMF.

Para una CAMF con varias alimentaciones, las cuales no prestan servicio simultáneo, puede darse la resistencia a los cortocircuitos para cada una de las alimentaciones individuales, de la misma forma que para una CAMF con una sola alimentación.

Para una CAMF con varias alimentaciones, las cuales pueden prestar servicio simultáneamente, así como para una CAMF con una alimentación y una o más salidas para motores de gran potencia, los cuales pueden alimentar adicionalmente un cortocircuito, la resistencia a los cortocircuitos de la CAMF se fija e indica en base a los datos suministrados por el usuario en lo que respecta a la corriente de cortocircuito prevista.

Si no se tienen estos datos, es preciso efectuar un cálculo de las corrientes de cortocircuito, tomando como base las directrices de cálculo indicadas en VDE 0102 parte 2. El cálculo se simplifica cuando se emplea la hoja de cálculo normalizada que se muestra en la figura 2.13.

Para mayores detalles sobre el cálculo de las corrientes de cortocircuito, véase el capítulo 2.1.2.

Clase de protección

Las condiciones de servicio existentes en el sitio de instalación (polvo, humedad, servicio rudo) determinan la clase de protección que debe satisfacer una CAMF.

Sitio de instalación

La ejecución de una CAMF también está determinada por el sitio de instalación, es decir si ella se instalará en un recinto exclusivo para aparatos eléctricos o en un sitio accesible a personal no especializado. De ésto depende si la CAMF se construirá en ejecución abierta o en ejecución segura contra contactos.

Condiciones de medio ambiente

Para la proyección y selección de una CAMF deben considerarse la temperatura ambiente y las condiciones climáticas en el sitio de instalación, ya que de ellas depende la cargabilidad de los aparatos eléctricos. Fuertes fluctuaciones de la temperatura y de la humedad, así como una colocación al aire libre, influencian la ejecución de la CAMF (por ej., clase de protección, techo protector, calefacción y ventilación).

Materiales de las cajas

Las CAMF se fabrican en ejecución abierta o montadas en cajas protectoras metálicas o de material aislante.

Medidas de protección

Las CAMF deben estar construidas de tal manera que, en caso necesario, ofrezcan la protección requerida contra contacto de las partes activas y que permitan la aplicación de una de las medidas de protección contra tensión de contacto muy alta indicadas en VDE 0100.

Las piezas bajo tensión de una CAMF deben estar cubiertas de tal forma, que el personal de servicio no corra peligro (por contacto directo), cuando la CAMF se instale en sitios de acceso general.

Para garantizar la protección del personal de servicio en caso de falla, las CAMF deben estar construídas de tal forma, que permitan la aplicación de una medida de protección con conductor de protección, o ellas deberán tener un aislamiento de protección.

Para la aplicación de las medidas de protección necesarias, véase el capítulo 1.4.

Montaje de los aparatos

Los aparatos de maniobra, mando y vigilancia pueden montarse en una CAMF fijos (en módulos de montaje) o en unidades extraíbles.

Con el tipo de montaje se determinan, por ej., las posibilidades de:

- ▷ Sustitución de los aparatos en caso de falla.
- ▷ Cambios y manipulaciones en una CAMF en servicio.

Colocación

Las CAMF se construyen generalmente para colocarse a la pared o para colocación individual independiente.

Mandos en las puertas

Como complemento a las indicaciones dadas bajo la rúbrica "colocación", cuando se proyecta una CAMF para colocación individual independiente, debe decidirse si los mandos estarán en ambos o en un solo lado de la CAMF (en caso de colocación uno a espalda del otro).

Un cuadro sinóptico de las instalaciones de maniobra y distribuciones de Siemens se muestra en la figura 7.5.

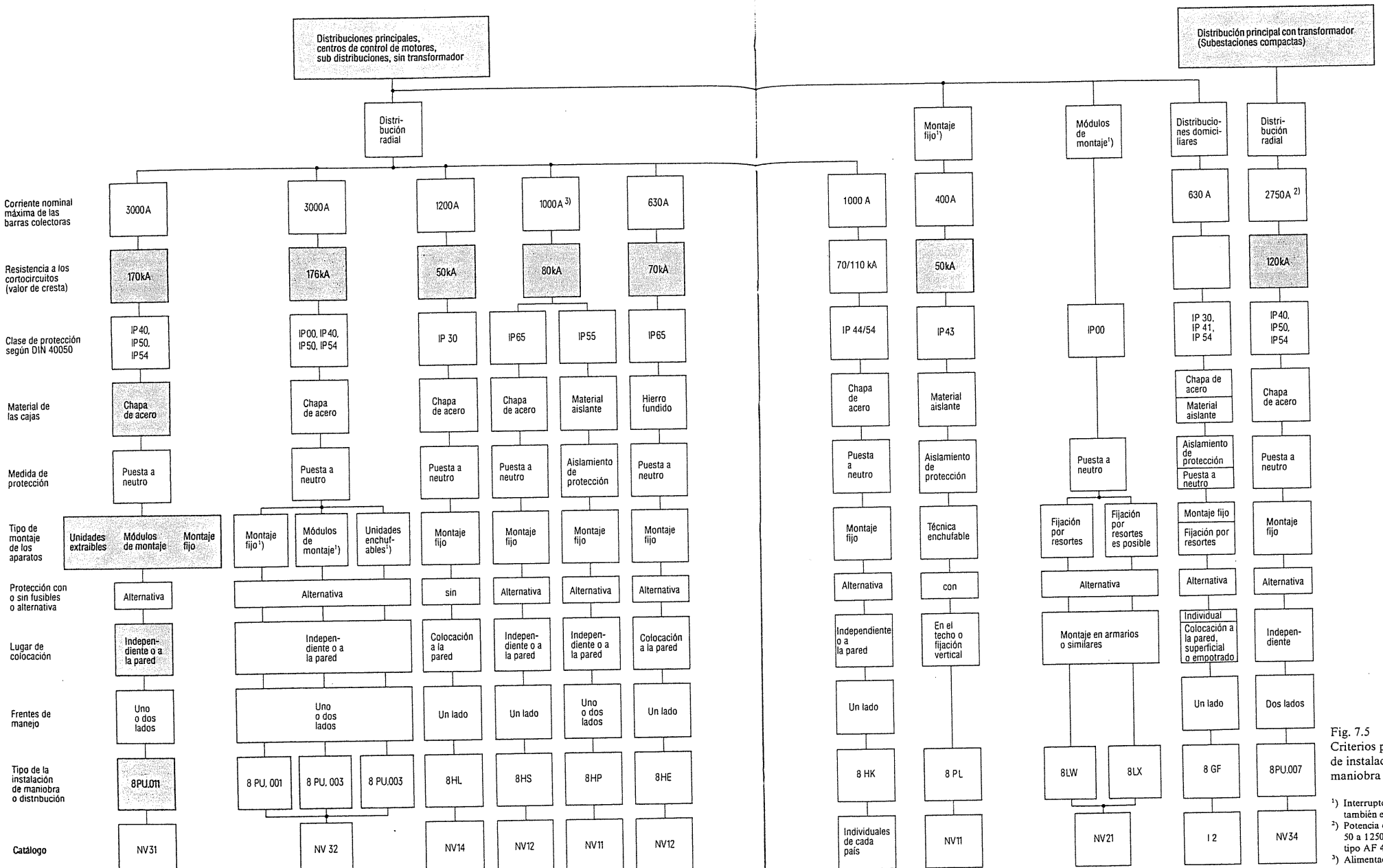


Fig. 7.5
Criterios para la selección de instalaciones de maniobra y distribuciones

[1]) Interruptores de potencia 3WE también en técnica insertable
[2]) Potencia del transformador de 50 a 1250 kVA (con refrigeración tipo AF 40% mas alta)
[3]) Alimentación hasta 1800 A

7.2 Programa de las instalaciones de maniobra estandard, tipo 8PU

Aplicación

Distribuciones principales, subdistribuciones y centros de control de motores encuentran utilización en industrias, centrales eléctricas, institutos, hoteles y hospitales, así como en cualquier sitio con consumidores grandes.

Ejecución

Las combinaciones de maniobra montadas en fábrica (CAMF) según VDE 0660 parte 5, la publicación IEC 439 y la norma española UNE 20-098-75 deben ser armadas, cableadas y probadas en fábricas o talleres y se suministran listas para ser conectadas. El programa comprende aparatos de maniobra y combinaciones de los mismos para montaje en técnica extraible, modular o montaje fijo. Las carcasas de las instalaciones de maniobra están compuestas por los sistemas de armarios 8MF y 8ML de color gris claro (RAL 7032). Las instalaciones de maniobra están previstas para instalación en interiores.

Todas las piezas metálicas de la armazón, del revestimiento y de las piezas para el montaje de los aparatos en las instalaciones de maniobra 8PU están unidas eléctricamente por tornillos y conectados a la barra PE o PEN que corre horizontalmente en la parte inferior de la celda.

Los aparatos eléctricos, por ej., pulsadores, lámparas de aviso y aparatos de medición pueden montarse en un portainstrumentos móvil en la unidad extraible, fijo a la armazón o directamente en la puerta del armario. En este último caso, la puerta está unida a la barra PE o PEN mediante un conductor adicional y, por tanto, incorporada a la medida de protección.

En las instalaciones de maniobra estandard tipo 8PU se tienen a disposición cuatro formas constructivas con celdas distintas. Las formas constructivas y los campos de aplicación de las celdas se encuentran resumidos en la tabla 7.1.

El espectro de aparatos y el sistema de montaje de los mismos en las formas constructivas del sistema 8PU debe tomarse de la tabla 7.2.

Técnica de montaje fijo

Todos los aparatos y unidades están fijamente montados en la instalación de maniobra o en la distribución.

Tabla 7.1
Campos de aplicación de las distintas formas constructivas de las instalaciones de maniobra 8PU

Forma constructiva	Campos de aplicación					
	Alimentación de la instalación, salidas, acoplamientos	Alimentación de subdistribuciones	Alimentación de motores	Consumidores pequeños	Válvulas magnéticas, Accionamientos reguladores	Compensación central de energía reactiva
	Tipos de las celdas de las diferentes formas constructivas					
8PU.001	L1, L2	B, T1	B	–	–	C
8PU.003	L1, L2	B, T1	B	–	–	C
8PU.007	L1, L2	T1	–	–	–	C
8PU.011	L1, L2	S2, S3, B T1, T2, T3 S1	S1 (MCC) K S2, B L1, L2	S2, S3, B	K	C

Las conexiónes a la entrada y a la salida de los aparatos y unidades están solidamente unidas a los mismos.

Técnica modular

Para ello se tienen unidades modulares para ser fijadas mediante tornillos, las cuales son de fácil cambio. La alimentación se efectúa mediante contactos de seccionamiento. Las salidas están previstas para conexión fija.

Técnica extraíble

En este caso las unidades modulares están provistas tanto a la entrada como a la salida de contactos seccionables.

Centro de control de motores (MCC) en celdas S1

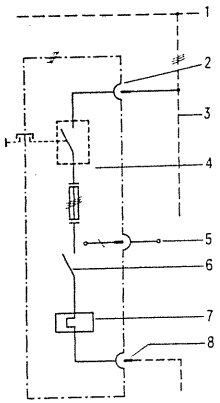
Los MCC se construyen en técnica extraible. Cada contactor tiene preconectado un interruptor principal con una capacidad de conexión y ruptura lo suficientemente alta para conectar motores (6 a 8 veces I_N), aún cuando éste se encuentre con el rotor bloqueado. Los accionamientos de los interruptores principales están provistos con un enclavamiento, el cual impide que la puerta del compartimiento pueda ser abierta cuando el interruptor se encuentra en la posición CON. Por tanto, no es posible extraer el módulo cuando éste se encuentra bajo carga.

Solamente personal calificado y entrenado puede abrir la puerta de un compartimiento estando el in-

Tabla 7.2 Gama y tipo de montaje de aparatos en las diferentes celdas y formas constructivas 8PU

Formas constructivas 8PU				8PU.001	8PU.003	8PU.007	8PU.011
Tipo de celda	Técnica de montaje	Gama de aparatos					
Celdas para interruptores de potencia Celda L1 Celda L2	Unidades extraíbles Montaje fijo	Interruptores de potencia		3WE 13 a 3WE 83	3WE 13 a 3WE 83	3WE 13 a 3WE 73	3WE 13 a 3WE 83
Celda con barras enchufables Celda S1	Unidades extraíbles en técnica MCC	Contactor	hasta	–	–	–	400 A
		Arrancador para inversión del sentido de giro	hasta	–	–	–	400 A
		Arrancador estrella-triángulo	hasta	–	–	–	715 A
		Combinación para conmutación de polos	hasta	–	–	–	170 A
		Seccionador para motores, con fusibles	hasta	–	–	–	400 A
Celda S2	Módulos de montaje	Contactor	hasta	–	–	–	400 A
		Arrancador para inversión del sentido de giro	hasta	–	–	–	400 A
		Arrancador estrella-triángulo	hasta	–	–	–	715 A
		Combinación para conmutación de polos	hasta	–	–	–	170 A
		Seccionador bajo carga con fusibles NH	hasta	–	–	–	400 A
Celda S3	Módulos de montaje	Seccionador bajo carga con fusibles NH	hasta	–	–	–	125 A
Celda de unidades extraíbles pequeñas Celda K	Unidades extraíbles	Contactor	hasta	–	–	–	32 A
		Arrancador para inversión del sentido de giro	hasta	–	–	–	32 A
Celdas para seccionadores bajo carga con fusibles NH Celda T1	Montaje fijo en filas horizontales [1]	Seccionadores bajo carga con fusibles NH	hasta	630 A	630 A	630 A	630 A
Celda T2	Montaje fijo en compartimientos [1]	Seccionadores bajo carga con fusibles NH	hasta	–	–	–	630 A
Celda T3	Montaje fijo en compartimientos [1]	Seccionadores para motores, con fusibles	hasta	–	–	–	630 A
Celda de combinaciones modulares Celda B	Montaje fijo	Contactor	hasta	250 A	250 A	–	250 A
		Arrancador para inversión del sentido de giro	hasta	250 A	250 A	–	250 A
		Arrancador estrella-triángulo	hasta	300 A	300 A	–	300 A
		Interruptor de potencia	hasta	400 A	400 A	–	400 A
		Seccionador bajo carga	hasta	630 A	630 A	–	630 A
		Interruptor bajo carga	hasta	100 A	100 A	–	100 A
Celda para compensación central de energía reactiva Celda C		Regulador de energía reactiva	hasta	31 etapas	31 etapas	31 etapas	31 etapas
		Condensadores individuales	hasta	50 kvar	50 kvar	50 kvar	50 kvar
		Potencia total de los condensatores		ilimitada	ilimitada	ilimitada	ilimitada

[1]) Celda con aparatos montados en filas, una sobre otra, con una puerta común
[2]) Celda con aparatos montados en compartimientos, uno sobre el otro, cada uno con puerta individual



1 Barras colectoras
2 Contacto de seccionamiento de la alimentación
3 Barras enchufables
4 Interruptor principal con contactos de seccionamiento en la parte posterior, enclavamiento para puerta y fusibles NH (seccionador para motores, con fusibles)
5 Unión por enchufe, de 20 polos, para los circuitos de mando
6 Contactor
7 Relé térmico contra sobrecargas
8 Contacto de seccionamiento para la salida

Fig. 7.6
Diagrama general de una unidad extraible tipo MCC con interruptor principal y contactor

terruptor principal en la posición CON. Para ello el operador debe desactivar momentáneamente el enclavamiento macánico.

Con el interruptor principal en la posición DES y estando la puerta del compartimiento cerrada, es posible efectuar ensayos del circuito de mando del motor.

En ambas posiciones (CON y DES) puede bloquearse el accionamiento del interruptor principal con un máximo de tres candados, con lo cual se impide una desactivación del enclavamiento. El plano de un módulo de un MCC con un seccionador para motores, con fusibles, contactor y relé bimetálico lo muestra la figura 7.6.

En la figura 7.7 se muestra una celda S1 de un centro de control de motores (MCC), con las puertas de los compartimientos cerradas y espacio lateral para la conexión de cables. Ella está prevista para colocación a la pared.

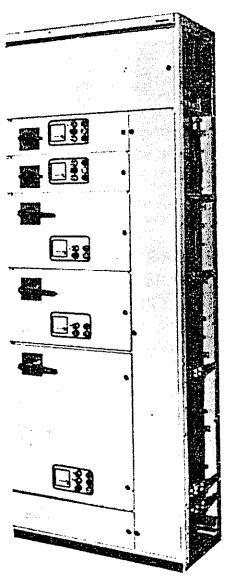


Fig. 7.7
Celda S1 de un centro de control de motores (MCC)

7.3 Sistemas de distribución

Aplicaciones

Con los sistemas de distribución pueden construirse distribuciones principales y subdistribuciones, con barras colectoras con intensidades nominales desde 250 hasta aprox. 1200 A.

Ejecución

Los sistemas de distribución están formados por cajas y armarios modulares, con los cuales pueden construirse distribuciones con las funciones y dimensiones deseadas. Los módulos básicos son cajas de diferentes dimensiones, pero adaptadas las unas a las otras. Los módulos pueden ser unidos, para formar distribuciones, tanto por el usuario, como por el fabricante. El sistema modular permite adaptar exactamente la construcción y las características eléctricas de las distribuciones a las necesidades del usuario. Los materiales empleados para la fabricación de los distintos sistemas de distribución son:

- **chapa de acero,**
- **materiales aislantes (plásticos) y**
- **hierro fundido.**

7.3.1 Sistema de distribución compacto, en cajas de chapa de acero, tipo 8HL

Aplicación

El sistema de distribución compacto 8HL se emplea para la construcción de distribuciones principales y subdistribuciones sin fusibles, con interruptores de potencia 3VE, 3VN, 3VT y 3VP.

Estas distribuciones se emplean para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cables, conductores, partes de las intalaciones y consumidores, por ej., en edificios administrativos, rascacielos, escuelas y hospitales.

Ejecución

El sistema de distribución compacto 8HL comprende dos series de cajas, para alimentaciones de 630 y 1200 A. Las cajas de chapa de acero son para montaje en paredes (fijación superficial) y, en ejecución con profundidad reducida, para empotrar. Las cajas tienen la clase de protección IP 30. La alimentación se conecta directamente a bornes de entrada en la parte superior o inferior de la caja; para intensidades nominales de hasta 630 A, la alimentación puede conectarse a un interruptor de potencia. Las distribuciones son apropiadas para sistemas de barras colectoras con 4 ó 5 conductores (fig. 7.8).

Características

Las características esenciales de las distribuciones compactas 8HL son:

- **Protección sin fusibles,**
- **construcción compacta,**
- **montaje horizontal de los interruptores de salida, los cuales se colocan en dos filas verticales,**
- **amplios espacios para el cableado y**
- **proyección sencilla.**

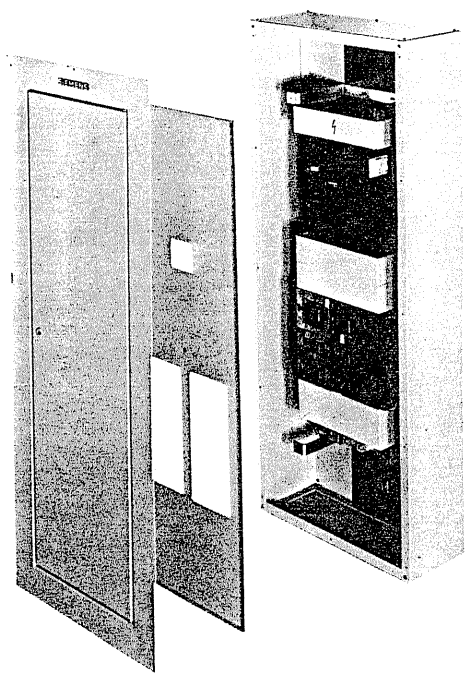


Fig. 7.8
Distribución compacta, tipo 8HL, con alimentación de 630 A a través de un interruptor de potencia 3VT72

7.3.2 Sistema de distribución en cajas de chapa de acero, tipo 8HS

Aplicación

El sistema de distribución 8HS es apropiado para la construcción de distribuciones principales y subdistribuciones, así como tableros de mando en centrales eléctricas, instalaciones industriales, empresas artesanales y comerciales.

Ejecución

El sistema de distribución 8HS comprende cuatro cajas de diferentes tamaños, todas de 380 mm de profundidad. Las cajas tamaño 4 pueden ser suministradas con una profundidad mayor para el montaje de interruptores de potencia. Las puertas pueden ser ciegas o tener una ventana. Estas distribuciones (fig. 7.9) se suministran con la clase de protección IP 65 y pueden ser montadas, sin soportes adicionales, sobre bases.

Características

Las características principales de las distribuciones 8HS son:

- **Seguridad en el servicio por la elevada clase de protección, cajas robustas de chapa de acero y disposición clara de los aparatos,**
- **adecuada para talleres de montaje por sus amplios espacios para los bornes de conexión y cableado sencillo,**
- **montaje fácil por la sencillez de su colocación,**
- **ampliable mediante módulos,**
- **conexión sencilla de aparatos adicionales por los bornes de caballete en las barras colectoras,**
- **poca demanda de mantenimiento debido al recubrimiento con plásticos de las partes de los armarios.**

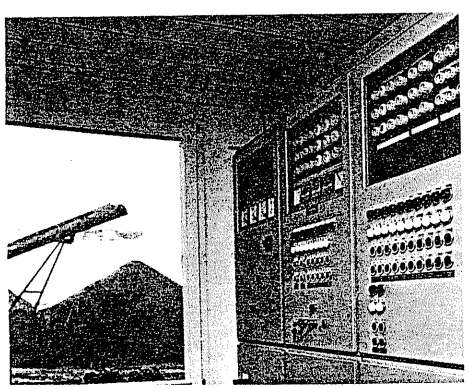


Fig. 7.9
Distribución 8HS en cajas de chapa de acero

7.3.3 Sistema de distribución en cajas de chapa de acero, tipo 8HK

Aplicación

El sistema de distribución 8HK es apropiado para la construcción de distribuciones principales y subdistribuciones, así como tableros de mando en centrales eléctricas, instalaciones industriales, empresas artesanales y comerciales.

Ejecución

El sistema de distribución 8HK comprende tres cajas de diferentes tamaños, denominadas GT2, GT3 y GT4. Las cajas se suministran en unidades desarmadas, lo cual permite un significativo ahorro de espacio durante el transporte y depósito. Los gabinetes se arman por atornillado de sus componentes. La construcción de distribuciones con amplios espacios interiores se realiza fácilmente. Los gabinetes pueden combinarse entre si según el principio de los componentes modulares.

Los aparatos se fijan sobre láminas de montaje, las cuales se montan en los travesaños verticales agujereados en el fondo de las cajas.

Las barras colectoras son normalizadas, lo cual permite un diseño rápido y fácil.

Las distribuciones pueden ser ampliadas facilmente en cualquier momento.

Características

Las características principales de las distribuciones 8HK son:

- **Cajas normalizadas desarmables,**
- **pocos componentes,**
- **gran variedad de combinaciones,**
- **barras colectoras normalizadas,**
- **combinaciones de aparatos de maniobra normalizadas,**

- **disposición clara y ordenada de los aparatos,**
- **poca demanda de espacio,**
- **entrega rápida,**
- **proyección sencilla,**
- **fácil de ampliar.**

7.3.4 Sistema de distribución en cajas de material aislante, tipo 8HP

Aplicación

El sistema de distribución 8HP, en cajas de material aislante, se emplea para la construcción de distribuciones principales, subdistribuciones y tableros de mando en centrales eléctricas, instalaciones industriales, empresas artesanales y comerciales, en edificios administrativos, escuelas y viviendas. Si se coloca bajo un techo protector, también puede emplearse a la intemperie. En especial se emplean en sitios donde se le da prioridad a la protección "Aislamiento de protección" según VDE 0100. También pueden emplearse en sitios con atmósfera agresiva.

Ejecución

Los módulos básicos del sistema de distribución 8HP son cinco cajas, cuyas superficies básicas están en la relación 0,5:1:2:2,5:4. Estas cajas, con aparatos incorporados, pueden colocarse individualmente o superpuestas y yuxtapuestas sin dejar espacios vacíos (fig. 7.10). La manipulación de las unidades y piezas constructivas durante el montaje, la conexión en el sitio de la obra y el servicio, se facilita por una serie de medidas constructivas.

Características

Las características y propiedades del sistema de distribución 8HP son:

- **Proyección sencilla,**
- **bajos costos de almacenamiento,**
- **manipulación sencilla, pocas piezas,**
- **aislamiento de protección,**
- **alto grado de protección (IP 55, bajo demanda también IP 65),**

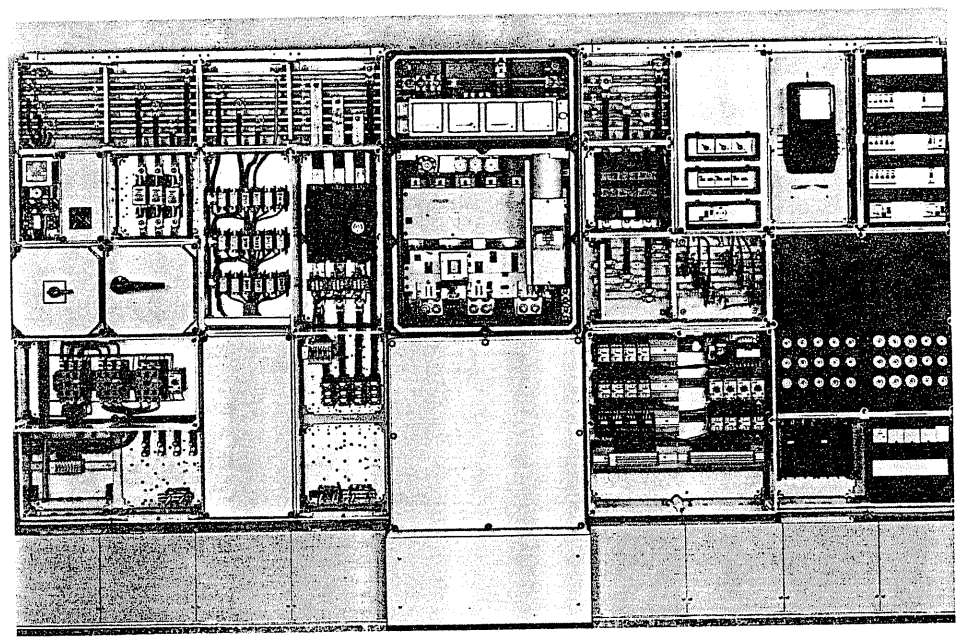


Fig. 7.10 Distribución 8HP en cajas de material aislante

- ▷ **resistente a la corrosión,**
- ▷ **alta resistencia mecánica,**
- ▷ **montaje sencillo,**
- ▷ **resistente a la temperatura,**
- ▷ **no precisa mantenimiento,**
- ▷ **difícilmente inflamable (autoextinción),**
- ▷ **sin halógenos, por tanto no provocan daños adicionales en caso de incendio en el sitio de instalación,**
- ▷ **peso bajo de los componentes.**

7.3.5 Sistema de distribución en cajas de hierro fundido, tipo 8HE (sistema U)

Aplicación

El sistema de distribución 8HE, en cajas de hierro fundido (sistema U), se emplea para la construcción de distribuciones principales, subdistribuciones y tableros de mando para instalaciones de iluminación e instalaciones con cargas grandes. También se utilizan para instalaciones con mando a distancia, enclavamientos y conexiónes sucesivas en centrales eléctricas e instalaciones industriales, por ej., en empresas químicas, fábricas de cemento, canteras, etc. y en talleres artesanales. Bajo un techo protector, las distribuciones 8HE pueden instalarse también a la intemperie. Este sistema es apropiado para condiciones de servicio extremas, por ej., en todo tipo de atmósferas agresivas y bajo condiciones mecánicas adversas.

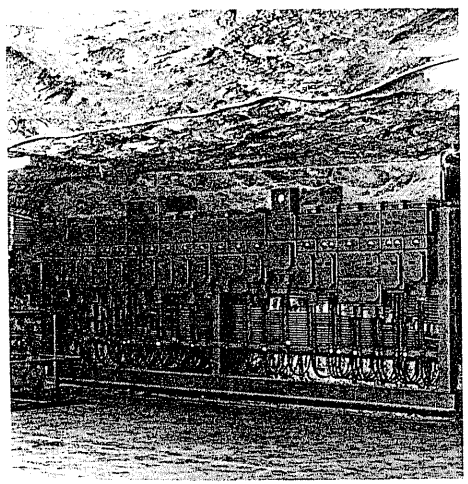


Fig. 7.11
Distribución 8HE (sistema U) para 630 A en una mina de potasio

Ejecución

Las cajas están dimencionadas de tal manera, que cajas de diferente tamaño pueden unirse las unas a las otras sin dejar espacios libres entre ellas (fig. 7.11).

Características

Las características del sistema de distribución 8HE en cajas de hierro fundido son:

- ▷ **Construcción robusta,**
- ▷ **alto grado de protección (IP 65),**
- ▷ **múltiples posibilidades de combinaciones.**

7.3.6 Sistema de distribución por barras colectoras en ductos de material aislante, tipo 8PL (sistema L)

Aplicación

El sistema de distribución por barras colectoras en ductos de material aislante, tipo 8PL (sistema L) es adecuado para el suministro de energía de máquinas-herramienta, las cuales, debido a cambios del programa de fabricación, se reagrupan de tiempo en tiempo. Se emplea, sobre todo, en la industria automovilística, textil, del papel, de procesación de alimentos, de elaboración de madera y en laboratorios. También se emplea, en dirección vertical, en edificios altos.

Ejecución

Con el sistema 8PL pueden construirse sistemas de distribución con barras colectoras en ductos de material aislante. Dichos ductos corren a lo largo de las naves de las fábricas, paralelos a las filas de máquinas (fig. 7.12). Con la ayuda de cajas de derivación se facilita la conexión de los aparatos en los sitios previstos. La construcción para la fijación de los ductos puede emplearse también para el montaje de lámparas.

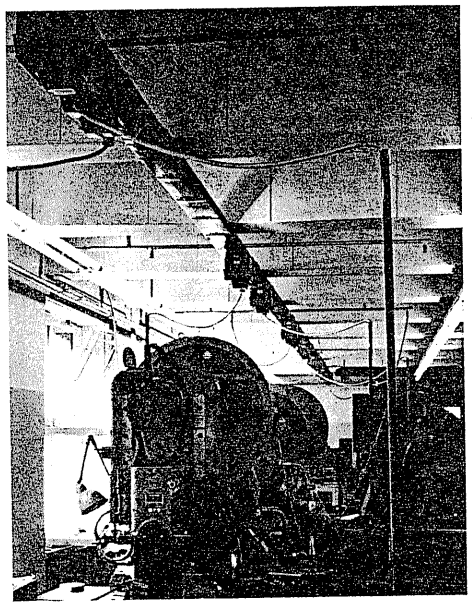


Fig. 7.12
Sistema de distribución por barras colectoras en ductos, tipo 8PL, en una instalación industrial

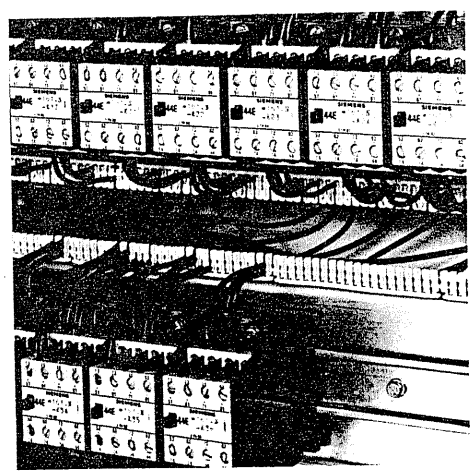


Fig. 7.13
Construcción de un tablero de mando con el sistema 8LW

Características

El sistema de distribución por barras colectoras, tipo 8PL, tiene las siguientes características:

- ▷ **Libertad para la colocación y reagrupación de las máquinas,**
- ▷ **alta seguridad de servicio por sus cajas de salida enclavadas, las cuales contienen fusibles,**
- ▷ **eliminación de los trabajos con cables al conectar y al desconectar las máquinas,**
- ▷ **múltiples posibilidades de combinación por el sistema modular.**

7.3.7 Sistema para montaje de equipos de mando, tipo 8L

Aplicación

Con el sistema 8L pueden construirse racionalmente mandos convencionales, por ej., para máquinas de elaboración y manufactura, bandas transportadoras, etc., en industrias de materias primas, de confección, manufactura y elaboración, así como en centrales eléctricas.

Ejecuciones con cableado rápido por la parte anterior

Los sistemas 8LW y 8LV están previstos para cableado rápido por la parte anterior. Para ello se emplean conductores de mando prefabricados, lo cual baja considerablemente los costos de montaje por punto de conexión en comparación con los costos de los mandos con canales para colocar los conductores. Las piezas básicas son láminas para montaje de aparatos, las cuales se fijan, mediante espaciadores, en los rieles (regletas) de armarios o armazones. De esta manera se obtiene, detrás de las láminas de montaje y entre los espaciadores, el espacio para el cableado. Para el cableado se emplean conductores flexibles prefabricados, el cual se comienza en la parte anterior del tablero de mando. Para la fijación de los conductores se montan soportes tipo peine (fig. 7.13) en los rieles perfilados tipo sombrerete de 35 mm y en los cantos de las láminas de montaje.

Ejecución con cableado por la parte posterior

El sistema 8LX (sistema X) está previsto para cableado por la parte posterior. Las piezas básicas son platinas (regletas) portadoras de aparatos, con diferentes dimensiones. Estas platinas se unen con regletas para construir armazones, formandose así el ta-

blero. En los espacios entre las platinas se colocan regletas de PVC perforadas, a través de las cuales se pasan los conductores, por el camino más corto, a la parte posterior del tablero. Allí se tienden los conductores como se desee.

Características

Las características de los sistemas 8LW y 8LV son:

- ▷ **Cableado partiendo de la parte anterior del tablero,**
- ▷ **construcción sencilla,**
- ▷ **poca demanda de espacio,**
- ▷ **fijación de los aparatos sobre las láminas de montaje mediante tornillos, o en rieles perfilados tipo sombrerete de 35 mm, cuando los aparatos tienen fijación por resortes,**
- ▷ **utilización de conductores flexibles prefabricados,**
- ▷ **soportes tipo peine, de material plástico flexible,**
- ▷ **dimensiones de las partes adaptadas a las dimensiones de los armarios estándard 8MF y 8ML.**

El sistema 8LX tiene las siguientes características:

- ▷ **Cableado partiendo de la parte anterior o posterior del tablero,**
- ▷ **construcción rápida y sencilla,**
- ▷ **disposición clara de los aparatos con ahorro de espacio,**
- ▷ **fijación de los aparatos mediante tornillos, o en rieles perlados de 35 mm, cuando los aparatos tienen fijación por resortes,**
- ▷ **cableado económico, en forma libre,**
- ▷ **fijación de los conductores mediante regletas de PVC perforadas.**

7.3.8 Subestación compacta con transformador, tipo 8FA

Aplicación

Las subestaciones compactas con transformador, tipo 8FA, se emplean para el suministro decentralizado de energía en puntos de concentración de consumidores, por ej., en industrias de materias primas, talleres, industrias de elaboración y manufactura o en empresas grandes con redes propias de media tensión.

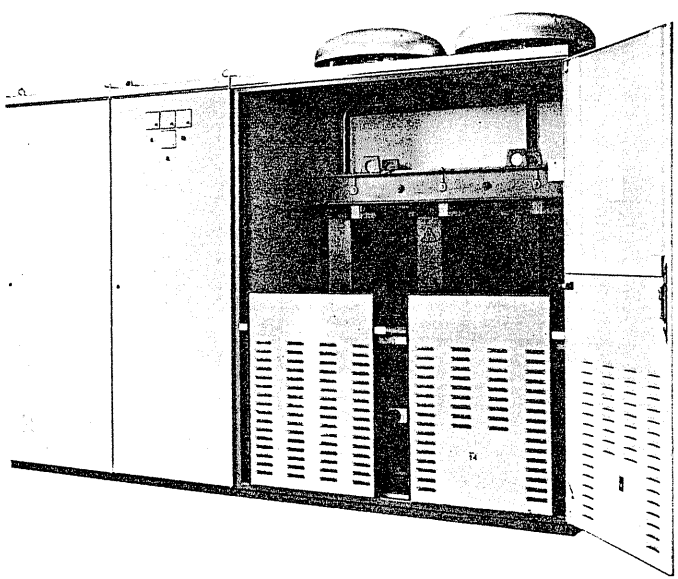


Fig. 7.14
Subestación compacta 8FA, con transformador GEAFOL de 800 kVA, 10/0,4 kV y celdas de baja tensión 8PU-007

Ejecución

Las subestaciones compactas se construyen con módulos estandarizados y homologados. Estos módulos son:

- ▷ **Módulo de transformación 8FA1, compuesto por un transformador de resina colada GEAFOL, con o sin interruptor de puesta a tierra en el lado de alta tensión del mismo. La envolvente tiene ventiladores o cúpulas en el techo.**
- ▷ **Módulo de alta tensión 8FA9, el cual se selecciona entre dos ejecuciones:**
  - **Módulo para alimentación con línea individual, compuesto por la combinación de un interruptor bajo carga para la conexión del transformador y fusibles HH para la protección contra cortocircuitos.**
  - **Módulo para alimentación en anillo, compuesto por la combinación de un interruptor baja carga para la conexión del transformador, fusibles HH para la protección contra cortocircuito y dos interruptores bajo carga para conectar el anillo de alimentación.**
- ▷ **Instalación de maniobra de baja tensión 8PU.007, compuesta por:**
  - **Celdas L con interruptores 3WE en ejecución insertable o para montaje fijo, como interruptores de alimentación y derivación.**
  - **Celda T1 con seccionadores bajo carga 3NP con fusibles NH.**
  - **Celda C con regulador electrónico de energía reactiva y las etapas de condensadores.**

Protección contra los efectos de los arcos perturbadores

Las subestaciones compactas están construídas de tal forma que, cuando se operan correctamente, en caso de presentarse un arco ninguna persona en las cercanías de las celdas corre peligro. Las pruebas de seguridad en caso de arcos perturbadores en el lado de alta tensión se efectuaron basadas en la directriz N° 2 de PEHLA, publicada en Octubre 1979 (PEHLA: Sociedad para pruebas eléctricas de alta potencia, Frankfurt). Los criterios de ensayo 1 a 5 fueron satisfechos.

Para baja tensión no existen determinaciones o directrices de ensayo en lo que respecta a pruebas de seguridad en caso de arcos perturbadores, por tanto, para los ensayos se tomó como base también la directriz N° 2 de PEHLA.

7.3.9 Armarios vacíos para instalaciones de maniobra y distribuciones de baja tensión

Sistema 8MF

El sistema 8MF (fig. 7.15) está concebido para mandos convencionales y electrónicos, automatizaciónes e instalaciones de maniobra. Los armarios se construyen con la clase de protección IP 40 e IP 54. Las paredes y el armazón se pintan con laca acrílica de estructura fina, en los colores gris claro (RAL 7032) y (RAL 7022) respectivamente.

Las celdas estan construidas de tal forma que, por ej., elementos de los diferentes sistemas con aparatos incorporados, pueden ser montados de una forma rápida y económica.

El sistema 8MF esta previsto para colocación individual o formando una fila. Como las paredes no tienen ninguna función estructural, no es necesario utilizarlas; en este caso pueden construirse instalaciones de maniobra y mandos montados en la armazón, para ser colocados en recintos para equipos eléctricos.

Los armarios pueden suministrarse armados o desarmados. Ellos pueden ser montados de una forma sencilla por el usuario. Para el caso no se necesitan ni entrenamiento ni herramientas especiales.

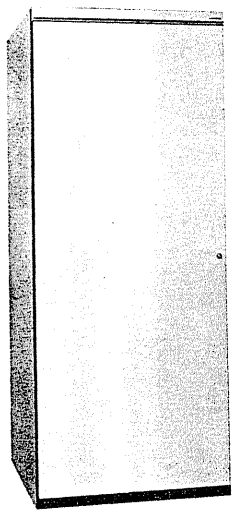


Fig. 7.15
Celda del sistema 8MF

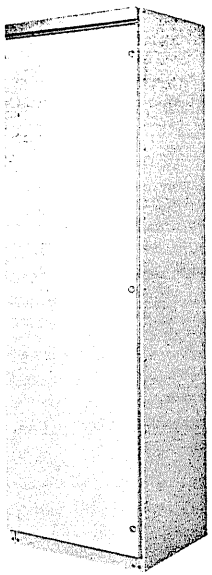


Fig. 7.16
Celda del sistema 8ML

Sistema 8ML

El sistema 8ML (fig. 7.16) está previsto para la construcción de instalaciones de maniobra y distribuciones, los armarios se suministran con la clase de protección IP 40 o IP 54. La superficie está recubierta con una capa de resina "Epoxyd" de color gris claro (RAL 7032).

Los armarios 8ML 101 se emplean normalmente para la construcción de instalaciones de maniobra y distribuciones de baja tensión. Para el efecto se tienen unidades precableadas, tanto para el control de motores como para la distribución de energía.

Las celdas son adecuadas para colocación individual o formando una fila.

Para armar los armarios no se requieren ni dispositivos especiales ni aprendizaje previo, por tanto, ellos pueden ser armados por el usuario.

Armarios vacíos de chapa de acero, tipo 8MH

Los armarios vacíos 8MH (fig. 7.17) están previstos para fijación en pared o para colocación en el suelo. Ellos se emplean normalmente para el montaje de mandos; su clase de protección es IP 54. Se pintan con laca de resina sintética de color gris claro (RAL 7032).

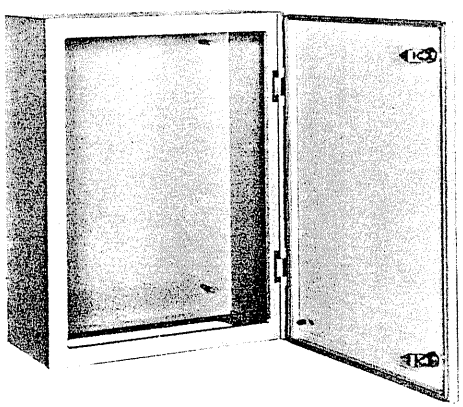


Fig. 7.17 Caja vacia 8MH

Para fijar los armarios en la pared se necesitan 4 ángulares de fijación. Para los armarios a partir del tamaño 4 puede suministrarse un zócalo de 400 mm de altura. Las cajas de los tamaños 1 a 5 tienen una sola puerta, las del tamaño 6 y 7 tienen dos puertas. Las lengüetas para cerrar las puertas se accionan con llaves estandarizadas.

En la parte interior de la puerta puede conectarse un conductor de protección (conductor PE).

En la parte inferior de los armarios hay aberturas para introducir los cables.

- ▷ Los armarios de los tamaños 1 a 4 tienen 1 abertura,
- ▷ los de los tamaños 5 y 7 tienen 2 aberturas.

Las tapas finales pueden ser perforadas para fijar prensaestopas.

7.4 Indicaciones para la proyección

7.4.1 Instalaciones, distribuciones y mandos, generalidades

Para proyectar instalaciones de maniobra, distribuciones y mandos hay que determinar:

- ▷ **Los esfuerzos mecánicos que deben soportar,**
- ▷ **la clase de protección IP requerida,**
- ▷ **la temperatura ambiente,**
- ▷ **la resistencia a la corrosión,**
- ▷ **el tipo de colocación o fijación, por ej., fijación en la pared o colocación individual,**
- ▷ **el armario, la armazón o los módulos con o sin puertas, tapas opacas o transparentes.**

Para proyectar deben tenerse un plano general, un plano de funcionamiento, así como esquemas eléctricos del circuito de alimentación y de las derivaciones y, si es posible, una lista de motores.

Además de eso, también se necesitan los siguientes datos:

- ▷ Tensión de servicio y frecuencia.
- ▷ Corriente de cortocircuito.
- ▷ Tipo (sistema) de la red (L1, L2, L3, PE; o L1, L2, L3, PEN; o L1, L2, L3, PE+N).
- ▷ Tipo de alimentación, por ej., con cables, con barras, por arriba, por abajo, tipo de cable y sección, y posición de la alimentación, por ej., por el centro o por un lado).
- ▷ Capacidad de carga de las barras colectoras, así como su sección transversal (cuando las barras se alimentan por el entro, pueden ser cargadas con una corriente más alta que cuando se alimentan por uno de sus extremos).

Otros datos de importancia que también deben ser aclarados son:

- ▷ Posición de las salidas (arriba, abajo, por un lado),
- ▷ clases y tipos de los cables y conductores,
- ▷ N.° de conductores y sus secciones,
- ▷ N.° de salidas,
- ▷ datos sobre los aparatos de maniobra y de protección previstos para las salidas (capacidad de conexión, intensidades nominales, por ej., intensidad nominal permanente I_u e intensidad nominal de servicio I_e, valor o margen de ajuste de los disparadores y relés, características especiales, por ej., bloqueo de reconexión, aviso previo al disparo, etc.),
- ▷ esquema de conexiones de los mandos de cada salida, con indicaciones de la tensión, frecuencia y de los elementos de mando utilizados.

También deben considerarse las dimensiones exteriores máximas admisibles para las distribuciones, instalaciones de maniobra o mandos (sitio de instalación de espacio limitado).

Las partes que durante el servicio deban ser manipuladas, por ej., fusibles, interruptores termomagnéticos, etc., deben ser colocadas reunidas en un punto y quedar accesibles, por ej., detrás de una tapa con cierre rápido. Esto significa, que los contactores y fusibles se instalan en cajas distintas.

Como las tapas con cierre rápido pueden ser quitadas sin herramientas, las piezas bajo tensión que se encuentran detrás de ellas, deben protegerse contra contacto directo accidental, En sistemas con "aislamiento de protección", dichas piezas deben cubrirse con materiales aislantes.

Los contadores y aparatos de medición deben quedar, en cuanto sea posible, a la altura de los ojos. Los aparatos con manijas y demás accionamientos manuales deben quedar a una altura adecuada para ser manipulados. Aproximadamente a una altura entre 0,6 y 1,8 m.

Tanto en los planos y diagramas como en las celdas ya listas deben haber designaciones claras de los aparatos que forman una combinación de maniobra (correspondencias inequívocas), por ej., hay que poder determinar que fusible protege a un conductor definido.

Cuando se instalan en los armarios unidades que no se ofrecen en los catálogos (por ej., de los sistemas 8HP, 8HE u 8HS), hay que prever suficiente espacio para la conexión de los cables que entran a los mismos. Esto vale tanto para las distribuciones como para los tableros de mando. Cuando los cables tienen una sección grande, hay que prever espacio suficiente para separar las líneas. 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.

Para la disposición de los aparatos debe tenerse en cuenta el calor que ellos producen (fuentes de calor

son: relés y disparadores contra sobrecargas, rectificadores, transformadores, fusibles, interruptores, etc.). Cuando los aparatos se colocan muy cerca los unos a los otros y el armario tiene poco volumen (superficie para disipar calor) puede ser insuficiente la expulsión de las pérdidas.

Las medidas de protección contra una tensión de contacto muy alta, según VDE 0100, se detallan en el capítulo 1.4. La medida de protección que debe tener una distribución, instalación de maniobra o tablero de mando, depende de la red (si es de 4 ó 5 conductores, tensión, etc.) y de las cajas (metal o material aislante).

Las instalaciones de maniobra, distribuciones y mandos Siemens están dimensionados para una temperatura ambiente de 35 °C. Cuando la temperatura ambiente sobrepasa este valor, puede reducirse la intensidad nominal de servicio o la intensidad permanente de los aparatos. Para aplicaciones bajo estas condiciones, se encuentran tablas e indicaciones en los catálogos NS1 y NS2. Como regla empírica puede decirse que, cuando la temperatura aumenta en 1 °C, la cargabilidad del aparato baja en 1%. Las indicaciones que se dan en el catálogo NS2 para los contactores deben ser tomadas en cuenta, en especial debido al calentamiento de las bobinas magnéticas.

Cuando se colocan a la intemperie distribuciones con la clase de protección IP 55 ó IP 65, por ej., construidas con los sistemas HP o HS, en lugares con una humedad relativa alta y cambios fuertes de temperatura, es aconsejable instalar compensadores de clima (véase el cap. 7.4.2.4) en la parte inferior de los armarios para evitar la condensación de agua en el interior de los mismos. Sin embargo, hay que impedir que chorros de agua puedan entrar al armario. Para ello se colocan, por ej., láminas de chapa por delante de los compensadores de climas. Los armarios con esta compensación de clima tienen entonces la clase de protección IP 55.

Independiente de ésto, para impedir que se alcance el punto de condensación en el interior de los armarios, puede colocarse dentro de los mismos una calefacción de potencia baja.

Distribuciones colocadas a la intemperie deben protegerse, mediante un techo protector, contra la radiación solar directa.

Las piezas, que de por si no sean resistentes a la corrosión, deben protegerse mediante la aplicación de capas de materiales de alta calidad, para que las distribuciones puedan prestar servicio en sitios con atmósfera industrial (véase el capítulo 1.6).

7.4.2 Indicaciones especiales

Además de las consideraciones generales antes mencionadas, dependiendo del tipo de distribucion o instalación de maniobra empleado, debe tomarse en cuenta lo siguiente:

7.4.2.1 Distribuciones centrales de baja tensión, tipo 8PU

Posición de las barras colectoras

La altura del espacio previsto para el montaje de aparatos varía en dependencia de la ejecución de las barras colectoras:

- ▷ Barras colectoras montadas en la parte superior de las celdas 8PU.001 y 8PU.011.
- ▷ Barras colectoras montadas en el fondo de las celdas de forma contructiva 8PU.003.
- ▷ Barras colectoras montadas al centro de las celdas de forma constructiva 8PU.007; cuando las barras se montan de esta manera, los aparatos pueden montarse a ambos lados de las celdas, las cuales se colocan independientes en el cuarto (sin tocar las paredes).

Compartimientos separados para las barras colectoras

En las celdas de forma constructiva 8PU.011, las barras colectoras pueden montarse en compartimientos separados de los previstos para el montaje del resto de los aparatos.

Formas de montaje de aparatos

Los aparatos pueden montarse de 3 formas diferentes:

- ▷ Técnica de montaje fijo, utilizada en las celdas 8PU.001, 8PU.003, 8PU.007 y en algunas ejecuciones de las celdas 8PU.011.
- ▷ Técnica modular (con contactos de seccionamiento a las salidas), utilizada en algunas ejecuciones de las celdas 8PU.011 (celdas S2 y S3).
- ▷ Técnica extraíble; es la técnica de montaje más empleada en las celdas 8PU.011 y en las celdas con interruptores de potencia (celdas L) de las demás formas constructivas.

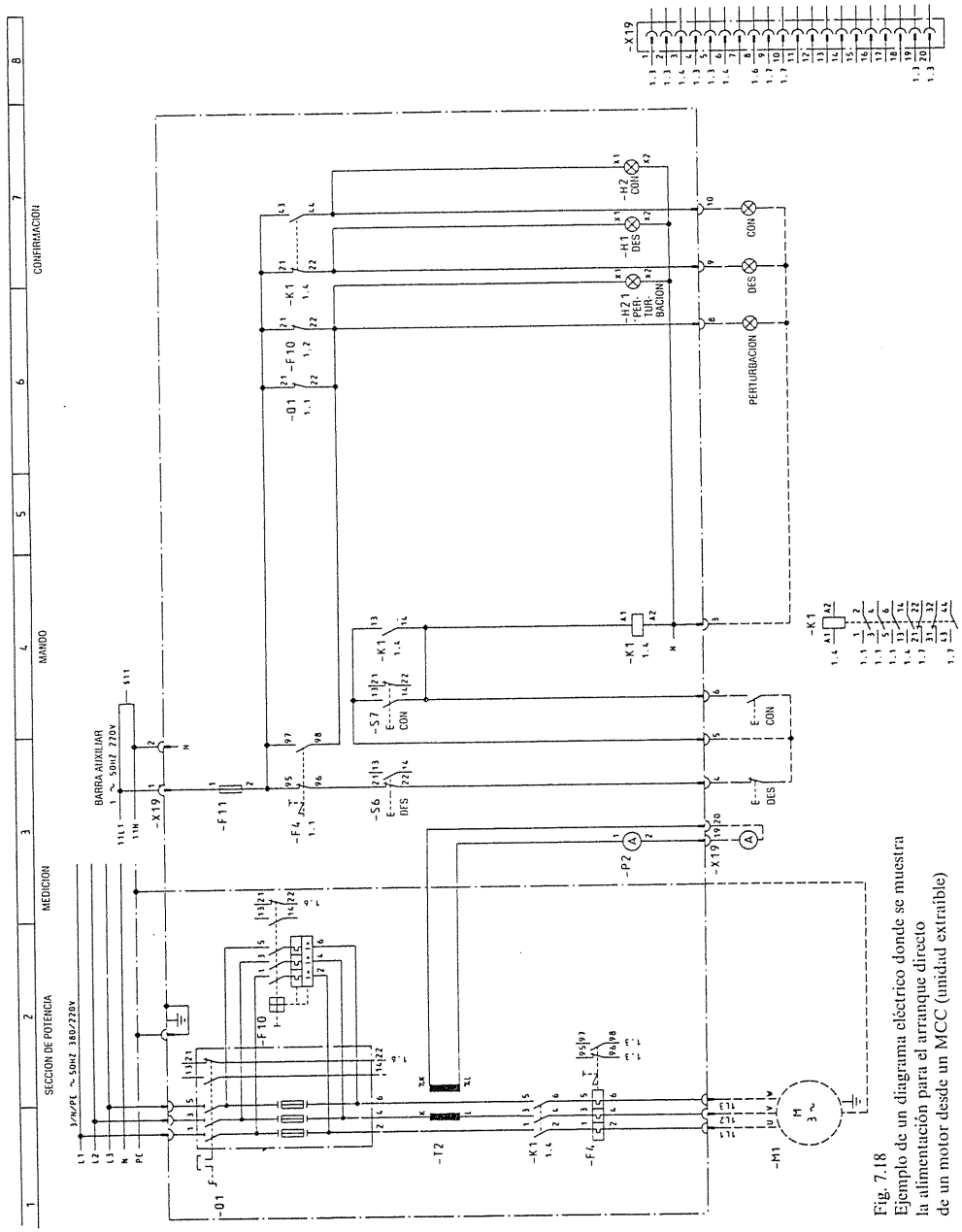


Fig. 7.18
Ejemplo de un diagrama eléctrico donde se muestra la alimentación para el arranque directo de un motor desde un MCC (unidad extraíble)

Ayudas para la proyección

La proyección se facilita mediante el empleo de las siguientes ayudas:

- ▷ **Formas impresas para los planos de disposición de aparatos, en las cuales se indican las dimensiones de las distribuciones en plano frontal.**
- ▷ **Formas impresas para registrar los datos eléctricos, las dimensiones, los empalmes y conexiónes de cables, las condiciones de medio ambiente en el sitio de instalación y la fecha de entrega (examen de aceptación por parte del cliente) en el sitio de la obra.**
- ▷ **Esquemas de conexiones estándard; pueden ser entregados al cliente junto con la oferta y así poner de manifiesto en forma de diagramas eléctricos lo ofrecido y calculado. En caso de recibir el pedido, los diagramas dan al taller una información clara e inequívoca del volumen del pedido.**

Para las siguientes aplicaciones se tienen a disposición los planos correspondientes:

- ▷ Alimentación, salidas y acoplamientos con interruptores de potencia insertables, en celdas L1.
- ▷ Salidas para conectar motores, para arranque directo, inversión del sentido de giro, conmutación de polos, arranque estrella triángulo y en conexión Dahlander, así mismo para iluminación y otras cargas fuertes, todo en ejecución extraíble, en técnica MCC (con contactos de seccionamiento a la entrada y a la salida en las celdas S1).
- ▷ Salidas con las mismas funciones que las anteriores, pero en ejecución modular (con contactos de seccionamiento en la entrada y conexión directa de los cables de salida en las celdas S2).

Los planos se elaboran con la ayuda de un programa de computación. Mediante el procesamiento interactivo de las gráficas, los planos estándard pueden adaptarse de una forma económica y sencilla a exigencias específicas.

Técnica MCC

Cuando se proyecta un centro de control de motores (MCC), debe seleccionarse la celda tipo S1 del programa 8PU.011 para controlar y maniobrar las derivaciones con motores. Al contactor con relé bimetálico se le preconecta un interruptor principal (con capacidad de conexión de motores), el cual tiene incoporados los fusibles para la protección contra cortocircuitos. El accionamiento del interruptor se encuentra enclavado con la puerta del compartimiento.

7.4.2.2 Sistemas de distribución 8HS, 8HP y 8HE

Los aparatos o los módulos con aparatos de maniobra para la alimentación se eligen en base al plano general de la distribución. La alimentación debe estar localizada, siempre que sea posible, en el centro de la distribución. Cuando se tiene una alimentación múltiple, los bornes de entrada deben estar dispuestos de tal forma, que las barras no puedan ser sobrecargadas.

Los aparatos seleccionados para las salidas deben colocarse a la izquierda y derecha de la entrada. Las salidas para cargas elevadas deben estar lo más cerca posible de la alimentación.

El tamaño y posición de las cajas para las barras colectoras los determinan el tamaño y posición de las cajas para la alimentación y las salidas.

Las cajas para fusibles y automáticos (temomagnéticos) pueden, por ej., colocarse sobre las cajas con las barras colectoras, siempre y cuando los aparatos queden al alcance de la mano para efectuar manipulaciones. Para las salidas con contactores se ha evidenciado adecuada la colocación de los fusibles NH preconectados en las cajas con las barras colectoras. Cuando se especifican salidas no comprendidas en el programa estandarizado, los aparatos correspondientes pueden ser montados en cajas vacías (para mayores detalles, véanse los catálogos NV).

Las entradas para cables y los prensaestopas deben seleccionarse en conformidad a los cables y conductores que deban conectarse.

La distribución debe construirse, en lo posible, en una forma compacta, sin dejar espacios libres. Los planos de disposición de aparatos se dibujan en escala M1:10, con la ayuda de las plantillas para la proyección.

7.4.2.3 Sistema para montaje de equipos de mando, tipo 8L

Los aparatos se eligen en base a los diagramas de conexión y a la lista de materiales ya elaborada.

Para dibujar los planos de disposición se tienen, en parte, hojas para la proyección, en las cuales se dibujan los aparatos con la ayuda de plantillas (véase el capítulo 8.11).

Los planos elaborados de esta manera se emplean como planos de taller, ya que en ellos se indica exactamente la colocación y la demanda de espacio de los aparatos.

Cuando se elaboran los planos de disposición, deben tenerse en cuenta para la colocación de los aparatos, además de la correspondencia eléctrica, si la función que desempeñan es de mando o de suministro de energía, y separarlos en base a ella.

Los aparatos pesados deben colocarse en la parte inferior de los tableros y, en tableros anchos, lo más cerca posible de las regletas de soporte de la estructura.

Los aparatos que disipan mucho calor deben colocarse, cuando sea posible, en la parte superior del tablero, para que no calienten al resto de los aparatos.

7.4.2.4 Medidas contra la humedad

Cuando las instalaciones de maniobra de baja tensión se colocan a la intemperie o en lugares con alta humedad relativa del aire y fuertes fluctuaciones de la temperatura, existe el peligro que el aire húmedo que entra al armario se enfríe, provocando la condensación de agua en su interior. Por este motivo cuando se colocan a la intemperie, es indispensable proteger las distribuciones contra la radiación solar directa y precipitaciones atmosféricas. Para limitar o eliminar completamente la condensación de agua se instalan en los armarios compensadores de clima (por ej., prensaestopas con cedazo), los cuales se instalan en la parte inferior de los mismos.

La temperatura y la humedad del aire juegan un papel muy importante cuando se instalan distribuciones en cuartos con condiciones climáticas extraordinarias, por ej., en cuartos de bombeo. En contraposición a los equipos instalados a la intemperie, los cambios de temperatura en este caso lo provocan las pérdidas de los aparatos que se conectan intermitentemente. Para impedir una condensación permanente, la cual podría dañar las partes metálicas, es aconsejable instalar una calefacción de potencia baja en los armarios. Dicha calefacción debe estar permanentemente conectada. Para esta aplicación son adecuadas bombillas incandescentes controladas por termostatos, resistencias (reostatos) de calefacción y calefacciones para armarios las cuales pueden adquirirse en el comercio. La calefacción se instala, de preferencia, en la parte inferior de los armarios. Como guía puede tomarse un valor de 50 a 100 W por cada m^3 de volumen interior de la distribución.

7.4.2.5 Calentamiento en cajas y armarios de material aislante y de chapa de acero

En VDE 0660 se exige para los ensayos de homologación de las CAMF una prueba de calentamiento. En estas pruebas la temperatura de las partes de las CAMF no deben sobrepasar los límites estipulados con anterioridad. Esto vale, en especial, para las CAMF en cajas cerradas. Para las CAMF abiertas puede desistirse de las pruebas de calentamiento.

Para la homologación de muchas CAMF de Siemens se efectuaron las pruebas de calentamiento, lo cual garantiza que en ninguna parte de las CAMF la temperatura sobrepasa los límites admisibles. Los resultados se encuentran documentados en los protocolos de pruebas.

En la práctica ocurre frecuentemente que combinaciones de aparatos de maniobra para aplicaciones específicas deben ser montados en cajas cerradas. Con la ayuda de las curvas en las figuras 7.19 y 7.20 pueden calcularse, de una forma rápida, las pérdidas admisibles en las cajas de los sistemas 8HS y 8HP. Esto le ahorra al proyectista cálculos complicados que exigen mucho tiempo, o bien ensayos de calentamiento los cuales son caros. Todos los datos son valores de orientación, los cuales fueron determinados de una forma aproximada mediante ensayos y/o cálculos.

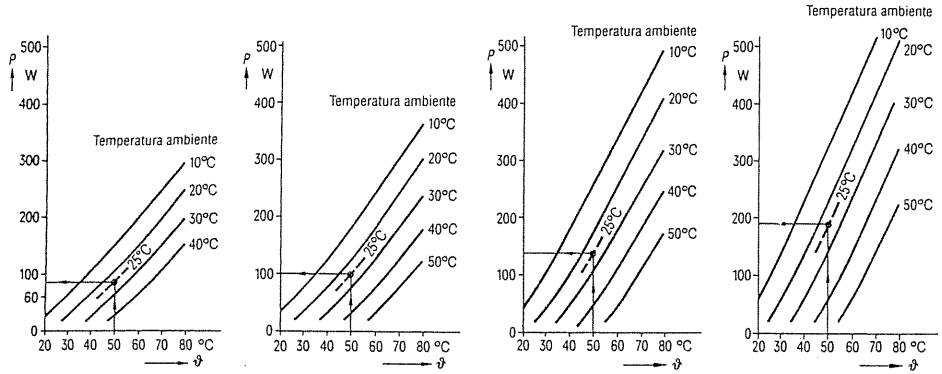
La temperatura media en el interior de las cajas fue determinada en función de

- ▷ **la temperatura ambiente,**
- ▷ **el tamaño de las cajas y**
- ▷ **las pérdidas de los aparatos incorporados.**

Con las curvas pueden determinarse las pérdidas máximas que pueden ser transportadas al exterior por las superficies de las diferentes cajas.

Cuando se emplean las curvas de las figuras 7.19 y 7.20, hay que considerar los siguientes puntos de vista:

- ▷ La *temperatura media del aire* es la temperatura que se mide a la mitad de la altura en el interior de la caja. En la parte superior de la caja la temperatura es más alta, en la parte inferior más baja. Por tanto, en casos críticos, los aparatos con



Alto	332 mm	Alto	500 mm	Alto	752 mm	Alto	1 004 mm
Ancho	600 mm	Ancho	600 mm	Ancho	600 mm	Ancho	600 mm
Profundidad	380 mm	Profundidad	380 mm	Profundidad	380 mm	Profundidad	380 mm

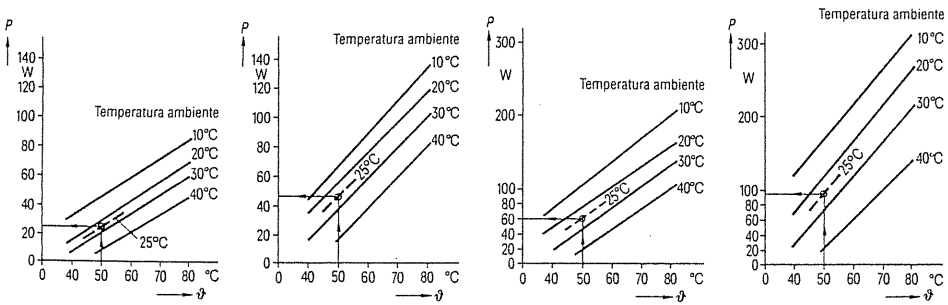
a) Caja tamaño 1 (tipo 8HS 1100)

b) Caja tamaño 2 (tipo 8HS 1200)

c) Caja tamaño 3 (tipo 8HS 1300)

d) Caja tamaño 4 (8HS 1400)

Fig. 7.19
Cálculo de las pérdidas admisibles *P* en las cajas del sistema 8HS, en dependencia de la temperatura media del aire en el interior de las mismas (cajas individuales para colocar a la pared)



Alto	153,5 mm	Alto	307 mm	Alto	614 mm	Alto	614 mm
Ancho	307 mm	Ancho	307 mm	Ancho	307 mm	Ancho	614 mm
Profundidad	167 mm	Profundidad	167 mm	Profundidad	167 mm	Profundidad	167 mm

a) Caja tamaño 1 (tipo 8HP 2001)

b) Caja tamaño 2 (tipo 8HP 2002)

c) Caja tamaño 3 (tipo 8HP 2003)

d) Caja tamaño 4 (tipo 8HP 2004)

Fig. 7.20
Cálculo de las pérdidas admisibles *P* de las cajas del sistema 8HP, en dependencia de la temperatura media del aire en el interior de las mismas

mayor carga deben instalarse en la mitad inferior de las cajas.

La temperatura media del aire en el interior de las cajas es influenciada por:

- la temperatura ambiente (temperatura fuera de las cajas), así como por
- las pérdidas de los aparatos y conductores.

Para los aparatos de maniobra, la temperatura media del aire en el interior de las cajas debe ser menor que la temperatura máxima admisible de los aparatos.

Por tanto, cuando el proyectista estipula la temperatura media del aire en el interior de las cajas, debe considerar las indicaciones dadas en los catálogos de los aparatos de maniobra y de los conductores.

Las temperaturas admisibles (máxima temperatura media del aire) de los aparatos son:

Interruptores de potencia 3 V.	55 °C
Seccionadores bajo carga 3 KE	55 °C
Contactores	55 °C
Conductores con aislamiento de PVC	55 °C

La *temperatura ambiente* es la temperatura fuera de las cajas.

Las *pérdidas máximas* indicadas, que pueden ser transportadas al exterior por las superficies de las cajas, valen para cajas individuales montadas en la pared. Sie se unen varias cajas para formar una distribución, hay que reducir las pérdidas en un 20 a 30%.

Para todos los aparatos y conductores de una combinación de maniobra hay que efectuar el *balance de pérdidas*, es decir, hay que calcular y sumar las pérdidas de todos los aparatos. A esta suma hay que agregar las pérdidas de los conductores, las cuales oscilan entre el 30 y 50% de las pérdidas de los aparatos.

Considerando la temperatura ambiente y la temperatura máxima admisible del aire para los aparatos, pueden determinarse, para cada caja, las pérdidas máximas admisibles de los aparatos incorporados que pueden ser transportadas hacia afuera por las superficies de las cajas. En caso necesario, debe seleccionarse la caja de tamaño inmediato superior.

Ejemplo

Datos:

Las pérdidas totales de la combinación de aparatos de maniobra, con las pérdidas de los conductores incluídas, es de 60 W, la temperatura ambiente tiene un valor de 25 °C y la temperatura admisible para los aparatos (temperatura media del aire en el interior de la caja) es de 50 °C. La caja es para colocación individual.

Se busca:

El tamaño de la caja adecuada de los sistemas 8HS y 8HP.

Solución:

De la figura 7.19 resulta:
caja tamaño 1, tipo 8HS 110; pérdidas admisibles aproximadamente 85 W.

De la figura 7.20 resulta:
caja tamaño 3, tipo 8HP 2003; pérdidas admisibles aproximadamente 60 W.

En casos límite, por ej., cuando las pérdidas de los aparatos es igual o casi igual a las pérdidas admisibles de la caja seleccionada y/o la temperatura ambiente no se conoce exactamente y/o los aparatos serán montados en la mitad superior de las cajas (donde la temperatura media del aire es más alta), debe elegirse la caja del tamaño inmediato superior.

7.5 Transformadores de intensidad

Su función es transformar corrientes a valores fáciles de medir. Por sus características de transformación protegen a los aparatos de medición contra las corrientes de cortocircuito y contra sobretensiones.

7.5.1 Ejecuciones básicas

Los transformadores de intensidad pueden agruparse en transformadores con devanado en el primario y transformadores con ventana para pasar los conductores del primario.

Transformadores con devanado en el primario

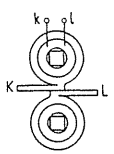
Su principio se muestra en la figura 7.21. Ellos tienen conexiones primarias y secundarias fijas.

Transformadores con ventana para pasar los conductores del primario

Su principio se muestra en la figura 7.22. Los conductores del primario se pasan a través de la ventana. Las conexiones del secundario son fijas.

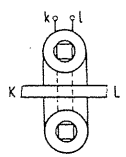
Los transformadores de intensidad con ventana pueden ser utilizados como transformadores con paso múltiple de conductores. Esta aplicación se muestra en la figura 7.23.

Los transformadores para tensiones de servicio de hasta 1000 V no se ponen a tierra según VDE 0660.



K, L Bornes del primario
k, l Bornes del secundario

Fig. 7.21
Principio de un transformador de intensidad con devanado en el primario



K, L Conductor del primario
k, l Bornes del secundario

Fig. 7.22
Transformador de intensidad con ventana

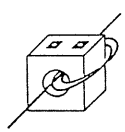


Fig. 7.23
Transformador de intensidad con ventana utilizado como transformador con paso múltiple de conductores)

7.5.2 Transformadores de intensidad para aplicaciones definidas

Transformadores intermedios

Los transformadores intermedios se emplean para variar la intensidad del secundario de los transformadores principales. Con ellos se puede reducir el factor de sobrecarga de los transformadores principales y, por tanto, se pueden emplear para la protección de aparatos muy sensibles a las sobreintensidades. Como transformadores intermedios se emplean ejecuciones con devanado en el primario. El consumo propio debe ser bajo para no sobrecargar los transformadores principales.

La potencia necesaria del transformador principal (fig. 7.24) se calcula con:

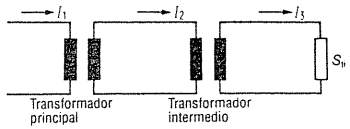
$$S_{tp} = S_{ti}\left(\frac{I_3}{I_2}\right)^2 + S_{cp} + S_l .$$

Aquí significan:

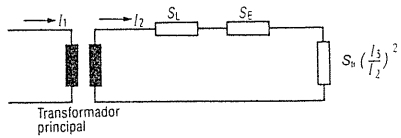
S_{tp} Potencia necesaria del transformador principal
S_{ti} Potencia en el secundario del transformador intermedio
S_{cp} Consumo propio del transformador intermedio, cuando por el primario circula la intensidad nominal
S_l Pérdidas de los conductores entre el transformador principal y el transformador intermedio, cuando por el primario circula la intensidad nominal
I_2 Intensidad nominal del primario del transformador intermedio
I_3 Intensidad nominal del secundario del transformador intermedio

Transformadores de suma de corrientes

Los transformadores de suma de corrientes se emplean para la medición de la suma de varias intensidades de la misma frecuencia y fase, aunque se admite que las alimentaciones o derivaciones tengan diferente cos φ (fig. 7.25). Cuando se desea sumar las intensidades de cada una de las fases, es necesario utilizar tres transformadores de suma de corrientes. Cuando se conectan los conductores del secundario de los transformadores principales en sentido

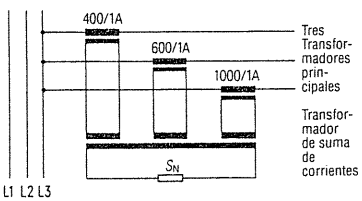


a) Esquema de conexiones



b) Esquema equivalente

Fig. 7.24
Transformador principal con transformador intermedio



S_N Potencia total del transformador de suma de corrientes, incluído su consumo propio en VA, por ej., 20 VA

Fig. 7.25
Suma de tres corrientes parciales con un transformador de suma de corrientes

opuesto, los transformadores de suma de corrientes también pueden ser empleados para medir diferencias.

El número de corrientes que deben ser sumadas determina la cantidad de devanados primarios que debe tener el transformador, los cuales pueden ser hasta diez.

Para dimensionar correctamente los devanados primarios, es necesario conocer las relaciones de transformación de los transformadores principales.

Las escalas o indicadores de los aparatos de medición que se conectan a los transformadores de suma de corriente, deben seleccionarse en conformidad a la suma de las corrientes en el primario de los transformadores principales.

Los errores de los transformadores principales y el del transformador de suma de corrientes se suman vectorialmente. En los casos en que quedan uno o más devanados primarios sin utilizar, porque han sido previstos para ampliaciones futuras, sus bornes deben quedar abiertos. Errores adicionales se producen cuando uno de los transformadores principales no tiene carga en el primario, es decir, las otras corrientes no se suman correctamente.

La carga conectada (resistencia aparente del circuito del secundario) y el consumo propio del transformador de suma de corrientes deben ser lo más bajo posible para poder utilizar transformadores principales de potencia baja. La carga conectada en el secundario del transformador de suma de corrientes y el consumo propio del mismo se reparten entre los transformadores principales en la misma relación que sus intensidades primarias.

Ejemplo según la figura 7.25

Cálculo de la relación total de transformación:

400/1 A + 600/1 A + 1000/1 A = 2000/1 A.

El cálculo de la carga parcial que debe alimentar cada uno de los transformadores principales se realiza con la fórmula:

$$S_p = S_t \frac{I_{1NP}}{I_{1NS}} + S_l ;$$

Con ésto se obtiene para el

1er transformador principal, 400/1 A

$$S_p = 20\ \text{VA}\ \frac{400\ \text{A}}{2000\ \text{A}} = 4\ \text{VA}$$

2° transformador principal, 600/1 A

$$S_p = 20\ \text{VA}\ \frac{600\ \text{A}}{2000\ \text{A}} = 6\ \text{VA}$$

3er transformador principal, 1000/1 A

$$S_p = 20\ \text{VA}\ \frac{1000\ \text{A}}{2000\ \text{A}} = 10\ \text{VA}.$$

Aquí significan:

S_p Potencia que debe tener el transformador principal (para alimentar la carga parcial correspondiente)

S_t Potencia total requerida (aquí hay que incluir el consumo propio del transformador de suma de corrientes) en VA, por ej., 20 VA

I_{1NP} Intensidad nominal del primario del transformador principal cuya potencia se está determinando, en A

I_{1NS} Suma de las intensidades nominales del primario de los transformadores principales, en VA

S_l Pérdidas de los conductores que conectan el secundario de los transformadores principales con el devanado correspondiente del transformador de suma de corrientes (pueden despreciarse cuando los conductores son cortos y cuando la intensidad del secundario de los transformadores principales es 1 A)

Transformadores con paso múltiple de conductores

Para esta aplicación, pueden emplearse transformadores con ventana con una intensidad de servicio en el primario de hasta 200 A. Cuando las intensidades de servicio son más altas, la sección de los conductores es relativamente grande y solamente conductores con una sección de hasta 35 mm² aproximadamente pueden ser arrollados a través de la ventana. Con el N.º de vueltas del arrollamiento puede modificarse la relación de transformación del transformador, permaneciendo invariable la potencia del mismo.

Los transformadores con paso múltiple de conductores se emplean cuando se necesitan potencias altas, y la corriente en el primario es baja.

Ejemplo

Para una intensidad de servicio de 50 A se necesita un transformador con la clase de precisión 1, factor de sobrecarga nominal M5 y una potencia de 10 VA. Aquí se elige un transformador con los datos técnicos antes indicados, pero con una relación de transformación de 250/1 A. Para obtener la relación de transformación de 50/1 A hay que arrollar 5 veces el conductor a través de la ventana.

Transformadores para montar en conductores previamente instalados

Estos transformadores pueden ser montados en conductores desnudos cuando la tensión de servicio no sobrepasa los 660 V. Si los cables son completamente aislados, la tensión de servicio puede tener cualquier valor, es decir, la tensión de servicio no limita su utilización. Esta ejecución de transformadores se emplea, en especial, para detectar fallas a tierra.

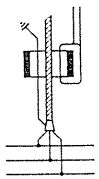
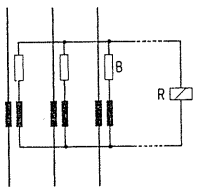


Fig. 7.26
Transformador de intensidad para montar en un conductor previamente instalado



B Resistencia aparente del circuito del secundario (carga conectada)
R Relé

Fig. 7.27
Tres transformadores de intensidad en conexión Holmgreen

En contraposición al método con tres transformadores (conexión Holmgreen, véase la fig. 7.27), en el cual debe tomarse en cuenta la diferencia de los errores de transformación, los transformadores para montar en cables previamente conectados abarcan los tres conductores y, por tanto, transforman directamente la suma vectorial de las corrientes, lo cual compensa los errores de medición.

Para mayores detalles sobre aplicaciones y utilización de estos transformadores, véase el catálogo R para dispositivos de protección y relés.

Transformadores en resina colada

El núcleo y devanado de estos transformadores se encuentran embutidos en resina sintética y, por tanto, protegidos contra corrosión y aptos para ser utilizados en el trópico.

La resistencia a las corrientes de fuga y la elevada tensión disruptiva de la resina, posibilitan la construcción de transformadores de pequeñas dimensiones. Estos transformadores son resistentes a choques y sacudidas.

Transformadores de intensidad con protección contra explosiones y gas de grisú

Los transformadores de intensidad que cumplen con las exigencias impuestas por las determinaciones y prescripciones a los aparatos eléctricos para ser utilizados en sitios con peligro de explosiones o en ambientes de gas de grisú, son apropiados para emplearse en minas, campos específicos de la industria química y refinerías.

En la R.F.A., los transformadores de intensidad que se emplean en ambientes con gas de grisú (minas) deben ser aprobados y autorizados por el "Bergwerksschaftlichen Versuchsstrecke Dortmund-Derne" (campo de pruebas y ensayos de utensilios de minas, con sede en Dortmund-Derne) y ser inscritos en el registro de la "Oberbergamt" (dirección general de minería) de Dortmund.

Los transformadores de intensidad a prueba de explosiones deben ser aprobados por el PTB (**P**hysikalisch-**T**echnischen-**B**undesanstalt: Institución federal físico-técnica con sede en Braunschweig) quien certifica la conformidad con VDE 0170/0171 parte 6/5.78 (DIN EN 80019). Los números de certificación, autorización y pruebas están indicados en el catálogo NV 21.

Transformadores para reguladores de potencia reactiva

Los transformadores de intensidad con ventana para el paso de los conductores y transformadores con devanado en el primario, pueden ser utilizados, en ejecución normal, para los reguladores de potencia reactiva. Para la selección de los transformadores debe considerarse lo siguiente:

▷ La intensidad nominal del primario del transformador debe ser:

$$I_{1N} \geqq \frac{S_{ad}}{U_{NC}}. \qquad (7.2)$$

Aquí significan:

I_{1N} Intensidad nominal del primario del transformador de intensidad
S_{ad} Potencia admisible de la instalación
U_{NC} Tensión nominal de los condensadores

Ejemplo

$S_{ad} = 600$ kVA

$U_{NC} = 380$ V

de la ecuación 7.2 resulta:

$$I_{1N} \geqq \frac{600}{0{,}38\sqrt{3}} = 913 \text{ A}$$

Es decir, debe elegirse un transformador con una intensidad nominal en el primario de 1000 A.

▷ Para los reguladores de potencia reactiva es suficiente la clase de precisión 1.

▷ Cuando el regulador de potencia reactiva tiene incorporado una protección contra sobrecargas, es suficiente un factor de sobrecarga nominal M5.

▷ La potencia nominal del transformador de intensidad debe ser suficiente. Ella se determina con:

$$S_N \geqq S_R + S_M + S_l.$$

Aquí significan:

S_N Potencia nominal del transformador de intensidad
S_R Consumo del regulador de potencia reactiva
S_M Consumo de los aparatos de medición
S_l Pérdidas de los conductores

▷ Hay que respetar las instrucciones de montaje y servicio, por ej., cuando se instalan transformadores Siemens, la designación K en el primario debe estar en dirección a la alimentación; además, los bornes con las designaciones k y l en el secundario del transformador deben conectarse a los correspondientes del regulador.

7.5.3 Clase de precisión para transformadores de intensidad, según VDE

Certificación

En la Republica Federal de Alemania, los transformadores de intensidad de la clase de precisión 0,5, que se emplean para fines de facturación, deben tener una certificación legal según los reglamentos vigentes, la cual debe ser dada por una entidad oficial de pruebas, es decir, los transformadores deben llevar un sello principal (marca o place) y estar precintados. La certificación tiene validez permanente.

En el catálogo NV 21 se indican los transformadores de intensidad aptos para recibir la certificación.

Homologación

Solamente transformadores de intensidad previamente homologados por el PTB pueden ser presentados para recibir la certificación legal que los autoriza para aplicaciones de facturación.

El documento de homologación contiene el número de la clase del transformador y el número correspondiente de la numeración consecutiva de la forma constructiva.

Ejemplo

311 Número de la clase del transformador
521 Número correspondiente de la forma constructiva

En el catálogo NV 21 se indica si los transformadores son aptos para ser homologados.

Rangos de medición

Rango normal

Los transformadores de intensidad de rango normal pueden ser cargados permanentemente con una corriente igual a 1.2 veces su corriente nominal. La precisión de los transformadores de la clase 1 es, aún a intensidades menores que 0,1 I_N, suficiente para las aplicaciones de plantas industriales. Los errores de medición se mantienen dentro de los límites admisibles, aún cuando se refieren a 0,1 I_N.

Rango ampliado

Los transformadores de intensidad de rango ampliado pueden cargarse permanentemente con el doble de su intensidad nominal. Se utilizan principalmente en redes de alta tensión.

En las combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica (CAMF) los conductores se dimensionan en base a la intensidad nominal de servicio o intensidad nominal permanente y, por tanto, no trae ninguna ventaja utilizar transformadores de intensidad que pueden cargarse permanentemente con el doble de su corriente nominal.

Rango doble

Los transformadores de intensidad de rango doble trabajan con exactitud en el rango compredido entre 0,1 y 1,2 I_N.

Ya que la exactitud de los transformadores de rango normal es generalmente suficiente para ser empleados para fines de facturación y pueden ser autorizados para tal aplicación, no se necesitan transformadores con rango doble.

7.5.4 Intensidad en el secundario de los transformadores de intensidad

Los transformadores de intensidad en ejecución normal tienen una intensidad nominal de 1 A en el secundario. Esta corriente baja en el secundario tiene la ventaja que la potencia de los transformadores puede ser seleccionada en base al consumo de los aparatos

Tabla 7.3 Consumo propio de conductores de medición

Sección del conductor	Consumo propio de los conductores (ida y vuelta) referido a 1 A (los valores entre paréntesis son referidos a 5 A) para una longitud de:									
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
mm²	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA
1	0,036 –	0,071 –	0,107 –	0,143 –	0,178 –	0,214 –	0,25 –	0,286 –	0,321 –	0,357 –
2,5	0,014 (0,36)	0,028 (0,71)	0,042 (1,07)	0,057 (1,43)	0,071 (1,78)	0,085 (2,14)	0,1 (2,5)	0,114 (2,86)	0,128 (3,21)	0,142 (3,57)
4	0,008 (0,22)	0,018 (0,45)	0,026 (0,67)	0,035 (0,89)	0,044 (1,12)	0,053 (1,34)	0,062 (1,56)	0,071 (1,79)	0,08 (2,01)	0,089 (2,24)

conectados. Las pérdidas de los conductores con una sección de 2,5 mm² y una longitud de hasta 10 m pueden ser despreciadas. Si la longitud de los conductores es mayor, sus pérdidas deben incluirse en el cálculo de la potencia del transformador (tabla 7.3).

Cuando se emplean transformadores de intensidad con una intensidad nominal de 1 A en el secundario, pueden utilizarse conductores de mando con una sección de 1 y 1,5 mm². Con transformadores con una intensidad nominal de 5 A en el secundario serían muy altas las pérdidas de estos conductores.

7.5.5 Potencia nominal y factor de sobrecarga nominal de transformadores de intensidad, según VDE

El factor de sobrecarga nominal es el factor por el cual hay que multiplicar la intensidad nominal del primario, para obtener la intensidad a la cual se alcanza el error máximo admisible; el factor de sobrecarga nominal puede ser, por ej., M5 (véase la fig. 7.32).

El factor de sobrecarga de un transformador de intensidad es igual al factor de sobrecarga nominal, solamente cuando la carga es igual a la potencia del transformador.

Si la carga es desigual a la potencia nominal del transformador, el factor de sobrecarga varía también, aproximadamente indirectamente proporcional a la carga.

El cálculo del factor de sobrecarga se efectúa con:

$$n_s = n \frac{S_N + S_p}{S_s + S_p}. \qquad (7.4)$$

Aquí significan:

n Factor de sobrecarga nominal (Valor nominal con carga igual a la potencia nominal)
n_s Factor de sobrecarga en servicio (con la carga de servicio)
S_N Potencia nominal del núcleo con carga nominal
S_s Carga conectada en servicio
S_p Consumo propio del núcleo

Ejemplo para un transformador con poca carga

Datos del transformador de intensidad:

Factor de sobrecarga nominal M5 (por ej. $n = 5$)
Potencia nominal del transformador $S_N = 15$ VA
Consumo propio del transformador $S_p = 2$ VA
Carga conectada en servicio $S_s = 10$ VA

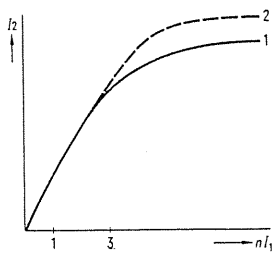
El factor de sobrecarga se calcula con la ecuación (7.4):

$$n_s = n \frac{S_N + S_p}{S_s + S_p} = 5 \cdot \frac{15+2}{10+2} = 7{,}08 > 5.$$

Resultado:

Como $n_s > n$, el transformador se satura a mayores intensidades (fig. 7.28).

En servicio normal, los aparatos de medición conectados al transformador con poca carga ($n_s > n$) están suficientemente protegidos. En caso de cortocircuito puede ocurrir que la protección no sea suficiente.



1 Servicio nominal
2 Transformador con poca carga
I_1 Corriente en el primario
I_2 Corriente en el secundario

Fig. 7.28
Corriente en el secundario de un transformador de intensidad $I_2 = f(I_1)$

Ejemplo para un transformador sobrecargado

Datos del transformador de intensidad:

Factor de sobrecarga nominal M5 (por ej., $n = 1{,}5$)
Potencia nominal del transformador $S_N = 15$ VA
Consumo propio del transformador $S_p = 2$ VA
Carga conectada en servicio $S_s = 20$ VA

El factor de sobrecarga se calcula con la ecuación (7.4):

$$n_s = n \frac{S_N + S_p}{S_s + S_p} = 1{,}5 \cdot \frac{15+2}{20+2} = 1{,}15 < 1{,}5.$$

En servicio normal y en caso de cortocircuito, los aparatos de medición conectados al transformador sobrecargado están suficientemente protegidos. El transformador puede, no obstante, salirse de la clase de precisión indicada, ya que el punto de saturación se alcanza a corrientes más bajas que en servicio con carga nominal.

7.5.6 Tensión en los bornes del secundario de un transformador de intensidad

La tensión en el secundario de un transformador de intensidad se calcula con:

$$U_{2\,ef} = \frac{S}{I_2} \qquad \text{en servicio normal} \qquad (7.5)$$

$$\hat{U}_2 \approx 50 \cdot U_2 \qquad \text{en caso de cortiocircuito} \qquad (7.6)$$

$$\hat{U}_2 = k \cdot A_{Fe} \cdot W_2 \qquad \text{con los bornes del secundario abiertos} \qquad (7.7)$$

$$k = f\left(\frac{I_1 \cdot W_1}{l_{Fe}}\right) \qquad (7.8)$$

Aquí significan

$U_{2\,ef}$ Valor efectivo de la tensión en el secundario
$\hat{U}_2$ Valor de cresta de la tensión en el secundario
S Carga conectada
I_2 Intensidad en el secundario
k Factor que puede ser calculado de la curva característica de magnetización (fig. 7.29)
I_1 Intensidad en el primario
W_1 Número de espiras en el primario
W_2 Número de espiras en el secundario
l_{Fe} Longitud media del núcleo (núcleo de hierro)
A_{Fe} Sección del núcleo (núcleo de hierro)

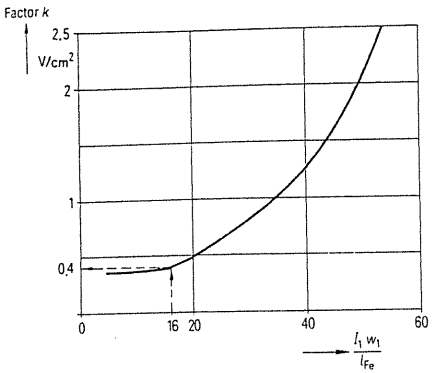


Fig. 7.29
Factor k en dependencia de la curva característica de magnetización

Servicio normal

Se tiene servicio normal cuando por el primario circula una corriente entre 0,1 y 1,2 veces la corriente nominal del primario y en el secundario se encuentra conectada la carga nominal. En los transformadores, cuya intensidad nominal en el secundario es 1 A y su potencia nominal es baja, raras veces se presentan tensiones de contacto peligrosas (por encima de 65 V). En la tabla 7.4 se muestra un ejemplo.

Cortocircuito

En la zona de saturación del transformador $U_{2\,ef}$ aumenta poco, mientras, el valor de cresta $\hat{U}_2$ puede aumentar en forma considerable, es decir, la amortiguación por las corrientes de Foucault se produce más tarde. El valor de cresta en el secundario no es, por tanto, solamente $\sqrt{2}$ veces mayor que el valor efectivo, sino es mucho más grande, aproximadamente en el factor 50.

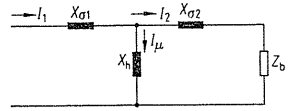
$\hat{U}_2$ adquiere generalmente valores mayores que 65 V (tensiones de contacto peligroso). Un ejemplo se muestra en la tabla 7.4.

Servicio con el secundario abierto

Un transformador de intensidad que presta servicio con el secundario abierto (por ej., un transformador de suma de corrientes), se comporta como un transformador en cuyos bornes se encuentra conectada una carga infinita. Toda la intensidad del primario se utiliza para la magnetización (fig. 7.30).

Tabla 7.4
Ejemplo para el cálculo de la tensión en los bornes del secundario de transformadores de intensidad en servicio normal y en caso de cortocircuito (los valores han sido tomados de las tablas 7.3 y 7.5)

Relación de transformación	.../1 A	.../5 A
Demanda de potencia del		
Amperímetro	0,2 VA	0,2 VA
Fasímetro	3,5 VA	3,5 VA
Contador (kWh)	0,5 VA	0,5 VA
Conductor de 50 m, 2,5 mm²	0,72 VA	18 VA
Potencia total necesaria	4,92 VA	22,2 VA
Potencia del transformador seleccionado	5 VA	25 VA
Tensión en los bornes del secundario		
Servico normal: de la ecuación 7.5 $U_{2\,ef}=\frac{S}{I_2}$	$\frac{4,92}{1}=4,92$ V	$\frac{22,2}{5}=4,44$ V
	Ninguna tensión de contacto peligrosa	
En caso de cortocircuito: de la ecuación 7.6 $\hat{U}\approx 50\ U_{2\,ef}$	$4,92\cdot 50\approx 246$ V	$4,44\cdot 50\approx 222$ V
	Tensión de contacto peligrosa	



I_1 Corriente en el primario
I_2 Corriente en el secundario
I Corriente de magnetización
$X_{\sigma 1}$ Inductividad de dispersión del primario
$X_{\sigma 2}$ Inductividad de dispersión del secundario
X_h Inductividad principal
Z_b Resistencia aparente (carga) conectada al secundario

Fig. 7.30
Diagrama equivalente para un transformador de intensidad en servicio con los bornes del secundario abiertos

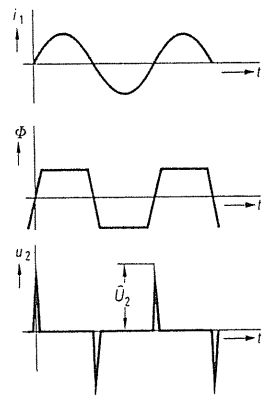


Fig. 7.31
Curso de la corriente en el primario (i_1), del flujo magnético (Φ) y de la tensión en el secundario (u_2) de un transformador de intensidad en servicio con los bornes del secundario abiertos

El valor efectivo del flujo magnético, a causa de la saturación, no aumentó en forma significante. Sin embargo, al paso por cero, la pendiente es mucho mayor y provoca picos de tensión de aproximadamente 0,2 hasta 0,7 ms de duración, si el transformador presta servicio con el secundario abierto ($U_2 \sim d\Phi/dt$). Incluso con bajas intensidades en el primario, el transformador se magnetiza hasta la saturación durante cada semionda, es decir, en cada período el núcleo cambia dos veces de magnetización (fig. 7.31).

U_2 adquiere generalmente valores mayores que 65 V (tensiones de contacto peligroso). El aislamiento del devanado del secundario puede dañarse, al mismo tiempo que el nucleo puede sobrecalentarse. A causa de posibles descargas (arcos), existe el peligro de incendio.

Ejemplo

Datos de servicio del transformador de intensidad:

$I_1=200$ A, $W_1=1$, $I_{Fe}=12,5$ cm,
$A_{Fe}=1$ cm², $W_2=200$.

Según la ecuación (7.8)

$$k=f\left(\frac{I_1\cdot W_1}{l_{Fe}}\right)=f\left(\frac{200\cdot 1}{12,5}\right)=f(16\ \text{A/cm})$$

se obtiene de la figura 7.29: $k=0,4$ V/cm².

De la ecuación (7.7) resulta:

$\hat{U}_2=k\cdot A_{Fe}\cdot W_2=0,4\cdot 1\cdot 200=80$ V.

Por tanto, la tensión en los bornes del secundario es de contacto peligroso (mayor de 65 V).

Selección de un transformador de intensidad

Un cuadro sinóptico con los criterios para la selección de los transformadores de intensidad, según DIN 0414, se muestra en la figura 7.32.

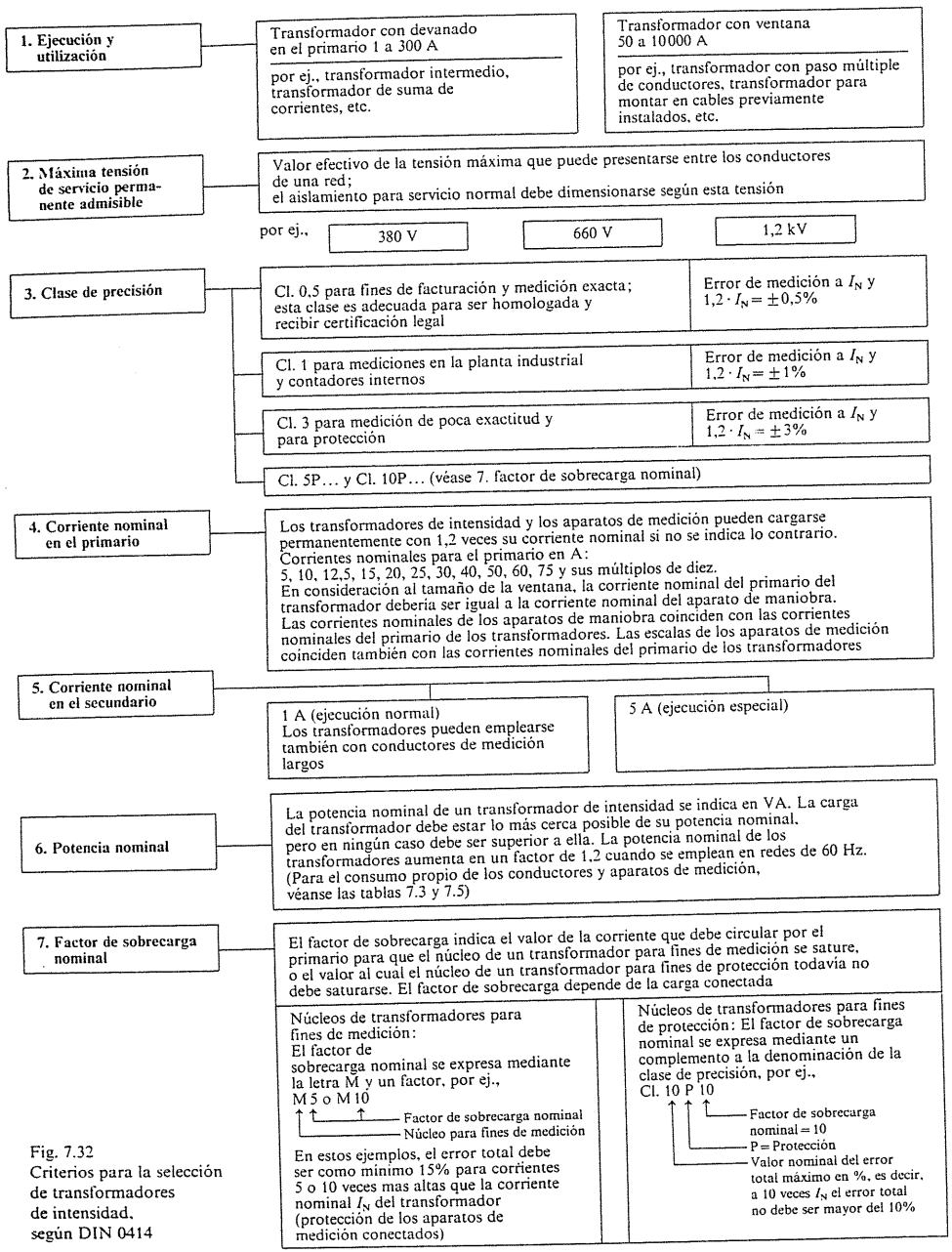


Fig. 7.32
Criterios para la selección de transformadores de intensidad, según DIN 0414

7.5.7 Conductores y aparatos, consumo en circuitos alimentados por transformadores de intensidad

Consumo de los conductores de cobre

$$S_l = \frac{I^2 \cdot 2l}{A \cdot 56}. \qquad (7.9)$$

Aquí significan

l Longitud sencilla (una sola dirección) del conductor en m

A Sección del conductor en mm²

I Corriente que circula por los conductores en A

S_l consumo de los conductores

Véase también la tabla 7.3.

Consumo de los aparatos de medición

El consumo de diferentes aparatos de medición lo muestra la tabla 7.5.

Tabla 7.5 Consumo propio de instrumentos de medición

Tipo de instrumento de medición		Circuito de corriente, 50 Hz Instrumento con escala de cuadrante, transversal o de sector	circular	Circuito de tensión, 50 Hz Instrumento con escala de cuadrante, transversal o de sector	circular
Instrumentos de medición indicadores					
Instrumentos de hierro móvil					
Amperímetros (conexión a transformadores .../1 A)	VA	0,2	aprox. 1	–	–
Voltímetros	VA	–	–	0,9 a 5	5 a 9
Instrumentos de bobina móvil, con rectificador incorporado					
Amperímetros	VA	aprox. 0,25	–	–	–
Voltímetros	VA	–	–	Consumo aprox. 10 mA	–
Amperímetros bimetálicos	VA	3 ó 5	–	–	–
Vatímetros electrodinámicos	VA	aprox. 1	–	Consumo aprox. 10 mA por circuito	–
Fasímetros	VA	aprox. 3,5	–	10 a 15 mA para 100 V por circuito	–
Frecuencímetros de lengüetas	VA	–	–	1 a 3	–
Frecuencímetros con aguja	VA	–	–	1,1 (para 100 V)	–
	VA	–	–	2,2 (para 220 V)	–
	VA	–	–	3,5 (para 380 V)	–
Instrumentos de medición registradores					
Registrador gráfico, con sistema de medida de bobina móvil, con rectificator incorporado					
Registrador gráfico de tensión, por sistema de medida	VA	aprox. 1,2 a 2	–	Consumo aprox. 10 mA	–
Registrador gráfico de intensidad, por sistema de medida					
Registrador gráfico de potencia, con sistema de medida electrodinámico	VA	aprox. 5	–	aprox. 1	–
Registrador gráfico de frecuencia, con sistema de medida de bobina móvil	VA	–	–	aprox. 10	–
Contadores					
para corriente alterna	VA	1 a 2	–	2 a 4	–
para corriente trifásica	VA	0,5 a 1,5	–	4	–
Aparatos de medición con función de maniobra					
Relé para redes enmalladas	VA	aprox. 0,6	–	aprox. 13,5	–

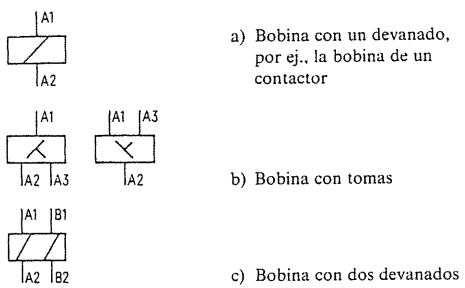
8 Esquemas básicos de conexión

8.1 Indicaciones generales

8.1.1 Designaciones de los puntos de conexión

Las designaciones de los (bornes) puntos de conexión de los aparatos de maniobra están estipulados en DIN EN 50005/Julio 1977. De allí se tomaron los siguientes ejemplos:

- ▷ Designaciones de los puntos de conexión de impedancias (figuras 8.1 y 8.2).
- ▷ Designaciones de los puntos de conexión de los contactos de interruptores con dos posiciones de maniobra.

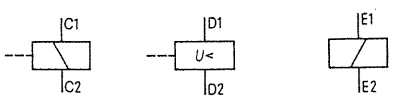


a) Bobina con un devanado, por ej., la bobina de un contactor

b) Bobina con tomas

c) Bobina con dos devanados

Fig. 8.1
Denominaciones de los bornes de conexión de los accionamientos



a) Disparador por corriente de trabajo

b) Disparador de mínima tensión

c) Electroimán para enclavamientos

Fig. 8.2
Denominaciones de los bornes de conexión de disparadores auxiliares y electroimanes para enclavamientos

Contactos principales

Los contactos principales de los aparatos de maniobra se caracterizan con cifras de un solo dígito (fig. 8.3). Las designaciones de los puntos de conexión de un contacto principal son un número impar y el número inmediato superior a él.

Contactos auxiliares

Los contactos auxiliares de los aparatos de maniobra se caracterizan con cifras de dos dígitos. El dígito de las unidades es la cifra de función (fig. 8.4) y el dígito de las decenas es la cifra ordinal.

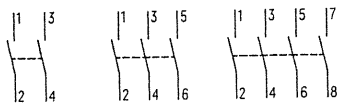
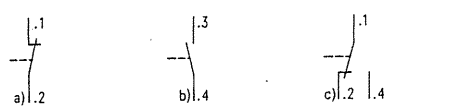


Fig. 8.3
Designaciones de los contactos principales de aparatos de maniobra bipolares, tripolares y tetrapolares

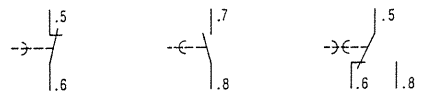


a) Contacto normalmente cerrado NC (contacto de apertura)

b) Contacto normalmente abierto NA (contacto de cierre)

c) Conmutador

Fig. 8.4
Designaciones de los contactos para circuitos auxiliares, con cifra de función
(la cifra ordinal está simbolizada por un punto)



a) Contacto normalmente cerrado (NC), con apertura retardada

b) Contacto normalmente abierto (NA), con cierre retardado

c) Conmutador con retardo en ambas direcciones

Fig. 8.5
Denominaciones de contactos auxiliares con funciones especiales

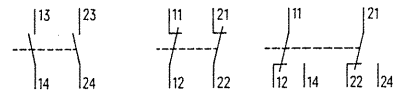
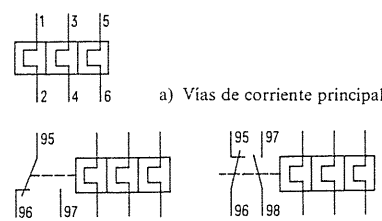


Fig. 8.6
Ejemplos de denominaciones de los bornes de conexión con cifras ordinales y cifras de functón



a) Vías de corriente principales

b) Contactos auxiliares

Fig. 8.7
Ejemplos para la denominación de los bornes de conexión de dispositivos para la protección contra sobrecargas

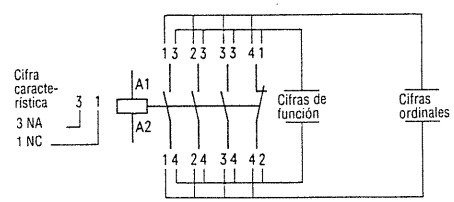


Fig. 8.8
Ejemplo para la denominación de un contactor auxiliar con la cifra característica 31

Los contactos auxiliares con funciones especiales, por ej., contactos de acción retardada, se designan con las cifras de función 5 y 6 si son contactos NC y con las cifras de función 7 y 8 si son contactos NA (fig. 8.5).

Los puntos de conexión de un contacto auxiliar se caracterizan con la misma cifra ordinal (fig. 8.6).

Las designaciones de los puntos de conexión de los dispositivos para protección contra sobrecargas se muestran en la figura 8.7.

Cifras para la caracterización de aparatos de maniobra

Los aparatos de maniobra con un número definido de contactos auxiliares (contactos NA o NC) pueden caracterizarse con un número de dos dígitos. La primera cifra indica la cantidad de contactos NA y la segunda la cantidad de contactos NC.

Ejemplo para la caracterización de un aparato de maniobra

En la figura 8.8 se muestra la caracterización de un contactor auxiliar con 3 contactos NA y un contacto NC.

8.1.2 Símbolos normalizados según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI)

Las directrices para la documentación y elaboración de planos se indican en las siguientes publicaciones:

- ▷ "Wie liest man deutsche Stromlaufpläne für Industrieausrüstungen", N.° de pedido E 510/1115.
- ▷ "How to read German schematic Diagrams", N.° de pedido E 51/5004-101.

Las directrices contenidas en la edición alemana y en la traducción al inglés están basadas en las siguientes normas (estado de actualización: 1981):

DIN 40700
DIN 40703
DIN 40708
DIN 40710
DIN 40711
DIN 40712
DIN 40713
DIN 40714
DIN 40715

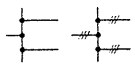
En las tablas 8.1 a 8.8 se muestra una selección de los símbolos de aparatos eléctricos, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI).

Tabla 8.1
Símbolos normalizados y designaciones de tensión, corriente y frecuencia según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Corriente continua	—ó⎓	=	=	=
Corriente alterna	~	=	=	=
Corriente continua o alterna	⎓~	=	=	=
Corriente alterna monofásica, por ej., $16^2/_3$ Hz	1 ~ $16^2/_3$ Hz	=	1 PHASE-2 WIRE-** $16^2/_3$ CYCLE	= ó 1 ~ $16^2/_3$ c/s
Corriente trifásica	3 ~ 50 Hz 380 V	=	3 PHASE-3 WIRE-** 50 CYCLE-380 V	=
Corriente trifásica, con neutro	3/N ~ 50 Hz 380 V	–	3 PHASE-4 WIRE-** 50 CYCLE-380 V	3N ~ 50 Hz 380 V ó 3N ~ 50 c/s 380 V
Corriente trifásica, con neutro con función de protección	3/PEN ~ 50 Hz 380 V	–	3 PHASE-4 WIRE-** 50 CYCLE-380 V (with neutral)	3PEN ~ 50 Hz 380 V
Corriente trifásica, con neutro y conductor de protección separados	3/N/PE ~ 50 Hz 380 V	–	3 PHASE-5 WIRE-** 50 CYCLE-380 V (with neutral and protection earth)	3NPE ~ 50 Hz 380 V
Corriente continua con dos conductores	2–220 V	–	2 WIRE DC, 220 V**	=
Corriente continua con dos conductores y neutro	2/M–220 V*	–	3 WIRE DC, 220 V**	2M–110 V*

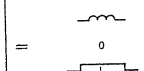
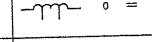
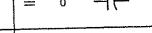
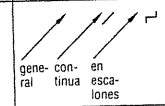
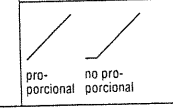
= Símbolo y denominaciones coinciden con los de DIN
– Ningún detalle
* Según DIN 40108, 40705, 42400, IEC (CEI) 445
** Los símbolos normalizados no han sido establecidos

Tabla 8.2
Símbolos normalizados para conductores y empalmes de conductores, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Conductor, representación general	——	=	=	=
Conductor de protección (PE) o conductor neutro con función de protección (PEN)	—·—·—	——	——	——
Neutro (N)	——	=	=	=
Conductor con indicación del número de conductores	—///	=	=	=
Empalme de conductores		=	0 = 	0 = 
Punto de empalme, representación general, especialmente para empalmes (uniones) que no son para soltar durante el servicio	●	=	=	=
Empalme separable	o	=	–	=
Bornera Bornes en fila		–	=	=

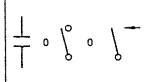
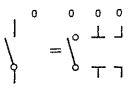
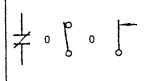
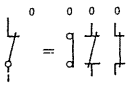
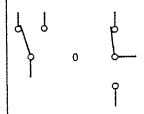
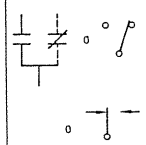
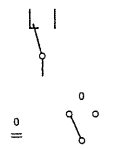
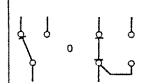
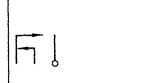
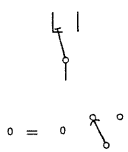
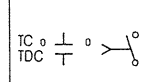
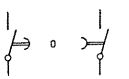
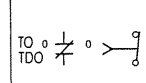
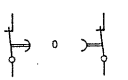
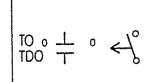
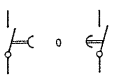
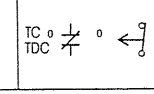
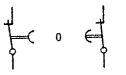
= Símbolo coincide con el de DIN
– Ningún detalle
* Solamente para utilización en casos especiales

Tabla 8.3
Símbolos normalizados de componentes de circuitos, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Resistencia				
Resistencia con tomas		=	=	=
Devanado, inductividad				
Idem, con tomas				
Condensador, capacitor				
Idem, con tomas		–	–	=
Tierra		=	=	=
Masa				
Variabilidad, regulable durante el servicio		= = =	= = =	= = =
Variable bajo influencia de una magnitud física		– =	= =	= =

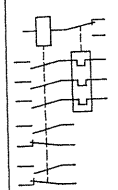
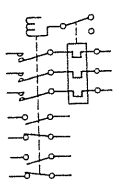
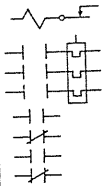
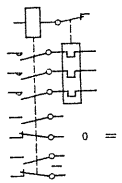
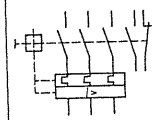
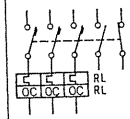
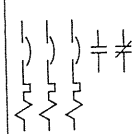
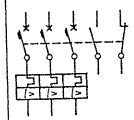
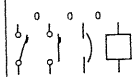
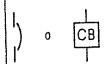
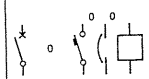
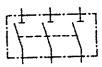
= Símbolo coincide con el de DIN
– Ningún detalle

Tabla 8.4 Símbolos normalizados de aparatos de maniobra, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Contacto normalmente abierto (NA) (contacto de cierre)				
Contacto normalmente cerrado (NC) (contacto de apertura)				
Contacto de conmutación				
Contacto de conmutación, sin interrupción				
Contactos de acción retardada Contacto normalmente abierto, cierra retardado				
Contacto normalmente cerrado, abre retardado				
Contacto normalmente abierto, abre retardado				
Contacto normalmente cerrado, cierra retardado				

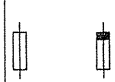
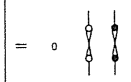
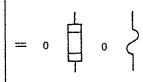
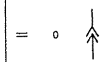
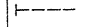
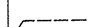
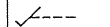
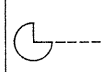
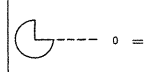
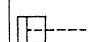
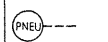
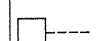
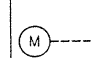
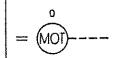
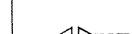
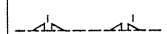
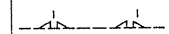
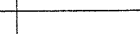
= Símbolo coincide con el de DIN
– Ningún detalle

Tabla 8.4 Símbolos normalizados de aparatos de maniobra, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Contactor con relé contra sobrecargas				
Interruptor tripolar con disparo libre, con disparadores contra sobrecargas y disparadores sin retardo				
Seccionador de potencia			–	
Interruptor de potencia				
Seccionador bajo carga, tripolar			–	
Seccionador tripolar, con fusibles				=
Seccionador tripolar				

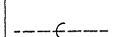
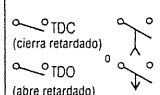
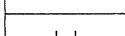
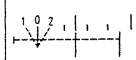
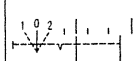
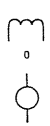
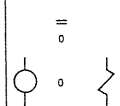
= Símbolo coincide con el de DIN
– Ningún detalle

Fig. 8.4 Símbolos normalizados de aparatos de maniobra, según DIN, BS, ANSI, IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Fusible				=
Cuchilla seccionadora			–	
Dispositivo de enchufe				
Accionamiento manual, representación general		=	=	=
Accionamiento de pie				
Accionamiento de levas			=	
Accionamiento de émbolo				=
Accionamiento motriz		=	–	=
Accionamiento por motor		=		=
Bloqueo en una dirección		=	Indicación mediante nota	=
Bloqueo en ambas direcciones		 enclavado libre	Indicación mediante nota	 enclavado libre
Encastre		–	Caracterizado por una nota	=

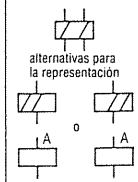
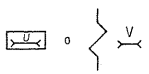
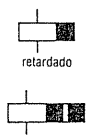
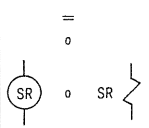
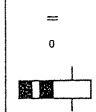
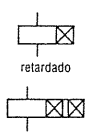
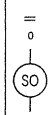
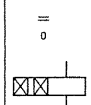
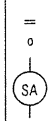
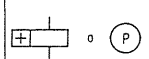
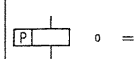
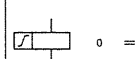
= Símbolo coincide con el de DIN
– Ningún detalle

Tabla 8.4 Símbolos normalizados de aparatos de maniobra, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Accionamiento retardado hacia la derecha		–		=
Acoplamiento mecánico acoplado		=	= o 	=
desacoplado		=	= o 	=
Pulsador con contacto NA, con accionamiento manual, representación general		–	–	=
Pulsador con contacto NA, con accionamiento manual oprimiendo		–	–	=
Selector con contacto NA, con accionamiento manual		–	–	=
Pulsador bipolar, con accionamiento manual, para tres posiciones de maniobra, posición básica en O, representación general		–	–	=
Selector bipolar, con accionamiento manual, para tres posiciones de maniobra, posición básica en O, representación general		–	–	=
Sistema de tracción con reposición automática al cesar la fuerza de accionamiento, para contactores y similares				=

= Símbolo coincide con el de DIN
– Ningún detalle

Tabla 8.4 Símbolos normalizados de aparatos de maniobra, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Relé con dos devanados que actúan en el mismo sentido				= o 
Relé o disparador que mide, con indicación de la magnitud medida, por ej., mínima tensión		–		=
Retardos para sistemas de tracción electromecánicos				
Sistema de tracción con retardo magnético en la desconexión				
en la conexión				
en la desconexión y en la conexión				=
Sistema de tracción de un relé polarizado				
Sistema de tracción de un relé de remanencia			–	

= Símbolo coincide con el de DIN
– Ningún detalle

Tabla 8.5 Símbolos normalizados de semiconductores, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

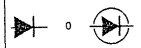
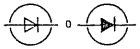
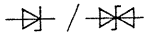
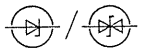
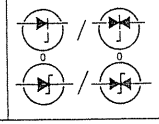
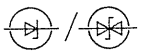
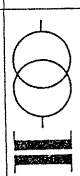
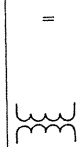
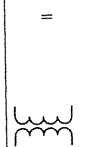
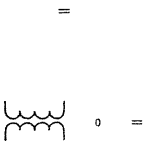
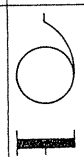
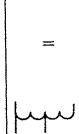
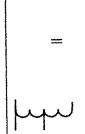
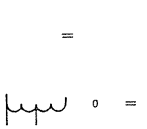
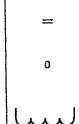
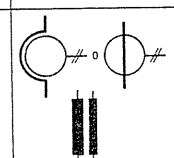
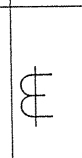
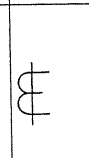
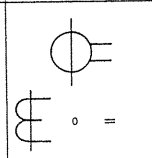
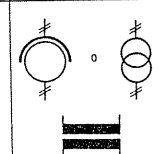
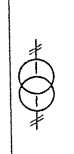
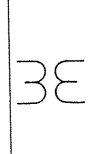
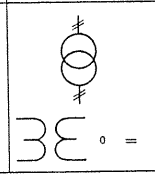
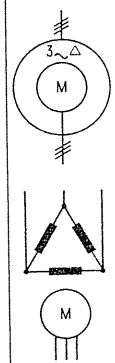
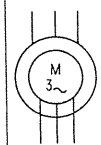
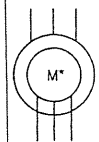
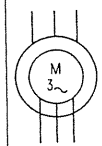
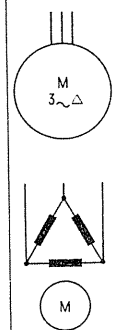
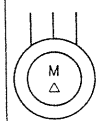
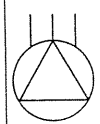
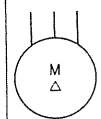
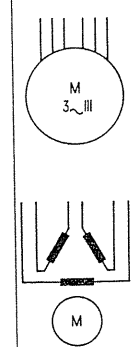
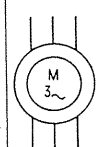
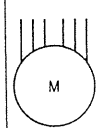
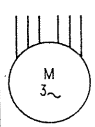
Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Diodo				
Diodo de limitación				

Tabla 8.6
Símbolos normalizados de transformadores, bobinas de reactancia y transformadores para fines de medición, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Transformador con dos devanados separados				
Autotransformador				
Bobina de reactancia				
Transformador de intensidad				
Transformador de tensión				

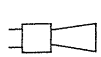
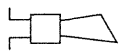
= Símbolo coincide con el de DIN

Tabla 8.7 Símbolos normalizados para máquinas, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Motor trifásico de anillos rozantes				
Motor trifásico con rotor de jaula				
Motor trifásico con rotor de jaula, con los seis extremos del devanado a bornes				

* M ó MOT

Tabla 8.8
Símbolos normalizados de aparatos de señalización, según DIN, BS, ANSI e IEC (CEI) (ejemplos)

Denominación	DIN	BS	ANSI	IEC (CEI)
Bocina				
Timbre		=		=
Sirena		=		=
Lámpara de señalización		=		=
Señalizador de aguja		–	–	=

8.1.3 Designación de aparatos y sus componentes, conductores y funciones generales

Designación de aparatos

Cada aparato y sus componentes se designan en los planos de circuitos principales y de mando según DIN 40719 parte 2/junio 1978.

Por ej., la designación K2A significa:

K Letra indicativa para el tipo de aparato (tabla 8.9)

2 Número ordinal para distinguir entre dos aparatos y/o funciones del mismo tipo

A Letra indicativa para la función que desempeña el aparato (tabla 8.10)

Las designaciones del tipo y/o función de los aparatos pueden ser eliminadas si no se necesitan. Sin embargo, solamente las siguientes combinaciones son admisibles (ejemplo):

K2A Designación completa

2 Solamente el número ordinal

K2 Designación sin indicación de la función que desempeña

2A Designación sin indicación del tipo de aparato

Las designaciónes de los conductores y sus conexiónes según DIN e IEC (CEI) se muestran en la tabla 8.11.

Tabla 8.9 Letras para la designación del tipo de un aparato, según DIN 40719 parte 2, 1978

	Tipo de aparato	Ejemplos
A	Grupos constructivos, partes de grupos contructivos	Amplificadores, amplificadores manéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos
B	Convertidores de magnitudes no eléctricas a magnitudes eléctricas y al contrario	Transductores, sondas termoeléctricas, termocélulas, células fotoeléctricas, dinamómetros, cristales piezoeléctricos, micrófonos, pic-up, altavoces, aparatos de compo giratorio
C	Condensadores	
D	Dispositivos de retardo, dispositivos de memoria, elementos binarios	Conductores de retardo, elementos biestables, elementos monoestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de discos, aparatos de cintas magnéticas
E	Diversos	Instalaciones de alumbrado, instalaciones de calefacción; instalaciones que no están indicadas en otro lugar de esta tabla
F	Dispositivo de protección	Fusibles, descargador de sobretensión, relés de protección, disparador
G	Generadores	Generadores rotativos, transformadores de frequencia rotativos, baterías, equipos de alimentación, osciladores
H	Equipos de señalización	Aparatos de señalización ópticos y acústicos
J	–	–
K	Relés, contactores	Contactores de potencia, contactores auxiliares, relés auxiliares, relés intermitentes, relés de tiempo, relés Reed
L	Inductividad	Bobinas de reactancia
M	Motores	–
N	Amplificadores, reguladores	Circuitos integrados
P	Instrumentes de medición, equipos de pruebas	Instrumentos de medición, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes
Q	Aparatos de maniobra para altas intensidades	Interruptores de potencia, seccionadores, interruptores de protección, interruptores para protección de motores, interruptores automáticos, seccionadores bajo carga con fusibles
R	Resistencias	Resistencias, potenciómetros, reostatos, shunts, resistencias en derivación, termistores
S	Interruptores, selectores	Pulsadores, interruptores de posición, interruptores de mando, comutador-selector, selectores rotativos, adaptores selectores, emisores de señales
T	Transformadores	Transformadores de tensión, transformadores de intensidad
U	Moduladores, convertidores	Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores, convertidores, inversores, onduladores
V	Válvulas, semiconductores	Válvulas de vacío, válvulas de descarga en gases, diodos, transistores, tiristores
W	Vías de conducción, guiaondas	Hilos de conexión, cables, guiaondas, acoplamientos dirigidos por guiaondas, dipolos, antenas parabólicas
X	Bornes, clavijas, enchufes	Clavijas y cajas de enchufe, clavijas de pruebas, regletas de bornes, regletas de soldadura
Y	Equipos eléctricos accionados mecánicamente	Frenos, embragues, válvulas
Z	Equipos de compensación, filtros, limitadores	Circuitos para imitación de cables, reguladores dinámicos, filtros de cristal

Tabla 8.10
Letras para la designación de funciones generales, según DIN 40719 parte 2, 1978

Indicativo	Funciones generales
A	Función auxiliar
B	Dirección de movimiento (adelante, atrás, subir, bajar)
C	Contar
D	Diferenciar
E	Función "conectar"
F	Protección
G	Prueba
H	Señalización
J	Integración
K	Servicio pulsante
L	Designación de conductores
M	Función principal
N	Medida
P	Proporcional
Q	Estado (marcha, parada, limitación)
R	Reposición, borrar
S	Memorizar, registrar, grabar
T	Medida de tiempo, retardar
U	–
V	Velocidad (acelerar, frenar)
W	Sumar
X	Multiplicar
Y	Analógica
Z	Digital

Véanse también las aclaraciones concernientes a DIN 40719 parte 2, 1978, en relación con la publicación IEC (CEI) 113-2 (1971)

Tabla 8.11
Designaciones de algunos conductores y sus puntos de conexión (bornes, empalmes), según DIN 42400, marzo de 1976 e IEC (CEI) 445, 1973

Función del conductor	Designación	
	alfanumérica	mediante símbolo normalizado
Red de corriente alterna		
fase 1	L 1	
fase 2	L 2	
fase 3	L 3	
neutro	N	
Red de corriente continua		
polo positivo	L+	+
polo negativo	L–	–
neutro	M	
Conductor de protección	PE	
Neutro con función de protección	PEN	
Conductor de protección, no puesto a tierra	PU	
Tierra	E	
Tierra con poca tensión proveniente de otras redes	TE	
Masa	MM	

8.1.4 Planos eléctricos

8.1.4.1 Tipos de planos

Por principio, los planos, diagramas y esquemas eléctricos se dibujan en estado de reposo, es decir, sin tener tensión aplicada o bien sin circular la corriente y las piezas mecánicas sin accionar. Diferencias con respecto a estas reglas deben indicarse explícitamente en los planos.

Se distingue entre los siguientes tipos de planos:

Plano general

El plano general es la representación más simple, por lo general unipolar, de una conexión eléctrica. Los conductores de mando no se representan (fig. 8.9).

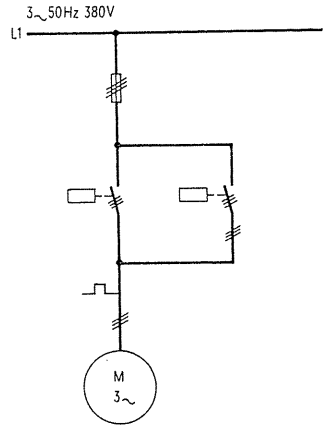


Fig. 8.9 Plano general

Plano de funcionamiento

El plano de funcionamiento es la representación detallada en un solo plano de los circuitos principal y de mando de una conexión eléctrica (fig. 8.10).

Plano de circuitos

Esta es actualmente la forma más utilizada en la electrotécnia para la representación de una conexión.

El se divide en circuito principal y en circuito de mando (circuito de mando y señalización). El circuito de mando se dibuja a la derecha y separado del circuito principal (fig. 8.11).

En planos complejos es recomendable numerar en orden ascendente cada vía de corriente (derivación).

Con las designaciones, no solamente se identifican los aparatos como tales, sino también todos los contactos ocupados del mismo reciben la misma designación. De esta forma puede determinarse en que derivaciones han sido empleados los contactos y a que aparato pertenecen.

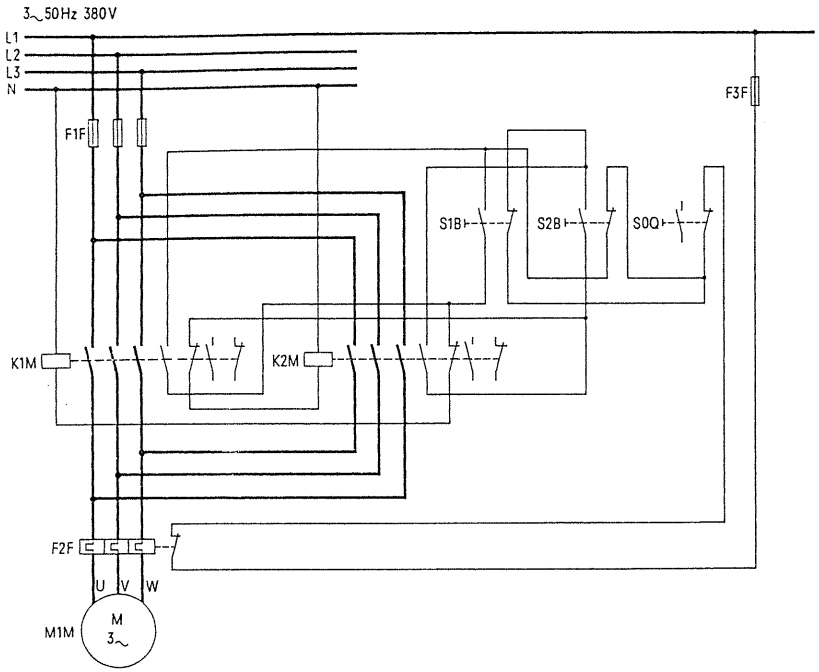
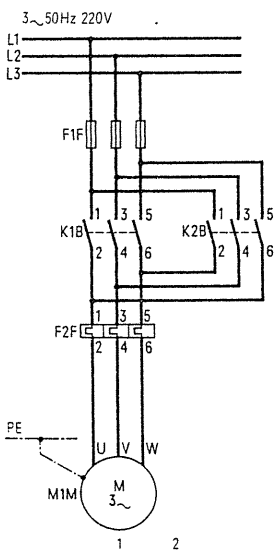
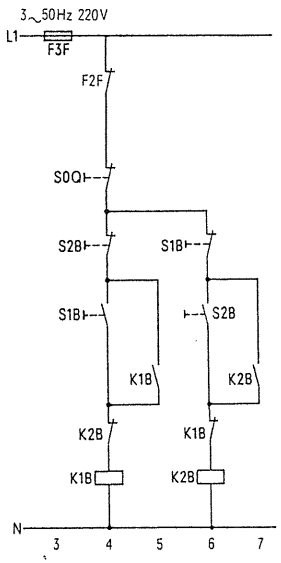


Fig. 8.10
Plano de funcionamiento



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Fig. 8.11
Plano de circuitos

8.1.4.2 Utilización y modificación de los esquemas básicos

Los esquemas de conexión que a continuación se describen, comprenden planos de circuitos principales y de mando de utilización frecuente. Su descripción es neutral y no da información alguna sobre la disposición de los aparatos en armarios o tableros.

En los planos de los circuitos principales casi siempre se dibujaron fusibles para la protección contra cortocircuitos y relés bimetálicos o disparadores con retardo dependiente de la corriente para la protección contra sobrecargas.

Para la elaboración de los planos de los 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 alimientación correspondiente a la fase.

Los contactos auxiliares del relé contra sobrecargas correspondiente a un motor se conectaron en la línea común de alimentación de las bobinas de los contactores correspondientes. Con ésto, se evita que, después de un disparao del relé, el motor sea arrancado prematuramente por uno de los contactores.

A las bobinas de los contactores se les aplica la tensión existente entre una fase y neutro. Esta es la forma más común de alimentar los mandos, y siempre que sea posible debe realizarse. En la mayoría de los casos, la fase y el conductor neutro pueden ser tomados de las líneas que alimentan el circuito principal. Para aplicaciones especiales, el circuito de mando puede ser alimentado por una fuente de energía independiente del circuito principal.

Las bobinas de los contactores están dispuestas en los circuitos de mando con uno de sus bornes directamente conectado al neutro y entre el otro borne y la fase se conectaron los contactos de los cuales depende la bobina (enclavamientos, pulsadores para la conexión, contacto del relé bimetálico, etc.). Con ésto, se evita el peligro de una exitación involuntaria de la bobina en caso de una falla a tierra en el circuito de mando.

Los contactores que no deben conectarse simultáneamente, se enclavan mutuamente a través de contactos auxiliares NC (de apertura).

También los interruptores y pulsadores de mando se enclavan mutuamente 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 impide también que ordenes de conexión puedan ser dadas simultáneamente a varios contactores. Este tipo de enclavamiento es de suma importancia, por ej., para la inversión del sentido de giro.

En los esquemas básicos se emplean los símbolos para aparatos según DIN 40173, 1972.

La correspondencia entre la simbología DIN y las simbologías IEC (CEI), BS y ANSI se muestra en las tablas 8.1 a 8.8.

8.1.5 Contactores con retardo en la desconexión para evitar órdenes de mando fluctuantes

El contactor es uno de los aparatos de maniobra más importantes que se emplean en mandos y controles. El reune en si las las características que casi siempre se exigen para los mandos:

- ▷ Accionamiento a distancia,
- ▷ alta frequencia de maniobra y servicio permanenente,
- ▷ alta vida útil mecánica,
- ▷ poca demanda de espacio,
- ▷ fiabilidad de contacto,
- ▷ completamente libre de mantenimiento.

Para poder cumplir con estos requisitos el contactor demanda:

- ▷ Señales inequívocas y
- ▷ mantenimiento de los márgenes de tensión admisibles para la bobina.

Señales inequívocas

Ordenes de mando fluctuantes pueden provocar una trepidación del contactor, es decir, él puede vibrar con una frecuencia hasta el doble de la frecuencia de la red. La consecuencia puede ser la destrucción del sistema magnético del contactor o la soldadura de los contactos cuando se conectan corrientes altas.

Mantenimiento de los márgenes de tensión admisibles para la bobina (0,8 hasta 1,1 veces la tensión nominal de accionamiento en los contactores Siemens)

Cuando la tensión aplicada a la bobina es muy alta, su vida útil se reduce y, en algunos casos, la bobina puede hasta quemarse. Si la tensión es muy baja, la presión de contacto es también muy baja y los contactos pueden soldarse. Otra consecuencia es que

la bobina puede quemarse y el del sistema magnético puede desgastarse prematuramente.

El esquema de conexiónes de un mando con un contactor con retardo en la desconexión para impedir órdenes fluctuantes se muestra en la figura 8.12.

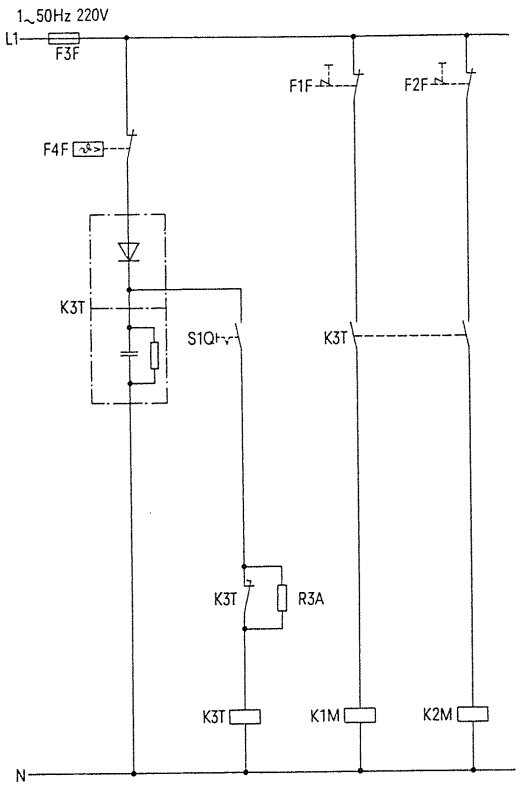
Funcionamiento

Con el interruptor S1Q se energiza la bobina del contactor auxiliar con retardo en la desconexión K3T, ya que el contacto NC del termostato F4F se encuentra cerrado.

Contactos NA del contactor K3T energizan las bobinas de los contactores K1M y K2M.

Si se tiene una orden de mando fluctuante, por ej., debido a sacudidas del termostato cuyo contacto NC puede abrir y cerrar, los contactores K1M y K2M permanecen correctamente conectados. El condensador del dispositivo para retardo en la desconexión del contactor K3T suministra la energía para mantener conectada la bobina de dicho contactor en caso que el contacto NC de F4F abra por corto tiempo.

Si se utiliza un contactor normal en lugar de un contactor con retardo en la desconexión para la función de K3T, cuando el contacto de F4F da una orden fluctuante, ésta se transmite, a través de los contactos NA de K3T, a las bobinas de los contactores K1M y K2M, cuyos contactos pueden soldarse.



Contactos auxiliares necesarios:

Contactor K3T:	2NA + 1NC de actuación prolongada
Interruptor de mando S1Q:	1NA
Termostáto F4F:	1NC
Relés contra sobrecargas F1F y F2F:	1NC c/u

Fig. 8.12
Diagrama de conexión del circuito de mando de un contactor auxiliar con retardo en la desconexión para evitar órdenes de mando fluctuantes

8.1.6 Contactos auxiliares de actuación prolongada en contactores, especialmente para accionamientos de corriente continua

El esquema de conexiones de un mando con un contactor con contactos auxiliares de actuación prolongada se muestra en la figura 8.13.

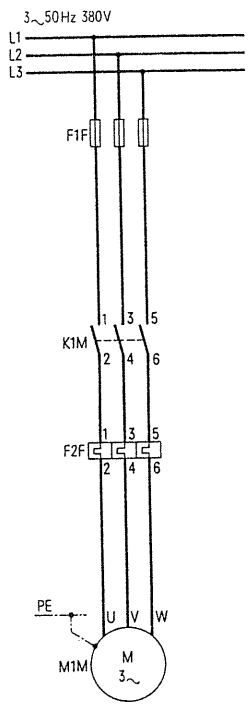
Funcionamiento

Cuando se acciona el interruptor S1Q, la bobina del contactor se energiza a través de su contacto de actuación prolongada. Ella se sobreexita, hasta que el contacto NC de actuación prolongada abra, y la resistencia economizadora R1A quede conectada en serie con la bobina de K1M.

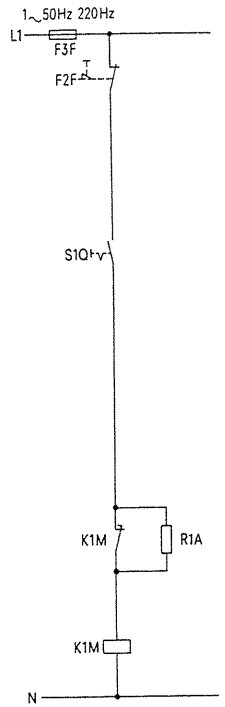
El motor arranca.

8.1.7 Combinación de seguridad de contactores

Los esquemas de conexión para la combinación de seguridad de contactores se muestran en el catálogo NSE.



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar

Contactos auxiliares necesarios:

Contactor auxiliar K1M:	1NC de actuación prolongada
Interruptor de mando S1Q:	1NA

Fig. 8.13
Diagramas de conexión de un mando con contactores con contactos auxiliares de actuación prolongada

8.2 Arranque directo de motores trifásicos

8.2.1 Conexión y desconexión de motores trifásicos

Los esquemas de conexión de los arrancadores directos para motores trifásicos se muestran en la figura 8.14.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca.

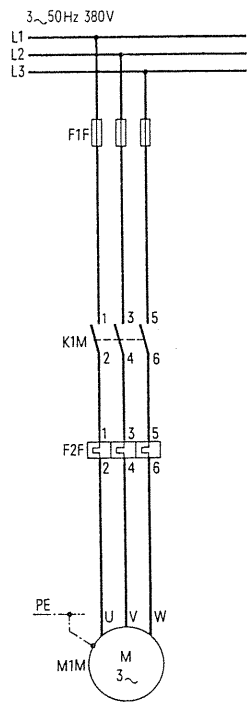
Desconexión:

El pulsador S0Q abre el circuito de autorretención, los contactos abren y el motor se detiene.

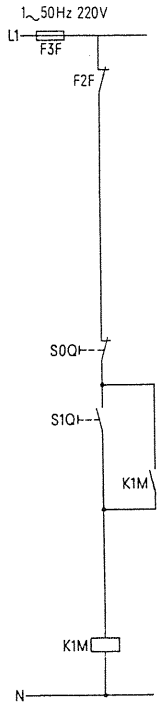
Accionamiento por interruptor de mando

Conexión y desconexión:

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta o desconecta el contactor K1M y, con ello, arranca o detiene el motor.

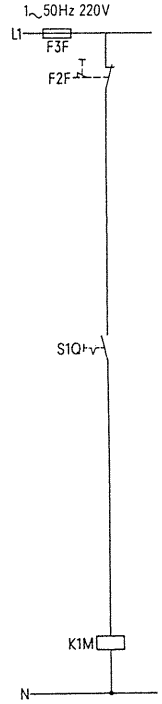


a) Circuito principal



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactor K1M: 1NA
Pulsador S0Q: 1NC
Pulsador S1Q: 1NA



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:
Interruptor de mando S1Q: 1NA

Fig. 8.14
Diagramas para la conexión y desconexión directa de motores trifásicos

8.2.2 Conexión para la alimentación alternativa de motores trifásicos de dos redes independientes

Los diagramas de conexión para esta aplicación se muestran en la figura 8.15.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca conectado a la red I.

Conmutación:

Cuando se acciona el pulsador S2Q, el contactor K1M recibe, del contacto NC del pulsador S2Q, la orden de desconexión, al mismo tiempo que el contacto NA del mismo pulsador le da al contactor K2M la orden de conexión. Esta orden es efectiva cuando el contacto NC del contactor K1M cierra. El contacto de autorretención del contactor K2M cierra y el motor es conectado a la red II.

Conmutación a la red I:

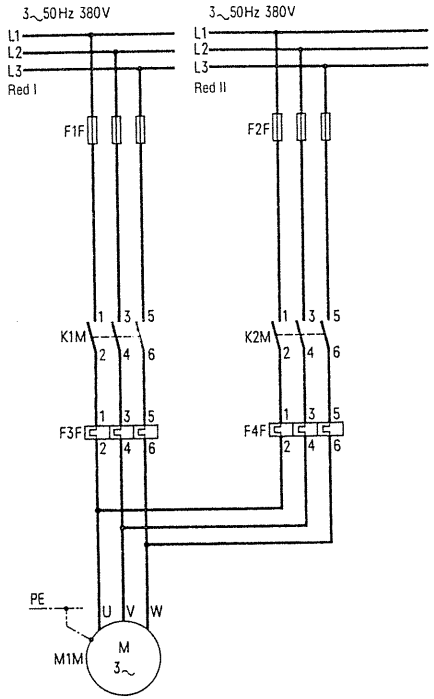
La conmutación se efectúa en analogía a la conmutación de la red I a la red II.

Desconexión:

El pulsador S0Q abre los circuitos de autoretención de los contactores K1M y K2M. El contactor que estaba conectado abre y el motor se detiene.

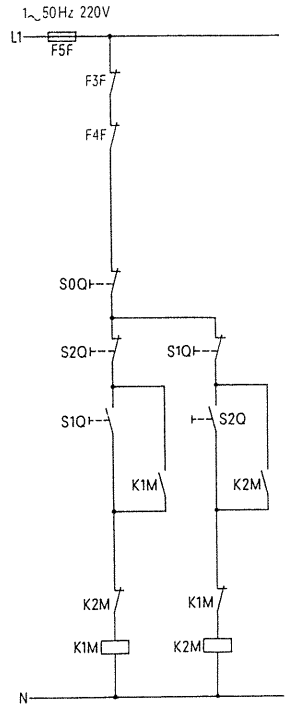
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta el contactor K1M y desconecta el contactor K2M o viceversa.



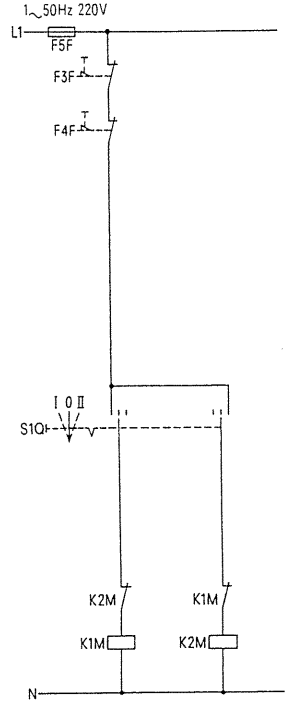
a) Circuito principal

Fig. 8.15
Diagramas de conexión para conmutar la alimentación de motores trifásicos



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactor K1M: 1NA+1NC
Contactor K2M: 1NA+1NC
Pulsador S0Q: 1NC
Pulsador S1Q: 1NA+1NC
Pulsador S2Q: 1NA+1NC



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:
Contactor K1M: 1NC
Contactor K2M: 1NC
Interruptor de mando S1Q:
2 contactos de conmutación con 3 posiciones

8.2.3 Arranque automático de varios motores trifásicos en forma sucesiva

La figura 8.16 muestra los diagramas para el arranque automático de varios motores trifásicos en forma sucesiva (arranque concatenado).

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores y contactor auxiliar

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor auxiliar K5A, cuyo contacto de autorretención cierra. Un contacto NA del contactor auxiliar K5A energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención de K1M cierra. Un contacto NA de K1M energiza la bobina de K2M a través de un contacto de K5A y así sucesivamente hasta que conecte el contactor K4M. Los motores arrancan uno después del otro en forma automática. Los picos de las corrientes de arranque se presentan uno después del otro descargando la red.

Esta conexión es solamente adecuada para motores con tiempos de arranque cortos. Cuando los tiempos de arranque de los motores son largos, se recomienda retrasar el inicio del arranque de cada motor, hasta que el proceso de arranque del motor anterior haya finalizado. Para ésto, pueden emplearse relés de tiempo. De esta forma se garantiza la descaga de la red.

Desconexión:

Con el pulsador S0Q se desconectan todos los contactores. Todos los motores se detienen simultáneamente.

Accionamiento por pulsadores, sin contactor auxiliar

Conexión:

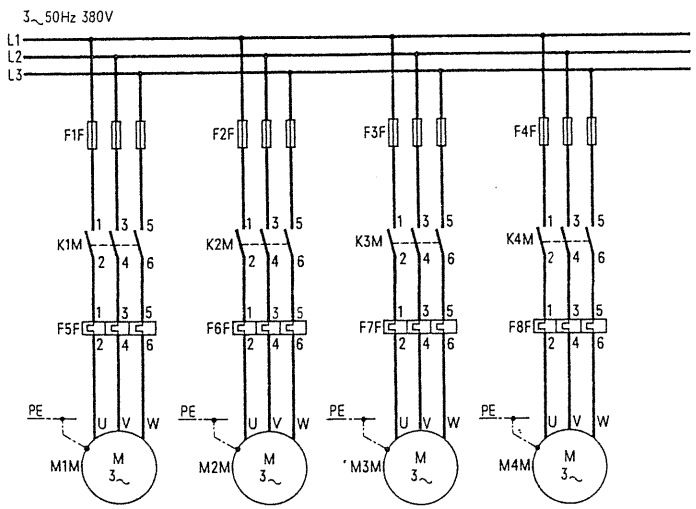
El pulsador S1Q energiza directamente la bobina del contactor K1M. El contacto de autorretención y un contacto NA de K1M cierran. Los contactores K2M a K4M se connectan sucesivamente. Los motores arrancan uno después del otro (véase conexión por pulsador y contactor auxiliar).

Desconexión:

Con el pulsador S0Q se desconectan todos los contactores al mismo tiempo, los motores se detienen simultáneamente.

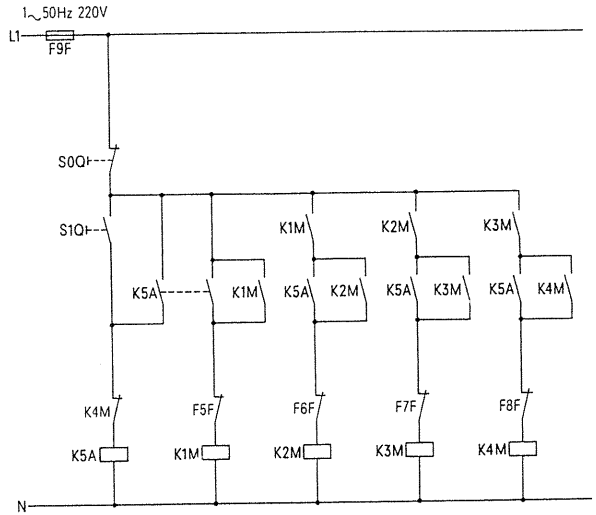
Accionamiento por interruptor de mando

Cuando se acciona el interruptor S1Q, la bobina del contactor K1M se energiza. Un contacto NA del contactor K1M energiza la bobina del contactor K2M y así sucesivamente, hasta que conecte K4M. Los motores arrancan uno después del otro. Cuando S1Q abre, todos los contactores se desconectan y los motores se detienen simultáneamente.



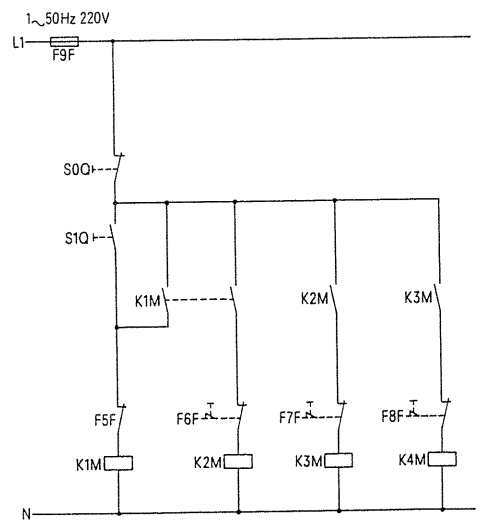
a) Circuito principal

Fig. 8.16
Diagramas de conexión para el arranque automático de varios motores trifásicos en forma sucesiva



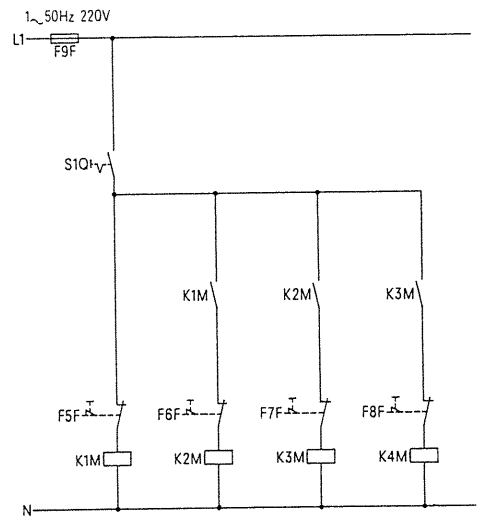
b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores y contactor auxiliar, relés contra sobrecargas sin autobloqueo de reconexión

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores y contactor auxiliar:
Contactores K1M, K2M, K3M: 2NA c/u
Contactor K4M: 1NA+1NC
Contactor auxiliar K5A: 5NA
Pulsador S0Q: 1NC
Pulsador S1Q: 1NA



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores, sin contactor auxiliar, relés contra sobrecargas con autobloqueo de reconexión

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores, sin contactor auxiliar:
Contactor K1M: 2NA
Contactores K2M, K3M: 1NA c/u
Pulsador S0Q: 1NC
Pulsador S1Q: 1NA



b3) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando, relés contra sobrecargas con autobloqueo de reconexión

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:
Contactores K1M, K2M, K3M: 1NA c/u
Interruptor de mando S1Q: 1NA

8.2.4 Conmutación del sentido de giro de motores trifásicos

Los diagramas de conexión para la inversión del sentido de giro de motores trifásicos se muestran en la figura 8.17.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1B energiza la bobina del contactor K1B, el contacto de autorretención de K1B cierra y el motor arranca girando, por ej., a la derecha.

Conmutación:

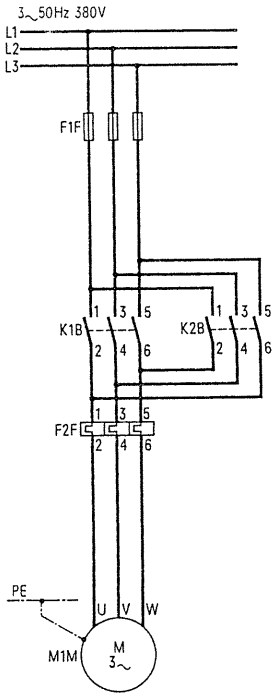
Cuando se acciona el pulsador S2B, su contacto NC desconecta el contactor K1B al mismo tiempo que el contacto NA del mismo pulsador da la orden de conexión del contactor K2B. Dicha orden es efectiva hasta que haya cerrado el contacto NC del contactor K1B. El motor se frena y arranca girado a la izquierda.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de los contactores K1B y K2B, el contactor que se encontraba conectado desconecta y el motor se detiene.

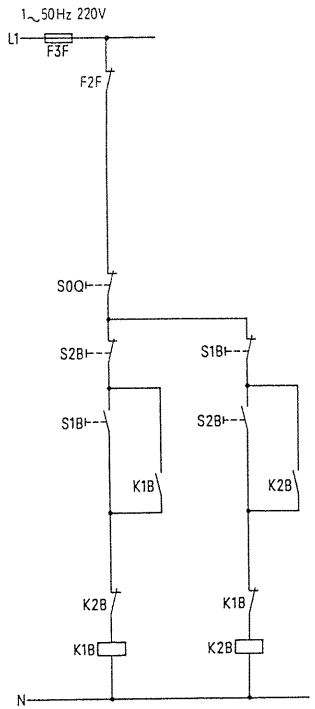
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1B conecta el contactor K1B y desconecta el contactor K2B o viceversa, dependiendo de su posición. El resto en analogía al accionamiento por pulsadores.



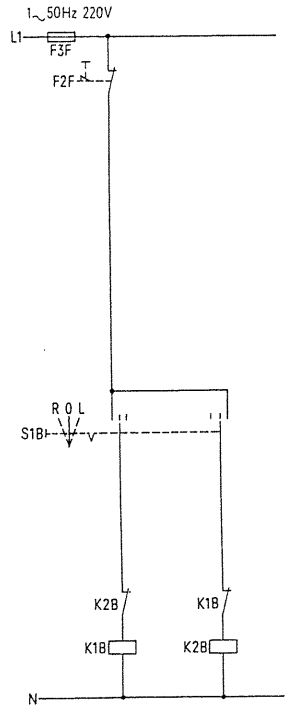
a) Circuito principal

Fig. 8.17
Diagramas de conexión para la inversión del sentido de giro de motores trifásicos



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactores K1B, K2B: 1NA+1NC c/u
Pulsador S0Q: 1NC
Pulsadores S1Q, S2Q: 1NA+1NC c/u



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:
Contactores K1B, K2B: 1NC c/u
Interruptor de mando S1B:
2 contactos de conmutación con 3 posiciones

8.2.5 Motores trifásicos de polos conmutables

Mando de un motor trifásico de polos conmutables con un devanado (conexión Dahlander), dos velocidades, un sentido de giro.

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.18.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca y marcha a la velocidad inferior.

Conmutación:

Cuando se acciona el pulsador S2Q, su contacto NC da la orden de desconexión al contactor K1M, a la vez que el contacto NA del mismo pulsador da la orden de conexión del contactor K2M. Dicha orden es efectiva hasta que haya cerrado el contacto NC del contactor K1M. El contacto de autorretención del contactor K2M cierra. Un contacto NA del contactor K2M energiza la bobina del contactor de la red K3M y el motor marcha a la velocidad más alta.

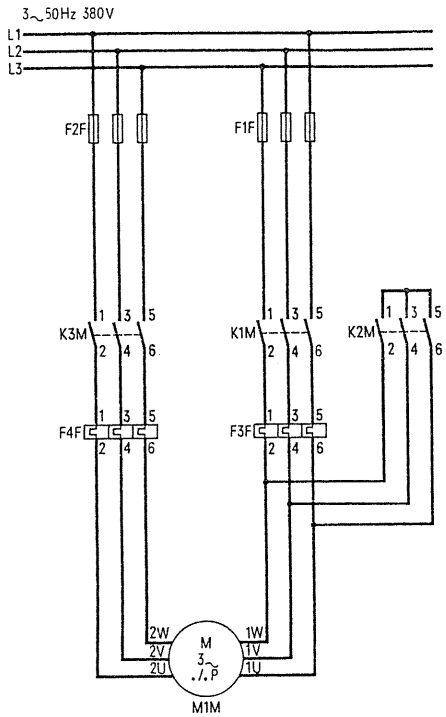
La conmutación a la velocidad inferior se efectúa en orden inverso.

Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1M, K2M y K3M. El funcionamiento es análogo al del accionamiento por pulsadores.

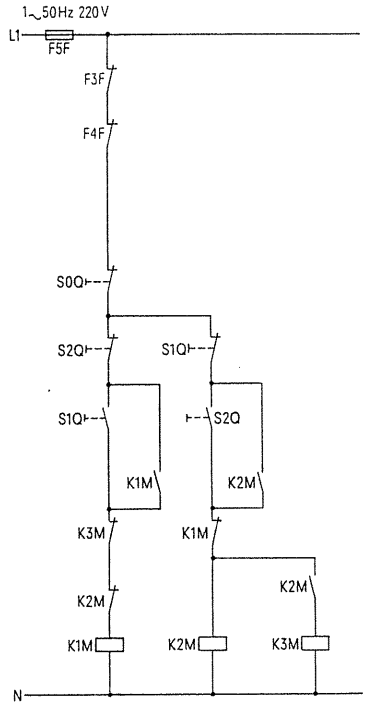
Nota:

Los fusibles F1F y F2F se eligen en conformidad a la corriente nominal del motor para la velocidad correspondiente. Si la diferencia de las corrientes nominales de ambas velocidades es pequeña y, por tanto, los relés contra sobrecargas F3F y F4F pueden elegirse con el mismo rango de ajuste, se admite que los contactores K1M y K2M sean protegidos por fusibles comunes a ambos.



a) Circuito principal

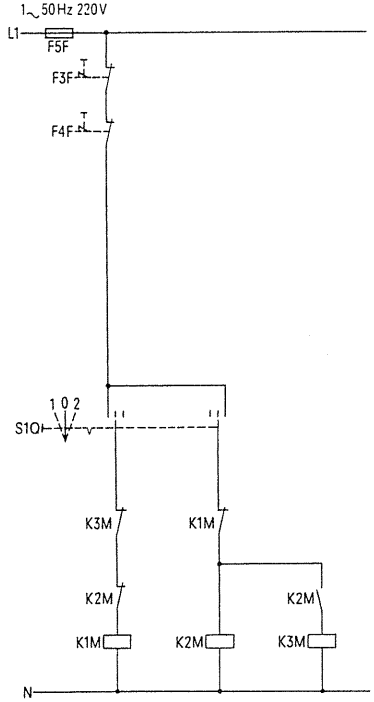
Fig. 8.18
Diagramas de conexión para un motor trifásico de polos conmutables, con un devanado (conexión Dahlander), dos velocidades, un sentido de giro



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1M:	1 NA + 1 NC
Contactor K2M:	2 NA + 1 NC
Contactor K3M:	1 NC
Pulsador S0Q:	1 NC
Pulsadores S1Q, S2Q:	1 NA + 1 NC c/u



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:

Contactores K1M, K2M:	1 NC c/u
Contactor K2M:	1 NA + 1 NC

Interruptor de mando S1Q:
2 contactos de conmutación con 3 posiciones

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con un devanado (conexión Dahlander), dos velocidades, dos sentidos de giro

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.19.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión, por ej., sentido de giro a la derecha:

El pulsador S1B energiza la bobina del contactor K1B, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca y marcha a la velocidad baja.

Conmutación a la velocidad más alta:

Cuando se acciona el pulsador S3B, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión al contactor K1M. Los contactos NA del pulsador S3B dan la orden de conexión del contactor estrella K5M y del contactor K3B. La orden de conexión del contactor estrella K5M es efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1B y la orden de conexión del contactor K3B cuando cierra el contacto NA del contactor K5M. Los contactos de autorretención de los contactores K5M y K3B cierran. El motor está conmutado a la velocidad más alta. La conmutación a la velocidad baja se efectúa en orden inverso.

Conmutación a sentido de giro a la lizquierda (velocidad alta):

Cuando se acciona el pulsador S4B, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión al contactor K3B. Un contacto NA del mismo pulsador da la orden de conexión del contactor K4B. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K3B. El motor gira a la izquierda a la velocidad más alta.

Conmutación a sentido de giro a la izquierda (velocidad baja):

La conmutación se efectúa accionando el pulsador S2B. Funcionamiento análogo a la velocidad alta.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todos los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

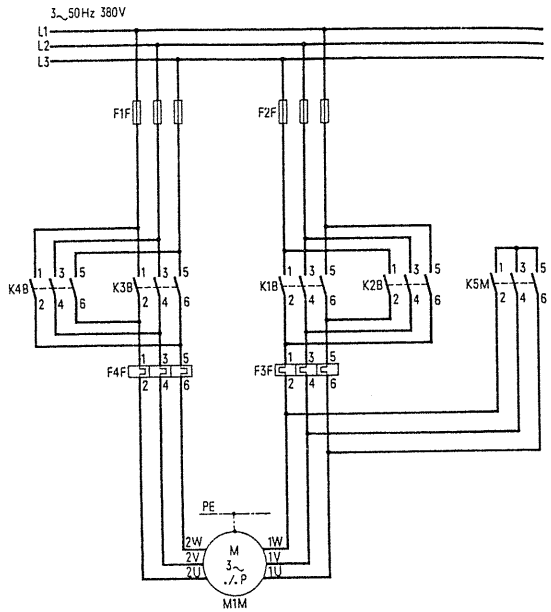
Accionamiento por interruptor de mando

Mediante la elección de la posición del interruptor S1Q, se energiza la bobina del contactor K1B para giro a la derecha a la velocidad baja, o la bobina del contactor K2B para giro a la izquierda, también a la velocidad baja. La orden de conexión es solamente efectiva cuando los contactos NC de los contactores K2B o bién K1B respectivamente se encuentran cerrados.

Cuando se conmuta a la velocidad más alta, se conecta el contactor estrella K5M, cuyo contacto NA acciona el contactor K3B para sentido de giro a la derecha o bien el contactor K4B para sentido de giro a la izquierda. La orden de conexión para el contactor estrella K5M se hace efectiva cuando los contactos NC de los contactores K1B o K2B hayan cerrado.

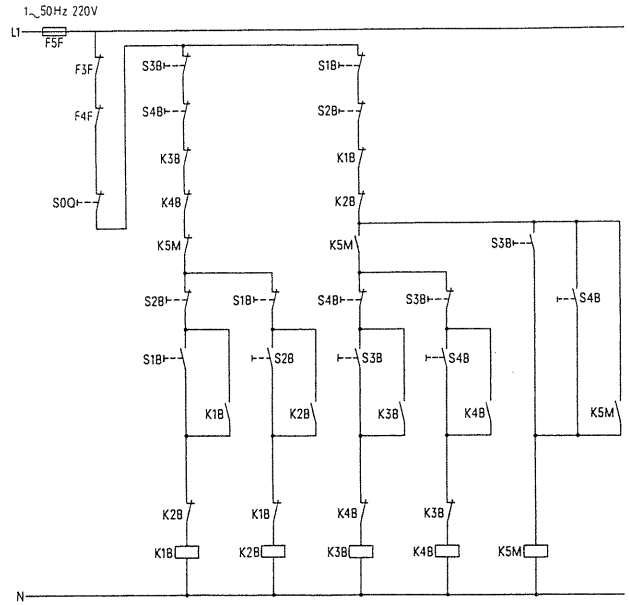
Nota:

Para la selección de los fusibles F1F y F2F, véase la nota correspondiente a la figura 8.18.



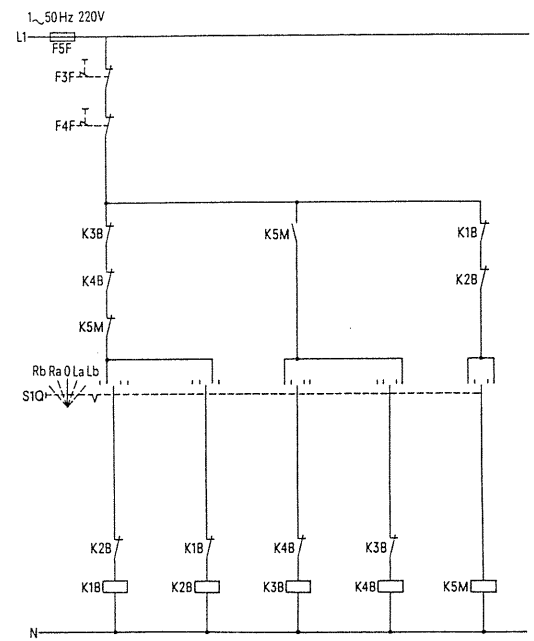
a) Circuito principal

Fig. 8.19
Diagramas de conexión para un motor trifásico de polos conmutables, con un devanado (conexión Dahlander), dos velocidades, dos sentidos de giro



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactores K1B, K2B, K3B, K4B: 1NA+2NC
Contactor K5M: 2NA+1NC
Pulsador S0Q: 1NC
Pulsadores S1B, S2B: 1NA+2NC c/u
Pulsadores S3B, S4B: 2NA+2NC c/u



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando
Contactores K1B, K2B, K3B, K4B: 2NC c/u
Contactor K5M: 1NA+1NC
Interruptor de mando S1Q: 5 contactos de conmutación con 5 posiciones

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, dos velocidades y un sentido de giro

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.20.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca, por ej., a la velocidad baja.

Conmutación:

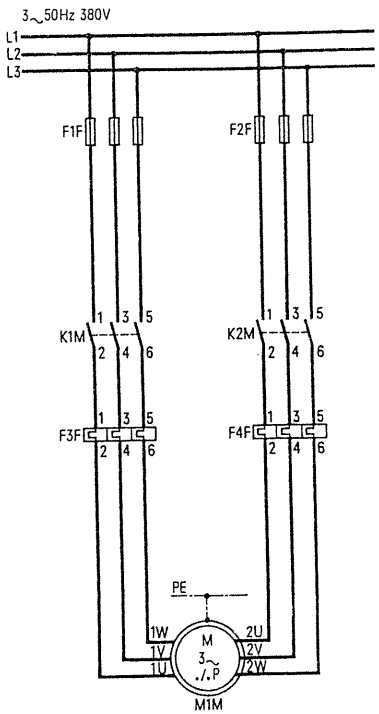
Cuando se acciona el pulsador S2Q, su contacto NC da la orden de desconexión al contactor K1M. El contacto NA del pulsador S2Q da la orden de conexión del contactor K2M. Esta orden se hace efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1M. El motor conmuta a la velocidad más alta.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todos los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

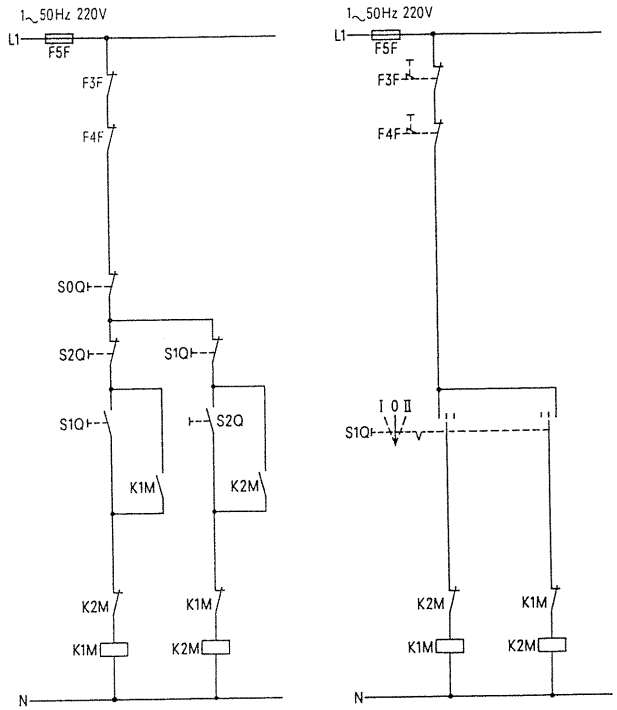
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta el contactor K1M o el contactor K2M.



a) Circuito principal

Fig. 8.20
Diagramas de conexión para un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, dos velocidades, un sentido de giro



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactores K1M, K2M: 1NA+1NC c/u
Pulsador S0Q: 1NC
Pulsadores S1Q, S2Q: 1NA+1NC c/u

b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:
Contactores K1M, K2M: 1NC c/u
Interruptor de mando S1Q:
2 contactos de conmutación con 3 posiciones

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, dos velocidades, dos sentidos de giro

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.21.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión, por ej., giro a la derecha:

El pulsador S1B energiza la bobina del contactor K1B, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca, por ej., a la velocidad baja.

Conmutación de la velocidad baja a la velocidad alta:

Cuando se acciona el pulsador S2B, uno de los contactos NC da la orden de desconexión al contactor K1B. El contacto NA del pulsador S2B da la orden de conexión del contactor K2B. Esta orden se hace efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1B. El contacto de autorretención de K2B cierra. El motor marcha a la velocidad más alta.

Conmutación del sentido de giro de derecha a izquierda, por ej., a la velocidad más baja:

Cuando se acciona el pulsador S3B, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión al contactor K1B. El contacto NA del pulsador S3B da la orden de conexión del contactor K3B. Esta orden se hace efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1B. El contacto de autorretención del contactor K3B cierra. El motor frena y a continuación gira a la izquierda.

Conmutación del sentido de giro de derecha a izquierda, con conmutación simultánea de la velocidad baja a la alta:

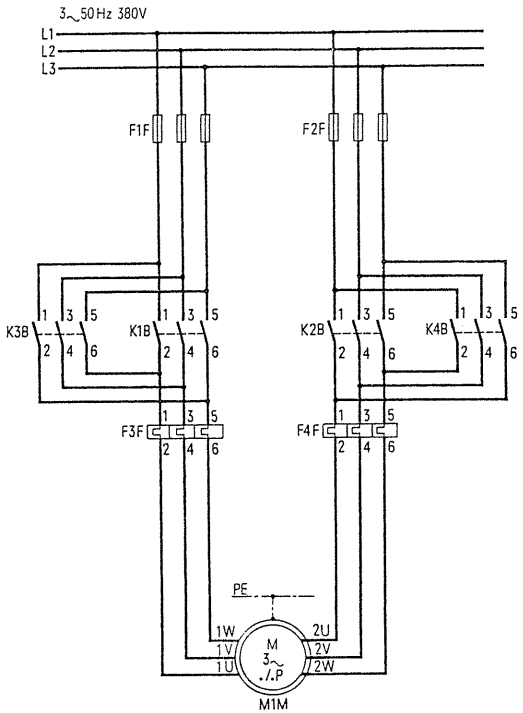
Esta conmutación se efectúa accionando el pulsador S4B. Su funcionamiento es análogo al de la conmutación anteriormente descrita.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todos las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

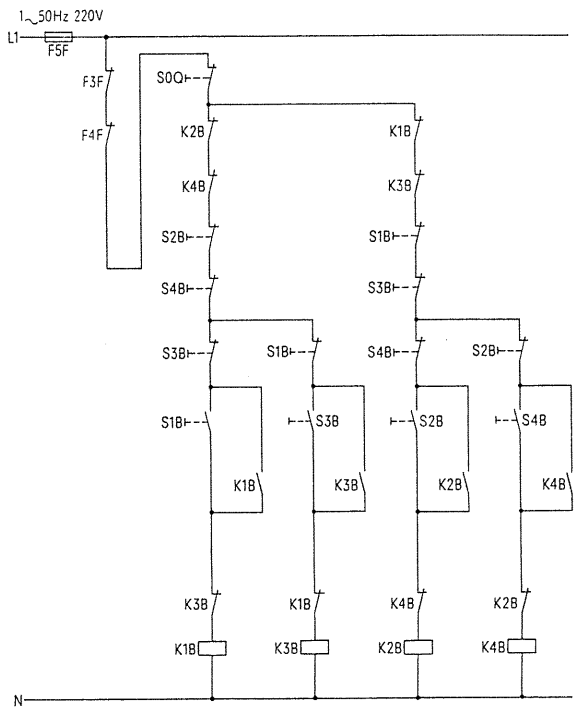
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1B, K2B, K3B o K4B. El funcionamiento de esta conexión es semejante al del accionamiento por pulsadores.



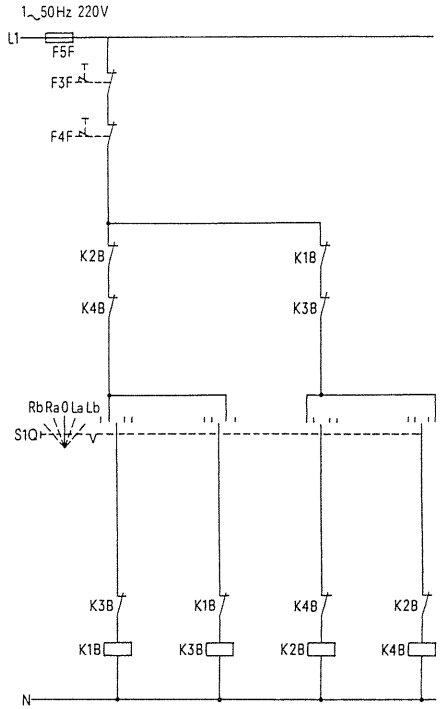
a) Circuito principal

Fig. 8.21
Diagramas de conexión de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, dos velocidades y dos sentidos de giro



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactores K1B, K2B, K3B, K4B:
1NA+2NC c/u
Pulsadores S1B, S2B, S3B, S4B:
1NA+2NC c/u
Pulsador S0Q: 1NC



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:
Contactores K1B, K2B, K3B, K4B:
2NC c/u
Interruptor de mando S1Q:
4 contactos de conmutación con 5 posiciones

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, un sentido de giro (un devanado en conexión Dahlander y un devanado separado para la velocidad baja)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.22.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca a la velocidad baja.

Conmutación:

Cuando se acciona el pulsador S2Q, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión al contactor K1M. El contacto NA del pulsador S2Q da la orden de conexión del contactor K2M. Esta orden se hace efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1M. El contacto de autorretención del contactor K2M cierra. El motor conmuta a la velocidad intermedia.

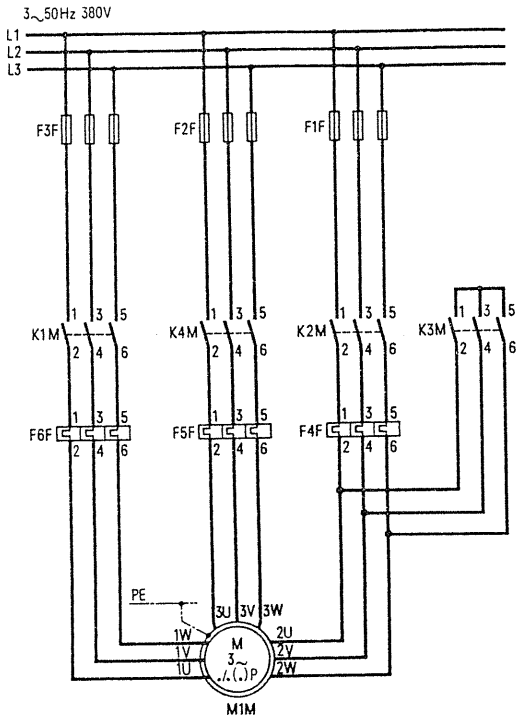
El pulsador S3Q, al ser accionado, da la orden de conexión del contactor K3M. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K2M. El contacto de autorretención del contactor K3M cierra y la bobina del contactor K4M es energizada por un contacto NA del contactor K3M. El motor conmuta a la velocidad más alta.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

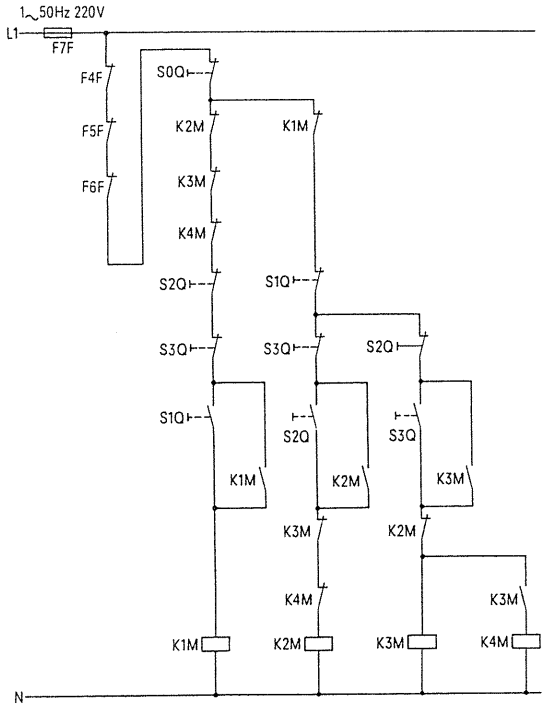
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1M, K2M, K3M y K4M. El funcionamiento de esta conexión es semejante al del accionamiento por pulsadores.



a) Circuito principal

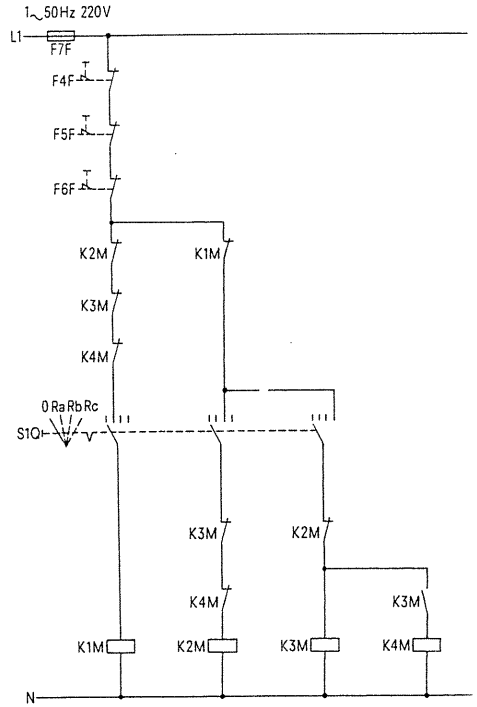
Fig. 8.22
Diagramas de conexión de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, un sentido de giro (un devanado en conexión Dahlander, un devanado separado para la velocidad más baja)



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1M:	1NA+1NC
Contactor K2M:	1NA+2NC
Contactor K3M:	2NA+2NC
Contactor K4M:	2NC
Pulsadores S2Q, S4Q:	1NA+2NC
Pulsador S1Q:	1NA+1NC



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:

Contactor K1M:	1NC
Contactores K2M, K4M:	2NC c/u
Contactor K3M:	1NA+2NC

Interruptor de mando S1Q:
3 contactos de conmutación con 4 posiciones

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, un sentido de giro (un devanado en conexión Dahlander y un devanado separado para la velocidad intermedia)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.23.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca a la velocidad más baja.

Conmutación:

Cuando se acciona el pulsador S2Q, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión al contactor K2M. El contacto NA del pulsador S2Q da la orden de conexión del contactor K2M. Esta orden se hace efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1M. El contacto de autorretención del contactor K2M cierra, el motor conmuta a la velocidad intermedia.

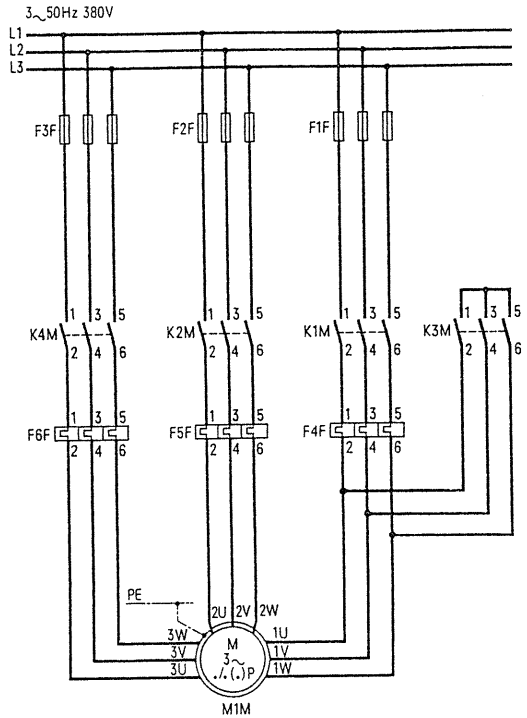
El pulsador S3Q, al ser accionado, da la orden de conexión del contactor K3M. La orden es efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K2M. El contacto de autorretención del contactor K3M cierra y la bobina del contactor K4M es energizada por un contacto NA del contactor K3M. El motor conmuta a la velocidad más alta.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

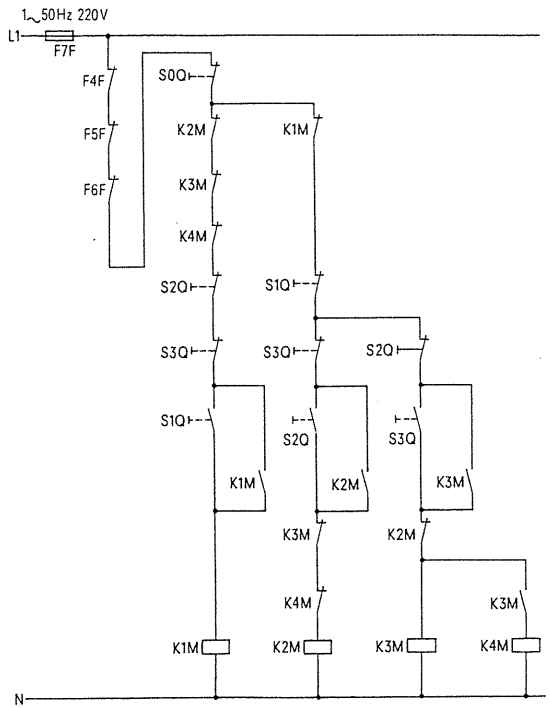
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1M, K2M, K3M y K4M. Esta conexión funciona en forma semejante a la conexión con accionamiento por pulsadores.



a) Circuito principal

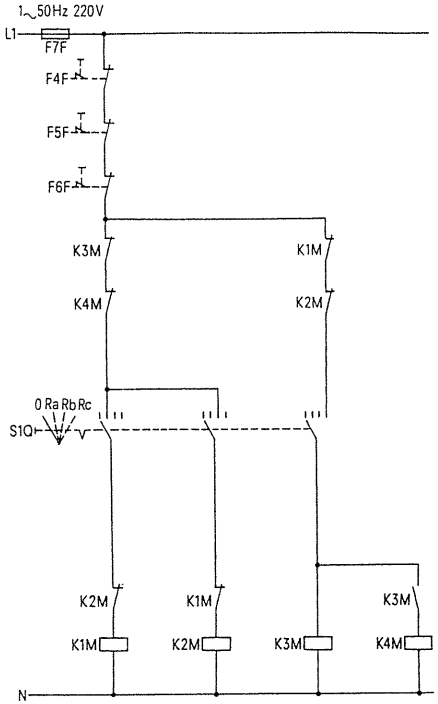
Fig. 8.23
Diagramas de conexión para un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, un sentido de giro (un devanado en conexión Dahlander, un devanado separado para la velocidad intermedia)



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1M:	1NA+1NC
Contactor K2M:	1NA+2NC
Contactor K3M:	2NA+2NC
Contactor K4M:	2NC
Pulsador S0Q:	1NC
Pulsador S1Q:	1NA+1NC
Pulsadores S2Q, S3Q:	1NA+2NC



b2) Circuito auxiliar para accionamiento con interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento con interruptor de mando:

Contactores K1M, K2M:	2NC c/u
Contactor K3M:	1NA+1NC
Contactor K4M:	1NC

Interruptor de mando S1Q:
3 contactos de conmutación con 4 posiciones

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, un sentido de giro (un devanado en conexión Dahlander y un devanado separado para la velocidad más alta)

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca a la velocidad más baja.

Conmutación:

Cuando se acciona el pulsador S3Q, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión al contactor K1M. El contacto NA del pulsador S3Q da la orden de conexion del contactor K2M. Esta orden se hace efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1M. El contacto de autorretención del contactor K2M cierra y la bobina del contactor K4M es energizada por un contacto NA del contactor K2M. El contactor de la red K4M conecta y el motor marcha a la velocidad intermedia.

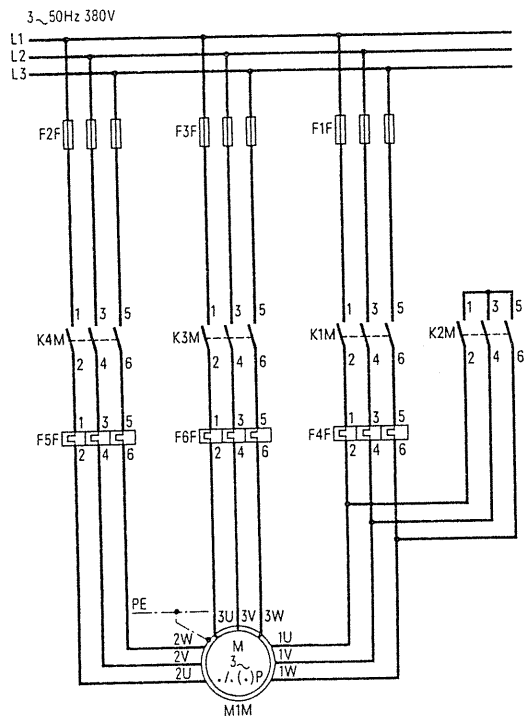
Con el pulsador S4Q so conecta el contactor K3M. En lo que respecta a los enclavamientos vale, en analogia, lo dicho para el contactor K2M. El motor marcha a la velocidad más alta.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

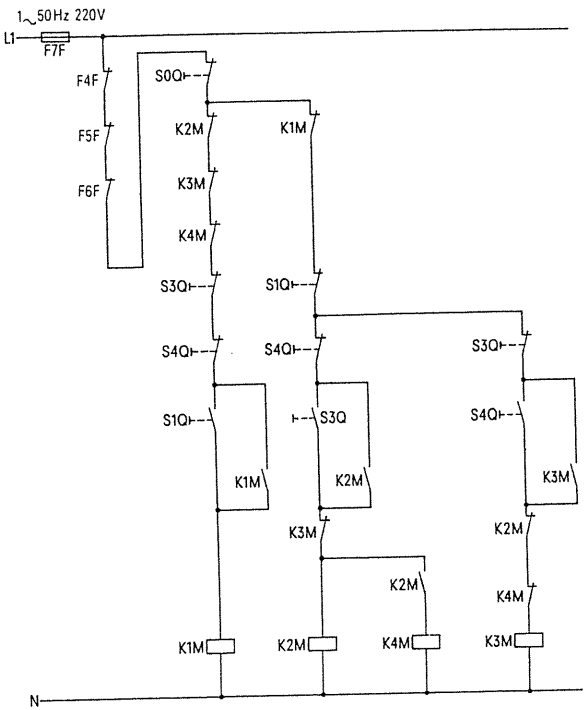
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores K1M, K2M, K3M y K4M. Esta conexión funciona en forma semejante a la conexión con accionamiento por pulsadores.



a) Circuito principal

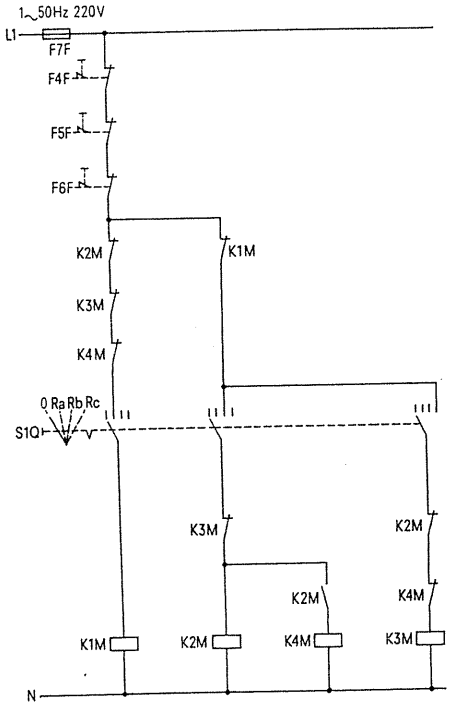
Fig. 8.24
Diagramas de conexión para un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, un sentido de giro
(un devanado en conexión Dahlander, un devanado separado para la velocidad más alta)



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1M:	1NA+1NC
Contactor K2M:	1NA+2NC
Contactor K3M:	2NA+2NC
Contactor K4M:	2NC
Pulsador S0Q:	1NC
Pulsador S1Q:	1NA+1NC
Pulsadores S3Q, S4Q:	1NA+2NC c/u



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando:

Contactor K1M:	1NC
Contactor K2M:	1NA+2NC
Contactores K3M, K4M:	2NC c/u
Interruptor de mando S1Q:	
3 contactos de conmutación con 4 posiciones	

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con dos debanados separados, tres velocidades, dos sentidos de giro (un devanado en conexión Dahlander y un devanado separado para la velocidad más baja)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.25.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión, por ej., con sentido de giro a la derecha, a la velocidad más baja:

El pulsador S13B energiza la bobina del contactor K1B y da la orden de conexión del contactor K3B. Esta orden de conexión es efectiva cuando cierra el contacto NA del contactor K1B. Los contactos de autorretención de los contactores K1B y K3B cierran. El motor arranca con sentido de giro a la derecha, a la velocidad más baja.

Conmutación, por ej., con sentido de giro a la izquierda, a la velocidad intermedia:

El pulsador S24B energiza la bobina del contactor auxiliar K24A. Contactos NC de K24A dan la orden de desconexión a los contactores K1B y K3B. Contactos NA de K24A dan la orden de conexión de los contacaores K2B y K4B. La orden de conexión del contactor K2B es efectiva cuando cierra el contacto NC del contactor K1B. La del contactor K4B cuando cierra el contacto NA de K2B. El motor marcha a la velocidad intermedia y gira a la izquierda.

Otras conexiones o conmutaciones en analogía. Vease tabla 8.12.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

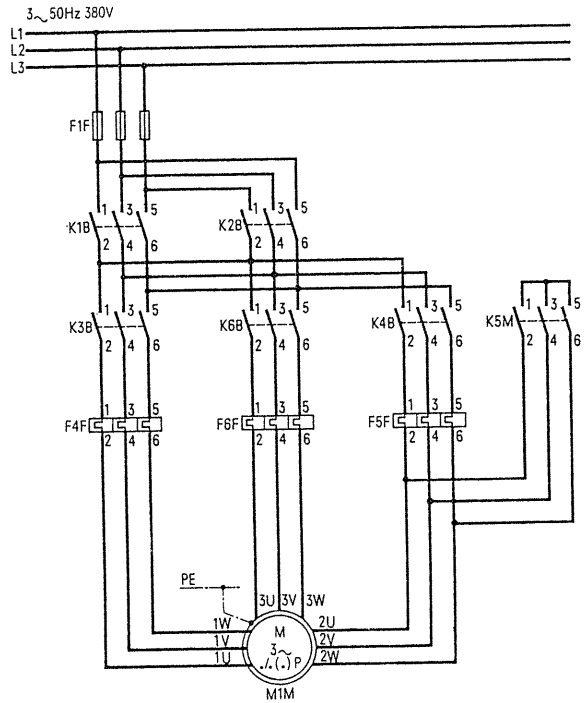
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores para que el motor gire a la derecha o a la izquierda, a la velocidad deseada.

Tabla 8.12
Accionamiento por pulsadores y ordenes a los contactores de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, dos sentidos de giro

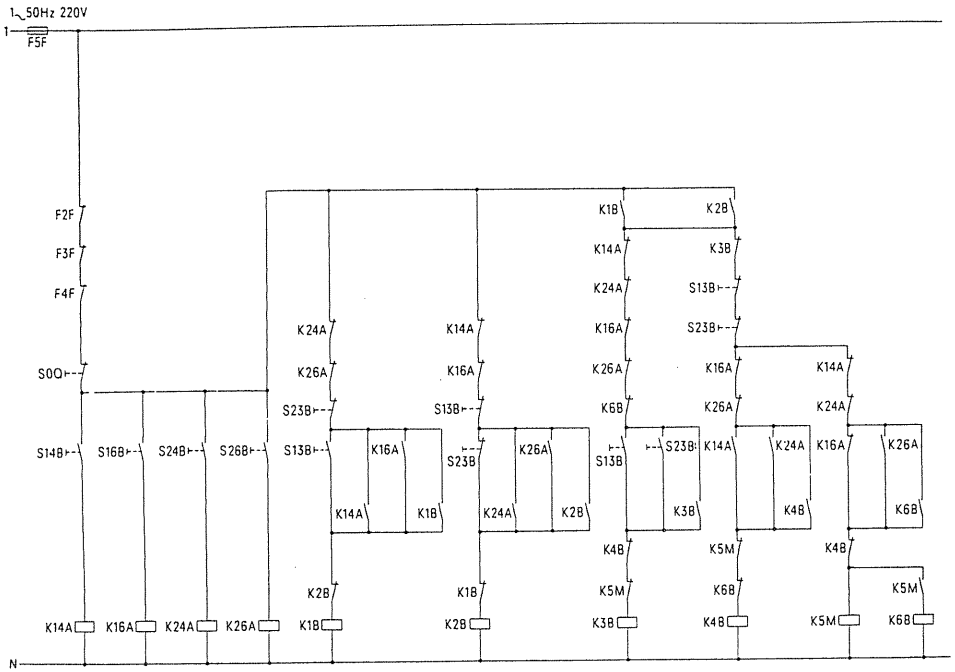
Arranque del motor	Accionando el pulsador	Orden de conexión para los contactores	Orden de desconexión para los contactores
Velocidad baja, sentido de giro hacia la derecha	S13B	K1B, K3B	K2B, K4B, K5M, K6B
Velocidad intermedia, sentido de giro hacia la derecha	S14B (K14A)	K1B, K4B	K2B, K3B, K5M, K6B
Velocidad alta, sentido de giro hacia la derecha	S16B (K16A)	K1B, K5M, K6B	K2B, K3B, K4B
Velocidad baja, sentido de giro hacia la izquierda	S23B	K2B, K3B	K1B, K4B, K5M, K6B
Velocidad intermedia, sentido de giro hacia la izquierda	S24B (K24A)	K2B, K4B	K1B, K3B, K5M, K6B
Velocidad alta, sentido de giro hacia la izquierda	S26B (K26A)	K2B, K5M, K6B	K1B, K3B, K4B

[1]) Entre paréntesis los contactores auxiliares para multiplicación de contactos



a) Circuito principal

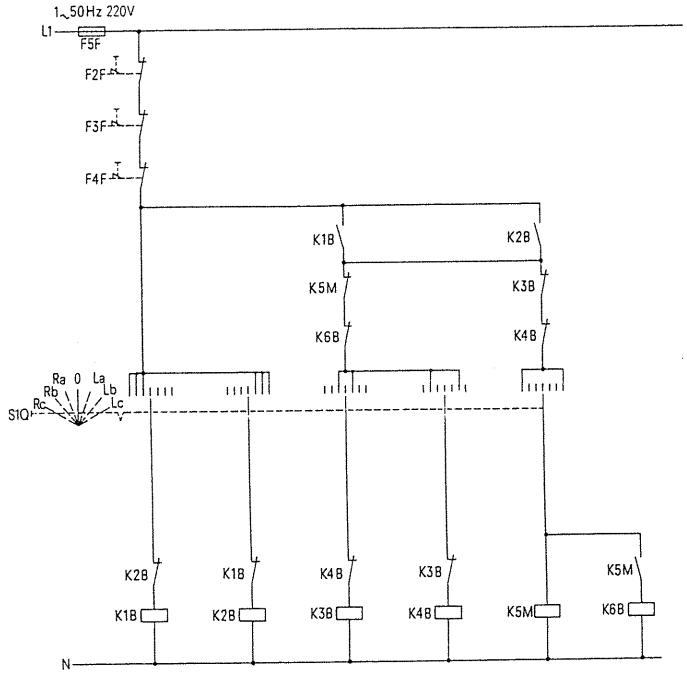
Fig. 8.25
Diagramas de conexión para un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, tres velocidades, dos sentidos de giro



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactores K1B, K2B:	2NA+1NC c/u
Contactor K3B:	1NA+1NC
Contactores K4B, K5M, K6B:	1NA+2NC c/u
Contactores auxiliares	
K14A, K16A, K24A, K26A:	2NA+3NC c/u
Pulsador S0Q:	1NC
Pulsadores S13G, S23B	2NA+2NC c/u
Pulsadores S14B, S16B, S24B, S26B:	1NA c/u



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactores K1B, K2B, K5M:	1Na+1NC c/u
Contactores KeB, K4B:	2NC c/u
Contactor K6B:	1NC

Interruptor de mando (selector):
5 contactos de conmutación con 7 posiciones

Mando de un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, cuatro velocidades, un sentido de giro (ambos devanados en conexión Dahlander)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.26.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca, a la velocidad 1.

Conmutación:

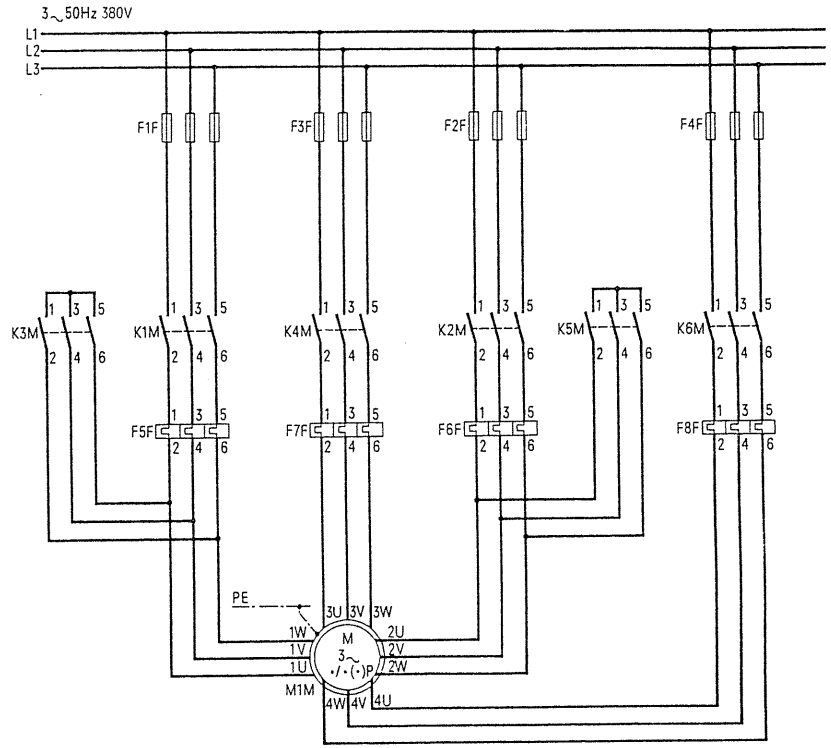
Cuando se acciona el pulsador S2Q, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión al contactor K1M. El contacto NA del pulsador S2Q da la orden de conexión del contactor K2M. La orden de conexión es efectiva cuando el contacto NC del contactor K1M cierra. El contacto de autorretención del contactor K2M cierra. El motor marcha a la velocidad 2.

Cuando se acciona el pulsador S4Q, uno de sus contactos NC da la orden de desconexión a los contactores K1M o K2M, dependiendo cual de ellos se encontraba conectado. El contacto NA del pulsador S4Q da la orden de conexión del contactor K3M. La orden es efectiva cuando los contactos NC de los contactores K1M, K2M, K5M y K6M están cerrados. El contacto de autorretención del contactor K3M cierra. El contactor de la red K4M recibe de un contacto NA del contactor K3M la orden de conectar. El motor marcha a la velocidad 3.

Cuando se acciona el pulsador S6Q, se conectan los contactores K5M y K6M. Enclavamientos análogos como para la conexión de los contactores K3M y K4M. El motor marcha a la velocidad 4.

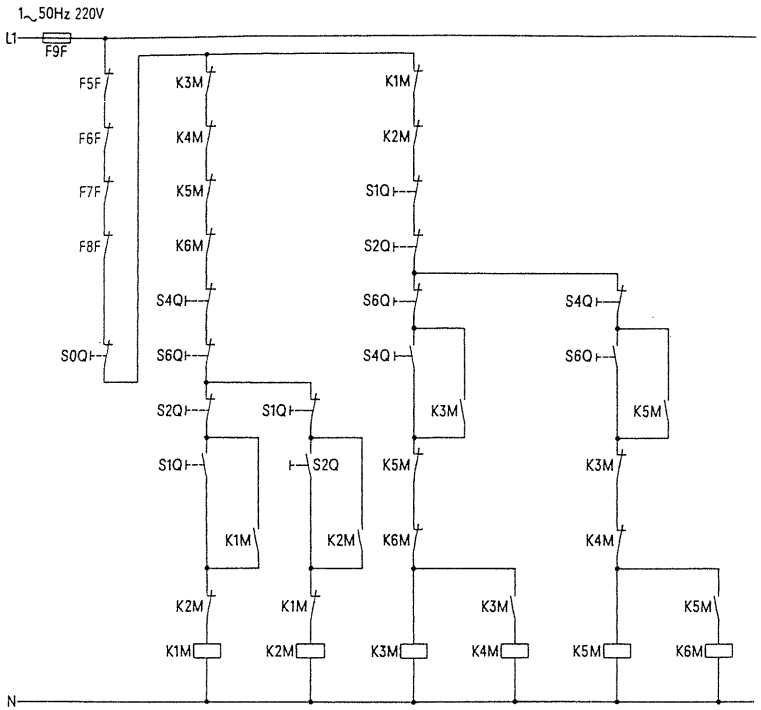
Accionamiento por interruptor de mando

El interruptor S1Q, dependiendo de su posición, conecta, desconecta o conmuta los contactores para que el motor marche a la velocidad deseada.



a) Circuito principal

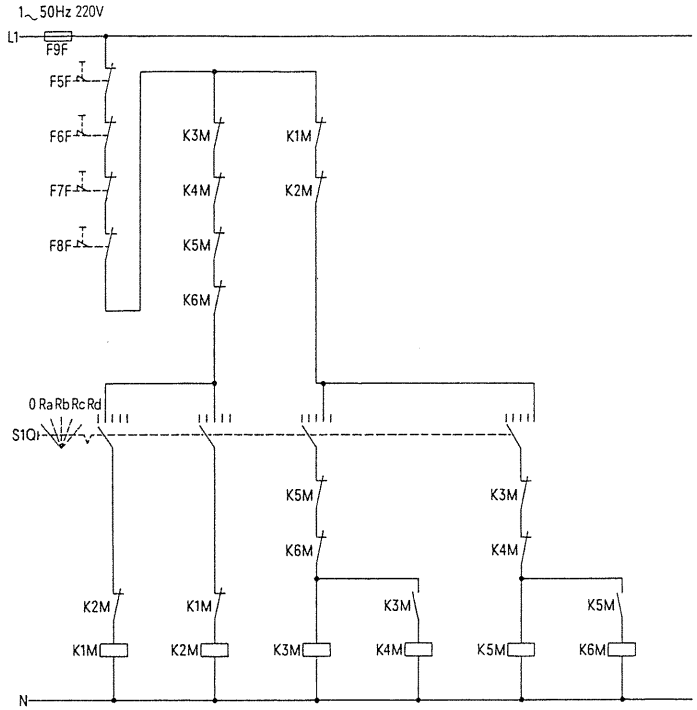
Fig. 8.26
Diagramas de conexión para un motor trifásico de polos conmutables, con dos devanados separados, cuatro velocidades, un sentido de giro



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactores K1M, K2M:	1 NA + 2 NC c/u
Contactores K3M, K5M:	2 NA + 2 NC c/u
Contactores K4M, K6M:	2 NC c/u
Pulsador S0Q:	1 NC
Pulsadores S1Q, S2Q, S4Q, S6Q:	1 NA + 2 NC c/u



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactores K1M, K2M, K4M, K6M:	2 NC c/u
Contactores K3M, K5M	1 NA + 2 NC c/u

Interruptor de mando (selector):
4 contactos de conmutación con 5 posiciones

8.3 Arranque de motores trifásicos a tensión reducida

Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos, conexión con tres contactores (contactor de la red, contactor estrella y contactor triángulo)

Las combinaciones de contactores para el arranque estrella-triángulo de motores trifásicos pueden, en casos desfavorables, por ej., cuando sacudidas fuertes afectan los contactos de los relés de tiempo para la conmutación, provocar cortocircuitos durante la conmutación de estrella a triángulo.

Para evitar los efectos de estas influencias dañinas pueden tomarse las siguientes medidas:

- ▷ Utilización de una conexión de eficiencia comprobada para el enclavamiento entre los tres contactores (El retardo para la conmutación lo realiza un relé de tiempo normal), por ej., los diagramas de los circuitos auxiliares mostrados en las figuras 8.27 b1 y b2.
- ▷ Utilización de un relé de tiempo especial para la conmutación de estrella a triángulo, como se muestra en las figuras 8.27 c1 y c2.

Funcionamiento cuando se emplea un relé de tiempo normal para la conmutación de estrella a triángulo (figuras 8.27 b1 y b2)

Condición previa:

En ninguno de los contactores debe existir una simultaneidad de contacto entre los contactos NA y NC (contactos de cierre y de apertura)

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1A energiza la bobina del contactor estrella K2M y activa el relé de tiempo K4A. Un contacto NA de K2M conecta el contactor de la red K1M. Los contactos de autorretención de los contactores K2M y K1M cierran. El motor arranca en conexión estrella.

Conmutación:

Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado, el contacto NC de K4A abre y desconecta el contactor estrella K2M. Al cerrar el contacto NC del contactor estrella K2M se conecta el contactor triángulo K3M, ya que el contactor de la red estaba previamente conectado. El motor marcha ahora en conexión triángulo.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0A se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

Los contactos que no han sido mencionados realizan los enclavamientos entre los contactores estrella y triángulo.

Accionamiento por interruptor de mando

Con el interruptor S1A se conectan, conmutan y desconectan los contactores de igual forma como en el caso de accionamiento por pulsadores.

Funcionamiento cuando se emplea un relé de tiempo especial, con pausa en la conmutación de estrella a triángulo (figuras 8.27 c1 y c2):

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1A activa el relé de tiempo K4A y energiza la bobina del contactor estrella K2M a través del contacto NA 17/18 de actuación instantánea del relé de tiempo K4A. Un contacto NA del contactor K2M conecta al contactor de la red K1M. Los dos contactos de autorretención de K1M cierran. El motor arranca en conexión estrella.

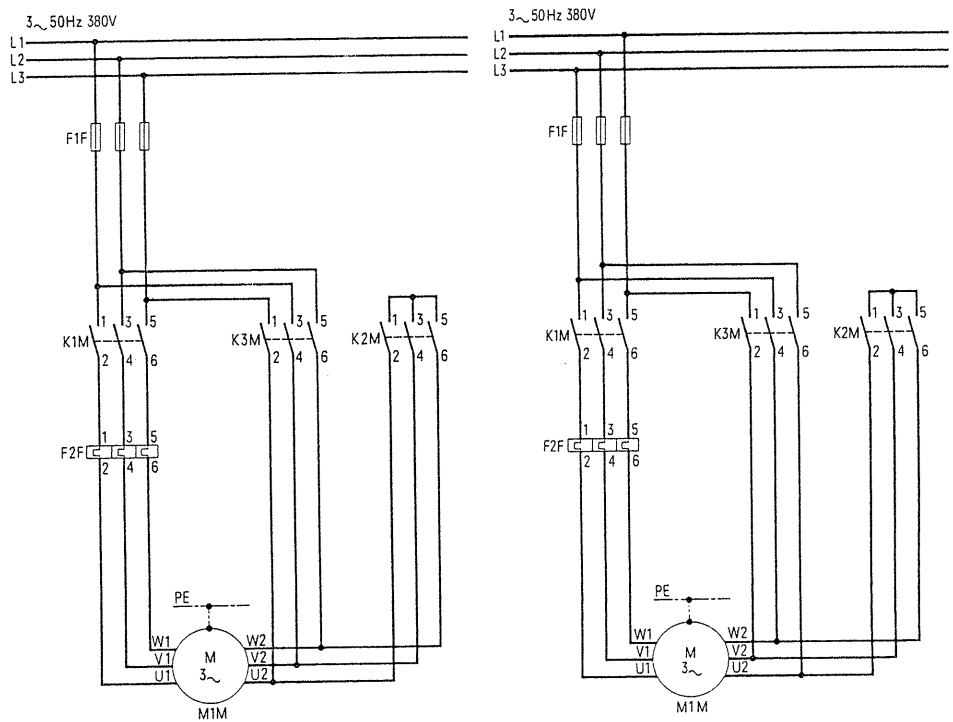
Conmutación:

Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado t_1, abre el contacto NA 17/18 del relé de tiempo K4A, el cual desconecta el contactor estrella K2M, cuyos contactos NC cierran. Después de transcurrir el tiempo de retardo $t_1 + t_2$ cierra el contacto NA 17/28 de K4A, el cual conecta el contactor triángulo K3M, ya que el contacto NA del contactor de la red K1M estaba previamente cerrado. El motor marcha ahora en conexión triángulo.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0A se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

Los contactos que no han sido mencionados realizan los enclavamientos entre los contactores estrella y triángulo.



a 1) Circuito principal para sentido de giro hacia la derecha

a 2) Circuito principal para sentido de giro hacia la izquierda

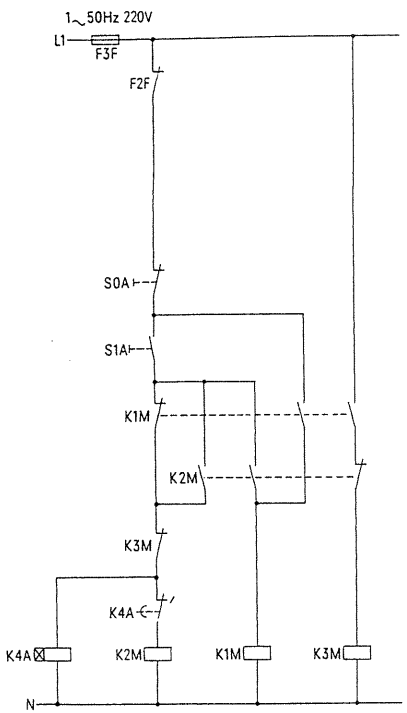
Fig. 8.27
Diagramas de conexión para el arranque estrella-triángulo de motores trifásicos, con contactor estrella, contactor triángulo y contactor de la red (véase el capítulo 3.2.2.1, parrafo conexión estrella-triángulo)

Accionamiento por interruptores de mando

Con el interruptor S1A se conectan, conmutan y desconectan los contactores de igual forma como en el caso de accionamiento por pulsadores.

Elección de los contactores

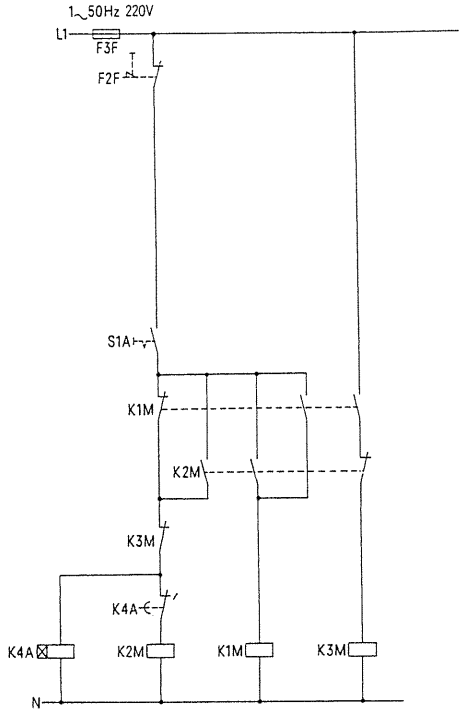
El contactor estrella se elige para el 33% y los contactores triángulo y de la red para el 58% de la potencia del motor.



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores y relé de tiempo normal para el retardo de conmutación

Contactos auxiliares necesarios para el accionamiento por pulsadores y relé de tiempo normal para el retardo de conmutación:

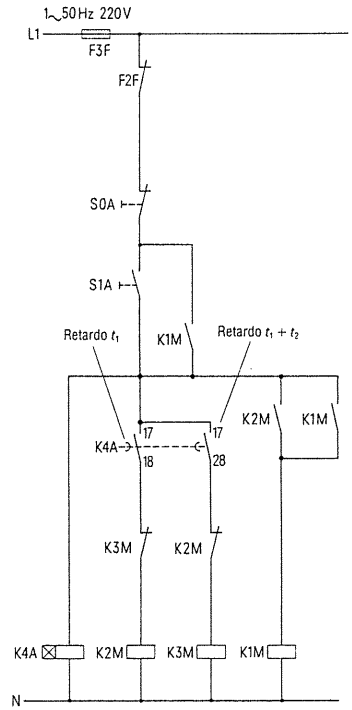
Contactores K1M, K2M:	2NA+1NC c/u
Contactor K3M:	1NC
Pulsador S0A:	1NC
Pulsador S1A:	1NA
Relé de tiempo K4A:	1NC, con retardo



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector) y relé de tiempo normal para el retardo de conmutación

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector) y relé de tiempo normal para el retardo de conmutación:

Contactores K1M, K2M:	2NA+1NC c/u
Contactor K3M:	1NC
Interruptor de mando (selector) S1A:	1NA
Relé de tiempo K4A:	1NC, con retardo

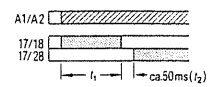


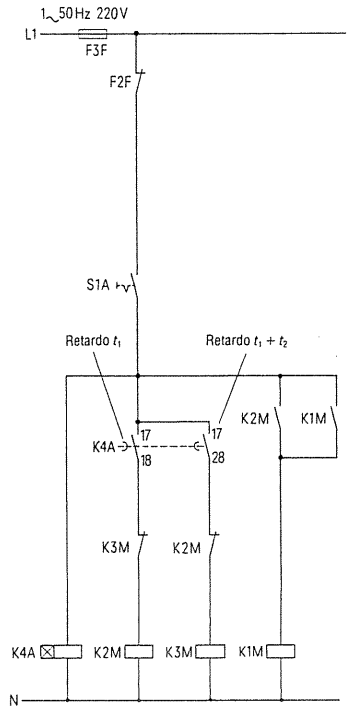
c1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores y relé de tiempo estrella-triángulo para el retardo de conmutación

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores y relé estrella-triángulo para el retardo de conmutación:

Contactor K1M:	2NA
Contactor K2M:	1NA+1NC
Contactor K3M:	1NC
Pulsador S0A:	1NC
Pulsador S1A:	1NA
Relé de tiempo K4A:	2NA

Programa de conmutación del relé de tiempo estrella-triángulo





2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector) y relé estrella-triángulo para el retardo de conmutación

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector) y relé de tiempo estrella-triángulo para el retardo de conmutación:

Contactor K1M:	1NA
Contactor K2M:	1NA+1NC
Contactor K3M:	1NC
Interruptor de mando S1A:	1NC
Relé de tiempo K4A:	2NA

Relé de tiempo excitado
Contacto cerrado
Contacto abierto

Arranque estrella triángulo de motores trifásicos, conexión con dos contactores (contactor estrella y contactor triángulo)

Los diagramas de conexión, con relé de tiempo con pausa en la conmutación de estrella a triángulo, se muestran en la figura 8.28

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1A activa el relé de tiempo K3A y energiza la bobina del contactor auxiliar K4A a través del contacto NA 17/18 de actuación instantánea del relé de tiempo K3A. El contacto de autorretención de K4A cierra y conecta el contactor estrella K1M. El motor arranca en conexión estrella.

Conmutación:

Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado t_1, abre el contacto NA 17/18 del rele de tiempo K3A y desconecta el contactor estrella K1M, cuyos contactos NC cierran. Después de transcurrir el tiempo de retardo $t_1 + t_2$ cierra el contacto NA 17/28 de K3A, el cual conecta el contactor triángulo K2M, ya que el contacto NA del contactor auxiliar estaba previamente cerrado. El motor marcha ahora en conexión triángulo.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0A se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

Los contactos que no han sido mencionados realizan los enclavamientos entre el contactor triángulo y el contactor estrella.

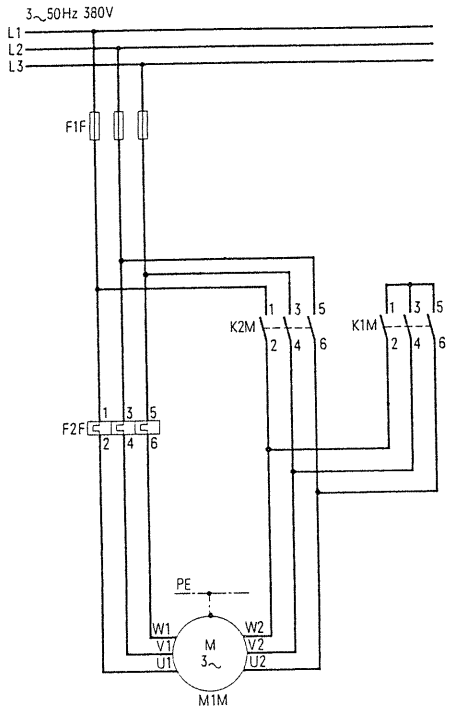
Accionamiento por interruptor de mando

Conexión:

El interruptor S1A conecta el contactor estrella K1M y el relé de tiempo K3A, el motor arranca en conexión estrella. Conmutación y desconexión como para el accionamiento por pulsadores.

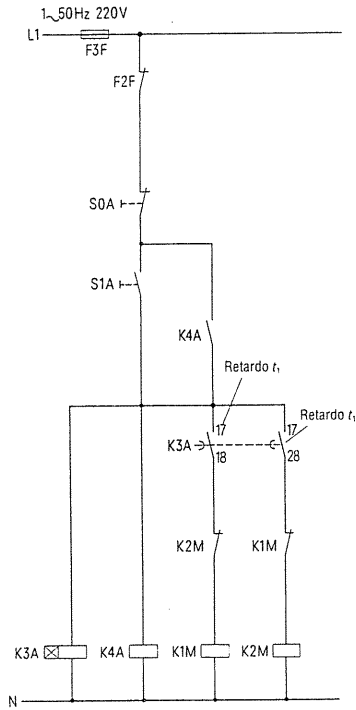
Elección de los contactores

El contactor estrella se elige para el 33% y el contactor triángulo para el 58% de la potencia del motor.



a) Circuito principal

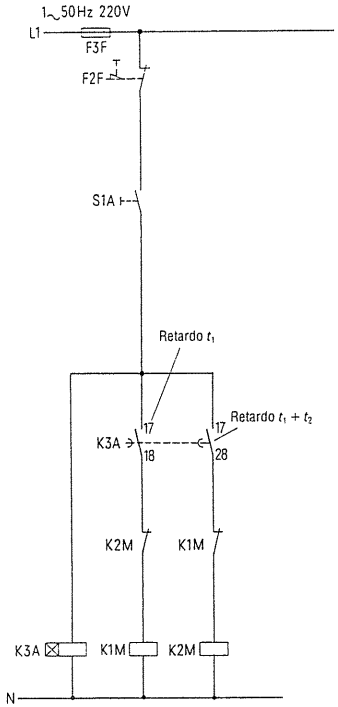
Fig. 8.28
Diagramas de conexión para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico, con contactor estrella y contactor triángulo



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactores K1M, K2M:	1 NC c/u
Contactor auxiliar K4A:	1 NA
Pulsador S0A:	1 NC
Pulsador S1A:	1 NA
Relé de tiempo K3A:	2 NA

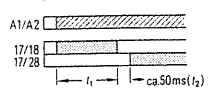


b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactores K1M, K2M:	1 NC c/u
Interruptor de mando S1A:	1 NA
Relé de tiempo K3A:	2 NA

Programa de conmutación del relé de tiempo estrella-triángulo



Relé de tiempo excitado
Contacto cerrado
Contacto abierto

Arranque estrella-triángulo de motores trifásicos, con dos sentidos de giro

Los diagramas de conexión, con relé de tiempo con pausa en la conmutación de estrella a triángulo, se muestran en la figura 8.29.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión (sentido de giro a la derecha):

El pulsador S1A activa el relé de tiempo estrella-triángulo K5A, cuyo contacto NA 17/18 de actuación instantánea conecta el contactor estrella K4M. El contacto NA de K4M conecta el contactor de la red K1M y los contactos de autorretención de los contactores K1M y K4M cierran. Los contactos NC de S1A y K1M evitan que el contactor de la red para giro a la izquierda K2M pueda ser conectado. El motor arranca en conexión estrella, con sentido de giro a la derecha.

Conmutación:

Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado t_1, abre el contacto NA 17/18 del relé de tiempo K5A y desconecta el contactor estrella K4M, cuyos contactos NC cierran. Después de transcurrir el tiempo de retardo $t_1 + t_2$ cierra el contacto NA 17/28 de K5A, el cual conecta el contactor triángulo K3M, ya que el contacto NA del contactor de la red K1M estaba previamente cerrado. El motor marcha ahora en la conexión triángulo.

Conexión (sentido de giro a la izquierda):

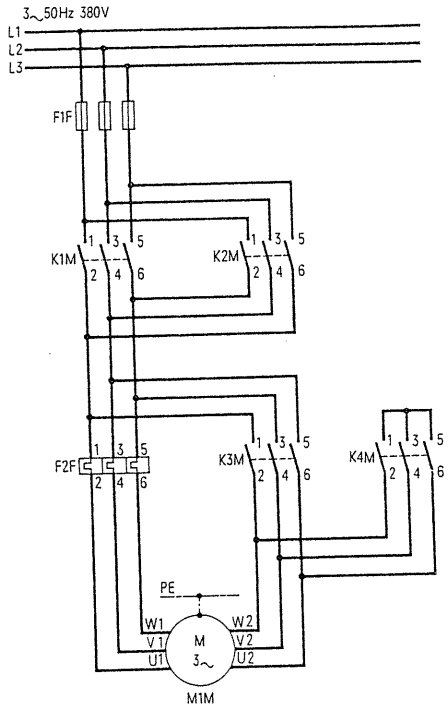
El pulsador S2A activa el relé de tiempo estrella-triángulo K5A, cuyo contacto NA 17/18 de acción instantánea conecta el contactor estrella K4M. El contacto NA de K4M conecta el contactor de la red K2M y los contactos de autorretención de los contactores K2M y K4M cierran. Los contactos NC de S2A y K2A evitan que el contactor de la red para giro a la derecha K1M pueda ser conectado. El motor arranca en conexión estrella, con sentido de giro a la izquierda.

Conmutación:

La conmutación a la conexión triángulo en analogía a la conexión para sentido de giro a la derecha.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0A, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.



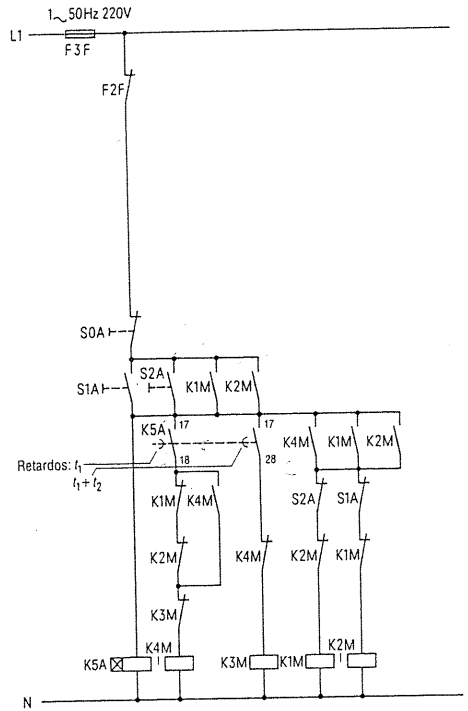
a) Circuito principal

Fig. 8.29
Diagramas de conexión para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico, con dos sentidos de giro

Los contactos que no han sido mencionados realizan los enclavamientos entre el contactor estrella y los contactores triángulo.

Accionamiento por interruptor de mando

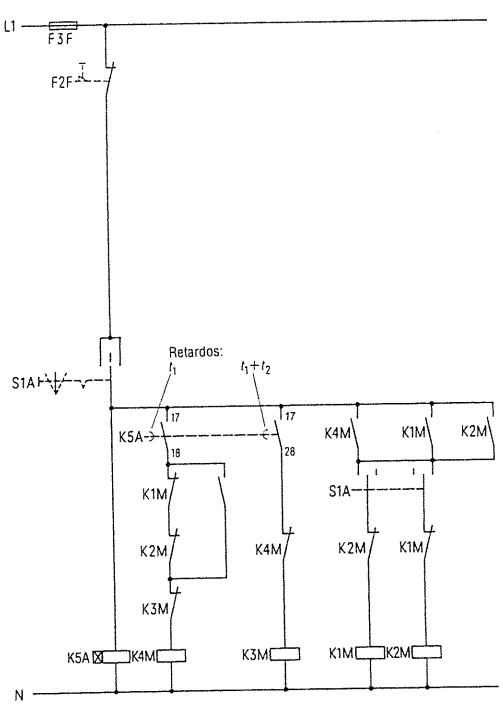
Con el interruptor S1A se conectan los contactores de igual forma como para el accionamiento por pulsadores, para que el motor arranque con sentido de giro a la derecha o a la izquierda o para desconectarlo.



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactores K1M, K2M:	2NA+2NC c/u
Contactor K3M:	1NC
Contactor K4M:	2NA+1NC
Relé de tiempo K5A:	2NA
Pulsador S0A:	1NC
Pulsadores S1A, S2A:	1NA+1NC c/u



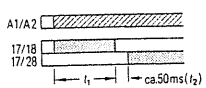
b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactores K1M, K2M:	1NA+2NC c/u
Contactor K3M:	1NC
Contactor K4M:	2NA+1NC
Relé de tiempo K5A:	2NA

Interruptor de mando S1A:
1 contacto de conmutación con 3 posiciones

Programa de conmutación del relé de tiempo estrella-triángulo



Relé de tiempo excitado
Contacto cerrado
Contacto abierto

Arranque estrella triángulo de motores trifásicos con compensación de energía reactiva (condensador independiente del devanado del motor)

Los diagramas de conexión, con relé de tiempo con pausa en la conmutación de estrella a triángulo, se muestran en la figura 8.30.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1A activa el relé de tiempo estrella-triángulo K5A, cuyo contacto NA 17/18 de acción instantánea conecta el contactor estrella K2M. El contacto NA de K2M conecta el contactor de la red K1M y el contactor de compensación K4M. Los contactos de autorretención de los contactores K1M y K2M cierran y el motor arranca en conexión estrella.

Conmutación:

Despues de transcurrir el tiempo de retardo ajustado t_1, abre el contacto NA 17/18 del relé de tiempo K5A y desconecta el contactor estrella K2M. Los contactos NC del contactor estrella K2M cierran. Después de transcurrir el tiempo de retardo $t_1 + t_2$ cierra el contacto NA 17/28 de K5A, el cual conecta el contactor triángulo K3M, ya que el contacto NA del contactor de la red estaba previamente cerrado. El motor marcha ahora en la conexión triángulo.

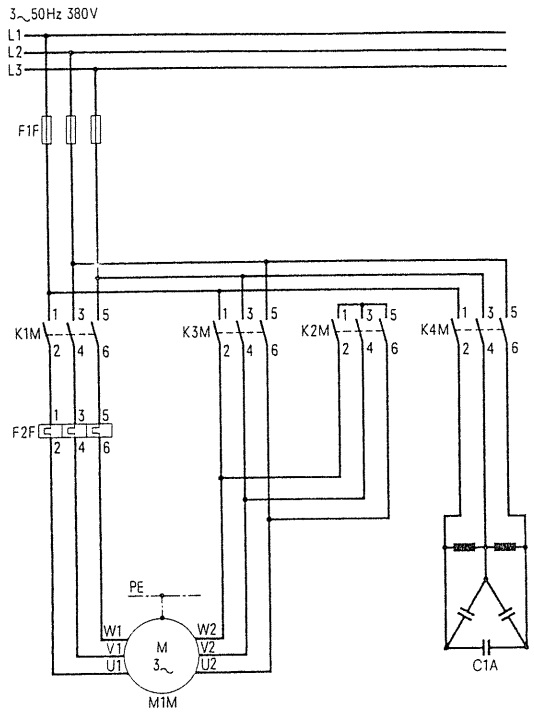
Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0A se abre el circuito de alimentación de las bobinas de todos los contactores. El motor se detiene y el condensador se desconecta.

Los contactos que no han sido mencionados realizan los enclavamientos entre el contactor triángulo y el contactor estrella.

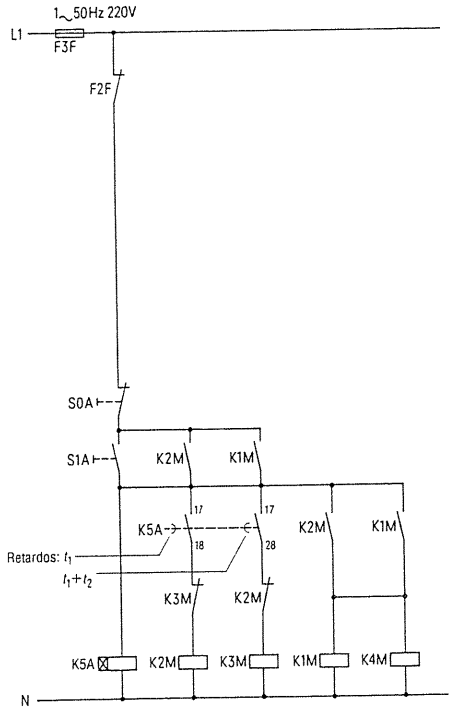
Accionamiento por interruptor de mando

Con el interruptor S1A, dependiendo de su posición, conecta, desconecta y conmuta los contactores como en el accionamiento por pulsadores.



a) Circuito principal

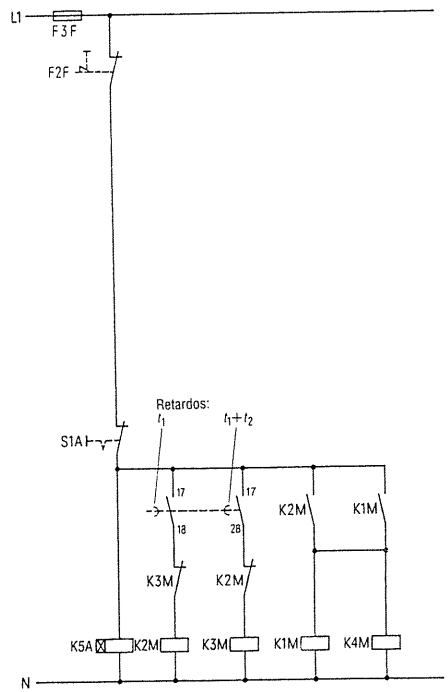
Fig. 8.30
Diagramas de conexion para el arranque estrella-triángulo de motores trifásicos con compensación de energía reactiva



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1M:	2NA
Contactor K2M:	2NA + 1NC
Contactor K3M:	1NC
Pulsador S0A:	1NC
Pulsador S1A:	1NA
Relé de tiempo K5A:	2NA

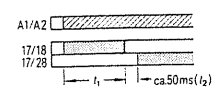


b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactor K1M:	1NA
Contactor K2M:	1NA + 1NC
Contactor K3M:	1NC
Interruptor de mando S1A:	1NA
Relé de tiempo K5A:	2NA

Programa de conmutación del relé de tiempo estrella-triángulo



Relé de tiempo excitado
Contacto cerrado
Contacto abierto

Arranque suave de motores trifásicos con rotor de jaula, mediante resistencia en una fase (conexión KUSA)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.31.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra. Un contacto NA de K1M activa el relé de tiempo K3T. El motor arranca a una velocidad baja.

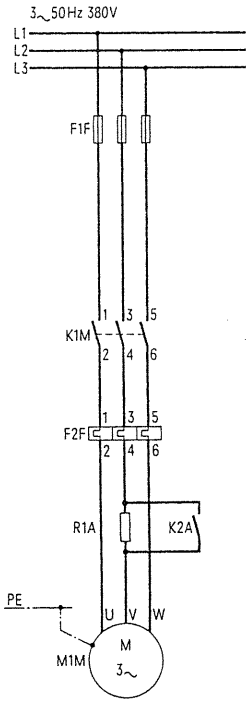
Después de transcurrir el tiempo ajustado, el contacto NA del relé de tiempo K3T cierra y energiza la bobina del contactor K2A. El contacto de autorretención de K2A cierra. El contacto NC del contactor K2A desconecta el relé de tiempo. El contacto principal de K2A cierra y puentea la resistencia R1A. El motor marcha a la velocidad nominal.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

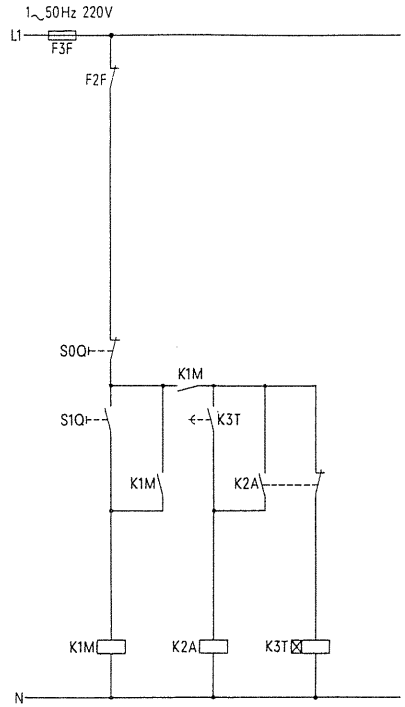
Accionamiento mediante interruptor de mando

El pulsador S1Q, dependiendo de su posición, conecta y desconecta los contactores como en el accionamiento por pulsadores.



a) Circuito principal

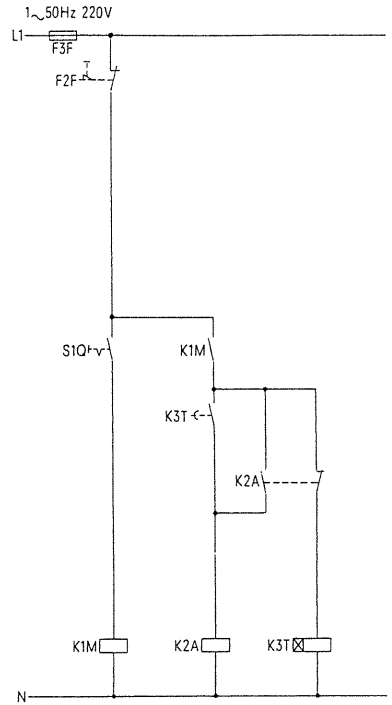
Fig. 8.31
Diagramas de conexión para arranque suave de motores trifásicos con rotor de jaula, mediante resistencia en serie
(conexión KUSA con relé de tiempo)



b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1M:	2 NA
Contactor K2A:	2 NA + 1 NC
Relé de tiempo K3K:	1 NA de cierre retardado
Pulsador S0Q:	1 NC
Pulsador S1Q:	1 NA



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactor K1M:	1 NA
Contactor K2A:	2 NA + 1 NC
Relé de tiempo K3K:	1 NA de cierre retardado
Interruptor de mando S1Q:	1 NA

Arranque automático de motores trifásicos con rotor de anillos rozantes (con etapas de resistencias en el circuito del rotor)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.32. En esta conexión se emplean cuatro relés de tiempo.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y activa el relé de tiempo K2T. El motor arranca con la totalidad de la resistencia del estator R1A conectada.

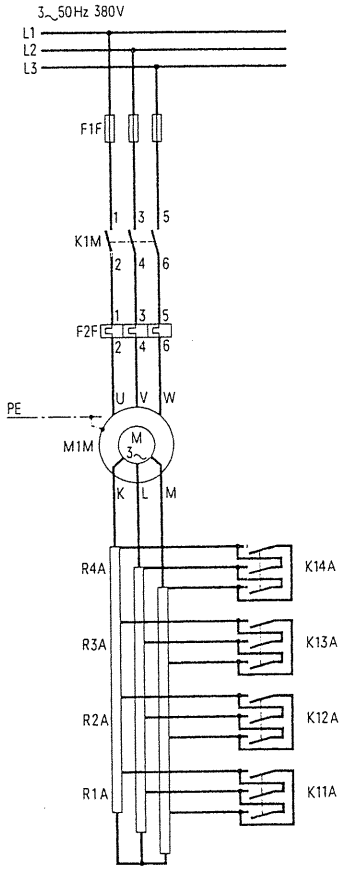
Después de transcurrir el tiempo ajustado cierra el contacto NA del relé de tiempo K2T, el cual conecta el contactor del estator K11A. El contacto NC de K11A desconecta el relé de tiempo K2T, al mismo tiempo que el contacto de autorretención de K11A cierra. El contacto NA de K11A activa el relé de tiempo K3T. El motor marcha con la resistencia parcial R2A conectada.

Después de transcurrir el tiempo ajustado cierra el contacto NA del relé de tiempo K3T, el cual conecta el contactor del estator K12A. El contacto NC de K12A desconecta el relé de tiempo K3A y el contactor K11A. El contacto de autorretención de K12A cierra. El contacto NA de K12A activa el relé de tiempo K4T. El motor marcha con la resistencia parcial R3A conectada. La secuencia de conmutaciones prosigue en igual forma, hasta que conecte el contactor del estator K14A y el motor marche a velocidad nominal.

Desconexión:

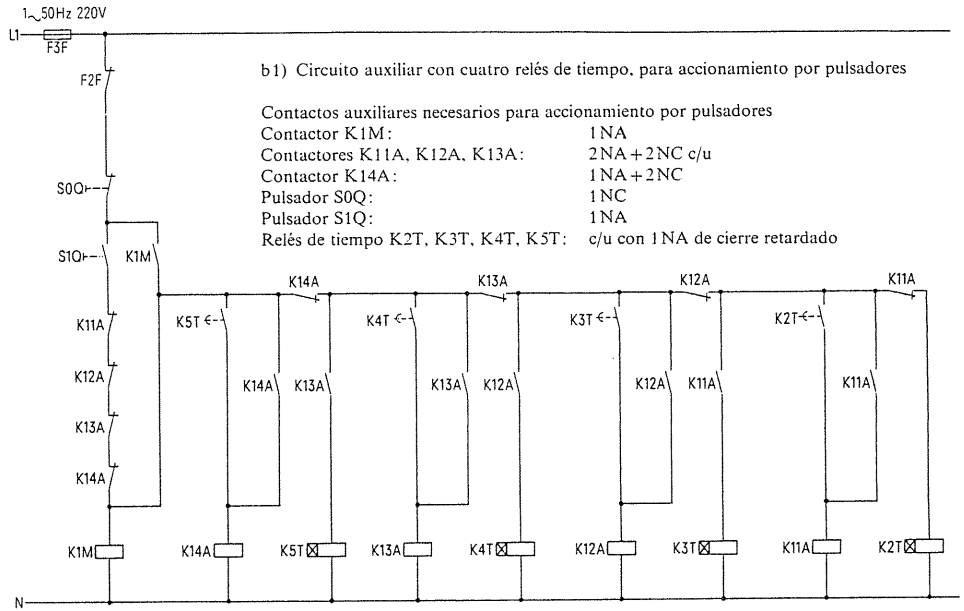
Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

Para arranque con seis etapas de resistencias, véase el catálogo NS 3.



a) Circuito principal

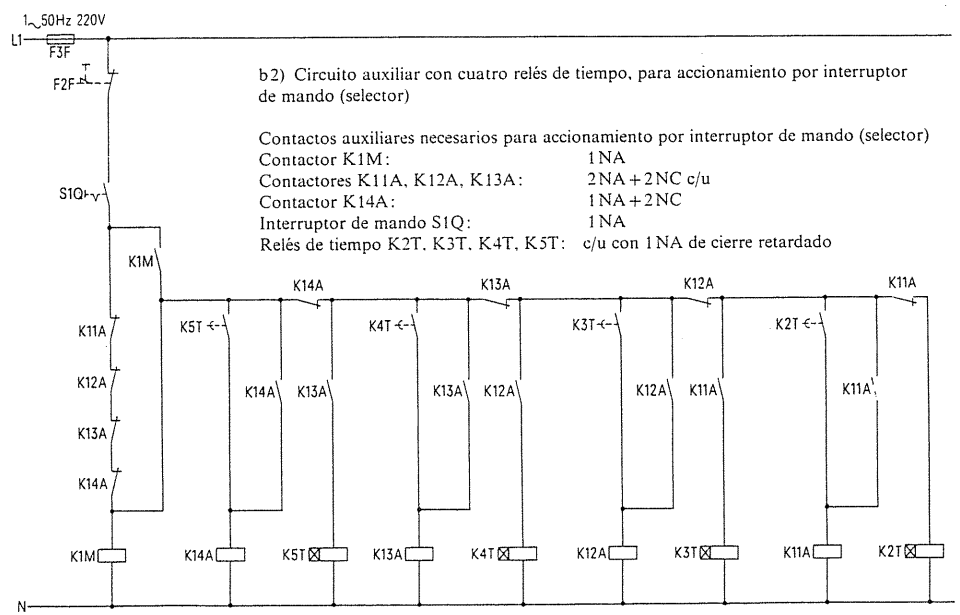
Fig. 8.32
Diagramas de conexión para el arranque automático de motores trifásicos con rotor de anillos rozantes



b1) Circuito auxiliar con cuatro relés de tiempo, para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores

Contactor K1M:	1 NA
Contactores K11A, K12A, K13A:	2 NA + 2 NC c/u
Contactor K14A:	1 NA + 2 NC
Pulsador S0Q:	1 NC
Pulsador S1Q:	1 NA
Relés de tiempo K2T, K3T, K4T, K5T:	c/u con 1 NA de cierre retardado



b2) Circuito auxiliar con cuatro relés de tiempo, para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactor K1M:	1 NA
Contactores K11A, K12A, K13A:	2 NA + 2 NC c/u
Contactor K14A:	1 NA + 2 NC
Interruptor de mando S1Q:	1 NA
Relés de tiempo K2T, K3T, K4T, K5T:	c/u con 1 NA de cierre retardado

Arrancador a tensión reducida con autotransformador

Los autotransformadores son adecuados para reducir la corriente de arranque de motores trifásicos en redes débiles. Los motores deben arrancar en vacío o con poca carga.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1A y activa el relé de tiempo K4T. El contacto NA de K1A conecta el contactor K3A. Los contactos de autorretención de los contactores K1A y K3A cierran. El motor arranca a tensión reducida.

Conmutación:

Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado conmuta el contacto del relé de tiempo K4T. El contactor K1A se desconecta y el contactor K2M se conecta. El contacto NC de K2M desconecta el contactor K3A. El contacto de autorretenión de K2M cierra. El motor marcha a tensión completa.

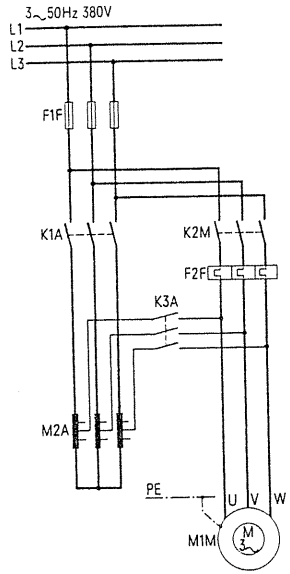
Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores y, por tanto, el motor se detiene.

Los contactos que no han sido mencionados realizan enclavamientos.

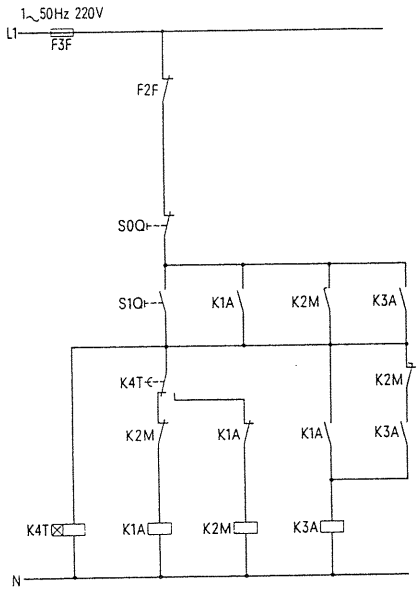
Accionamiento por interruptor de mando

Con el interruptor S1Q se conecta y desconecta el motor como cuando se acciona por pulsadores.



a) Circuito principal

Fig. 8.33
Diagramas de conexión para el arranque de un motor trifásico a tensión reducida con autotransformador

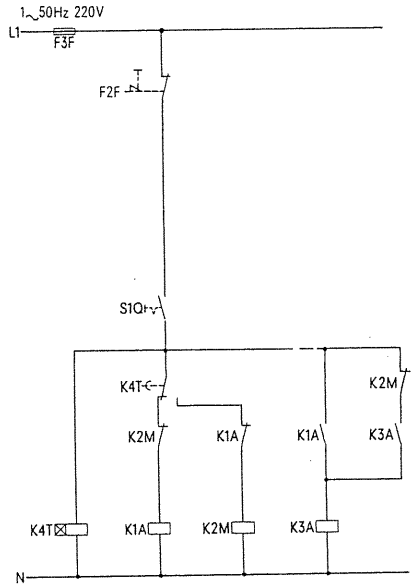


b1) Circuito auxiliar para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1A:	2NA+1NC
Contactor K2M:	1NA+2NC
Contactor K3A:	2NA
Pulsador S0Q:	1NC
Pulsador S1Q:	1NA

Relé de tiempo K4T:
1 contacto de conmutación con retardo en la conexión



b2) Circuito auxiliar para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactor K1A:	1NA+1NC
Contactor K2M:	2NC
Contactor K3A:	1NA
Interruptor de mando S1Q:	1NA

Relé de tiempo K4T:
1 contacto de conmutación con retardo en la conexión

8.4 Diagramas para protección de motores mediante sondas de temperatura (termistores)

8.4.1 Protección de motores mediante sondas con coeficiente de temperatura positivo (PTC)

Protección de un motor trifásico de polos conmutables con dos devanados separados y dos velocidades mediante termistores (PTC) y la utilización del relé de disparo tipo 3UN8

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.34.

Funcionamiento

El interruptor S3Q aplica tensión a los circuitos de excitación de los relés de disparo F4A y F5A (para cada devanado un aparato de disparo). En cada relé de disparo cierra el contacto NA 13-14.

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención de K1M cierra y el motor arranca, por ej., a la velocidad baja.

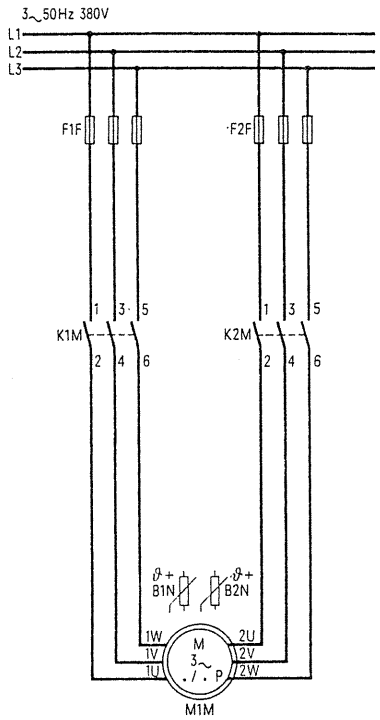
Cuando se acciona el pulsador S2Q, su contacto NC desconecta el contactor K1M. Al mismo tiempo, el contacto NA de S2Q da la orden de conexión del contactor K2M. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC de K1M. El contacto de autorretención de K2M cierra. El motor marcha a la velocidad alta.

Si el motor se sobrecarga en servicio, por ej., a la velocidad baja y, por tanto, se alcanza la temperatura de reacción de la sonda con coeficiente de temperatura positivo B1N, el aparato de disparo F4A reacciona. El contacto NC 21-22 cierra y el contacto NA 13-14 abre. El contactor K1M se desconsecta, el motor se detiene y la lámpara de señalización se enciende.

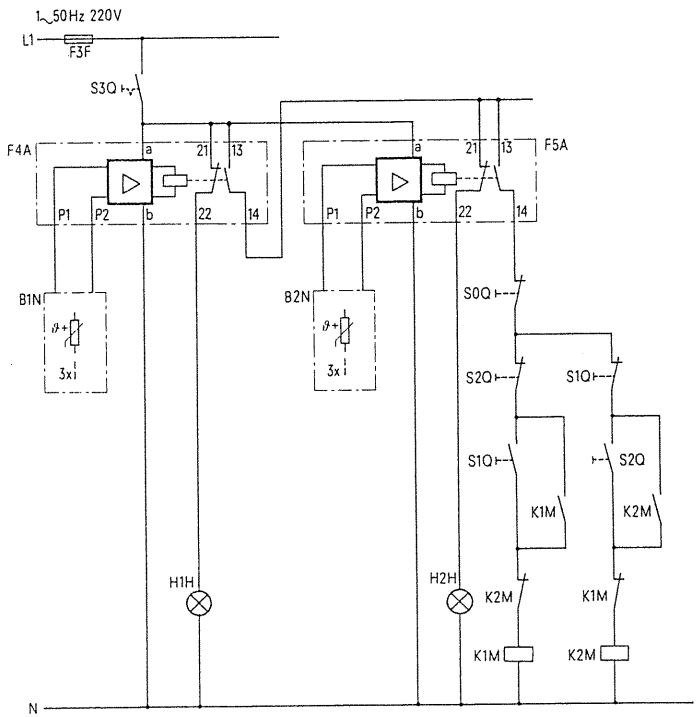
En caso de sobrecarga del motor en servicio a la velocidad alta, la desconexión la efectúa el contactor K2M, la orden de desconexión la da el relé de disparo F5A.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, se abre el circuito de alimentación de las bobinas de los contactores K1M y K2M y, por tanto, el contactor que estaba conectado desconecta y el motor se detiene.



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar:

Fig. 8.34
Diagramas de conexión para la protección de un motor trifásico de polos conmutables mediante sondas de temperatura (termistores)

Contactos auxiliares necesarios:

Contactores K1M, K2M:	1 NA + 1 NC c/u
Interruptor de mando S3Q:	1 NA
Pulsador S0Q:	1 NC
Pulsador S1Q:	1 NA
Relés de disparo F4A, F5A:	1 NA + 1 NC c/u

Protección de un motor trifásico con 6 sondas de temperatura (PTC), tres para aviso y tres para desconexión en caso de sobrecarga; desconexión mediante interruptor de potencia con disparadores adicionales contra sobrecargas (aparato de disparo 3UN8)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.35.

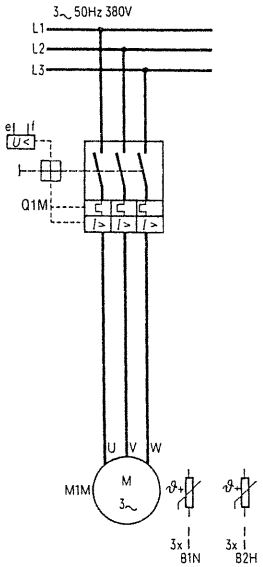
Funcionamiento

El interruptor S2Q aplica tensión a los circuitos de excitación de los aparatos de disparo F3H (para aviso) y F4A (para desconexión). Los contactos NA 13-14 cierran y los contactos NC 21-22 abren. Al disparador de mínima tensión F1M se le aplica tensión a través del interruptor S3Q mediante el contacto auxiliar de actuación adelantada S1H del interruptor de potencia. El interruptor de potencia Q1M se cierra manualmente, el contacto S1H cierra y el motor arranca.

Cuando el motor se sobrecarga y se alcanza la temperatura de reacción del termistor para aviso B1H, el aparato de disparo F3H reacciona. El contacto NC 21-22 de F3H cierra. La lámpara de señalización de sobrecarga se enciende.

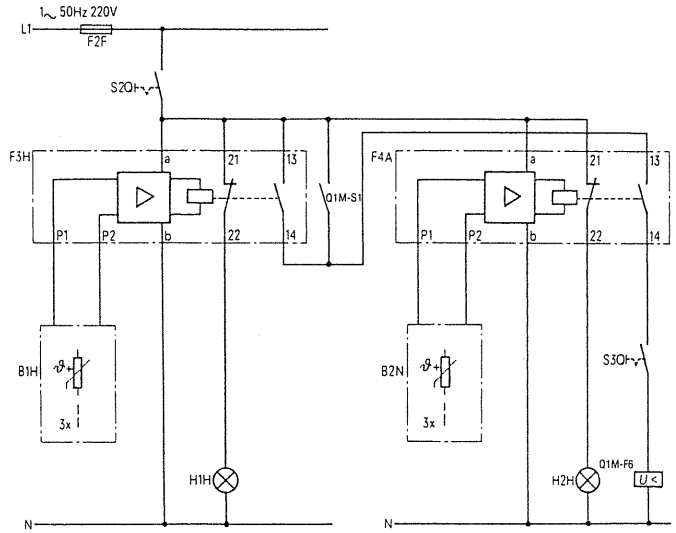
Si la sobrecarga permanece y el motor continúa calentandose hasta alcanzar la temperatura de reacción del termistor (PTC) B2N para desconexión, el relé de disparo F4A reacciona. El contacto NA de F4A abre y el disparador de mínima tensión F1M desconecta el interruptor de potencia Q1M y el motor se detiene. El contacto NC 21-22 de F4A enciende la lámpara de señalización H2H.

La desconexión se efectúa manualmente con el interruptor S3Q.



a) Circuito principal

Fig. 8.35
Diagramas de conexión para la protección de un motor trifásico con 6 sondas de temperatura, tres para aviso y tres para desconexión en caso de sobrecarga; desconexión mediante interruptor de potencia con disparadores adicionales contra sobrecargas



b) Circuito de mando

Contactos auxiliares necesarios:

Interruptor de potencia Q1M:	1 NA
Interruptores de mando S2Q, S3Q:	1 NA c/u
Relés de disparo F3H, F4A:	1 NA + 1 NC c/u

Protección de cinco motores trifásicos mediante termistores (PTC), conexión de los motores con una sola orden, desconexión simultánea, aún en caso de sobrecarga de uno solo de ellos (relé de disparao 3UN9)

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.36.

Funcionamiento

En el relé de disparo 3UN9 se pueden conectar las sondas para la protección de hasta seis motores trifásicos. Cuando, por ej., se conectan solamente las sondas de cinco motores trifásicos, hay que retirar los cuatro puentes P0–P2, P0–P3, P0–P4 y P0–P5. El conmutador para determinar al motor que provocó un disparo se pone durante el servicio en la posición K. Cada una de las sondas de temperatura (PTC) B1N a B5N puede dar la orden de desconexión al relé de disparo F6A.

Accionamiento por pulsadores

El interruptor S2Q pone bajo tensión el circuito de excitación del aparato de disparo F6A. El contacto NC 21-22 abre y el contacto NA 13-14 cierra. El pulsador S1Q conecta el contactor auxiliar K6A. El contacto de autorretención y los contactos NA del contactor K6A cierran. Los contactos NA de K6A conectan los contactores K1M a K5M. Los cinco motores arrancan simultáneamente. Si no se admite el arranque simultáneo de los motores, hay que emplear la conexión para el arranque sucesivo de varios motores trifásicos que se muestra en la figura 8.16.

Si uno o más motores son sobrecargados y, por tanto, la temperatura de las sondas correspondientes alcanzan la temperatura de reacción, el relé de disparo F6A reacciona. El contacto NA 13-14 de F6A abre y desconecta todos los contactores y, por tanto, los motores se detienen. Al mismo tiempo cierra el contacto NC 21-22 de F6A y enciende la lámpara de señalización H1H. El diodo luminiscente 1 en el aparato de disparo F6A también se enciende. Con la ayuda del conmutador incorporado en el relé de disparo F6A, se puede determinar la sonda de temperatura que dió la orden de desconexión (el diodo luminiscente 2 se enciende cuando el interruptor señala la posición correspondiente a la sonda que dió la orden de disparo).

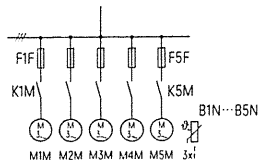
Una reconexión es posible solamente cuando el conmutador para determinar al motor que causo la desconexión se retorna a la posición K.

La desconexión manual se efectúa accionando el pulsador S0Q.

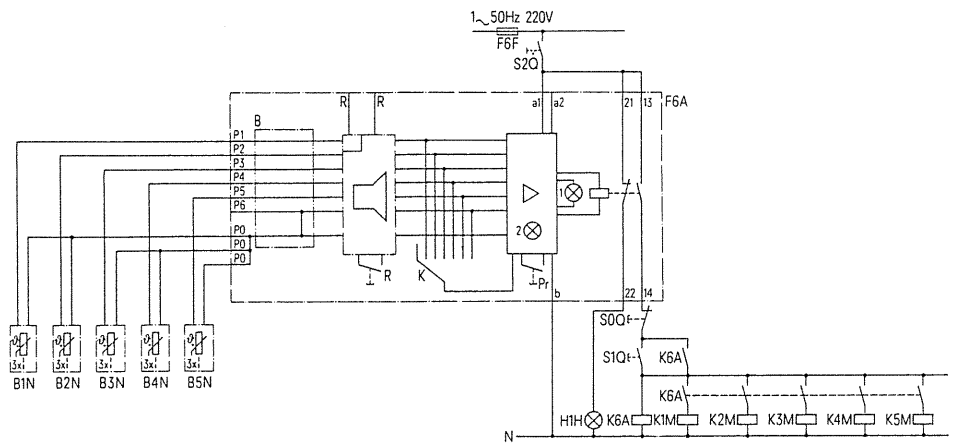
Para otras conexiónes con sondas de temperatura con coeficiente de temperatura positivo, véase el catálogo NS2.

8.4.2 Protección de motores mediante sondas con coeficiente de temperatura negativo (NTC)

En el catálogo NS2 se muestran diagramas para la protección de motores mediante sondas NTC.



a) Circuito principal, representación unifilar



b) Circuito de mando

Fig. 8.36
Protección de 5 motores mediante sondas de temperatura PTC. utilizando contactores como aparatos de conexión y desconexión

8.5 Diagramas con vigiladores

8.5.1 Diagramas con vigiladores de velocidad de rotación

Arranque directo de motores trifásicos con frenado por contracorriente

Los diagramas de mando se muestran en la figura 8.37.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1M, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca.

El contacto de cambio del vigilador de velocidad de rotación F3V conmuta.

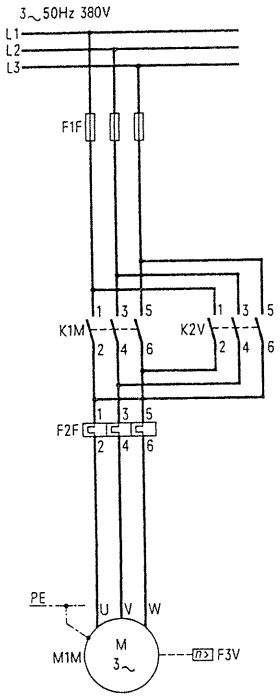
Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador de desconexión S0Q, su contacto NC abre el circuito de alimentación de la bobina del contactor K1M el cual desconecta. Al mismo tiempo, el contacto NA de S0Q cierra y da la orden de conexión del contactor K2V. Esta orden de conexión es efectiva cuando el contacto NC de K1M cierra. El frenado por contracorriente se inicia.

Cuando la velocidad de rotación del motor desciende a un valor bajo, previamente ajustado en el vigilador F3V, el contacto del vigilador F3V retorna a su posición de reposo. El contactor K2V se desconecta, el frenado por contracorriente finaliza y el motor se detiene.

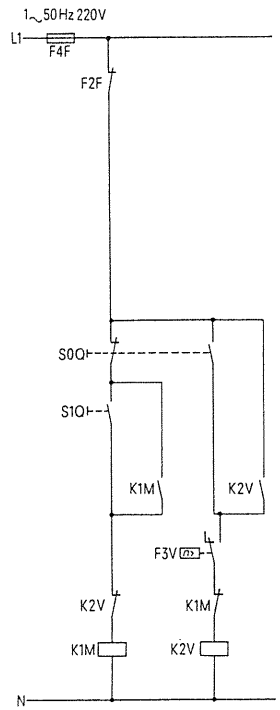
Accionamiento por interruptor de encastre

Cuando se acciona el interruptor S1Q, el contactor K1M conecta, el motor arranca y el contacto de F3V conmuta. Cuando se retorna el interruptor S1Q a su posición original se inicia el proceso de frenado por contracorriente. El resto en analogía al accionamiento por pulsadores.



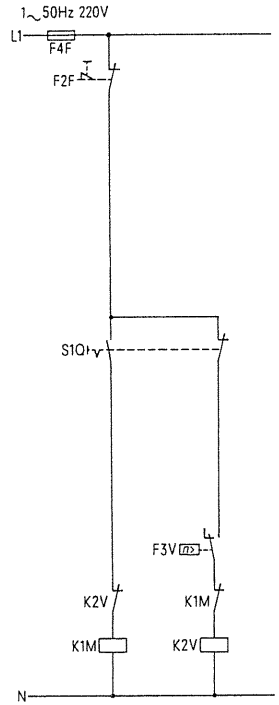
a) Circuito principal

Fig. 8.37
Arranque directo de motores trifásicos con frenado por contracorriente



b1) Circuito de mando para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactores K1M, K2V: 1 NA + 1 NC c/u
Pulsador S0Q: 1 NA + 1 NC
Pulsador S1Q: 1 NA
Vigilador de velocidad de rotación F3F:
1 contacto de conmutación



b2) Circuito de mando para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):
Contactores K1M, K2V: 1 NA c/u
Interruptor de mando S1Q: 1 NA + 1 NC
Vigilador de velocidad de rotación F3V:
1 contacto de conmutación

Arranque directo de motores trifásicos con frenado por contracorriente, conexión con contactor auxiliar

El contactor auxiliar evita autoconexiones peligrosas cuando se efectúan trabajos en la máquina propulsada.

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 3.38.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1B energiza la bobina del contactor K1B, el contacto de autorretención cierra y el motor arranca.

El contacto de conmutación del vigilador F3V conmuta. Como el contacto NA de K1B está cerrado, el contactor auxiliar K3A conecta, su contacto de autorretención y los contactos NA cierran.

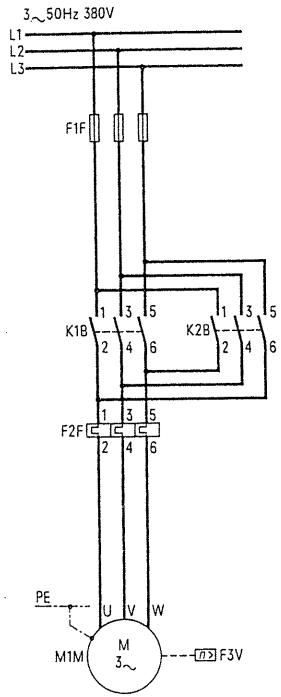
Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, su contacto NC abre el circuito de alimentación de la bobina del contactor K1B el cual desconecta. Al mismo tiempo, el contacto NA de S0Q cierra y da la orden de conexión del contactor K2B. Esta orden de desconexión es efectiva cuando el contacto NC de K1B cierra. El frenado por contracorriente se inicia.

Cuando la velocidad de rotación del motor desciende a un valor bajo, previamente ajustado en el vigilador F3V, el contacto de conmutación del vigilador F3V retorna a su posición de reposo. El contactor auxiliar K3A se desconecta, su contacto NA desconecta el contactor K2B. El frenado por contracorriente finaliza y el motor se detiene.

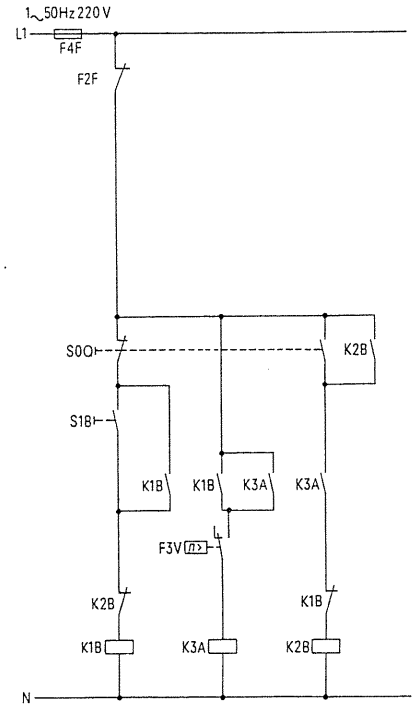
Accionamiento por interruptor de encastre

Cuando se acciona el interruptor S1Q, el contactor K1B conecta, el motor arranca y el contacto de F3V conmuta. Cuando se retorna el interruptor S1Q a su posición original se inicia el proceso de frenado por contracorriente. El resto en analogía al al accionamiento por pulsadores.



a) Circuito principal

Fig. 8.38
Arranque directo de motores trifásicos con frenado por contracorriente (conexión con contactor auxiliar)

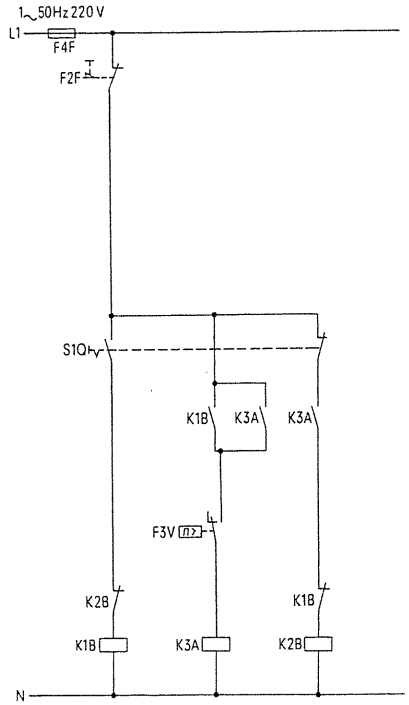


b1) Circuito de mando para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:

Contactor K1B:	2NA+1NC
Contactor K2B:	1NA+1NC
Contactor auxiliar K3A:	2NA
Pulsador S0Q:	1NA+1NC
Pulsador S1Q:	1NA

Vigilador de velocidad de rotación F3V:
1 contacto de conmutación



b2) Circuito de mando para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactor K1B:	1NA+1NC
Contactor K2B:	1NC
Contactor auxiliar K3A:	2NA
Interruptor de mando S1Q:	1NA+1NC

Vigilador de velocidad de rotación F3V:
1 contacto de conmutación

Conmutación directa del sentido de giro de motores trifásicos con frenado por contracorriente en ambas direcciones

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.39.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores

Conexión:

El pulsador S1B energiza la bobina del contactor K1B, su contacto de autorretención cierra y el motor arranca, por ej., con sentido de giro a la derecha.

El contacto de conmutación del vigilador para sentido de giro a la derecha cambia de posición.

Conmutación:

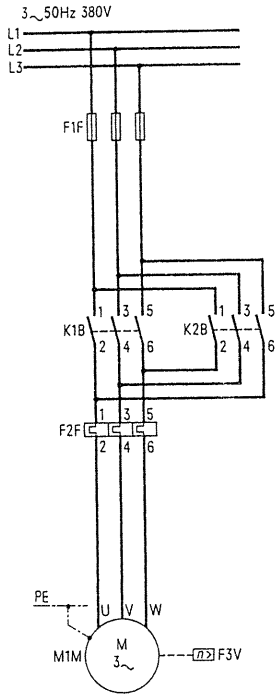
Cuando se acciona el pulsador S2B, su contacto NC da la orden de desconexión al contactor K1B. El contacto NA de S2B da la orden de conexión del contactor K2B. Esta orden es efectiva cuando cierra el contacto NC de K1B. El contacto de autorretención de K2B cierra. El motor se frena y gira a la izquierda.

Desconexión:

Cuando se acciona el pulsador S0Q, si K1B estaba conectado, el contacto NC de S0Q desconecta el contactor K1B al mismo tiempo que el contacto NA del mismo pulsador S0Q da la orden de conexión del contactor K2B, a través del contacto de conmutación del vigilador de frenado. Esta orden de conexión es efectiva cuando cierra el contacto NC de K1B. El contacto de autorretención y los contactos NA del contactor K2B cierran. El contactor auxiliar K3A se conecta, su contacto de autorretención cierra. El contacto NC de K3A abre y hace inefectivo el contacto de autorrentención de K2B. El frenado del motor por contracorriente se inicia.

Cuando las revoluciones por minuto del motor descienden a un valor bajo, previamente ajustado en el vigilador F3V, el contacto de conmutación de F3V retorna a su posición de reposo. El contactor K2B se desconecta, el contacto NA de K2B abre y desconecta el contactor auxiliar K3A. El frenado por contracorriente finaliza y el motor se detiene.

Si el contactor K2B estaba conectado al iniciarse la desconexión, el proceso transcurre en forma análoga.



a) Circuito principal

Fig. 8.39
Diagramas de conexión para conmutación directa del sentido de giro de motores trifásicos con frenado por contracorriente en ambas direcciones

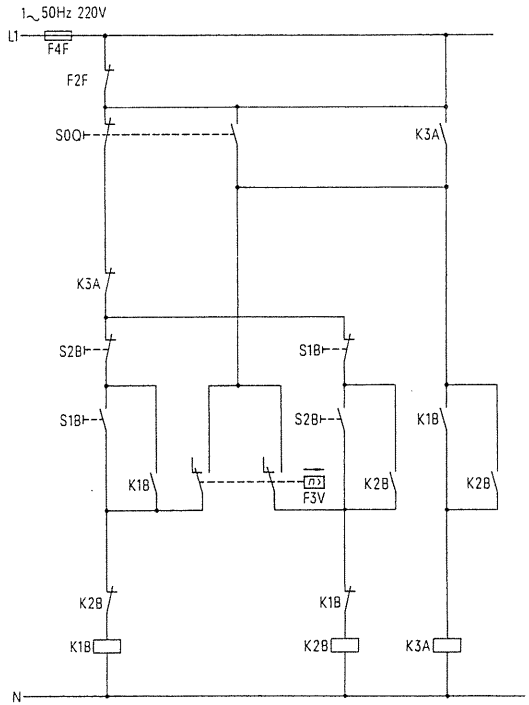
Accionamiento por interruptor de mando

Conexión:

El interruptor S1Q energiza, por ej., en la posición R, al contactor K1B. El motor arranca con sentido de giro a la derecha. El contacto de conmutación del vigilador para sentido de giro a la derecha F3V cambia de posición. El contacto NC de S1Q abre.

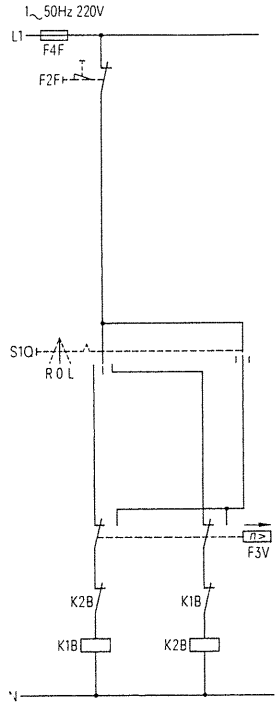
Conmutación:

Llevar el interruptor S1Q de la posición R, pasando por 0, a la posición L. Primero abre el contacto NA de la posición R (el contactor K1B se desconecta),



b1) Circuito de mando para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactores K1B, K2B: 2 NA + 1 NC c/u
Contactor auxiliar K3A: 1 NA + 1 NC
Pulsadores S0Q, S1B, S2B: 1 NA + 1 NC c/u
Vigilador de rpm F3V: 2 contactos de conmutación



b2) Circuito de mando para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):
Contactores K1B, K2B: 1 NC c/u
Interruptor de mando S1Q:
2 contactos de conmutación con 3 posiciones
Vigilador de rpm F3V: 2 contactos de conmutación

a continuación cierra el contacto NC de la posición 0 (el contactor K2B se conecta, ya que el contacto NC de K1B está cerrado) y el motor es frenado por contracorriente. Después cierra el contacto NA de S1Q para la posición L (después que conmuta el contacto de F1V, el contactor K2B permanece conectado), el motor gira a la izquierda.

Desconexión, por ej., cuando el contactor K1B está conectado (el motor gira a la derecha):

Llevar el interruptor S1Q de la posición R a la posición 0. El contacto NA de la posición R abre y desconecta al contactor K1B. El contacto NC de la posición 0 de S1Q cierra y conecta al contactor K2B cuando cierra el contacto NC de K1B. El frenado del motor por contracorriente se inicia.

Cuando la velocidad de rotación del motor desciende a un valor bajo, previamente ajustado en el vigilador F3V, el contacto de conmutación de F3V retorna a su posición de reposo. El contactor K2B se desconecta. El frenado por contracorriente finaliza y el motor se detiene.

Si el contactor conectado es el K2B, la desconexión transcurre en forma análoga.

8.5.2 Diagramas con vigiladores de cintas transportadoras

Los vigiladores de cintas transportadoras dan la orden de desconexión del motor propulsor cuando la cinta se frena, se rompe o resbala fuertemente o cuando la velocidad del accionamiento cae por debajo de un valor determinado.

Con ellos también se puede vigilar el arranque correcto de una cinta transportadora (fig. 8.40). Para esta aplicación, el vigilador conecta el motor de la primera cinta transportadora, hasta que la velocidad de la segunda cinta transportadora, es decir, la cinta que continúa con el transporte de los materiales, sobrepasa un valor determinado.

El relé de tiempo K4T y el contactor auxiliar K2A puentean, durante el tiempo de arranque previsto de la cinta transportadora, el contacto de conmutación del vigilador F3A.

Funcionamiento

Accionamiento por pulsadores:

El pulsador S1Q energiza la bobina del contactor auxiliar K2A y activa el relé de tiempo K4T. El contacto de autorretención y los contactos NA de K2A cierran. El contacto NA de K2A energiza la bobina del contactor auxiliar K3A. El contacto de autorretención y los contactos NA de K3A cierran. El contactor K1M se conecta y el motor M1M arranca. El contacto del vigilador F3A conmuta. Después de transcurrir el tiempo ajustado, el contacto de conmutación desconecta el contactor auxiliar K2A.

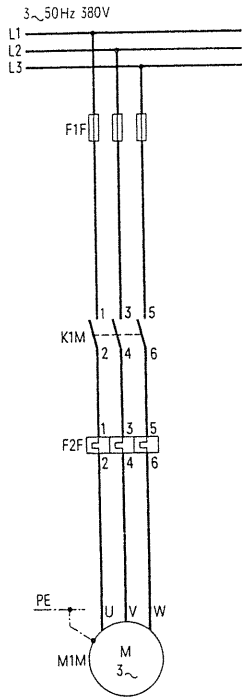
Si la cinta transportadora se frena, resbala o se rompe, el contacto de conmutación del vigilador F3A retorna a su posición de reposo. Como el contacto NC de K1M está abierto, se impide la reconexión de K2A. El contactor K3A se desconecta y sus contactos NA desconectan el contactor K1M. El motor se detiene.

Cuando se emplea un contactor K3A con retardo en la desconexión, se evita la desconexión del motor en caso que la velocidad de la cinta transportadora fluctúe por corto tiempo (véase el capítulo 8.1.7).

Accionamiento por interruptor de mando

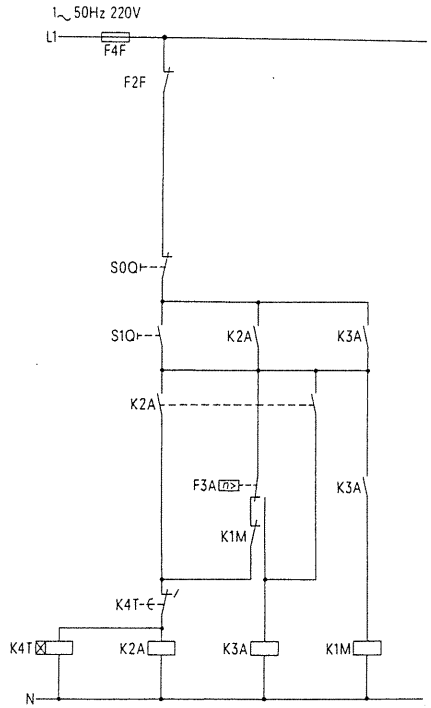
El interruptor S1Q energiza la bobina del contactor auxiliar K2A y activa el relé de tiempo K5T. El contacto de autorretención de K2A cierra. El contacto NA de K2A conecta los contactores K3A y K4A. El contacto de autorretención de K4A cierra. El contacto NA de K3A conecta el contactor K1M. El motor arranca. El resto en analogía al accionamiento por pulsadores.

Una reconexión automática, después de una desconexión por el vigilador F3A, la evita el contacto NC del contactor auxiliar K4A.



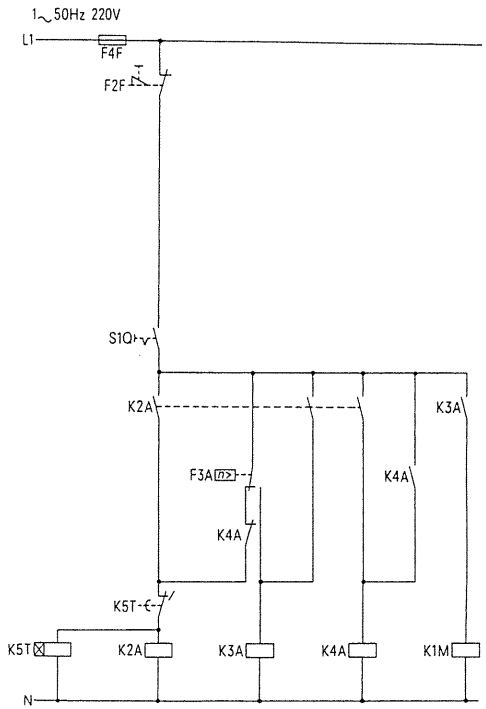
a) Circuito principal

Fig. 8.40
Diagramas de conexión de un motor trifásico con vigilador de cintas transportadoras



b1) Circuito de mando para accionamiento por pulsadores

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por pulsadores:
Contactor K1M: 1 NC
Contactor K2A: 3 NA
Contactor K3A: 2 NA
Pulsador S0Q: 1 NC
Pulsador S1Q: 1 NA
Relé de tiempo K4T:
1 contacto de conmutación con retardo en la conexión
Vigilador de cintas transportadoras:
1 contacto de conmutación



b2) Circuito de mando para accionamiento por interruptor de mando (selector)

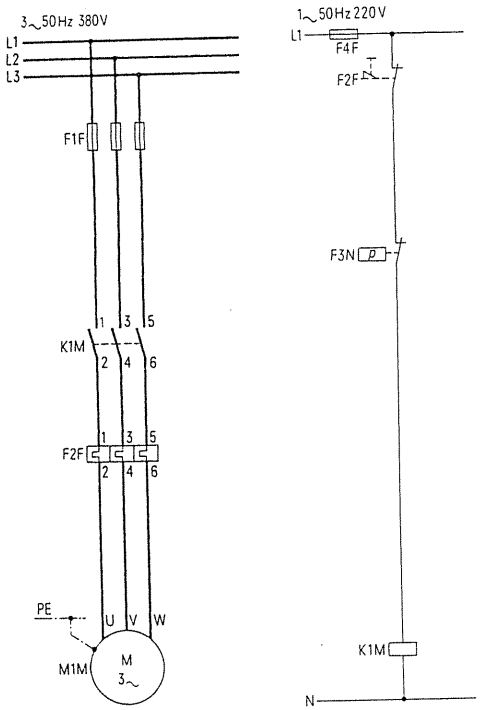
Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):
Contactor K2A: 3 NA
Contactor K3A: 1 NA
Contactor K4A: 1 NA + 1 NC
Interruptor de mando S1Q: 1 NA
Relé de tiempo K5T: 1 NC con retardo en la apertura
Vigilador de cintas transportadoras:
1 contacto de conmutación

8.5.3 Diagramas con presostatos

La utilización de un presostato en combinación con un contactor para el mando de un motor trifásico, se muestra en la figura 8.41.

Funcionamiento

El contacto NC del presostato conecta y desconecta el contactor K1M, el cual arranca o detiene el motor.



a) Circuito principal

b) Circuito de mando

Contactos auxiliares necesarios:
Presostato F3N: 1 NC

Fig. 8.41
Diagramas de conexión para un mando con contactor y presostato

8.6 Diagramas con interruptores de posición

Inversión del sentido de giro de motores trifásicos mediante interruptores de posición (por ej., conexión para abrir y cerrar puertas)

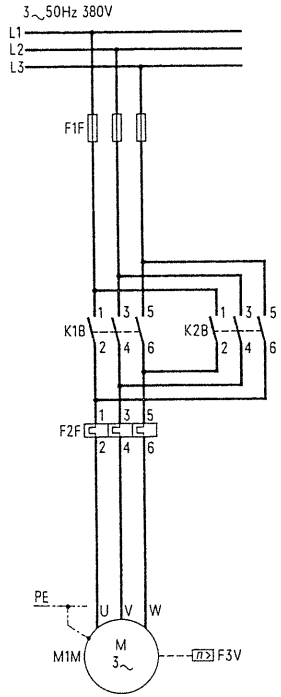
Los diagramas de conexión para abrir y cerrar una puerta se muestran en la figura 8.42.

Funcionamiento

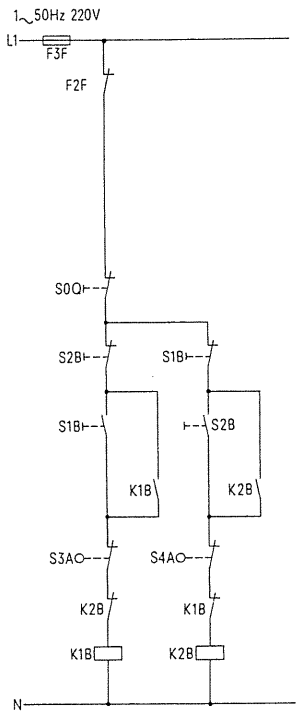
Cerrar puerta:
El pulsador S1B energiza la bobina del contactor K1B, el contacto de autorretención de K1B cierra. El motor arranca con sentido de giro a la derecha, la puerta se cierra. Cuando la puerta está completamente cerrada, el contacto NC del interruptor de posición S1B abre y desconecta el contactor K1B. El motor se detiene.

Abrir puerta:
El pulsador S2B energiza la bobina del contactor K2B, el contacto de autorretención de K2B cierra. El motor arranca con sentido de giro a la izquierda, la puerta se abre. Cuando la puerta está completamente abierta, el contacto NC del interruptor de posición S2B abre y desconecta el contactor K2B. El motor se detiene.

Para interrumpir el proceso de apertura o cierre de la puerta, y que esta quede entreabierta, se acciona el pulsador S0Q.



a) Circuito principal



b) Circuito de mando

Fig. 8.42
Diagramas de conexión para inversión del sentido de giro de motores trifásicos mediante interruptores de posición (fines de carrera)

Contactos auxiliares necesarios para abrir y cerrar una puerta con interruptores de posición:
Contactores K1B, K2B: 1 NA + 1 NC c/u
Pulsador S0Q: 1 NC
Pulsadores S1B, S2B: 1 NA + 1 NC c/u
Interruptores de posición S3A, S4A: 1 NC c/u

Interruptores de posición con lámparas de señalización

Funcionamiento

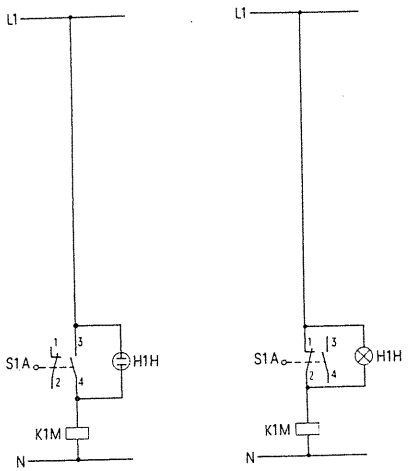
La lámpara de señalización H1H puede ser conectada directamente en paralelo al contacto NA o NC del interruptor de posición S1A, el cual energiza la bobina del contactor K1M (fig. 8.43a). Cuando la bobina del contactor K1M está desconectada, se enciende la lámpara de señalización H1H.

La bobina del contactor K1M y la lámpara de señalización están conectadas en serie. La resistencia de la lámpara H1H es, sin embargo, tan grande que la bobina del contactor no es excitada. Cuando se acciona el interruptor de posición S1A, la lámpara H1H es puenteada y se apaga, al mismo tiempo se excita la bobina del contactor K1M.

Los interruptores de posición 3SE3 con contactos de actuación instantánea, según el catálogo NS2, se pueden suministrar con un portalámparas con fijación por resortes, de tal forma, que la lámpara puede ser conectada de una manera sencilla al contacto NA o NC del interruptor de posición.

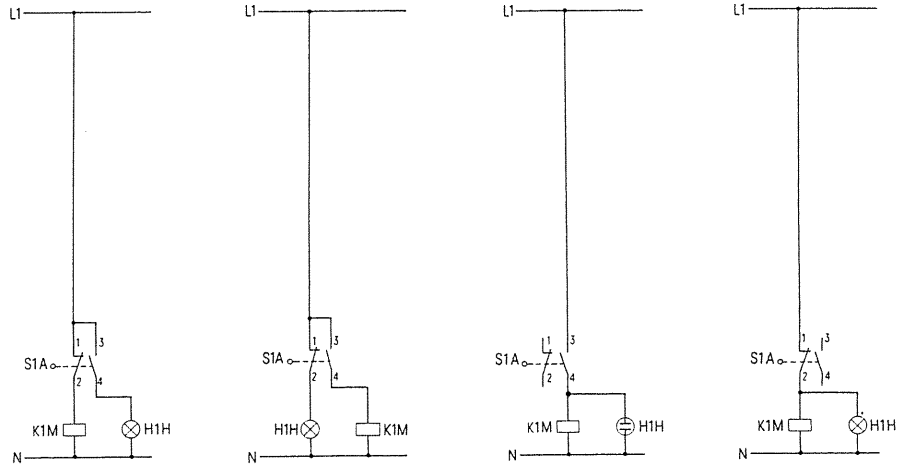
Cuando el contacto NA del interruptor de posición conecta la bobina del contactor y el contacto NC la lámpara de señalización o viceversa (fig. 8.43b), la lámpara H1H se enciende cuando la bobina del contactor K1M está desconectada.

Si la bobina del contactor K1M y la lámpara de señalización H1H son conectadas por el mismo contacto (NA o NC) del interruptor de posición (fig. 8.43c), la lámpara se enciende cuando la bobina del contactor está conectada.



a) Aviso cuando la bobina del contactor está desenergizada; lámpara de señalización conectada en paralelo al contacto del interruptor de posición

Fig. 8.43
Ejemplos de conexiones de interruptores de posición con lámparas de senälización



b) Aviso cuando la bobina del contactor está desenergizada; lámpara de señalización conectada en paralelo a la bobina del contactor

c) Aviso cuando la bobina del contactor está energizada; lámpara de señalización conectada en paralelo a la bobina del contactor

8.7 Diagramas con bornes para circuitos de medición

En instalaciones de maniobra, centros de mando y similares, se emplean bornes especiales para probar y seccionar circuitos eléctricos sin interrumpir el servicio.

Mediante la colocación de un puente se pueden conectar dos bornes en paralelo, de tal forma, que el secundario de transformadores de intensidad se conecta en cortocircuito y los aparatos de medición pueden ser cambiados sin interrumpir el servicio (fig. 8.44).

Funcionamiento

Pruebas:

El instrumento de prueba P10G se conecta en los empalmes del borne 1 (esquema de conexión 1, regleta X1). Abrir el elemento de seccionamiento del borne 1. El instrumento de prueba está ahora conectado en serie con el instrumento de medición P1N.

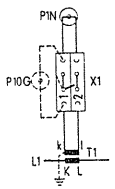
En forma análoga se conecta el instrumento de prueba en los ejemplos de las conexiones 2 (conexión en el borne 1 de la regleta 2) y 6 (conexión en el borne 4 de la regleta X1). Después de abrir los elementos de seccionamiento, los instrumentos de pruebas quedan conectados en serie con los instrumentos de medición.

Cambio de instrumentos:

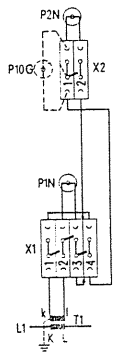
La forma en que pueden ser cambiados los instrumentos de medición de los esquemas de conexión 1 a 6, se indica en la tabla 8.13.

Tabla 8.13
Cambio de los instrumentos de medición durante el servicio, con la ayuda de los bornes para dichos circuitos, en los ejemplos de los esquemas de conexión 1 a 6 de la figura 8.44

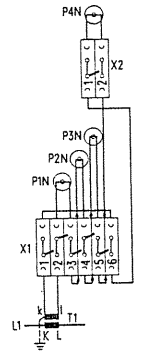
Para puentear el transformador en la conexión						Instrumento de medición que puede ser cambiado
1	2	3	4	5	6	
Colocar los puentes en la regleta X1 entre los bornes						
1 y 2	2 y 3	2 y 3	1 y 2	1 y 2	4 y 5	P1N
–	3 y 4 (1 y 2)[1]	3 y 4	3 y 4	3 y 4	7 y 8	P2N
–	–	4 y 5	5 y 6	5 y 6	10 y 11	P3N
–	–	5 y 6 (1 y 2)	–	–	5 y 6 (1 y 2)[1]	P4N
–	–	–	–	–	8 y 9 (3 y 4)[1]	P5N
–	–	–	–	–	11 y 12 (5 y 6)[1]	P6N
–	1 y 2	1 y 2	–	–	–	todos
					3 y 4	P1N, P4N
					6 y 7	P2N, P5N
					9 y 10	P3N, P6N



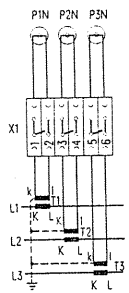
a) Conexión 1
Un transformador
de intensidad
sin derivaciones



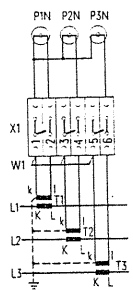
b) Conexión 2
Un transformador
de intensidad
con una derivación



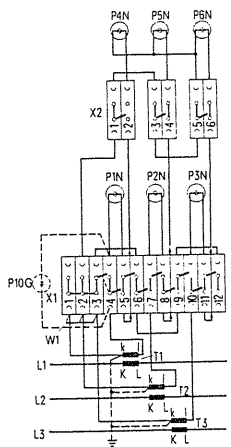
c) Conexión 3
Un transformador
de intensidad
con varias derivaciones



d) Conexión 4
Tres transformadores
de intensidad
sin derivaciones



e) Conexión 5
Tres transformadores
de intensidad
con una derivación



f) Conexión 6
Tres transformadores
de intensidad
con varias derivaciones

Fig. 8.44 Ejemplos de conexiones con bornes para circuitos de medición

8.8 Diagrama de una calefacción eléctrica con termostato y contactor

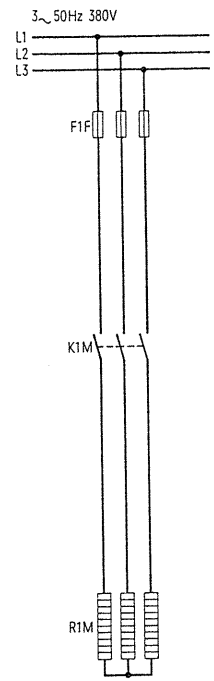
En la figura 8.45 se muestran los diagramas de conexión de una calefacción eléctrica controlada por un termostato.

Funcionamiento

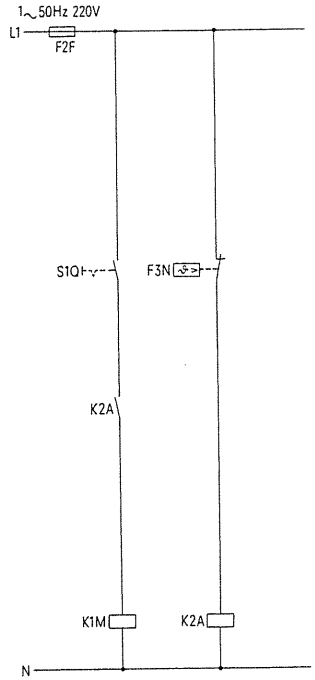
La conexión manual se efectúa con el interruptor S1Q. La orden de conexión del contactor K1M es efectiva solamente cuando el contacto NC del termostato F3N se encuentra cerrado y, por tanto, el contactor auxiliar K2A está conectado y su contacto NA está cerrado. La calefacción R1M está conectada.

Cuando la temperatura ambiente alcanza el valor ajustado en el termostato F3N, éste reacciona. El contacto NC de F3N abre y desconecta el contactor auxiliar K2A, cuyo contacto NA abre y desconecta el contactor K1M y con él la calefacción R1M.

La calefacción puede ser desconectada manualmente mediante el interruptor S1Q.



a) Circuito principal



b) Circuito de mando para accionamiento por interruptor de mando (selector)

Contactos auxiliares necesarios para accionamiento por interruptor de mando (selector):

Contactor K2A:	1 NA
Interruptor de mando S1Q:	1 NA
Termostato F3N:	1 NC

Fig. 8.45
Diagramas de conexión para una calefacción eléctrica, controlada por un termostato, a través de un contactor

8.9 Diagramas para plantas generadoras de emergencia

En caso de fallar la tensión de la red, hay muchas aplicaciones para la cuales es necesario que una planta generadora de emergencia alimente automáticamente los circuitos afectados. Generalmente, la alimentación se limita a los circuitos más importantes. El equipo de arranque automático de los motores de la plantas generadoras esta compuesto por el arrancador, batería, motor y generador.

La orden de conmutación de servicio normal (red) a servicio de emergencia (generador) la da un vigilador de tensión, el cual es alimentado por el aparato de control automático conectado a la batería.

Generalmente es posible una conmutación manual y un arranque o servicio de prueba de las plantas generadoras de emergencia.

Conmutación tripolar de servicio normal a servicio de emergencia mediante contactores

Los diagramas de mando se muestran en la figura 8.46.

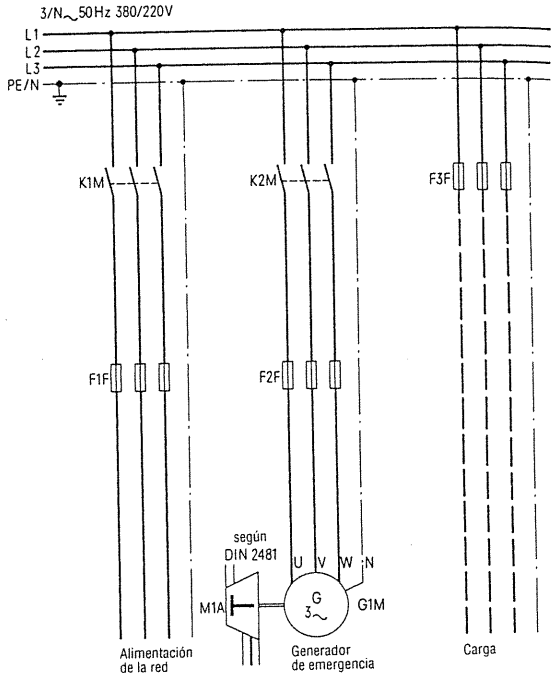
Funcionamiento

Selector S3Q en posición "Manual" (H):

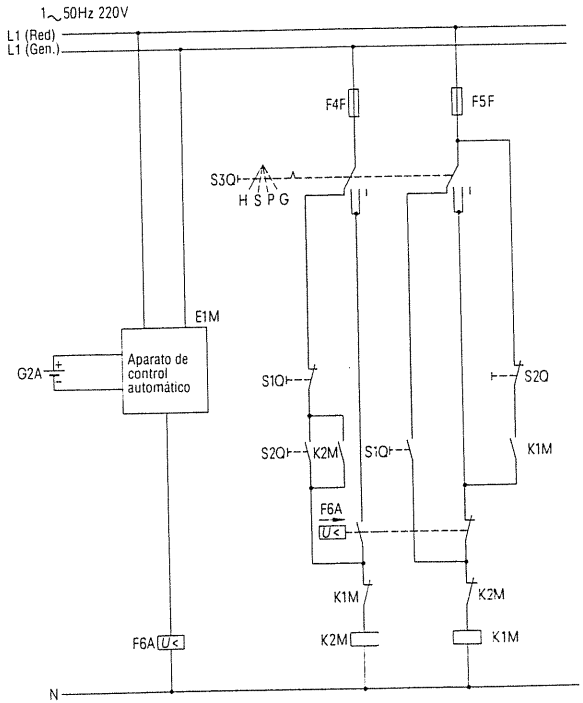
Con el pulsador S2Q se conecta el contactor del generador y con el pulsador S1Q se conecta el contactor de la red.

Selector S3Q en posición "Automático" (S):

Al fallar la tensión de la red abre el contacto NC y cierra el contacto NA del vigilador de tensión F6A. El contactor de la red K1M se desconecta. El contacto NC de K1M cierra y conecta el contactor del generador K2M. El aparato de control automático arranca la planta de emergencia. Al retornar la tensión de la red, abre el contacto NA del vigilador de tensión F6A. El aparato de control automático E1M desconecta la planta de emergencia. Los contactos NC de K2M y F6A cierran y conectan el contactor de la red K1M.



a) Circuito principal



b) Circuito de mando

Fig. 8.46
Diagramas de conexión para una conmutación tripolar de servicio normal (red) a servicio de emergencia (generador) mediante la utilización de contactores

Contactos auxiliares necesarios:
Contactores K1M, K2M: 1 NA + 1 NC c u
Pulsadores S1Q, S2Q: 1 NA + 1 NC c u
Vigilador de tensión F6A: 1 NA + 1 NC
Selector S3Q:
2 contactos de conmutación con 4 posiciones

Conmutación de servicio normal a servicio de emergencia, con desconexión tetrapolar de la red de servicio normal, mediante el empleo de dos contactores tripolares

Los diagramas de conexión se muestran en la figura 8.47.

Funcionamiento

Selector S3Q en posición "Manual" (H):

Con el pulsador S2Q se conecta el contactor del generador K2M. Con el pulsador S1Q se conectan el contactor de la red K1M y el contactor para el conductor neutro K3M. La orden de conexión del contactor K1M es efectiva cuando cierra el contacto NA del contactor K3M.

Selector S3Q en posición "Automático" (S):

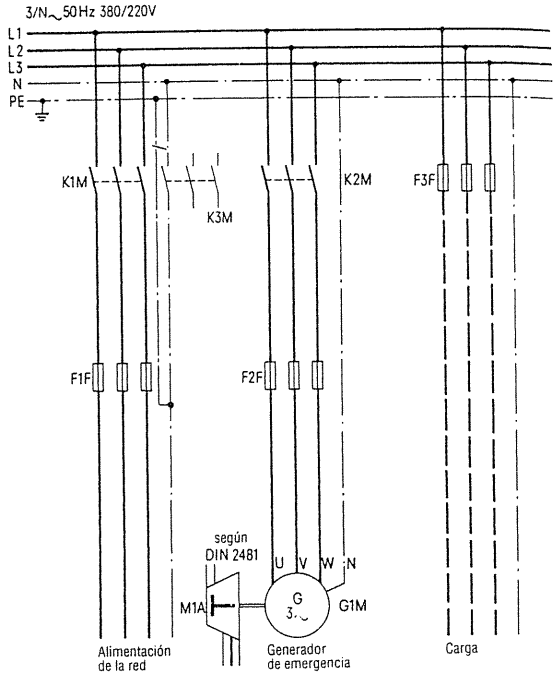
Al fallar la tensión de la red abre el contacto NC y cierra el contacto NA del vigilador de tensión F6A. El contacto NC del vigilador F6A desconecta el contactor para el conductor neutro K3M. El contacto NA de K3M abre y desconecta el contactor de la red K1M.

Mediante el contacto NA de F6A se energiza la bobina del contactor del generador K2M. La orden de conexión de K2M es efectiva cuando cierra el contactor NC del contactor de la red K1M. El contactor K2M conmuta a servicio de emergencia.

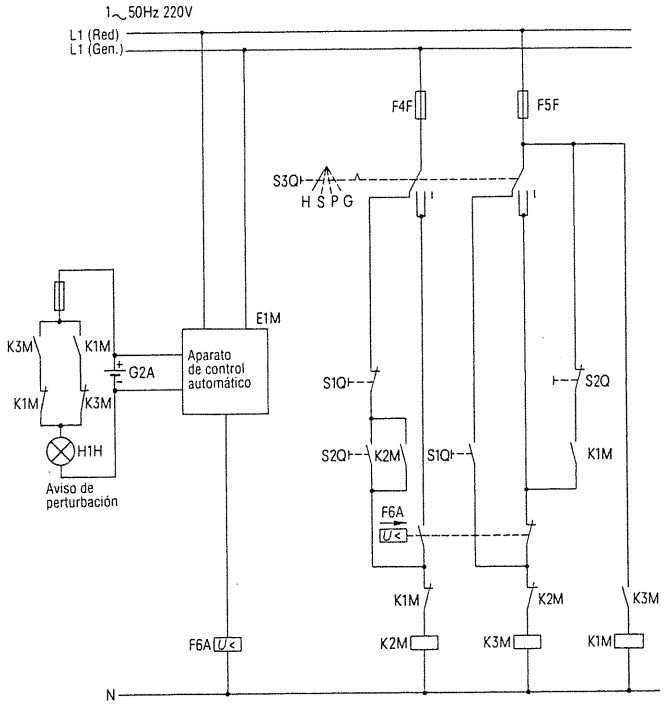
Al retornar la tensión de la red, abre el contacto NA del vigilador de tensión F6A. La planta generadora de emergencia y el contactor K2M se desconectan. Los contactos NC del vigilador de tensión F6A y del contactor K2M cierran y conectan el contactor para el conductor neutro K3M. El contacto NA de K3M cierra y conecta el contactor de la red K1M.

Si los contactores K1M y K3M no están conectados o desconectados al mismo tiempo, la lámpara de señalización H1H indica perturbación.

Para mayores detalles sobre desconexión tri- o tetrapolar de la red de servicio normal en instalaciones con plantas generadoras de emergencia, véase el capítulo 3.5.2.



a) Circuito principal



b) Circuito de mando

Fig. 8.47
Diagramas de conexión para una conmutación de servicio normal (red) a servicio de emergencia (generador), con desconexión tetrapolar de la red de servicio normal

Contactos auxiliares necesarios:

Contactor K1M:	1NA+1NC
Contactor K2M:	2NA+2NC
Contactor K3M:	2NA+1NC
Pulsadores S1Q, S2Q:	1NA+1NC c/u
Vigilador de tensión F6A:	1NA+1NC

Selector S3Q:
2 contactos de conmutación con 4 posiciones

8.10 Ayudas para la proyección

Regla de cálculo para la selección de aparatos de maniobra

La regla de cálculo para la selección de aparatos de maniobra ha sido diseñada en base a los esquemas de conexión más comunes de las derivaciones para motores.

Todos los aparatos de maniobra de los esquemas de conexión indicados pueden leerse en ventananas previstas para el caso. En ellas se indican los números de pedido de los aparatos, con lo cual pueden ser identificados completamente. Con el ajuste de la potencia del motor en la regla corrediza, pueden seleccionarse y dimensionarse los aparatos de maniobra para la conexión prevista y la tensión de servicio indicada en la regla.

Adhesivos

Los adhesivos se emplean para ahorrar trabajo de dibujo de esquemas de conexión que se repiten frecuentemente. Con ellos se logra una uniformidad de los esquemas de conexión. Se tienen a disposición adhesivos con los esquemas de conexión de interruptores de potencia, contactores, combinaciones de contactores y relés de tiempo.

Mayores detalles en los catálogos NS1 y NS2.

Plantillas para taladrar

Con la ayuda de las plantillas para taladrar pueden marcarse de una manera sencilla los puntos para los agujeros de fijación de los aparatos de maniobra. Ellas pueden utilizarse también para proyectar mandos a escala 1:1; los planos elaborados para la proyección se emplean posteriormente en el taller como plano para taladrar. Además de ésto, las plantillas posibilitan un montaje sin problemas de filas de aparatos, ya que las distancias mínimas entre los aparatos se indican en ellas.

En los catálogos NS1 y NS2 se indican los aparatos de maniobra para los cuales pueden suministrarse plantillas para taladrar.

Plantillas para proyectar

Para una proyección rápida de distribuciones de los sistemas 8HS, 8HP, 8HE, 8HK, así como mandos con los sistemas 8LW y 8LX se tienen a disposición plantillas para proyectar.

Hojas para proyectar

Para los sistemas de distribución 8HS y 8HK, así como para los mandos con el sistema 8LW pueden suministrarse hojas para proyectar, en las cuales, con las plantillas para proyectar, pueden elaborarse los planos para el taller.

Formularios

Para presentar ofertas claras y así evitar consultas posteriores y para la elaboración de pedidos, se tienen a disposición formularios para pulsadores en caja y selectores.

Para mayores detalles, véase el catálogo NS2.

9 Apéndice

9.1 Magnitudes caracterizantes y unidades

9.1.1 Magnitudes eléctricas y sus abreviaturas según VDE e IEC (CEI)

En las determinaciones VDE y en las recomendaciones IEC (CEI) se estipulan abreviaturas para las principales magnitudes eléctricas caracterizantes.

En la tabla 9.1 se encuentran resumidas las principales magnitudes eléctricas que caracterizan a los aparatos eléctricos. Ellas fueron tomadas de las siguientes determinaciones VDE y recomendaciones IEC (CEI):

- ▷ DIN 57660/VDE 0660 9.1982. Determinaciones para aparatos de maniobra de baja tensión.
- ▷ VDE 532. Determinaciones para transformadores y bobinas de reactancia.
- ▷ DIN 57102 hoja 2/VDE 0102 parte 2 (1975). Directrices para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en instalaciones trifásicas con tensiones nominales de hasta 1000 V.
- ▷ Publicación IEC (CEI) 157-1. Interruptores de potencia.
- ▷ Publicación IEC (CEI) 158-1. Contactores.

Tabla 9.1 Magnitudes eléctricas caracterizantes y sus abreviaturas según VDE e IEC (CEI)

Abreviatura	Magnitud eléctrica caracterizante
U_i	Tensión nominal de aislamiento
U_e	Tensión nominal de servicio
U_c	Tensión nominal de accionamiento
U_s	Tensión nominal de alimentación del circuito de mando
U_{em}	Tensión nominal de servicio máxima
U_r	Tensión de restablecimiento
U_N	Tensión nominal (entre las fases), según VDE 102, Tensión nominal (entre los bornes de conexión) de un devanado de un transformador, según VDE 0532
U_0	Tensión de un transformador en vacío, según VDE 0532
U_K	Tensión de cortocircuito de un transformador, según VDE 0532
u_k	Tensión relativa de cortocircuito de un transformador, en %, según VDE 0532
U_R, u_r	Caída de tensión óhmica (de un transformador), según VDE 0532
I_{th}	Corriente nominal térmica convencional
I_{the}	Corriente nominal térmica convencional de aparatos de maniobra en cajas
I_u	Corriente nominal permanente (solamente para los interruptores de potencia)
I_e	Corriente nominal de servicio (para contactores, arrancadores, seccionadores, etc., no para interruptores de potencia)
I_c	Corriente de desconexión (categoría de servicio)
I_c	Corriente de intersección de las curvas características de disparo del relé contra sobrecargas y su dispositivo de protección contra cortocircuitos
I_{cn}	Capacidad nominal de ruptura (valor efectivo)
I_B	Corriente de intersección de dos dispositivos de protección
I_S	Corriente de intersección selectiva, para la cual solamente el interruptor de potencia abre (cuando otro dispositivo de protección esta conectado en serie al interruptor en el lado de la alimentación)
I_k	Intensidad nominal de breve duración
I_{cc}	Corriente de cortocircuito prevista (VDE 0660, IEC 157-1)
I_r	Corriente de ajuste de los disparadores con retardo dependiente de la corriente, por ej., disparadores con retardo térmico
I_a	Corriente alterna de desconexión (valor efectivo), según VDE 0102
I_p	Corriente de cortocircuito prevista, según VDE 0636
I_S	Corriente de choque (máximo valor momentáneo), según VDE 0102
I_k''	Corriente inicial alterna de cortocircuito (valor efectivo), según VDE 0102
I_k	Corriente de cortocircuito permanente (valor efectivo), según VDE 102
I_D	Corriente de cortocircuito limitada (valor de cresta), según VDE 0102
I_0	Corriente en el primario de un transformador que marcha en vacío (secundario sin carga), según VDE 0532
I_z	Cargabilidad de conductores, según VDE 0100/parte 523
S_N	Potencia nominal de un transformador, según VDE 0532 (potencia aparente en kVA o MVA)

▷ Publicación IEC (CEI) 292-1. Arrancadores de motores de baja tensión.

▷ Publicación IEC (CEI) 337-1. Interruptores para circuitos auxiliares.

▷ Publicación IEC (CEI) 408. Interruptores de baja tensión para conectar en vacío, bajo carga o motores, seccionadores de baja tensión para conectar en vacío, bajo carga o motores, así como unidades compuestas por interruptores y fusibles.

9.1.2 Símbolos para fórmulas y unidades según SI

La tabla 9.2 contiene una selección de los símbolos fórmulas y unidades SI según DIN 4897, Diciembre 1973 "Suministro de energía eléctrica – símbolos para fórmulas"[1]).

Tabla 9.2 Símbolos para fórmulas y unidades del sistema internacional (SI)

Símbolos	Significado	Unidad SI	Nombre de la unidad	Notas, conversiones
Magnitudes de longitud y superficie				
l	Largo	m	Metro	Unidad básica SI
b	Ancho	m	Metro	Unidad básica SI
a	Distancia	m	Metro	Unidad básica SI
d, δ	Espesor, grueso	m	Metro	Unidad básica SI
h	Alto	m	Metro	Unidad básica SI
d, D	Diámetro	m	Metro	Unidad básica SI
r	Radio	m	Metro	Unidad básica SI
s	Longitud de desplazamiento, longitud de la curva	m	Metro	Unidad básica SI
H	Altitud de instalación sobre el nivel del mar	m	Metro	Unidad básica SI
A	Superficie en general	m^2	Metro cuadrado	
Q, q	Sección, superficie de la sección	m^2	Metro cuadrado	
O	Superficie, superficie de enfriamiento	m^2	Metro cuadrado	
Magnitudes de tiempo				
t	Tiempo, lapso de tiempo, duración	s	Segundo	Unidad básica SI
T, τ	Constante de tiempo	s	Segundo	Unidad básica SI
T	Duración del período, Duración de la oscilación	s	Segundo	Unidad básica SI
f, ν	Frecuencia	Hz[2])	Hertz	1 Hz = 1/s
ω	Velocidad angular	1/s	Recíproco de segundo	$\omega = 2\pi f$
n	Velocidad de giro, Frecuencia de rotación	1/s[3])	Recíproco de segundo	
Magnitudes de mecánica				
m	Masa	Kg	Kilogramo	Unidad básica SI
ρ	Densidad	Kg/m^3	Kilogramo/metro cúbico	
F	Fuerza, fuerza de apoyo	N	Newton	1 N = 1 kg m/s²
p	Presión, fuerza entre superficie, Presión de fluidos	Pa	Pascal	1 Pa = 10^{-5} bar
		bar	Bar	1 bar = 10^5 Pa
W	Energía, trabajo	J	Julios	1 J = 1 Ws = 1 Nm
P	Potencia	W	Vatio	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s

[1]) Véase también: Siemens AG: Tablas técnicas – Magnitudes, fórmulas, conceptos.
[2]) Hertz (símbolo de la unidad: Hz) es el nombre especial de la unidad SI para el recíproco del segundo (símbolo de la unidad: 1/s), para la indicación de la frecuencia.
[3]) Para la indicación de la velocidad de giro, es usual la unidad recíproca del minuto (símbolo de la unidad: 1/min).

Tabla 9.2 Símbolos para fórmulas y unidades del sistema internacional (SI) (continuación)

Símbolos	Significado	Unidad SI	Nombre de la unidad	Notas, conversiones
Magnitudes de transmisión de calor				
T	Temperatura termodinámica	K	Kelvin	Unidad básica SI
δ	Temperatura Celsius	°C	Grados Celsius	$\delta = T - T_0$ con $T_0 = 273{,}15$ K
$\Delta T, \Delta\delta$	Diferencia de temperaturas, sobretemperatura	K	Kelvin	admisible también °C, 1 K = 1 °C
Q	Cantidad de calor	J	Julios	1 J = 1 Ws = 1 Nm
Magnitudes eléctricas y magnéticas (general)				
U	Tensión eléctrica	V	Voltio	1 V = 1 W/A = 1 A Ω
C	Capacidad eléctrica	F	Faradio	1 F = 1 C/V (C = Culombio, carga eléctrica)
I	Intensidad de corriente eléctrica	A	Amperio	Unidad básica SI
S, J	Densidad de corriente eléctrica	A/m^2	Amperio/metro cuadrado	
Θ	Fluctuación eléctrica	A	Amperio	$\Theta = \int_A S_a \, dA = \Phi H_s \, ds$
ρ	Resistencia eléctrica específica	Ω m	Ohmio metro	1 Ω = 1 V/A
$\varkappa, \gamma$	Conductividad eléctrica	S/m	Siemens/metro	$\varkappa = 1/\rho$
R	Resistencia eléctrica	Ω	Ohmio	1 Ω = 1 V/A
G	Conductancia eléctrica	S	Siemens	$G = 1/R$, 1 S = 1 A/V = 1/Ω
Φ	Flujo magnético	Wb	Weber	1 Wb = 1 Vs
H	Intensidad de campo magnético (Excitación magnética)	A/m	Amperio/metro	
B	Densidad de flujo magnético (inducción)	T	Tesla	1 T = 1 Wb/m²
L	Inductividad	H	Henrios	1 H = 1 Wb/A
Magnitudes de corriente alterna y de redes eléctricas				
S	Potencia aparente	VA	Voltio Amperio	1 W = 1 V · 1 A
P	Potencia activa	W	Vatio	1 W = 1 J/s = 1 N m/s
Q	Potencia reactiva	var	Voltio reactivo Amperio	
W, A	Energía, trabajo	J	Julio	1 J = 1 Nm = 1 Ws
φ	Ángulo de desfase	rad	radian	1 rad = 1 m/m
Z	Resistencia aparente, impedancia	Ω	Ohmio	
Y	Conductancia aparente, admitancia	S	Siemens	$Y = 1/Z$, 1 S = 1/Ω
R	Resistencia activa,	Ω	Ohmio	
G	Conductancia activa, conductancia	S	Siemens	$G = 1/R$, 1 S = 1/Ω
X	Resistencia reactiva, reactancia	Ω	Ohmio	
B	Conductancia reactiva, susceptancia	S	Siemens	$B = 1/X$, 1 S = 1/Ω
γ	Ángulo de impedancia	rad	radian	γ = arc tan X/R, 1 rad = 1 m/m

9.1.3 Conversiones entre unidades internacionales y unidades inglesas o de USA

La tabla 9.3 muestra los factores y/o fórmulas para las conversiones entre unidades internacionales y unidades inglesas o de USA.

Tabla 9.3 Conversiones entre unidades internacionales y unidades inglesas o de USA

Longitud

Unidad		mm	cm	m	in	ft	yd
1 Milímetro	mm	1	0,1	0,001	0,03937	0,0032808	0,0010936
1 Centímetro	cm	10	1	0,01	0,3937	0,032808	0,010936
1 Metro	m	1000	100	1	39,3701	3,28084	1,09361
1 Pulgada	in	25,4	2,54	0,0254	1	0,08333	0,02777
1 Pie	ft	304,8	30,48	0,3048	12	1	0,3333
1 Yarda	yd	914,4	91,44	0,9144	36	3	1

Superficie

Unidad		mm^2	cm^2	m^2	in^2	ft^2	yd^2
1 milímetro cuadrado	mm^2	1	0.01	0,000001	0,00155	0,0000107	0,00000119
1 centímetro cuadrado	cm^2	100	1	0,0001	0,154999	0,0010763	0,00011959
1 metro cuadrado	m^2	1000000	10000	1	1550	10,7639	1,19599
1 pulgada	in^2	645,16	6,4516	0,00064516	1		
1 pie cuadrado	ft^2	92903	929,03	0,0929	144	1	0,1111
1 yarda cuadrada	yd^2	836130	8361,3	0,83613	1296	9	1

1 "Mille Circular Mil" $= \frac{\pi}{4}\left(\frac{\text{in}}{1000}\right)^2 = 5.06707 \cdot 10^{-4}\ mm^2$

Peso

Unidad		kg	lb (av)*	
1 Kilogramo	kg	1	2,2046	
1 Libra (av)*	lb (av)*	0,4536	1	* avoirdupois

Presión para fluidos, gases y vapores

Unidad		bar	at 1 at $= 1\ kp/cm^2$	Torr 1 Torr = 1 mm Hg	mm H_2O 1 mm H_2O $= 1\ kp/m^2$	Pulgada de mercurio	Pie H_2O
1 bar	bar	1	1,0197	750	10197	29,53	33,4553
1 atmósfera técnica	at	0,980	1	735,559	104	28,959	32,8084
1 Torr	Torr	0,00133	0,001359	1	13,5951	–	–
1 mm de columna de agua	mm H_2O	98,0665	10^{-4}	$73,5559 \cdot 10^{-3}$	1	–	–
1 pulgada de mercurio		0,03386	$34,531 \cdot 10^{-3}$	–	–	1	1,1329
1 pie de agua		0,02989	$30,48 \cdot 10^{-3}$	–	–	0,8827	1

Temperatura $1\ °C = \frac{5}{9}(\vartheta - 32)\ °F$; $1\ °F = (\frac{9}{5}\vartheta + 32)\ °C$

°Celsius	°C	−10	−5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90	+100	+110	+120
°Fahrenheit	°F	14	23	32	41	50	59	68	77	86	104	122	140	158	176	194	212	230	248

9.1.4 Prefijos decimales y sus valores numéricos

En la tabla 9.4 se muestran los prefijos decimales (múltiplos y submúltiplos) para las unidades internacionales. La tabla 9.5 contiene algunos valores numéricos de uso frecuente.

Tabla 9.4
Prefijos decimales para las unidades internacionales

Potencias de 10	Denominación	Prefijo
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

Tabla 9.5 Diversos valores numéricos importantes

$\sqrt{2}$	1,41421
$\sqrt{3}$	1,73205
π	3,14159

9.2 Fórmulas fundamentales de la electrotecnia

A continuación ennumeramos algunas de las fórmulas fundamentales más importantes de la electrotecnia

Ley de Ohm	$U = I \cdot R$
Calor producido por la corriente eléctrica	$W = I^2 \cdot R \cdot t$
Resistencia de un conductor (hilo de ida y retorno)	$R = \frac{2 \cdot l}{\varkappa \cdot q}$
Potencia en corriente continua	$P = U \cdot I$
Potencia activa en corriente alterna	$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$
Potencia activa en corriente trifásica	$P = \sqrt{3}\, U \cdot I \cdot \cos\varphi$
Rendimiento	$\eta = \frac{P_1}{P_2}$

Las fórmulas para el cálculo de la caída de tensión en conductores, así como de la sección de los mismos se encuentran resumidas en la tabla 9.6.

Tabla 9.6
Fórmulas para el cálculo de la caída de tensión y de la sección de conductores

	Corriente continua y corriente alterna monofásica (sin inducción $\cos\varphi = 0$)	Corriente trifásica
Caída de tensión en V		
Conociendo la corriente	$u = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot q}$	$u = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot q}$
Conociendo la potencia	$u = \frac{2 \cdot l \cdot P}{\varkappa \cdot q \cdot U}$	$u = \frac{l \cdot P}{\varkappa \cdot q \cdot U}$
Sección del conductor en mm²		
Conociendo la corriente	$q = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\varkappa \cdot u}$	$q = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos\varphi}{\varkappa \cdot u}$
Conociendo la potencia	$q = \frac{2 \cdot l \cdot P}{\varkappa \cdot u \cdot U}$	$q = \frac{l \cdot P}{\varkappa \cdot u \cdot U}$

Aquí significan:

U Tensión de servicio en V
entre ambos conductores, en instalaciones de dos conductores;
entre los dos polos, en instalaciones de corriente continua de tres conductores;
entre dos fases, en instalaciones trifásicas

u Caída de tensión en V entre el principio y el final del conductor

I Corriente que circula por un conductor en A (amperios)

R Resistencia en Ω (ohmios)

W Trabajo en Ws (vatios-segundos)

P Potencia en W (vatios)

P_1 Potencia entregada en W (vatios)

P_2 Potencia absorbida en W

η Rendimiento

$\varkappa$ Conductibilidad en $\frac{S \cdot m}{mm^2}$
(por ej., para cobre 56, para aluminio 34, para zinc 16, para hierro 7 a 10)

$\cos\varphi$ Factor de potencia

q Sección del conductor en mm²

l Longitud sencilla del tramo de conductor a considerar en m

t Tiempo en s (segundos)

9.3 Conductores, cables y barras colectoras

9.3.1 Sección y diámetro de conductores de cobre según VDE, así como de normas inglesas y de USA

La tabla 9.7 contiene los tamaños de los cables según distintas normas, ordenados según la sección nominal (en mm²):

▷ Tamaño de los conductores en mm² según VDE,

▷ tamaño de los conductores según NBS (New British Standard: antigua norma inglesa en desuso,

Tabla 9.7 Sección y diámetro de conductores de cobre según VDE, así como de normas inglesas y de USA

Sección nominal mm²	Diámetro nominal [1] mm	Denominación del tamaño del conductor
0,65	1,1	NBS 3/.020
0,65	0,92	NBS 1/.36
0,75		0,75
0,821	1,02	AWG 18
0,97	1,12	NBS 1/.044
1	1,2	1
1,039	1,15	AWG 17
1,29	1,58	NBS 3/.029
1,307	1,29	AWG 16
1,5	1,4 (1,7)	1,5
1,652	1,65	AWG 15
1,94	1,99	NBS 3/.036
1,94	1,63	NBS 1/.064
2,083	1,85	AWG 14
2,5	1,8 (2,2)	2,5
2,625	2,08	AWG 13
2,9	2,21	NBS 7/.029
3,309	2,34	AWG 12
4	2,3 (3,1)	4
4,17	2,61	AWG 11
4,52	2,75	NBS 7/.036
5,26	2,95	AWG 10
6	2,8 (3,8)	6
6,45		NBS 7/.044
6,634	3,3	AWG 9
8,366	3,71	AWG 8
9,35	3,97	NBS 7/.052
10	3,6 (5)	10
10,55	4,17	AWG 7
13,296	4,67	AWG 6
14,52	4,88	NBS 7/.064
16	5,2 (6,3)	16
16,767	5,23	AWG 5
19,35	5,59	NBS 19/.044
21,15	5,89	AWG 4
25	6,5 (8)	25
25,81	6,61	NBS 19/.052
26,662	6,6	AWG 3
33,625	7,42	AWG 2
35	7,8 (9,2)	35
38,71	8,13	NBS 19/.064
42,406	8,43	AWG 1
48,5		NBS 19/.072
50	9,3 (11)	50
53,508	9,47	AWG 1/0
64,52	10,6	NBS 19/.083
67,442	10,62	AWG 2/0
70	11 (13)	70
77,5		NBS 37/.064
85.024	11,94	AWG 3/0
95	12,8 (15,2)	95
96,77	12,8	NBS 37/.072
107,218	13,41	AWG 4/0
120	14,5 (17)	120
126,675	14,61	MCM 250
129,03	14,8	NBS 37/.083
150	16,2	150
152,01	16	MCM 300
162		NBS 37/.093
177,345	17,3	MCM 350
185	18	185
193,55	18,4	NBS 37/.103
202,68	18,49	MCM 400
228,02	19,56	MCM 450
240	20,5	240
253,35	20,65	MCM 500
258,06	21,3	NBS 61/.093
278,71	21,72	MCM 550
300		300
304	22,68	MCM 600
322,58	23,6	NBS 61/.103
329,35	23,6	MCM 650
354,71	24,49	MCM 700
380	25,35	MCM 750
400		400

[1]) Los valores para los conductores según VDE valen para el tipo NYA, entre paréntesis se dan los valores para el tipo NYAF

ampliamente sustituida por el sistema métrico). En la abreviatura se indica la cantidad y el diámetro (en pulgadas) de los hilos de los conductores multifilares, por ej., NBS 3/.020 significa: 3 hilos, c/u con un diámetro de 0.02 pulgadas.

▷ tamaño de los conductores designado en AWG y MCM según normas de USA.
AWG (American Wire Gauge): Medida normalizada para conductores de secciones de hasta 107,2 mm² (AWG 4/0, también AWG 0000).
MCM (Mille Circular Mil): Medida normalizada para conductores de secciones a partir de 126,68 mm² (MCM 250).

Tabla 9.8
Cargabilidad I_z de conductores aislados y de cables tendidos sin enterrar, para una temperatura ambiente de 30 °C (según DIN 57100, parte 523/VDE 0100, parte 523, sección 5.1, tabla 2)

Sección nominal mm²	Cargabilidad I_z					
	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Cu A	Al A	Cu A	Al A	Cu A	Al A
0,75	–	–	12	–	15	–
1	11	–	15	–	19	–
1,5	15	–	18	–	24	–
2,5	20	15	26	20	32	26
4	25	20	34	27	42	33
6	33	26	44	35	54	42
10	45	36	61	48	73	57
16	61	48	82	64	98	77
25	83	65	108	85	129	103
35	103	81	135	105	158	124
50	132	103	168	132	198	155
70	165	–	207	163	245	193
95	197	–	250	197	292	230
120	235	–	292	230	344	268
150	–	–	335	263	391	310
185	–	–	382	301	448	353
240	–	–	453	357	528	414
300	–	–	504	409	608	479
400	–	–	–	–	726	569
500	–	–	–	–	830	649

Grupo 1: Uno o varios cables de un conductor tendidos en un tubo, por ej., Conductores H07V-U según DIN 57281, parte 103/VDE 0281, parte 103)
Grupo 2: Cables de varios conductores, por ej., conductores revestidos, conductores tubulares, conductores con envoltura de plomo, conductores móviles
Grupo 3: Cables y líneas aéreas de un conductor; la distancia entre ellas debe ser, como mínimo, igual a su diámetro
Nota: En instalaciones de maniobra y distribuciones deben respetarse los valores del grupo considerado

9.3.2 Cargabilidad de conductores aislados, cables y barras colectoras, así como coordinación con dispositivos de protección

9.3.2.1 Cargabilidad de conductores aislados y de cables tendidos sin enterrar

Las tablas 9.8 y 9.9 muestran la cargabilidad de conductores aislados y de cables tendidos sin enterrar, para temperaturas ambiente de 30 °C y sobre 30 hasta 55 °C respectivamente, según DIN 57100 parte 523/6.81.

Tabla 9.9
Cargabilidad I_z de conductores aislados y de cables tendidos sin enterrar, para temperaturas ambiente sobre 30 hasta 55 °C
(según DIN 57100, parte 523/VDE 0100, parte 523, sección 5.1, tabla 3)

Temperatura ambiente	Cargabilidad I_z, en % de los valores de la tabla 9.8	
	Aislamiento de goma, temperatura admisible del conductor 60 °C	Aislamiento de PVC, temperatura admisible del conductor 70 °C
°C		
sobre 30 hasta 35	91	94
sobre 35 hasta 40	82	87
sobre 40 hasta 45	71	79
sobre 45 hasta 50	58	71
sobre 50 hasta 55	41	61

Para la cargabilidad de cables con aislamiento de papel impregnado y envoltura metálica, véase VDE 0255/11.72

9.3.2.2 Protección de conductores según su sección

La tabla 9.10 muestra una sinopsis de las coordinaciones entre fusibles para la protección de conductores según DIN 57636/VDE 0636, automáticos (termomagnéticos) según DIN 57641 e interruptores de potencia según VDE 0660 con la sección de los conductores.

Tabla 9.10
Coordinación de fusibles e interruptores para protección de conductores con la sección de los mismos
(según DIN 57100, parte 430/VDE 0100, parte 430, 6.81, sección 5.2, tabla 1)

Sección nominal	Corrientes nominales					
	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
mm²	Cu A	Al A	Cu A	Al A	Cu A	Al A
0,75	–	–	6	–	10	–
1	6	–	10	–	10	–
1,5	10	–	10 [1])	–	20	–
2,5	16	10	20	16	25	20
4	20	16	25	20	35	25
6	25	20	35	25	50	35
10	35	25	50	35	63	50
16	50	35	63	50	80	63
25	63	50	80	63	100	80
35	80	63	100	80	125	100
50	100	80	125	100	160	125
70	125	–	160	125	200	160
95	160	–	200	160	250	200
120	200	–	250	200	315	200
150	–	–	250	200	315	250
185	–	–	315	250	400	315
240	–	–	400	315	400	315
300	–	–	400	315	500	400
400	–	–	–	–	630	500
500	–	–	–	–	630	500

[1]) Para la protección de cables con solo dos conductores cargados pueden continuar empleandose dispositivos de protección para 16 A, hasta que se establezca a nivel internacional su cargabilidad

Grupos 1 a 3: Véanse aclaraciones en la tabla 9.8

9.3.2.3 Cargabilidad de conductores aislados a temperaturas ambiente entre 30 y 70 °C y coordinación para protección mediante fusibles según normas de USA y Canadá

Los datos de las tablas 9.11 y 9.12 fueron tomados de las siguientes determinaciones:

USA National Electrical Code 1975, tablas 310–16 hasta 310–19.

Canadá Canadian Electrical Code, parte 1, 1972, tablas 1–4a, 13.

Para el cableado de aparatos de maniobra para uso industrial se emplean normalmente los siguientes conductores:

▷ Para corrientes nominales de hasta 100 A: Conductor del tipo R (aislamiento de goma) o del tipo T (aislamiento termoplástico), temperatura límite 60 °C.

▷ Para corrientes nominales superiores a 100 A: Conductor del tipo RH (aislamiento de goma, resistente al calor) o del tipo THW (aislamiento termoplástico, resistente al calor y a la humedad), temperatura límite 75 °C.

La sección de los conductores y la corriente nominal de los fusibles de protección para temperaturas ambiente superiores a 30 °C se determinan de la siguiente manera:

De la tabla 9.12 se toma el factor de carga permanente admisible para la temperatura ambiente deseada. La cargabilidad admisible deseada se divide entre el factor determinado anteriormente. En base al resultado de la división se elige un conductor de la tabla 9.11. La corriente nominal de los fusibles de protección debe ser igual a la de los fusibles previstos para la protección de los conductores que se utilizarían si la temperatura ambiente fuese 30 °C, según la tabla 9.11.

Ejemplo

Tres conductores tipo RH tendidos en un tubo deben ser aptos para una intensidad permanente de 100 A a una temperatura ambiente de 50 °C.

Según la tabla 9.12 la cargabilidad admisible es el 75% de los valores indicados en la tabla 9.12, por tanto, de la tabla 9.11 debe elegirse un conductor para una carga de 100/0,75 = 133 A.

Tabla 9.11
Carga admisible de conductores aislados para temperaturas ambiente de hasta 30 °C (según determinaciones de USA y Canadá)

Tamaño del conductor AWG[1]) MCM	Sección nominal	Para 30 °C temperatura ambiente. Hasta tres conductores en un tubo, o cable de tres conductores						Para 30 °C temperatura ambiente Un conductor aislado aéro					
		Conductor de cobre			Conductor de alumino			Conductor de cobre			Conductor de alumino		
		Carga permanente admisible		Corriente nominal del fusible	Carga permanente admisible		Corriente nominal del fusible	Carga permanente admisible		Corriente nominal del fusible	Carga permanente admisible		Corriente nominal del fusible
		Tipo R, T	Tipo RH, THW		Tipo R, T	Tipo RH, THW		Tipo R, T	Tipo RH, THW		Tipo R, T	Tipo RH, THW	
	mm²	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
14	2,08	15		15	–		–	20		20	–		–
12	3,31	20		20	15		15	25		25	20		20
10	5,26	30		30	25		25	40		40	30		30
8	8,37	40		40	30		30	55		60	45		45
6	13,3	55		60	40		40	80		80	60		60
4	21,15	70		70	55		60	105	125	110/125[2])	80	100	80/100[2])
3	26,66	80	100	80/100[2])	65		70		145	150	95	115	100/125[2])
2	33,63	95	115	100/125[2])	75		80		170	175	110	135	110/150[2])
1	42,41	110	130	110/150[2])	85	100	90/100[2])		195	200		155	175
1/0	53,51		150	150	100	120	100/125[2])		230	250		180	200
2/0	67,44		175	175		135	150		265	300		210	225
3/0	85,02		200	200		155	175		310	350		240	250
4/0	107,22		230	250		180	200		360	400		280	300
250	126,68		255	300		205	225		405	450		315	350
300	152,01		285	300		230	250		445	450		350	350
350	177,35		310	350		250	250		505	600		395	400
400	202,68		335	350		270	300		545	600		425	450
500	253,35		380	400		310	350		620	700		485	500
600	304,0		420	450		340	350		690	700		545	600
700	354,71		460	500		375	400		755	800		595	600
750	380,0		475	500		385	400		785	800		620	700
800	405,36		490	500		395	400		815	800		645	700
900	456,04		520	600		425	450		870	1000		700	700
1000	506,70		545	600		445	450		935	1000		750	800
1250	633,38		590	600		485	500		1065	1200		855	1000
1500	760,05		625	700		520	600		1175	1200		950	1000
1750	886,7		650	700		545	600		1280	1200		1050	1000
2000	1013,4		665	700		560	600		1385	1600		1150	1200

[1]) AWG American Wire Gauges, medida normalizada de USA para la sección de conductores hasta 107,2 mm²
MCM Mille Circular Mil (1 MCM ≙ 0,5067 mm²), medida normalizada de USA para la sección de conductores a partir de 126,7 mm²
[2]) Primera cifra para los conductores tipo R y T, segunda cifra para los conductores tipo RH y THW

El conductor necesario tipo RH es del tamaño AWG 1/0.

La corriente nominal del fusible, en conformidad con la carga permanente, es de 100 A (fusible correspondiente a un conductor RH para una carga permanente de 100 A a 30 °C, es decir, a un conductor tamaño AWG 3).

Tabla 9.12
Carga admisible de conductores aislados para temperaturas ambiente sobre 30 °C hasta 70 °C

Temperatura ambiente	Carga permanente admisible, en % de los valores de la tabla 9.11	
	Conductores aislados	
°C	Tipo R, T	Tipo RH, THW
sobre 30 hasta 40	82	88
sobre 40 hasta 45	71	82
sobre 45 hasta 50	58	75
sobre 50 hasta 55	41	67
sobre 55 hasta 60	–	58
sobre 60 hasta 70	–	35

9.3.2.4 Cargabilidad de barras colectoras

Para la elección de las barras colectoras hay que tomar en cuenta:

- ▷ las temperaturas indicadas en las determinaciones VDE para las barras colectoras y para los aparatos,
- ▷ las indicaciones adicionales del fabricante sobre los aparatos conectados,
- ▷ las temperaturas límite admisibles de los aparatos que se encuentran en las proximidades de las barras colectoras,
- ▷ las temperaturas límite admisibles de los aislantes.

Temperaturas límite permanentes de diversos aparatos/partes:

- ▷ Empalmes de barras colectoras con pernos, según DIN 43673,
  engrasados y sin oxidos 120 °C
  bañados en plata o tratados en forma equivalente 160 °C
- ▷ Apoyos y pasamuros según VDE 0674 parte 1 85 °C
- ▷ Materiales aislantes clasificados según VDE 0530, parte 1 (Publicación IEC (CEI) 85) sobre 90 °C

Barras de cobre

En la tabla 9.13 se muestra la cargabilidad de barras colectoras de cobre para una temperatura ambiente de 35 °C y una temperatura límite admisible de las barras de 65 °C.

Para otras temperaturas ambiente y/o temperaturas admisibles de las barras colectoras, hay que dividir los valores de la tabla 9.13 entre el factor k_2 de la figura 9.1.

Ejemplo

Para una instalación de maniobra de baja tensión se necesitan barras colectoras de cobre de sección rectangular, pintadas, para 250 A, 50 Hz. La temperatura ambiente de 55 °C la temperatura límite admisible de las barras colectoras tiene un valor de 75 °C.

De la figura 9.1 resulta para este caso un factor $k_2 = 0{,}76$.

Las barras colectoras se eligen para una corriente de $250/0{,}76 \approx 330$ A segun la tabla 9.13.

Tabla 9.13
Barras de cobre según DIN 43671/12.75 (extracto) para una temperatura ambiente de 35 °C y una temperatura límite admisible de las barras de 65 °C
Corriente alterna hasta 60 Hz

Ancho × espesor	Sección	Peso	Material	Corriente permanente							
				Corriente alterna hasta 60 Hz				Corriente continua y corriente alterna hasta 16 2/3 Hz			
				N.° de barras paralelas pintadas		N.° de barras desnudas pintadas		Barras pintadas Barras paralelas		Barras desnudas Barras paralelas	
				1 | A	2 || A	1 | A	2 || A	1 | A	2 || A	1 | A	2 || A
mm	mm²	kg/m									
20 × 5	99,1	0,882	E-CuF30	319	560	274	500	320	562	274	502
30 × 5	149	1,33		447	760	379	672	448	766	380	676
40 × 5	199	1,77		573	952	482	836	576	966	484	848
50 × 5	249	2,22		697	1140	583	994	703	1170	588	1020
20 × 10	199	1,77	E-CuF25	497	924	427	825	499	932	428	832
30 × 10	299	2,66		676	1200	573	1060	683	1230	579	1080
40 × 10	399	3,55		850	1470	715	1290	865	1530	728	1350
50 × 10	499	4,44		1020	1720	852	1510	1050	1830	875	1610
60 × 10	599	5,33		1180	1960	985	1720	1230	2130	1020	1870
80 × 10	799	7,11		1500	2410	1240	2110	1590	2730	1310	2380
100 × 10	999	8,89		1810	2850	1490	2480	1940	3310	1600	2890
120 × 10	1200	10.7		2110	3280	1740	2866	2300	3900	1890	3390
160 × 10	1600	14,2		2700	4130	2220	3590	3010	5060	2470	4400
200 × 10	2000	17,8		3290	4970	2690	4310	3720	6220	3040	5390

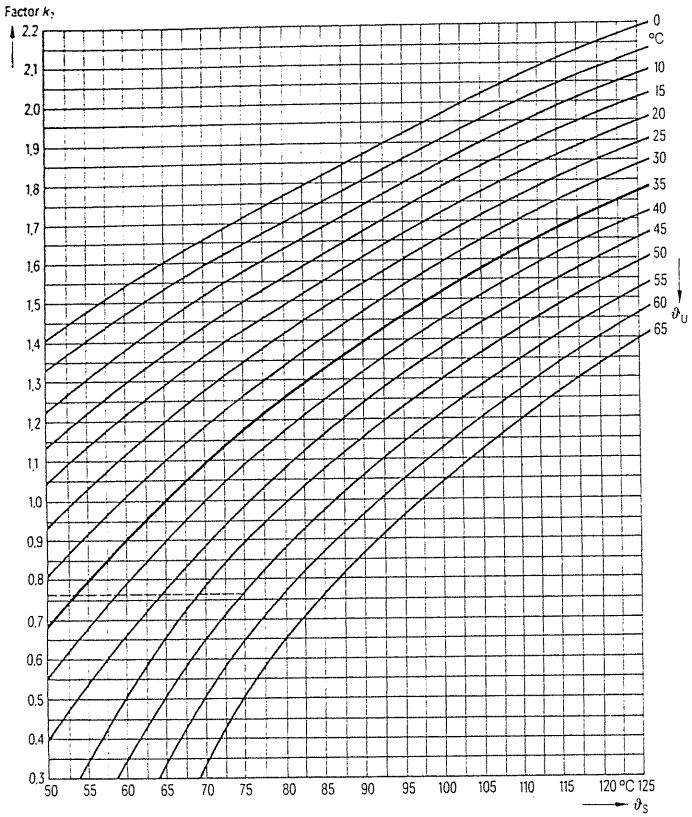


Fig. 9.1
Factor k_2 para determinar la sección de barras de cobre para temperaturas ambiente ϑ_u diferentes a 35 °C y/o temperaturas límite de las barras diferentes a 65 °C

Barras de aluminio

Para la construcción de barras colectoras de aluminio se aconseja la utilización de E-AlMgSi05F17. Esta recomendación se efectúa en consideración a la resistencia dinámica y a la utilización de pernos de la clase de calidad 8 y, con ello, a la cargabilidad y a los esfuerzos por temperatura.

9.3.2.5 Resistencia de conductores de cobre y aluminio

En la tabla 9.14 se muestra la resistencia óhmica de conductores de cobre a una temperatura de 70 °C y de conductores de aluminio a una temperatura de 80 °C.

Los valores de la resistencia inductiva X_L que se muestran en la tabla 9.15 para los conductores de cobre y aluminio tienen validez para una frecuencia de la red de 50 Hz. Para otras frecuencias debe aplicarse el factor de conversión proporcional $f_2/50$, por ej., para 60 Hz:

$X_{60\,Hz} = X_{50\,Hz} \cdot 60/50.$

Tabla 9.14
Resistencia óhmica de conductores de cobre y aluminio

Cobre		Aluminio	
Sección mm²	Resistencia óhmica por conductor a 70 °C Ω/km	Sección mm²	Resistencia óhmica por conductor a 80 °C Ω/km
0,75	29	25	1,495
1	21,7	35	1,092
1,5	14,47	50	0,8
2,5	8,71	70	0,554
4	5,45	95	0,401
6	3,62	120	0,318
10	2,16	150	0,26
16	1,36	185	0,209
25	0,863	240	0,161
35	0,627	300	0,131
50	0,463		
70	0,321		
95	0,232		
120	0,184		
150	0,15		
185	0,1202		
240	0,0922		
300	0,0745		

Tabla 9.15
Resistencia inductiva X_L de conductores de cobre y aluminio a 50 Hz (para otras frecuencias convertir proporcionalmente los valores)

Sección	Cable para 0,6/1 kV		
	NKBA, de cuatro conductores X_L	NKLEY, de tres conductores X_L	NYY, NYCY, NYCWY, de cuatro conductores X_L
mm²	Ω/km	Ω/km	Ω/km
1,5	–	–	0,115
2,5	–	–	0,110
4	–	–	0,107
6	–	–	0,101
10	–	–	0,095
16	0,099	–	0,090
25	0,094	–	0,088
35	0,092	–	0,085
50	0,090	0,071	0,085
70	0,087	0,069	0,082
95	0,086	0,068	0,082
120	0,085	0,067	0,080
150	0,086	0,068	0,080
185	0,085	0,067	0,080
240	0,084	0,066	0,080
300	0,084	–	0,080

9.3.3 Fuerza ejercida por la corriente de choque de cortocircuitos

La fuerza que se presenta cuando una corriente de cortocircuito fluye a través de conductores puede alcanzar valores muy grandes. En la figura 9.2 se muestra esta fuerza F, en dependencia del valor de cresta de la corriente de cortocircuito, con la distancia a entre los conductores como parámetro.

Ejemplo

Corriente de choque de cortocircuito $I_S = 80$ kA; distancia entre los conductores $a = 30$ cm; longitud de los conductores entre 2 apoyos $l = 50$ cm.

En el diagrama se leen 43 N/cm, los cuales deben multiplicarse por la longitud del conductor entre dos apoyos:

$F = 43 \text{ N/cm} \cdot 50 \text{ cm} = 2150 \text{ N}.$

El cálculo de la fuerza, con la fórmula

$$F = \frac{0{,}2 \cdot I_S^2 \cdot l}{a}$$ tiene como resultado:

$$F = \frac{0{,}2 \cdot 80^2 \cdot 50}{30} = 2133 \text{ N}.$$

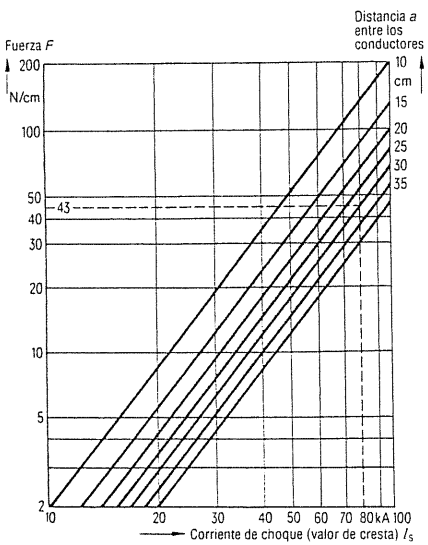


Fig. 9.2
Fuerza ejercida por la corriente de choque de cortocircuitos, en dependencia de la distancia entre los conductores

9.4 Corrientes nominales de motores trifásicos

La tabla 9.16 muestra las corrrientes nominales de los motores Siemens con rotor de jaula, de 4 polos, tipo 1 LA en ejecución básica (valores tomados de catálogo M 1).

Tabla 9.16
Corrientes nominales de motores Siemens con rotor de jaula, tipo 1 LA en ejecución básica. Clase de protección IP 54, cuatro polos (a 50 Hz, 1 500 min^{-1})

Potencia nominal		Factor de potencia	Corriente nominal I_N a 380 V	Corriente de arranque como múltiplo de I_n
kW	PS	cos φ	A	
0,06	1/12	0,74	0,22	2,8
0,09	1/8	0,74	0,31	3,0
0,12	1/6	0,75	0,44	3,0
0,18	1/4	0,75	0,61	3,0
0,25	1/3	0,76	0,78	3,4
0,37	1/2	0,76	1,12	3,7
0,55	3/4	0,80	1,47	4,7
0,75	1	0,80	1,95	5,0
1,1	1,5	0,81	2,8	5,0
1,5	2	0,82	3,7	4,9
2,2	3	0,82	5,2	6,0
3	4	0,83	6,8	6,2
4	5,5	0,83	8,8	7,0
5,5	7,5	0,85	11,7	7,0
7,5	10	0,85	15,6	7,6
11	15	0,86	22	7,6
15	20	0,86	29	7,7
18,5	25	0,83	37,5	6,4
22	30	0,83	44	6,4
30	40	0,83	60	6,4
37	50	0,84	73	6,4
45	60	0,84	88	6,4
55	75	0,86	104	6,4
75	100	0,86	140	6,4
90	125	0,86	168	6,4
110	150	0,86	205	6,5
132	180	0,87	245	6,5
160	220	0,87	290	6,9
200	270	0,88	360	6,9
240	325	0,88	430	6,9
300	410	0,89	530	7,0
350	475	0,89	620	7,0

Tabla 9.17
Valores de orientación para las corrientes nominales de motores trifásicos según determinaciones británicas (BS), de USA (ANSI), canadienses (CSA) y francesas (NF)

Potencia nominal del motor	Valores de orientación para las corrientes nominales de motores trifásicos según BS 587, 1957 para 415 V	según ANSI C1–1975 y CSA C22.1–1972 para 115 V	230 V	460 V	575 V	Potencia nominal del motor	Valores de orientación para las corrientes nominales de motores trifásicos de 4 polos, según NF C63-110, 1970 para 220 V	380 V	500 V
HP	A	A	A	A	A	kW	A	A	A
1/2	–	4	2	1	0,8	0,55	2,75	1,6	1,2
3/4	–	5,6	2,8	1,4	1,1	0,75	3,5	2	1,5
1	2	7,2	3,6	1,8	1,4	1,1	4,4	2,6	2
1 1/2	2,5	10,4	5,2	2,6	2,1	1,5	6	3,5	2,6
2	3,5	13,6	6,8	3,4	2,7	2,2	8,7	5	3,8
3	5	–	9,6	4,8	3,9	3	11,5	6,6	5
4	6,5	–	–	–	–	4	14,5	8,5	6,5
5	7,5	–	15,2	7,6	6,1	5,5	20	11,5	9
7 1/2	11	–	22	11	9	7,5	27	15,5	12
10	14	–	28	14	11	10	35	20	15
12 1/2	17	–	–	–	–	11	39	22	17
15	21	–	42	21	17	15	52	30	23
20	28	–	54	27	22	18,5	64	37	28,5
25	35	–	68	34	27	22	75	44	33
30	40	–	80	40	32	30	103	60	45
35	47	–	–	–	–	37	126	72,5	55
40	55	–	104	52	41	45	147	85	65
45	60	–	–	–	–	55	182	105	80
50	66	–	130	65	52	75	239	138	105
60	80	–	154	77	62	90	295	170	129
70	95	–	–	–	–	110	356	205	156
75	–	–	192	96	77	132	425	245	187
80	105	–	–	–	–	160	520	300	228
90	120	–	–	–	–	200	640	370	281
100	135	–	248	124	99	220	710	408	310
125	165	–	312	156	125	250	823	475	360
150	200	–	360	180	144				
175	230	–	–	–	–				
200	260	–	480	240	192				
225	290	–	–	–	–				
250	325	–	602	302	242				
300	385	–	–	361	289				
350	450	–	–	414	336				
400	500	–	–	477	382				
500	–	–	–	590	472				

9.5 Potencia de condensadores para mejorar el factor de potencia

Cuando se proyectan instalaciones, puede considerarse que los consumidores de potencia reactiva trabajan con un factor de potencia medio de aproximadamente cos $\varphi = 0{,}7$. Para la compensación se necesita una potencia reactiva Q_c, cuyo valor es aproximadamente igual al 50% de la potencia efectiva, es decir.

$Q_c \approx 0{,}5 \cdot P$.

Para corregir un factor de potencia conocido puede emplearse la tabla 9.18. Para un cálculo exacto puede utilizarse la fórmula:

$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$.

Aqui significan:

Q_c Potencia requerida de los condensadores
P Potencia efectiva
φ_1 Angulo de desfasaje correspondiente al cos φ existente
φ_2 Angulo de desfasaje correspondiente al cos φ deseado

Compensación de motores asíncronos

Cuando se compensan motores asíncronos, la potencia de los condensadores Q_c no debe ser mayor que el 90% de la potencia reactiva del motor cuando trabaja en vacío. En caso contrario, existe el peligro de autoexitación cuando el motor gira hasta pararse cuando es desconectado. Esto tiene como consecuencias una elevada sobretensón en los bornes del motor.

Para la práctica vale:

$Q_c \approx 0{,}35 \cdot P_{mot}$

P_{mot} Potencia nominal del motor

Bajo condiciones desfavorables, por ej., cuando los motores arrancan frecuentemente o trabajan a menudo en vacío o a media carga, una compensación dimensionada como se indico anteriormente no es suficiente, el factor de potencia puede permanecer por debajo de 0.9. En dichos casos hay que prever una compensación adicional, por ej., con una unidad central de regulación.

Para mayores detalles, véanse el capítulo 3.5.6 y el catálogo K.

Ejemplo

Se desea mejorar el factor de potencia existente de cos $\varphi = 0{,}76$ a cos $\varphi = 0{,}9$.

De la tabla 9.18 resulta una potencia de los condensadores de 0,37 kVar por cada kW de potencia efectiva.

Con una potencia efectiva de 140 kW (por ej., lectura del contador), la potencia necesaria de los condensadores tiene un valor de $0{,}37 \cdot 140 = 51{,}8$ kVar, potencia elegida: 50 kVar.

Tabla 9.18
Potencia de condensadores para mejorar el factor de potencia

Factor de potencia existente cos φ_1	Potencia de los condensadores en kvar por kW de potencia activa para mejorar el factor de potencia a cos φ_2 = 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

9.6 Curvas características de tiempo y corriente

Curvas características del tiempo de fusión y corriente de fusibles NH

Las figuras 9.3 y 9.4 muestran las curvas características del tiempo de fusión y corriente de fusibles NH de las clases de servicio gL y aM respectivamente.

Curvas características de disparo de interruptores de potencia y relés contra sobreintensidades

En el catálogo NS1 se muestran las curvas características de disparo de los interruptores de potencia

3VE para la protección de motores,
3VN para la protección de arrancadores,
3VT para la protección de distribuciones,
3VS con limitación de la corriente y
3WE para selectividad con escalonamiento del tiempo de disparo,

así como de los disparadores sin retardo contra sobreintensidades

3UG1 en ejecución electromecánica y
3UG9 en ejecución electrónica.

En el catálogo NS2 se muestran las curvas características de disparo de los relés térmicos contra sobrecargas 3UA y 3UC.

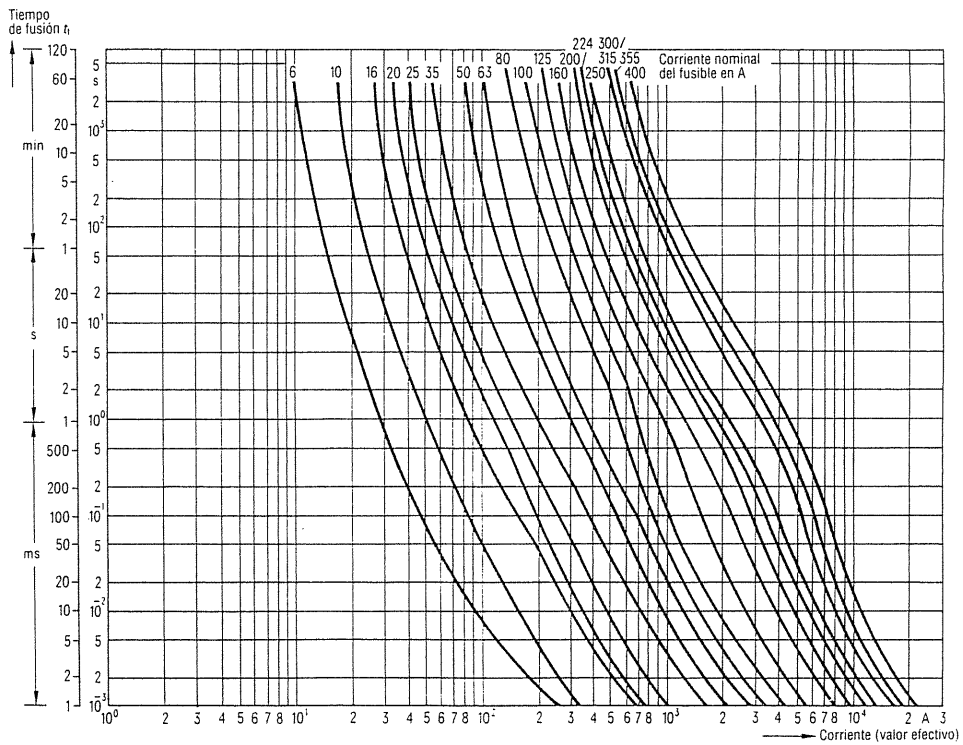


Fig. 9.3
Curva característica de tiempo de fusión y corriente de los fusibles NH, clase de servicio gL, tipo 3NA4

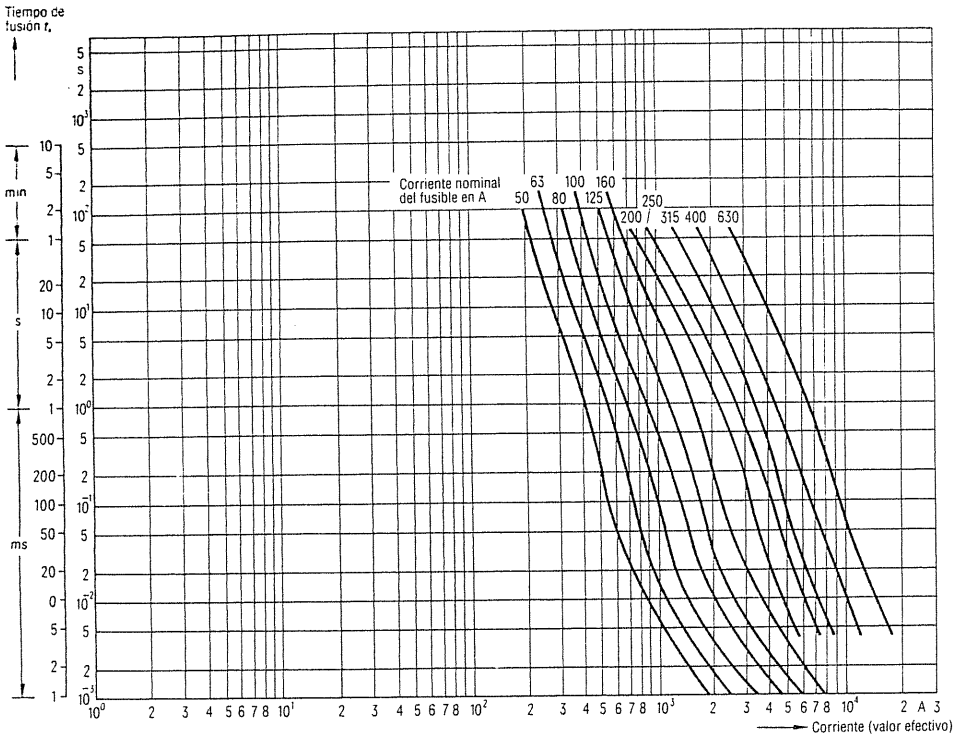
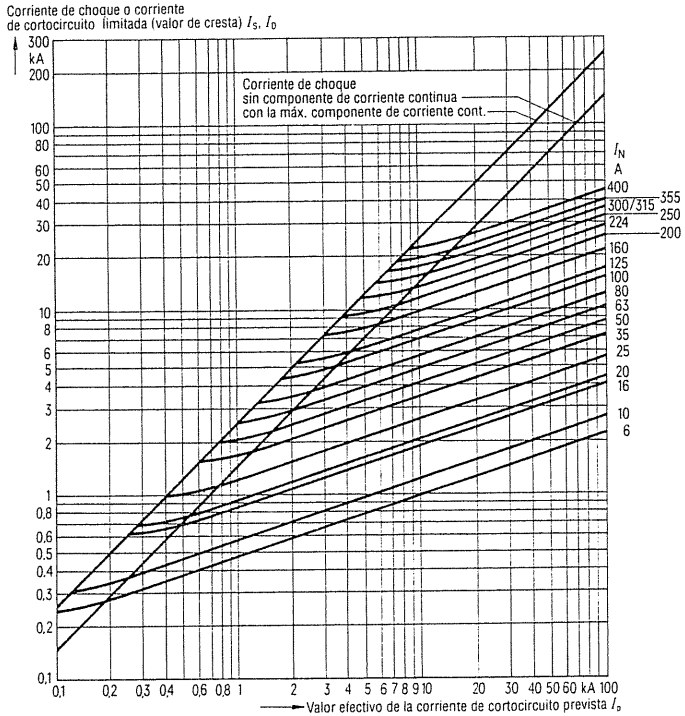


Fig. 9.4
Curva característica de tiempo de fusión y corriente de los fusibles para protección de aparatos de maniobra, clase de servicio aM, tipo 3ND

9.7 Diagramas de limitación de la corriente

Las figuras 9.5, 9.6 y 9.7 muestran los diagramas de limitación de la corriente (diagramas de la corriente de cortocircuito limitada) de fusibles NH de las clases de servicio gL y aM para distintas tensiones nominales.

Para los diagramas de limitación de la corriente (diagramas de la corriente de cortocircuito limitada) de los interruptores de potencia, véase el catálogo NS 1.



I_N Corriente nominal del fusible

Fig. 9.5
Curvas características de limitación de la corriente de los fusibles NH, clase de servicio gL, tipo 3NA4, para 500 V~, $\cos\varphi = 0{,}1$ a 0,7

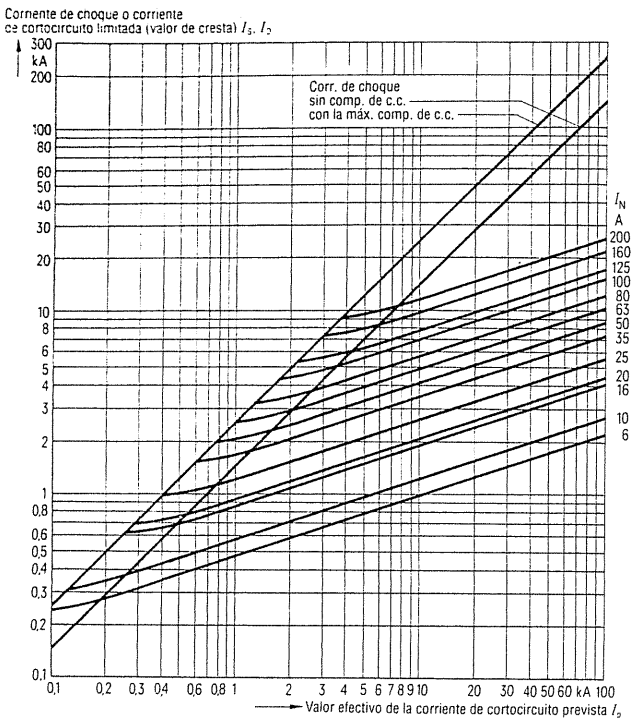
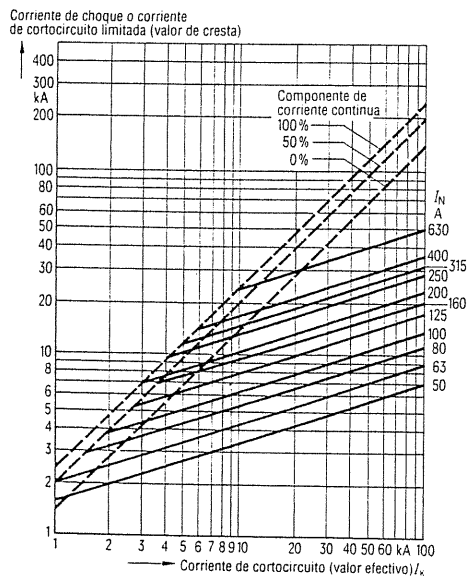


Fig. 9.6
Curvas características de limitación de la corriente de los fusibles NH, clase de servicio gL, tipo 3NA4, para 660 V~, $\cos\varphi = 0{,}1$ a 0,7



I_N Corriente nominal del fusible

Fig. 9.7
Curvas características de limitación de la corriente de fusibles para protección de aparatos de maniobra, clase de serivicio aM, tipos 3ND8 (corrientes nominales de 50 a 160 A) para 550 V~ y 3ND1 (corrientes nominales de 200 a 630 A) para 660 V~, $\cos\varphi \leqq 0{,}7$

9.8 Tablas de selectividad

Selectividad entre fusibles NH

De la figura 9.8, así como de la tabla 9.19 puede leerse la selectividad entre fusibles NH.

Selectividad entre fusibles NH, tipo 3NA, para la protección de conductores, y fusibles de alta tensión HH

Esta selectividad se trata en el catálogo HG 12.

Selectividad entre interruptores de potencia y entre interruptores de potencia y fusibles

En el capítulo 3.4.4 se dan amplias indicaciones para la selectividad entre interruptores de potencia y entre interruptores de potencia y fusibles.

Tabla 9.19
Selectividad entre fusibles para protección de aparatos de maniobra, tipo 3ND1, y fusibles para protección de conductores, tipo 3NA

Postconectado	Preconectado		
Fusible para protección de aparatos de maniobra I_{N2}	Fusibles para protección de conductores, tipos 3NA1 y 3NA4, con tensiones alternas de servicio		
	380 V	500 V	660 V
A	I_{N1} en A	I_{N1} en A	I_{N1} en 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

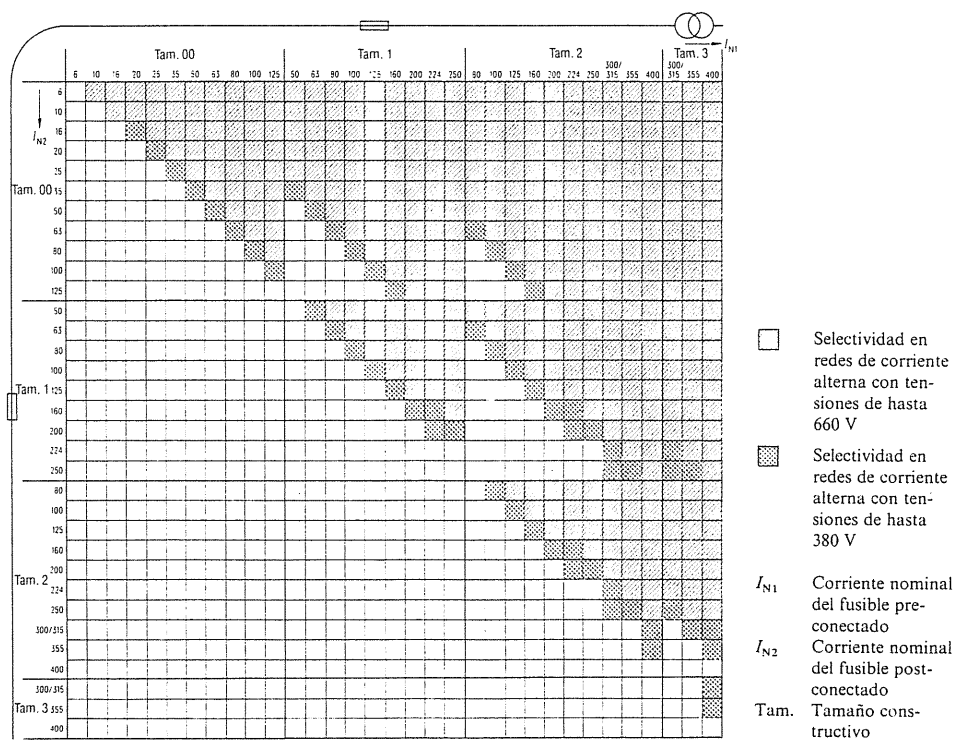


Fig. 9.8 Selectividad de fusibles NH, clase de servicio gL, tipo 3NA4, entre ellos

9.9 Vocabulario técnico, aclaraciones cortas

Si ante una palabra se encuentra el simbolo →, dicha palabra también es aclarada en este capitulo.

a

Abreviatura para la designación de relés o disparadores de sobrecargas con retardo dependiente de la corriente.

Accionamiento a distancia

→ Maniobra intencionada de un aparato desde cualquier distancia, a través de un accionamiento motriz o de un disparador auxiliar.

Accionamiento con acoplamiento

Accionamiento de interruptor en el cual el → elemento de accionamiento está unido con el eje del interruptor por medio de un embrague. Utilización: interruptores en cajas, elementos de accionamiento en tapas. La tapa puede ser quitada sin que deba ser soltado el elemento de accionamiento del interruptor.

Accionamiento de llave

Tipo de un accionamiento para aparatos de mando, el cual tiene una cerradura de seguridad en lugar de un botón pulsador o palanca. Solamente con la llave puede ser maniobrado el aparato. De esta forma se impide un accionamiento no autorizado.

Accionamiento manual independiente

Accionamiento mediante un → acumulador de energía, el cual almacena y libera en una operación la energía suministrada manualmente, de tal forma, que la velocidad y la fuerza para el movimiento de los contactos son independientes del operador.

Accionamiento manual proporcional

Accionamiento que se efectúa directamente por una persona y, por tanto, la velocidad y la fuerza para el movimiento de la maniobra dependen directamente del operador.

Accionamiento mediante acumulador de energía cargado por motor

→ Accionamiento por acumulador de energía.

Accionamiento motriz dependiente

Accionamiento por una fuerza que no es la humana, para el cual la apertura o el cierre completo de los contactos depende de la continuidad del suministro de energía (por ej., accionamientos por motor, magnéticos o por aire comprimido).

Accionamiento por acumulación de energía

Operación mediante energía almacenada en el mecanismo de accionamiento, la cual es suficiente para realizar la maniobra bajo condiciones definidas. La energía debe estar acumulada antes de comenzar la operación. Los accionamientos por acumulación de energía se pueden diferenciar por:
1° el acumulador de energía (resortes, pesas, etc.),
2° la fuente de energía (motor, manual),
3° el dispositivo de liberación (eléctrico, manual).

Accionamiento por pulsadores

Mando de un circuito eléctrico mediante una señal de breve duración (→ Pulsador).

Accionar

Llevar los contactos móviles de una posición a la otra, ésto puede ser tanto cerrar como abrir.

Angulo de maniobra

Angulo con que debe ser girado el elemento de accionamiento para conectar el interruptor.

Anillo de cortocircuito

Anillo metálico cerrado que se coloca en las superficies polares de sistemas magnéticos para corriente alterna.

La tensión, y con ella la corriente alterna, varía constantemente su magnitud y polaridad. Por ello, el campo magnético también oscila entre cero y un máximo. Si el flujo magnético producido por este campo en el sistema magnético se vuelve cero al paso por cero de la corriente, la fuerza de retención en la armadura disminuye, de tal manera que ésta intenta separarse de las superficies polares. En el anillo de cortocircuito se induce una tensión por el cambio del flujo magnético, lo cual hace circular una corriente en el anillo de cortocircuito. Esto origina un nuevo campo magnético, el cual corre atrasado con respecto al campo de la bobina. Por esto, los flujos en el anillo de cortocircuito y en la bobina no se vuelven cero simultáneamente. La fuerza pulsante de retención que queda es mayor que la fuerza de separación de los resortes y, por tanto, garantiza un servicio prácticamente estable.

Aparato de mando

Dispositivo para conectar circuitos de control.

Aparato de maniobra

Aparato para conectar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos.

Armadura

Parte móvil de un sistema magnético, por ej., de las bobinas de los contactores o de los disparadores electromagnéticos. La armadura es casi siempre de → hierro laminado. Cuando se excita la bobina, la armadura es atraída por el yugo. En los contactores los contactos móviles están unidos a la armadura.

Arrancador

Combinación de contactores, resistencias y contactores, autotransformadores y contactores o interruptores y contactores, para poner en marcha motores.

Arrancador automático estrella triángulo

Combinación de → contactores conectados de tal forma, que con ellos puede ser arrancado un motor en conexión estrella para luego ser conmutado automáticamente a la conexión triángulo. Con ello se logra reducir la corriente de arranque del motor.

Arrancador directo

Combinación de aparatos de maniobra compuesta por contactor, relé contra sobrecargas, elementos de accionamiento y, dado el caso, lámparas de señalización.

Arranque pesado

Cuando un motor, debido a las características de la carga, necesita más de 10 segundos para alcanzar su velocidad nominal de giro, se habla de arranque pesado. Para una protección adecuada contra sobrecargas de motores con arranque pesado deben emplearse relés especiales para arranque pesado o termistores.

Autobloqueo

Las tiras bimetálicas de un relé contra sobrecargas que ha reaccionado, retornan a su posición de reposo al enfriarse, lo mismo ocurre con el contacto auxiliar. El aparato de maniobra puede reconectar el aparato sobrecargado. Para evitarlo, el relé tiene incorporado un autobloqueo, el cual tiene que ser desactivado manualmente para poder reconectar el consumidor. El autobloqueo de reconexión es de suma importancia para los mandos con emisores de señales permanentes, por ej., selectores.

AWG

American Wire Gauge: Medida normalizada de USA para la sección de los conductores de hasta 107,2 mm^2 = AWG 4/0 (también AWG 0000).

Bloque de contactos auxiliares

Módulo en el cual se encuentran reunidas diferentes ejecuciones de contactos auxiliares. Los módulos pueden, generalmente, ser montados posteriormente al suministro del aparato de maniobra.

Bloqueo de cortocircuito

Dispositivo mecánico, con el cual pueden ser provistos los → interruptores de potencia, cuya finalidad es evitar una reconexión después de que hayan reaccionado los disparadores sin retardo, o con retardo independiente de la corriente del interruptor, y así impedir la reconexión de un cortocircuito todavía existente. Para poder conectar nuevamente es necesario liberar el bloqueo de cortocircuito.

Bloqueo de reconexión

→ Autobloqueo, → bloqueo de cortocircuito.

Bobina de soplado

Bobina especial para alargar el arco. En diversos aparatos de maniobra para corriente continua se instalan en cada vía de corriente o en las cámaras de extinción. Por ellas circula la corriente de arco del interruptor. El campo magnético que entonces se produce "sopla" magnéticamente al arco de desconexión en las cámaras de extinción. Con ello se logra una extinción segura del arco de desconexión.

Botón de repetición

Botón de presión que se emplea en encapsulamientos de aparatos con accionamiento mediante botones de presión incorporados, el cual es necesario para accionar los aparatos y mantener la clase de protección prescrita. El botón de repetición actúa sobre el botón

incorporado, es decir, dos botónes se encuentran en fila.

Cámara apagachispas

→ Cámara de láminas de extinción.

Cámara de extinción

Parte de un aparato de maniobra colocada por encima de los contactos, cuya función es recibir y apagar los arcos y evitar que salten chispas (arcos) entre los polos (→ Cámara de láminas de extinción).

Cámara de láminas de extinción

Las láminas de extinción que se encuentran en la cámara dividen el arco en varios arcos pequeños. El arco de corriente alterna se apaga cada vez que la corriente pasa por cero; un reencendido del arco se evita, ya que éste pasa de los contactos a las cámaras de extinción donde se subdivide en varios arcos pequeños. → Extinción del arco.

Cámaras de deionización

→ Cámaras de extinción.

Campo de trabajo

Rango admisible para la tensión de accionamiento sin que la seguridad de servicio del aparato de maniobra sea afectada. Su valor se indica generalmente en % de la tensión nominal de accionamiento.

Capa de material de contacto

→ Material de contacto.

Capa de plata

→ Material de contacto.

Capacidad de carga con corriente

Corriente con la cual puede cargarse una vía de corriente (por ej., aparato de maniobra, conductor) permanentemente o por breve tiempo, sin ser sobrecargada térmica o dinámicamente (temperatura límite).

Capacidad de conexión

En el caso de los contactores es el valor de la corriente que el contactor a una tensión determinada bajo condiciones prescritas puede conectar. Para corriente alterna se indica el valor efectivo de la componente de corriente alterna.

Valor de cresta de la corriente no influenciada que un interruptor de potencia a una tensión determinada bajo condiciones prescritas puede conectar.

Capacidad de maniobra

Corriente máxima que un interruptor puede conectar y desconectar (→ Capacidad nominal de ruptura, → capacidad nominal de conexión).

Capacidad de ruptura

Valor efectivo de la corriente, para un cos φ y tensión determinados, que un aparato de maniobra o fusible puede desconectar con seguridad (→ capacidad nominal de ruptura). Para corriente alterna vale el valor efectivo de la → componente simétrica.

Capacidad nominal de conexión

La capacidad nominal de conexión de un interruptor es el valor de cresta de la corriente más alta que el interruptor, bajo condiciones definidas, por ej., cos φ, tensión, factor de potencia, puede conectar. En las determinaciones se exigen valores mínimos para la capacidad nominal de conexión, los cuales dependen de la → capacidad nominal de ruptura del interruptor.

Capacidad nominal de maniobra

→ Capacidad nominal de ruptora y → capacidad nominal de conexión.

Capacidad nominal de ruptura

La capacidad nominal de ruptura de un interruptor es el valor efectivo de la corriente más alta que el interruptor, bajo condiciones definidas, por ej., cos φ, tensión, frecuencia, puede interrumpir. En interruptores de corriente alterna la capacidad nominal de ruptura debe ser independiente de la → componente de corriente continua.

Cargabilidad

1	eléctrica:	capacidad de carga con corriente,
2	mecánica:	vida útil mecánica,
3	térmica:	temperatura límite, corriente nominal de breve duración,
4	dinámica:	resistencia dinámica a los cortocircuitos, corriente nominal de choque.

Categoría de servicio

La categoría de servicio, en combinación con la indicación de la corriente nominal de servicio para una tensión determinada o de la potencia de los motores que puede conectar, caracteriza la finalidad y los esfuerzos que pueden soportar los interruptores bajo carga y los interruptores para motores.

Categoría de utilización

→ Categoría de servicio.

Categorías del comportamiento bajo condiciones de cortocircuito

Las categorías del comportamiento de los interruptores de potencia bajo condiciones de cortocircuito caracterizan el estado admisible del interruptor después de las pruebas de la capacidad nominal de ruptura y de conexión, de acuerdo al ciclo de pruebas utilizado. Para la categoría P-1 se emplea el ciclo de pruebas O–*t*–CO, después de la prueba el interruptor es adecuado solamente para un servicio reducido. Para la categoría P-2 se emplea el ciclo de pruebas O–*t*–CO–*t*–CO, después de la prueba el interruptor es adecuado para servicio normal.

O: desconexión CO: conexión con desconexión inmediata. *t*: pausa estipulada entre las pruebas (normalmente 3 minutos).

Ciclo de maniobra

Llevar un aparato de maniobra con dos posiciones de una posición a la otra y retornarlo a la primera.

Circuito auxiliar

→ Circuito de mando.

Circuito de accionamiento

Este circuito (para conectar y desconectar aparatos de maniobra) incluye la fuente de tensión, los contactos de los aparatos de mando, los accionamientos eléctricos (bobinas o accionamientos por motor) y los contactos auxiliares de los aparatos de maniobra. → Circuito de mando.

Circuito de aviso

→ Circuito de mando.

Circuito de mando

Circuito eléctrico para emisión de señales, avisos, enclavamientos, ordenes de mando, etc.

Clase de protección

Indica el alcance de las medidas de protección tomadas en un aparato (contra contacto directo, cuerpos extraños, agua, etc.).

Coincidencia de apertura

Situación que se presenta, durante la maniobra de cierre, cuando el → contacto NC abre antes que el → contacto NA cierre y, durante la operación de apertura, cuando el contacto NA abre antes que el contacto NC cierre (→ Simultaneidad de contacto, → conceptos de tiempo).

Combinación de maniobra

Conexión en serie de varios aparatos de maniobra cuyas características se coordinan de tal forma, que ellas se protegen contra sobrecargas y en caso de cortocircuito.

Combinaciones de aparatos de maniobra montadas en fábrica (CAMF)

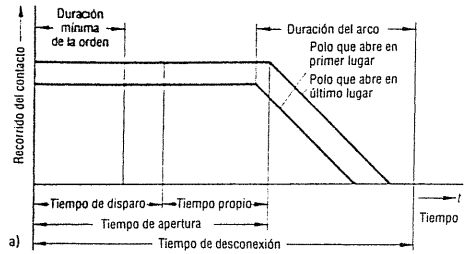
Como CAMF se consideran las combinaciones de aparatos de maniobra incluyendo el cableado y, dado el caso, las barras colectoras y demás dispositivos que han sido montados, cableados y probados por el fabricante (VDE 0660, parte 5; esta definición cambiará al entrar en vigor la determinación VDE 0660, parte 500).

Compensación de temperatura

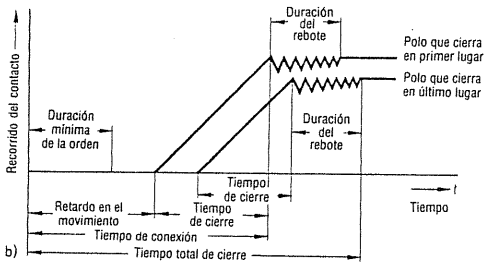
El tiempo de disparo de los relés y disparadores contra sobrecargas no solamente es influenciado por la corriente, sino también por la temperatura ambiente. Mediante una tira bimetálica adicional, por la cual no circula la corriente, se elimina la influencia de la temperatura ambiente.

Componente de corriente alterna

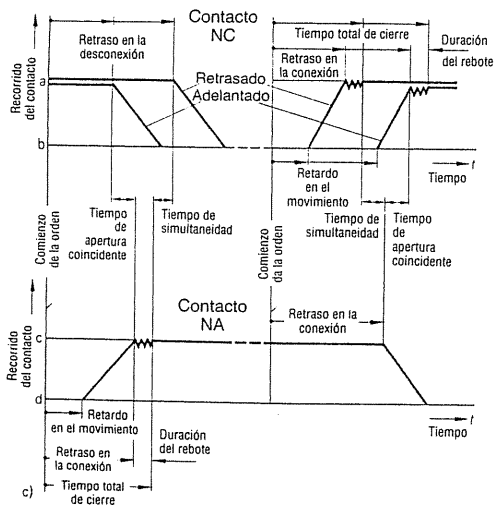
Es la componente de la corriente de cortocircuito, de forma sinusoidal, cuya frecuencia es igual a la de la red. En caso de cortocircuito cercano al generador, la componente de corriente alterna decrece desde la corriente inicial alterna de cortocircuito hasta la corriente de cortocircuito permanente. En caso de cortocircuito lejano al transformador, su valor permanece prácticamente constante durante la duración completa del cortocircuito. En este caso, la corriente inicial alterna de cortocircuito es igual a la corriente permanente de cortocircuito. Se indica en valor efectivo.



a) Proceso de desconexión de aparatos de maniobra



b) Proceso de conexión de aparatos de maniobra



c) Proceso de conexión y desconexión de contactos auxiliares

Fig. 9.9
Conceptos de tiempo para los procesos de conexión y desconexión de aparatos de maniobra y contactos auxiliares

a Contacto NC cerrado
b Contacto NC abierto
c Contacto NA cerrado
d Contacto NA abierto
NC Normalmente cerrado
NA Normalmente abierto

Componente de corriente continua

Magnitud de la desviación de la oscilación sinusoidal de la corriente con respecto a la abscisa. Ella se presenta temporalmente, por ej., cuando ocurre un cortocircuito. El valor máximo de la componente de corriente continua puede alcanzar el 100% del valor de cresta de la → componente de corriente alterna. En redes comunes de baja tensión, el valor máximo de la componente de corriente continua es normalmente el 50% del valor antes mencionado.

Comportamiento biestable

Comportamiento de un contactor durante el proceso de conexión, el cual conecta correctamente y sus piezas alcanzan su posición final o no conecta y no se queda en una posición intermedia indefinida.

Conceptos de tiempo

La figura 9.9 aclara los conceptos de tiempo que se emplean en los procesos de conexión y desconexión de aparatos de maniobra.

Conductor de protección (PE)

Tiene como finalidad conectar al conductor neutro PEN o a tierra las partes conductoras de un aparato o instalación que no pertenecen al circuito de servicio. Se emplea en las medidas de protección contra contacto directo (véase VDE 0100).

Conductor fusible

Conductor de cobre (en ocasiones también de plata) de forma especial, que se encuentra en el cuerpo del fusible. El calor producido por las corrientes de sobrecarga o cortocircuitos lo derriten. Características especiales son los puntos angostos y la zona de fusión lenta. La zona de fusión lenta se derrite por sobrecarga, los puntos angostos son puntos definidos para fundirse en caso de cortocircuito.

Conductor PEN

Conductor neutro puesto a tierra, con función de protección en sistemas trifásicos.

Conexión Dahlander

Conexión preferencial para motores trifásicos de polos conmutables para dos velocidades en la relación 2/1. La ventaja de esta conexión con respecto a otras está en que solamente se utiliza un devanado en diferentes conexiones.

Conexión economizadora

Conexión para accionar sistemas magnéticos para corriente alterna con corriente continua, por ej., bobinas de contactores o disparadores de mínima tensión. Para lograr la fuerza magnética necesaria hay que sobreexitar la bobina, es decir, durante la conexión se le aplica una tensión más alta que su tensión nominal de accionamiento. Si esta sobretensión fuese aplicada por un tiempo largo, la bobina se quemaría. Para evitar ésto, al cerrar el sistema magnético, se conecta una resistencia en serie a la bobina (llamada resistencia economizadora) mediante un contacto accionado por el sistema magnético. Otra solución empleada es conmutar la tensión a un segundo devanado de la bobina. Para la retención es suficiente una exitación menor.

Conexión en cascada

Conexión en serie de interruptores de potencia con distintas capacidades de ruptura, pero con tiempos de apertura aproximadamente iguales en caso de cortocircuito. Cuando la corriente de cortocircuito es más alta que la capacidad de ruptura del interruptor postconectado, el interruptor preconectado, que tiene la capacidad de ruptura más alta, desconecta simultáneamente con el interruptor postconectado. De esta forma que dos puntos de interrupción se encuentran conectados en serie. Por ésto, el interruptor postconectado puede ser utilizado en sitios donde la corriente de cortocircuito prevista es más alta que su capacidad de ruptura.

Conexión en paralelo

Tipo de conexión en el cual varios aparatos, contactos o conductores conectan o alimentan al mismo circuito.

Conexión en serie

Tipo de conexión en el cual varios aparatos o contactos se encuentran conectados uno detrás del otro en el mismo circuito.

Conmutador

Interruptor auxiliar con un solo contacto móvil, el cual tiene dos posiciones de cierre, una cuando el aparato de maniobra está abierto y la otra cuando está cerrado.

Constante de tiempo, valor nominal

Para corriente continua, el valor nominal de la constante de tiempo es 15 ms, si entre el usuario y el fabricante no se acuerda lo contrario.

Contacto

Estado que se presenta cuando dos piezas previstas para la conducción de corriente se tocan (por ej., los contactos principales).

Todas las piezas de un aparato de maniobra previstas para cerrar directamente el circuito eléctrico: contacto fijo, contacto móvil con alimentación, piezas para fijación y amortiguación y cojinetes.

Contacto A (Contacto de apertura)

→ Contacto NC

Contacto auxiliar

Contacto para circuitos de mando, el cual es accionado mecánicamente por el aparato de maniobra.

Contacto C (Contacto de cierre)

→ Contacto NA

Contacto de desconexión del arco

Parte de un sistema de contacto en la cual se forma el arco de desconexión. El puede ser simultáneamente → contacto principal. El contacto de desconexión del arco puede ser también un contacto separado, el cual cierra antes que el contacto principal y abre después que él para protergerlo de desgaste por quemadura.

Contacto de paso

Contacto auxiliar que cierra momentáneamente cuando el aparato de maniobra pasa de una posición a la otra.

Contacto de presión

El contacto eléctrico se realiza solamente presionando un contacto al otro, sin que sus → capas de contacto sufran esfuerzos por rozamiento.

Contacto de punta

→ Capa de contacto en forma aguda para aumentar la seguridad de contacto con tensiones y corrientes muy bajas.

Contacto I

Contacto de impulso en un interruptor de levas, previsto para la conexión de un contactor preconectado. Con ésto se asegura que, cuando falla la tensión o dispara el relé contra sobrecargas y el contactor de la red desconecta, una reconexión sea solamente posible si el interruptor de levas se lleva a la posición 0.

Contacto NA

Abreviatura de contacto normalmente abierto. Este contacto auxiliar o de mando se encuentra cerrado cuando los contactos principales del aparato de maniobra están cerrados y abierto cuando los contactos principales están abiertos.

Contacto NC

Abreviatura de contacto normalmente cerrado. Este contacto auxiliar o de mando se encuentra cerrado cuando los contactos principales del aparato de maniobra están abiertos, y abre cuando las contactos principales cierran.

Contacto principal

Contacto de un aparato de maniobra, previsto para que a través de él circule la corriente del circuito principal cuando se encuentra cerrado.

Contacto Reed

Contacto que se encuentra en una atmósfera de gas protector, conecta y desconecta en ese medio. Los contactos Reed se accionan magnéticamente.

Contactor

Aparato de maniobra con una sola → posición de reposo, el cual no es accionado manualmente. Bajo condiciones normales del circuito puede conectar, conducir e interrumpir corrientes, aún las de sobrecarga correspondientes a un servicio normal. Un contactor está normalmente previsto para una → frecuencia de maniobras alta. Generalmente los contactores no son aptios para ser empleados como → seccionadores.

Contactor al vacío

Contactor cuyo → medio de extinción es el vacío.

Contactor auxiliar

Contactor apropiado para conectar circuitos de mando.

Contactor con accionamiento electromagnético

La fuerza para abrir o cerrar los contactos principales de estos contactores la suministra un accionamiento electromagnético (electroimán).

Contactor con accionamiento electroneumático

Contactor cuyos contactos principales se abren o cierran con aire comprimido, utilizando accionamientos eléctricos para abrir y cerrar las válvulas.

Contactor con accionamiento neumático

Contactor cuyos contactos principales se abren o cierran con aire comprimido, sin utilizar dispositivos eléctricos auxiliares.

Contactor con retención propia

El contactor con retención propia tiene dos posiciones de reposo y, por tanto, no puede ser un → contactor según la definición de este último. Como el contactor con retención propia tiene más características en común con el contactor que con cualquier otro aparato de maniobra, de él se exige que llene los requisitos impuestos a los contactores.

En el contactor con retención propia las piezas móviles dejan la posición de reposo cuando su accionamiento es excitado, ellas, sin embargo, mediante un enclavamiento, son mantenidas en la posición CON, aúnque la excitación desaparezca. El enclavamiento para la retención puede ser mecánico, magnético, eléctrico neumático, etc.

Contactor de remanencia

Contactor con enclavamiento magnético, en el cual se utiliza la → fuerza coercitiva para la retención y, por tanto, su potencia de retención es cero. → Enclavamiento magnético.

Contactos lira

Soportes en forma de lira para insertar las cuchillas de contacto de los fusibles NH en sus bases o en los seccionadores con fusibles NH.

Corriente chopping

→ Corriente de ruptura.

Corriente convencional de no-disparo

Valor de la corriente con que puede ser cargado un interruptor contra sobrecargas, durante un tiempo definido, sin disparar al interruptor.

Corriente crítica de desconexión

Valor de la corriente de desconexión cuyo valor es menor que la corriente equivalente a la capacidad nominal de ruptura, para la cual, sin embargo, la duración del arco o la energía del mismo es considerablemente mayor que las que se presentan cuando se desconecta la corriente equivalente a la capacidad nominal de ruptura del interruptor.

Corriente de ajuste

La corriente de ajuste de un disparador de sobreintensidades es el valor al cual ha sido ajustado y al cual está referido su comportamiento.

Corriente de arranque

Valor efectivo de la corriente absorbida por un motor durante el arranque. Su valor no es constante y, por tanto, para determinarla se necesita la curva característica de corriente y velocidad de giro (véase también DIN 42005). Los picos de la corriente de arranque (rush) pueden alcanzar valores de aprox. 2 veces el valor nominal de la misma.

Corriente de breve duración

Corriente que un interruptor puede soportar durante un tiempo corto estipulado, bajo condiciones definidas, con sus contactos principales cerrados. Para determinar la corriente de breve duración hay que considerar tanto el valor $I^2 \cdot t$ durante el tiempo que circula la corriente, así como los efectos electromecánicos (dinámicos) del valor de cresta de la corriente.

Corriente de choque

→ Valor de cresta de la corriente admisible.

Corriente de conexión

Corriente que circula inmediatamente después del cierre de los contactos.

1. Valor efectivo de la corriente más alta absorbida por un motor en reposo a tensión y frecuencia nominal. Esta corriente es una magnitud calculada, la cual no contempla los fenómenos transitorios.
2. Corriente absorbida por un sistema magnético durante el momento de conexión, por ej., por la bobina de un contactor.

Corriente de cortocircuito

Sobreintensidad que circula en caso de cortocircuito.

Corriente de cortocircuito asimétrica

Al comienzo de un cortocircuito, la corriente transcurre asimétricamente con respecto a la abscisa, ya que está formada por dos componentes, una de co-

rriente alterna y la otra de corriente continua. La componente de corriente continua se amortigua hasta alcanzar el valor cero y, por tanto, la corriente de cortocircuito se convierte en simétrica.

Corriente de cortocircuito limitada

Valor de cresta de la corriente de cortocircuito influenciada. Corrientes de cortocircuito influenciadas se presentan cuando el aparato de maniobra, por ej., debido a la resistencia propia, la velocidad de maniobra o la tensión de arco, reduce (limita) la amplitud de la corriente de cortocircuito prevista. La corriente de cortocircuito limitada de un aparato (por ej., fusible o interruptor de potencia limitador de la corriente) es determinante para los esfuerzos dinámicos que sufren los aparatos postconectados, así como los esfuerzos térmicos que deben soportar durante el cortocircuito ($I^2 \cdot t$) (→ Limitación de la corriente).

Corriente de cortocircuito prevista

Corriente de cortocircuito sin influenciar por aparatos de maniobra o fusibles.

Corriente de cortocircuito simétrica

→ Componente de corriente alterna de la → corriente de cortocircuito asimétrica.

Corriente de desconexión

Corriente en un polo de un aparato de maniobra en el momento de producirse el arco de desconexión (en corriente alterna el valor efectivo).

Corriente de disparo
(de un disparador de sobrecargas)

Valor de la corriente, para el cual un disparador en un intervalo de tiempo definido actúa.

Corriente de fuga

Corriente que puede circular a través de la distancia de fuga.

Corriente de intersección

Valor de la corriente en el punto que se cortan las → curvas características de tiempo y corriente de dos dispositivos de protección contra sobreintensidades.

Corriente de paso

→ Corriente de cortocircuito limitada.

Corriente de ruptura

(También llamada corriente chopping)
Es la corriente a la cual, durante el proceso de interrupción, se rompe el arco antes del paso por cero (solamente en la técnica al vacío de importancia).

Corriente nominal de breve duración

La corriente nominal de breve duración es el valor efectivo de la componente de corriente alterna en la corriente de cortocircuito prevista, que el interruptor puede conducir por un segundo.

Corriente nominal de choque

Valor de cresta de la corriente de cortocircuito no influenciada, admisible en la vía de corriente que sufre los esfuerzos más grandes. La corriente nominal de choque indica la resistencia dinámica de un aparato de maniobra a los cortocircuitos.

Corriente permanente

Corriente que un aparato de maniobra puede transportar indefinidamente bajo condiciones normales de servicio y medio ambiente, sin ser necesario efectuar desconexiones o trabajos de limpieza sin que la temperatura límite del aparato sea sobrepasada. → Servicio de ocho horas.

Corrientes nominales

La corriente nominal de servicio I_e de un contactor o arrancador depende de la tensión nominal de servicio, frecuencia nominal, categoría de servicio, tipo de servicio, de la caja donde está montado y, dado el caso, del ajuste del relé contra sobrecargas.

La corriente nominal permanente I_u de un interruptor de potencia es la corriente que puede conducir durante un período de tiempo con duración indefinida.

La corriente nominal térmica convencional I_{th} es la corriente más alta que un aparato de maniobra puede conducir en → servicio de ocho horas, sin que la temperatura de sus componentes sobrepasen los límites admisibles.

Cortocircuito

Unión prácticamente sin resistencia eléctrica entre dos conductores. La corriente es, en este caso, un múltiplo de la corriente de servicio y, por tanto, los aparàtos e instalaciones pueden ser sobrecargados tanto térmica (→ Corriente nominal de breve duración) como dinámicamente (→ Corriénte de choque).

cos φ

Factor de potencia; cociente de la potencia activa y la potencia aparente en instalaciones y redes de corriente alterna monofásica y trifásica.

Curva característica de disparo

Curva característica (por ej., de tiempo y corriente) en la cual puede leerse el tiempo que debe transcurrir para que el disparador o relé reaccione, cuando la corriente alcanza un valor determinado.

Curva característica $I^2 \cdot t$ de un interruptor de potencia

Curva característica que indica los valores $I^2 \cdot t$ de un interruptor de potencia, en función de la corriente de cortocircuito prevista (corriente no influenciada), con los tiempos de desconexión como parámetro (generalmente se indican las curvas $I^2 \cdot t$ máxima y mínima).

Demanda de potencia

Potencia necesaria para accionar las bobinas magnéticas y los motores de los aparatos de maniobra. Ella se indica en potencia efectiva (W) o en potencia aparente (VA).

Disparador

Parte integrante de un interruptor de potencia que libera el engatillamiento del mismo, permitiendo que el interruptor pueda ser conectado o desconectado.

Disparador a distancia

→ Disparador auxiliar

Disparador de mínima tensión

Disparador que provoca con o sin retardo la apertura o el cierre de un interruptor de potencia cuando la tensión aplicada a sus bornes es menor que un valor dado.

Disparador de retorno de corriente

Disparador cuya función es desconectar con o sin retardo un interruptor, cuando una corriente de retorno sobrepasa un valor previamente ajustado (solamente para corriente continua).

Disparador de sobreintensidades

Disparador que reacciona con o sin retardo cuando la corriente sobrepasa un valor previamente ajustado. El valor en si puede depender de la pendiente (di/dt) de la corriente.

Disparador de sobrecargas, con retardo dependiente de la corriente

Disparador de sobreintensidades, él cual trabaja con un retardo inversamente proporcional a la corriente.

Disparador de sobreintensidades con retardo independiente

Disparador de sobreintensidades que trabaja con un retardo (puede ser ajustable) independiente del valor de la sobreintensidad.

Disparador directo contra sobreintensidades

Disparador que es exitado directamente por la corriente que circula por las vías principales de corriente.

Disparador por corriente de conexión

Disparador que debe desconectar sin retardo a un interruptor de potencia cuando la corriente de conexión sobrepasa un valos determinado. Después de finalizada la conexión el disparador deja de funcionar.

Disparador por corriente de trabajo

Disparador auxiliar que provoca el disparo de un interruptor de potencia cuando es exitado por una fuente de tensión. Sus aplicaciones principales son enclavamientos y disparo a distancia de los interruptores.

Disparador sin retardo contra sobreintensidades

Disparador que actúa sin retardo intencionado cuando la corriente sobrepasa un valor previamente ajustado.

Disparador térmico contra sobrecargas

Disparador con retardo dependiente de la corriente, cuya función (incluído el retardo) se basa en el calor producido por la corriente que circula a través de él.

Disparadores auxiliares

Disparadores para desconectar un interruptor a través de un → circuito de mando, por ej., mediante

→ disparadores de mínima tensión o de → disparadores por corriente de trabajo es posible desconectar a distancia interruptores de potencia.

Disparo libre

Propiedad de los interruptores, el cual impide que el accionamiento afecte el proceso de desconexión o de disparo del interruptor.

Dispositivo antibombeo

Dispositivo que impide una reconexión (bombeo) después de una maniobra CON-DES, durante el tiempo que permanece la orden de conexión.

Dispositivo de enclavamiento

Dispositivo que hace que el accionamiento de un aparato de maniobra dependa de la posición, estado o efectos de uno o más componentes de la instalación. → Enclavamiento eléctrico

Distancia de aislamiento

Menor distancia en el aire entre dos piezas conductoras.

Distancia de aislamiento a tierra

Menor distancia entre las partes conductoras de los polos y piezas puestas a tierra o previstas para ser puestas a tierra.

Distancia de aislamiento entre los contactos

Distancia total en el aire entre los contactos de un polo o entre todas las piezas unidas electricamente a los contactos, cuando estos se encuentran abiertos.

Distancia de fuga

Es la distancia más corta entre dos piezas conductoras a lo largo de una superficie aislante. Una ranura entre dos piezas aislantes se considera como parte de su superficie.

Duración de rebote

Tiempo que transcurre desde que los contactos se tocan por primera vez hasta que lo hacen en forma definitiva. La duración de rebote es determinante para la → vida eléctrica útil del aparato y para su aptitud para determinadas aplicaciones. → Conceptos de tiempo

Duración del arco

Tiempo que transcurre desde el inicio del primer arco hasta la → extinción del arco en todos los polos.

Duración del ciclo

Tiempo de carga más pausa (→Factor de marcha).

Eje de maniobra

Parte de un interruptor con la cual son movidos los contactos. El accionamiento actúa sobre el eje de maniobra.

Elemento de accionamiento

En los aparatos de mando, la pieza que se monta en el tablero en cuya parte frontal se encuentra el manipulador que acciona los contactos. Manipuladores son, por ej., llaves selectoras, botones pulsadores, palancas basculantes, palancas de coordenadas, pulsadores con lámpara de señalización, llaves, etc.

Enclavamiento eléctrico

Conexión en la cual los contactos auxiliares de uno o más aparatos están conectados de tal forma, que la posición o estado de un aparato de maniobra depende de la posición o estado de los demás. Por ej., la conexión de un aparato de maniobra es imposible mientras el aparato con el cual se encuentra enclavado está conectado.

Enclavamiento magnético

En contactores, por ej., se logra un enclavamiento magnético mediante una → fuerza coercitiva alta. La armadura del sistema magnético permanece atraída después de desconectar la tensión de accionamiento y, por tanto, el contactor permanece conectado (→ Contactor de remanencia). El enclavamiento se libera mediante una magnetización en sentido contrario.

Escalonamiento

La vía de la energía eléctrica, desde la fuente hasta el consumidor, pasa a través de un número de dispositivos de protección, como son fusibles, interruptores de potencia con disparadores, relés, etc. Las corrientes y los tiempos de reacción de los dispositivos de protección se eligen con valores descendentes conforme se acercan al consumidor. La elección de los valores de ajuste en esta forma se denomina escalonamiento. Con el escalonamiento de la corriente de reacción y del tiempo de disparo se logra → selectividad en la instalación. El escalonamiento solo de la corriente de reacción pocas veces garantiza la selectividad.

Exactitud de repetición

En los → interruptores de posición: precisión con la cual se mantiene el punto de actuación entre dos conexiones consecutivas (exactitud mecánica de repetición).

En los → relés de tiempo: es la precisión con la cual un tiempo de marcha ajustado se mantiene después de varias conexiones y desconexiones.

Extinción del arco

En cada desconexión de corriente no solamente es necesario abrir los contactos, sino también hay que apagar el arco que se produce cuando los contactos se separan. Hay que diferenciar entre diversos métodos para la extinción del arco: el arco de corriente alterna se apaga por si mismo al paso por cero de la corriente. Sin embargo, hay que impedir que se reencienda cuando la tensión alcanza su valor máximo. El arco de corriente continua se apaga obligándolo a necesitar una tensión más alta para mantenerse que la tensión de la red puede suministrar. Esto se logra alargando y enfriando el arco (→ Bobina de soplado).

f

Abreviatura para → "disparador por corriente de trabajo".

Factor de marcha en % (ED%)

El factor de marcha en % (tiempo relativo de conexión) es el cociente del tiempo de carga entre el ciclo completo (para consumidores que se conectan con una frecuencia alta).

fc

Abreviatura para un disparador por corriente de trabajo alimentado por condensadores (disparador para redes enmalladas).

Final de carrera

→ Interruptor de posición

Frecuencia de maniobras

Indica el número de operaciones admisibles que un aparato puede efectuar en servicio normal por unidad de tiempo, por ej., en una hora.

Frenado por contracorriente

Un motor trifásico puede ser frenado si se le aplica un momento de giro opuesto al propio. Mediante la desconexión de la corriente en el momento oportuno, por ej., utilizando un vigilador de la velocidad de giro, se impide que el motor arranque con el sentido de giro contrario.

Fuerza coercitiva

Fuerza que hace que en electroimanes permanezca un magnetismo residual (remanencia) después de la desconexión, si no se toman medidas para evitarlo.

Fuerza de contacto

Fuerza que presiona dos piezas previstas para la conducción de la corriente, por ej. contactos.

Fusibles NH

Aparato de maniobra previsto para una sola desconexión, la cual es provocada por la corriente que derrite al conductor fusible que se encuentra rodeado de arena como → medio de extinción.

Grado de inercia

Denominación obsoleta para indicar el comportamiento (tiempo de disparo para corrientes definidas) de relés y disparadores sobrecargas.

Grupo de aislamiento

Los aparatos eléctricos se agrupan de acuerdo a su utilización y a la disminución del aislamiento por los efectos de la humedad o polvo del aire circundante en el sitio de instalación (VDE 0110). Para los aparatos de maniobra de baja tensión se exige en VDE 0660 el grupo de aislamiento C.

Humedad relativa del aire

Cociente de la humedad del aire entre la humedad de saturación para la misma temperatura. Su valor se indica en %.

Imán permanente

Imán de un material con una → fuerza coercitiva alta, el cual una vez que ha sido magnetizado mantiene la magnetización casi al mismo nivel; se utilizan en contactores y para → soplado del arco.

Indicación de la posición de maniobra

Dispositivo unido mecánica o eléctricamente al aparato, el cual indica si aquel se encuentra conectado o desconectado.

Integral de Joule

Es la integral de la corriente al cuadrado en un intervalo de tiempo definido:

$$I^2 \cdot t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 \, dt$$

Interrupción doble

→ Interrupción múltiple.

Interrupción múltiple

Conexión en serie de puntos de interrupción, los cuales abren y cierran simultáneamente. Se emplea para aumentar la tensión nominal de servicio de un aparato de maniobra y para reducir los arcos dividiendolos en arcos más pequeños (→ Capacidad de ruptura), por ej., la interrupción doble en contactores.

Interruptor auxiliar en el accionamiento

Interruptor auxiliar accionado directamente por el eje de accionamiento de un aparato de maniobra y que es independiente de la posición de los contactos principales.

Interruptor bajo carga

Interruptor para conectar y desconectar aparatos (no motores) y componentes de instalaciones en servicio normal, con una capacidad de ruptura en el orden de su corriente nominal. La capacidad de ruptura de los interruptores bajo carga es indicada por el fabricante.

Interruptor con enclavamiento

Interruptor sin fuerza para retornar a la posición anterior. Siempre permanece en la posición a la cual fue llevado y únicamente al ser accionado pasa a otra posición (→ Mecanismo de enclavamiento).

Interruptor de alarma

Interruptor auxiliar de un interruptor de potencia, el cual es accionado cuando el interruptor se dispara.

Interruptor de arrastre

Contacto en pulsadores múltiples o en interruptores con acuse de recibo, con dos posiciones con retorno, el cual es accionado a través de un embrague de arrastre. Este contacto permanece en la última posición con retorno a la cual fue llevado (no retorna con los otros contactos).

Interruptor de mando

Aparato de maniobra (→ aparato de mando) que después de ser accionado permanece en la posición a que fue llevado. Para la desconexión es necesaria una fuerza externa.

1) Interruptor para circuitos principales, cuya función es conectar y desconectar directamente aparatos de la instalación.

2) Interruptor para circuitos auxiliares para control indirecto de aparatos de la instalación.

Interruptor de mando con acuse de recibo

Interruptor para accionar un aparato de maniobra con accionamiento motriz mediante un impulso. La lámpara incorporada señaliza la posición del aparato de maniobra coordinado (acusa recibo).

Interruptor de máximas y mínimas

Interruptor auxiliar de aparatos que vigilan magnitudes físicas o condiciones de servicio, el cual actúa cuando determinados valores límite ajustados son sobrepasados por exceso o por defecto.

Interruptor de posición

Pulsador accionado por una pieza mecánica – con o sin contacto directo – que tiene como finalidad indicar, controlar o limitar movimientos.

Interruptor de potencia

Interruptor que puede conectar y desconectar corrientes bajo condiciones de servicio normales; bajo condiciones anormales estipuladas, hasta las corrientes de cortocircuito, está en capacidad de conectar la corriente, conducirla por un tiempo determinado e interrumpirla. Los interruptores de potencia están previstos para frequencias de maniobra bajas, a pesar que algunas ejecuciones son aptas para conectarse frecuentemente.

Interruptor de potencia con bloqueo de conexión

Interruptor de potencia en el cual los contactos móviles no llegan a tocarse si se da una orden de conexión (cierre) cuando la orden de bloqueo es efectiva.

Interruptor de potencia con disparo libre

Interruptor de potencia cuyos contactos principales móviles vuelven a abrir y se quedan en esa posición cuando se da una orden de desconexión después de haberse iniciado el proceso de conexión (cierre). Este es el caso, aún cuando la orden de conexión se mantenga efectiva.

Para una interrupción perfecta de la corriente, la cual posiblemente ya circula, puede ser necesario que los contactos cierren momentáneamente.

Interruptor de potencia con fusibles integrados

Unidad formada por un interruptor de potencia con fusibles montados en cada vía de corriente.

Interruptor de potencia enchufable

Tipo de interruptor de potencia para cambio rápido. En lugar de bornes o barras de conexión el interruptor tiene cuchillas, las cuales se enchufan en un zócalo receptor conectado al resto de la instalación. El interruptor se fija con tornillos al zócalo. Un dispositivo de disparo impide que el interruptor pueda ser enchufado o desenchufado con los contactos principales cerrados (→ interruptor de potencia insertable).

Interruptor de potencia extraíble

→ Interruptor de potencia insertable

Interruptor de potencia insertable

Denominación para un interruptor de potencia que se conecta al resto de la instalación a través de los contactos de seccionamiento. El interruptor se coloca sobre un bastidor, manualmente se desliza hasta la posición de prueba/separación galvánica, de allí se lleva a la posición de servicio manualmente o mediante un husillo. Enclavamientos impiden que el interruptor sea llevado a la posición de servicio o sacado de ella con los contactos principales cerrados (→ interruptor de potencia enchufable).

Interruptor de potencia para protección de arrancadores

Este interruptor de potencia se encarga de la protección contra cortocircuitos de las → combinaciones de maniobra formadas por contactores y relés contra sobrecargas (arrancadores). Estos interruptores solamente tienen disparadores sin retardo contra sobreintensidades.

Interruptor de potencia para protección de instalaciones

Interruptor previsto para proteger los cables y conductores hacia las subdistribuciones.

Interruptor de potencia con disparo condicionado

Interruptor de potencia que solamente puede ser disparado cuando sus contactos principales se encuentran cerrados.

Interruptor DES-Emergencia

Con los interruptores DES-Emergencia se detiene una máquina en caso de peligro, de tal manera, que se evitan los peligros para las personas y máquinas.

Interruptor en vacío

Interruptor para conectar y desconectar cuando prácticamente no circula corriente o bien el momento de la conexión la tensión entre los contactos abiertos sea sumamente baja.

Interruptor maestro

Interruptor de mando para utilizarse en mandos de cranes. Con el se accionan normalmente contactores.

Interruptor para motores

Interruptor con una capacidad de ruptura equivalente a la corriente de arranque de motores, el cual ha sido previsto para conectarlos (→ categoría de servicio).

Interruptor para redes enmalladas

Combinación formada por un interruptor de potencia, un relé para redes enmalladas y un disparador por corriente de trabajo en ejecución especial (disparador para redes enmalladas), el cual reacciona con seguridad cuando la tensión aplicada tiene un valor entre el 10 y el 110% de la tensión nominal de accionamiento. El relé vigila la dirección del flujo de energía en el punto de instalación. Si la energía fluye del transformador en dirección a la carga, el relé permanece en la posición de reposo. En caso de ocurrir una falla entre el interruptor y el transformador o en la red de alta tensión, la dirección del flujo de energía se invierte, es decir, su dirección es hacia el transformador (energía inversa; es posible en redes enmalladas con varias alimentaciones), en este caso el relé reacciona y dispara al interruptor a través del disparador para redes enmalladas.

Interruptor principal

Toda máquina debe estar provista de un interruptor principal, el cual separa galvánicamente de la red a todas los componentes eléctricos durante los traba-

jos de limpieza, mantenimiento y reparación, así como durante periodos largos en los cuales no prestan servicio. Los requisitos que los interruptores principales deben cumplir se encuentran estipulados en DIN 75113/VDE 0113. Bajo determinadas condiciones previas, los interruptores principales también pueden ser utilizados como → interruptores de DES-Emergencia.

Interruptor rápido

Interruptor con un tiempo de apertura extremamente corto. Limita la corriente de cortocircuito en duración y magnitud.

Interruptor ultrarrápido

→ Interruptor rápido

Lámina guía

Lámina que dirige rápidamente al arco de los contactos a las → cámaras de extinción.

Láminas de extinción

→ Cámara de láminas de extinción

Lámpara de señalización

Aviso óptico de la posición de un aparato de maniobra o del acuse de recibo de una orden.

Libre de rebotes

Una eliminación completa de los rebotes no es posible con medios económicos justificables. Cuando los rebotes se limitan en su duración (por ej., a varios milisegundos), de tal forma que no afecten la función del aparato, se dice que el aparato trabaja prácticamente libre de rebotes.

Limitación de la corriente

Cuando la corriente de cortocircuito no alcanza el valor de cresta previsto, se dice que ha sido limitada. Esto se consigue con fusibles, interruptores de potencia limitadores de la corriente e interruptores rápidos. Cuando la corriente de cortocircuito es alta, estos dispositivos de protección desconectan en un tiempo sumamente corto (un par de milisegundos) y, por tanto, la corriente no tiene tiempo suficiente de llegar a su valor de cresta previsto.

Maniobra de apertura

Operación mediante la cual se lleva un aparato de maniobra de la → posición de cierre a la posición de apertura.

Maniobra de cierre

Maniobra en la cual el aparato se lleva de la → posición de apertura a la → posición de cierre.

Maniobras en servicio normal

Conexión y desconexión de aparatos de maniobra bajo condiciones admitidas por los valores nominales, por ej., frecuencia de maniobra, potencia nominal.

Manipulador

Parte de un aparato de maniobra mediante la cual puede ser accionado manualmente.

Marcha monofásica

Servicio de un motor trifásico cuando una de las líneas de alimentación se interrumpe (→ protección contra falla de fase).

Margen de ajuste

Rango dentro del cual puede ser ajustado el valor de referencia o reacción de un relé o disparador, por ej., de un disparador de sobrecargas, relé de tiempo, etc. (→ Corriente de ajuste).

Material de contacto

Material, generalmente metal noble, por ej., plata, aleaciones de plata, material sinterizado, con el cual se recubren las → piezas de contacto.

MCC (Motor Control Center)

Abreviatura de centro de control de motores. Instalación de maniobra de baja tensión en técnica extraíble, con interruptor principal y enclavamiento de puerta, para derivaciones de motores.

MCM

Mille Circular Mil: Medida normalizada en USA para la sección de los conductores a partir de 126,68 mm^2 (250 MCM = 126,68 mm^2).

Mecanismo de enclavamiento

Parte de un interruptor que lo mantiene en la posición a la cual fue llevado. El mecanismo de enclavamiento puede tener varias posiciones, en las cuales el interruptor puede ser retenido. Los mecanismos de enclavamiento se emplean solamente en interruptores con accionamiento manual, por ej., en interruptores de levas.

Mecanismo de maniobra

Parte de un interruptor de potencia que lo enclava en la posición "Conectado". El mecanismo de maniobra contiene todas las piezas mecánicas para la transmisión del movimiento, el enclavamiento y el → disparo libre.

Medio de extinción

Medio en el cual se apaga el arco. En los aparatos de maniobra se emplean los siguientes medios de extinción:
aire,
arena en los → fusibles NH y
el vacío en los → contactores al vacío.

Módulo extraíble

Denominación de un módulo de cambio rápido (sin soltar o empalmar conductores), en el cual se encuentran montados diversos aparatos, como son interruptores, contactores, fusibles, relés, instrumentos de medición, transformadores de intensidad, etc., formando una unidad completamente cableada.

Momento de conexión

Instante en el cual, durante el proceso de conexión, los contactos se tocan.

n

Abreviatura de disparador sin retardo contra sobreintensidades.

NBS

Abreviatura de New British Standard (denominación obsoleta de la sección de conductores antiguamente utilizada en Gran Bretaña; diametro en pulgadas).

Núcleo de hierro laminado

Núcleo de hierro, para sistemas magnéticos de corriente alterna de contactores y electroimanes, con pocas pérdidas. Los núcleos están formados por varias láminas de hierro con capas intermedias aislantes (no es necesario para corriente continua y, por tanto, en ese caso se emplean núcleos magnéticos sólidos).

Número de polos

→ Polo

nv

Abreviatura de un disparador de sobreintensidades sin retardo, con → bloqueo de cortocircuito.

Orden de mando fluctuante

Ordenes de conexión y desconexión que se suceden la una a la otra en forma rápida e incontrolada.

Piezas de contacto

Piezas de un aparato de maniobra, mediante las cuales el circuito eléctrico se abre o se cierra. Hay que diferenciar entre piezas de contacto fijas y piezas de contacto móviles y, dependiendo de su función, entre piezas de contacto principales y auxiliares.

Polo

Todas las piezas de un aparato de maniobra previstas para el mismo circuito principal y provistas de → piezas de contacto para abrir y cerrar el circuito. No pertenecen al polo las piezas previstas para la sujeción y el accionamiento en común de todos los polos. Si el aparato de maniobra tiene un solo polo, se denomina monopolar, si tiene varios polos acoplados de tal forma que trabajan simultáneamente, los aparatos se denominan en base al número de polos, por ej., bipolar, tripolar, tetrapolar, etc.

Porcentaje de armónicas

En transformadores, el grado de distorsión de la onda sinusoidal por generadores de armónicas, por ej., sistemas de rectificación con tiristores.

Posición de apertura

Posición en la cual la → distancia de aislamiento prevista entre los contactos principales abiertos de un aparato de maniobra está asegurada.

Posición de cierre

Posición del aparato de maniobra en la cual está asegurada la conducción prevista a través de él.

Posición de reposición

→ Posición "disparado"

Posición de reposo

Posición de las piezas móviles de un contactor cuando su sistema magnético no está accionado.

Posición "disparado" (tripped)

La palanca de accionamiento de un interruptor de potencia MCCB salta a dicha posición cuando uno de sus disparadores actúa. Para reconectar el interruptor se requiere llevar la palanca, pasando por la posición OFF-DES, a la posición de reposición.

Potencia aparente

Para corriente alterna es el producto de la corriente y tensión sin considerar el cos φ. La potencia aparente es una magnitud mensurable, ella se indica en VA.

Potencia de atracción

Potencia consumida por una bobina magnética, necesaria para cerrar el sistema magnético. Normalmente es superior a la potencia de mantenimiento.

Potencia de retención

Demanda de potencia de la bobina magnética para mantener conectado (cerrado) el sistema magnético.

Potencia nominal de un transformador de intensidad

Potencia aparente en VA cuando por el secundario circula la corriente nominal teniendo conectada la carga nominal.

Potencia reactiva

En instalaciones de regulación de energía reactiva, los condensadores suministran la potencia reactiva necesaria para los consumidores, compensan los campos electromagnéticos descargando así las redes de las empresas de abastecimiento de energía.

Potencia necesaria para la formación de los campos electromagnéticos de motores y transformadores en redes de corriente alterna monofásica o trifásica. Es indispensable para el servicio de todos los consumidores inductivos, pero no puede ser transformada en una forma de energía utilizable, como es el caso de la potencia activa. Ella carga "sin provecho" cables e instalaciones, en especial las redes de las empresas de abastecimiento de energía.

Principio modular

Ejemplos: Interruptores de potencia 3WE, los sistemas de distribución 8HS, 8HK, 8HL, etc.

Método que permite construir, con piezas individuales adaptadas las unas a las otras (módulos), aparatos de maniobra o distribuciones en un sinnúmero de variantes.

Ventajas: esencialmente reducción de almacén y movibilidad para adaptar los aparatos o distribuciones a aplicaciones definidas.

Protección de motores

Los motores deben protegerse contra sobrecargas y los efectos de cortocircuitos, es decir, protección del aislamiento del devando contra calentamiento inadmisible.

Protección de motores mediante termistores

En el devanado de los motores se instalan → sondas de temperatura (PTC o NTC), las cuales vigilan directamente la temperatura de las mismas, y dan aviso cuando se alcanza el valor de reacción de las mismas.

Puente de contacto

Contacto móvil, por ej., de un contactor, el cual abre o cierra simultáneamente dos puntos de contacto.

Puesta a neutro

La medida de protección puesta a neutro tiene como finalidad evitar la existencia de tensiones de contacto muy altas. Esta medida exige la existencia de un → conductor PEN puesto directamente a tierra.

Puesta a tierra como medida de protección

Su finalidad es evitar tensiones de contacto muy altas. Ella se logra conectando a tierra o a piezas puestas a tierra las partes conductoras de los aparatos o instalaciones (véase VDE 0100).

Pulsador

Interruptor sin enclavamiento, con fuerza para retornar a la posición de reposo cuando la fuerza de accionamiento deja de actuar.

Pulsador luminoso

Pulsador con botón transparente, en el cual se encuentra incorporada una → lámpara de señalización para aviso óptico.

Punto de contacto

Lugar donde se tocan las piezas previstas par la conducción de la corriente (por ej., los contactos).

Punto nodal

Lugar de unión de varios conductores en una → red radial o en una → red enmallada.

r

Abreviatura de disparador de mínima tensión.

rc

Abreviatura de disparador de mínima tensión con retardo en la desconexión mediante la utilización de condensadores.

Reacción

En disparadores y relés es la transición de la posición de reposo a la posición activa. Valores de reacción pueden ser, por ej., corriente, tensión, calor, tiempo, etc.

Rebotar

El abrir y cerrar varias veces de los contactos durante la conexión (raras veces durante la desconexión)

Recorrido de seccionamiento

Trayecto del contacto móvil durante la apertura; en todo el trayecto se mantienen las → distancias de aislamiento prescritas.

Red en anillo

Esta forma de red de distribución esta formada por conductores unidos entre si formando un anillo cerrado, el cual es alimentado por varios transformadores. La carga se conecta directamente al anillo. Si éste se rompe en algún sitio, la carga es alimentada por uno de ambos lados, como en una → red radial. La red en anillo es una de las formas de las redes de abastecimiento de energía (→ red enmallada).

Red enmallada

En una red enmallada el suministro de energía se realiza distribuído a través de un sistema de conductores unidos entre se en forma de malla. La alimentación se efectúa generalmente en varios puntos. En caso de fallar uno de los conductores, todos los consumidores son alimentados (sin necesidad de conmutar) a través de los conductores que permanecen en servicio (→ red radial, → red en anillo).

Red mallada

→ Red enmallada

Red radial

La configuración de los conductores equivale a la estructura de un árbol. La alimentación de los consumidores (hojas) se realiza a través de los conductores (ramas) por una sola vía (→ red enmallada, → red en anillo).

Regulador

Aparato de maniobra para modificar o mantener constante la velocidad de giro de un motor (con o sin pérdidas).

Regulador de potencia

Aparato de maniobra para el ajuste continuo y sin pérdidas de la demanda media de potencia de aparatos eléctricos. Un consumidor conectado al regulador se conecta y desconecta en forma intermitente con su potencia nominal.

Relación de corrientes

Concepto descriptivo para la selectividad en una → red enmallada. En caso de cortocircuito en un conductor de la red enmallada, a través de los demás conductores fluyen corrientes parciales de cortocircuito hacia los → puntos nodales más cercanos al sitio de cortocircuito. A partir de esos puntos fluye la corriente total de cortocircuito. Como relación de corrientes se denomina el cociente de la mayor corriente parcial entre la corriente total de cortocircuito. Si este cociente es menor o igual a 0,8, la → selectividad de los fusibles en los puntos nodales está asegurada.

Relación de reposición

Es el cociente del valor de reposición entre el valor de reacción (→ Reacción).

Relé de tiempo

Aparato de maniobra cuyos contactos auxiliares actúan con retardo después que se excitan o desexcitan (→ retardo en la conexión, → retardo en la desconexión).

Relé secundario contra sobreintensidades

Relé previsto para ser conectado al secundario de un → transformador de intensidad, su aplicación más común es la protección de motores de alta tensión. Los relés secundarios pueden ser para la protección contra sobrecargas o cortocircuitos.

Relé sin retardo contra sobreintensidades

Relé que reacciona inmediatamente cuando la corriente alcanza un valor previamente ajustado. Un interruptor auxiliar del relé de la orden de desconexión al aparato de maniobra coordinado con él.

Remanencia

→ Fuerza coercitiva

¿ CÓMO OBTENER UNA BUENA CONEXIÓN ELÉCTRICA ?

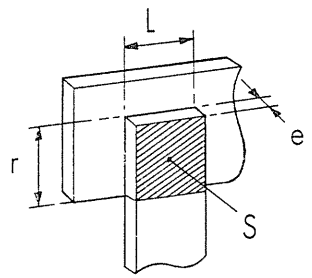
LA CALIDAD DE UN CONTACTO ELÉCTRICO DEPENDE DE :

① CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE CONTACTO

La superficie debe ser plana pero no pulida ; de hecho, la resistencia del contacto es de menor importancia si las superficies de contacto presentan una rugosidad media (Ra 1.6-3.2), los óxidos se presionan más fácilmente. Otro punto importante : la limpieza de las superficies antes de la conexión. Deben estar libres de óxido y grasa.

② SUPERFICIE DE CONTACTO

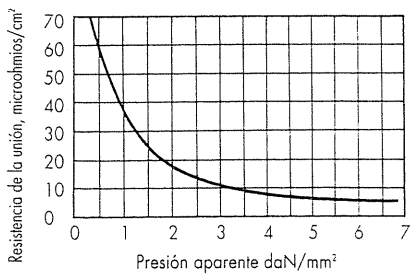
El solapado (r) no debe ser inferior a 5 veces el espesor (e) del más delgado de los conductores.



$S = r \times L$

③ LA FUERZA DE APRIETE NECESARIA (F)

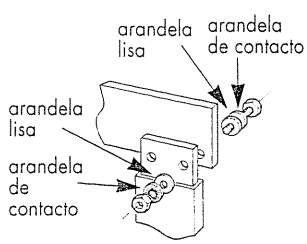
Es una función directa de la superficie de contacto (S) y de un valor optimizado k = 2,5 daN/mm².
(ver gráfico).



$F = k \times S$

CÁLCULO DE LA FUERZA DE APRIETE

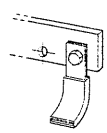
Con un tornillo cromado recubierto de zinc clase 8.8 y utilizando arandelas de "contacto" apretadas con una llave de apriete sin lubricar.



Ø	M6	M8	M10	M12	M14	M16
F (daN)	800	1450	2300	3700	4400	6000
Par Nm	13	30	60	110	174	274

EJEMPLO PRÁCTICO

FLEXIBAR 5 x 24 x 1



r = 5 x 5 = 25 mm
S = 25 x 24 = 600 mm²

F = 2,5 x 600 = 1500 daN

Cálculo de ERICO para F = 1500 daN :
1 tornillo M10
→ fuerza de apriete : 60 Nm

EXPLICACIÓN DE LA CALIDAD

calidad 8.8

- 8 → resistencia a la rotura ≅ 80 daN/mm²
- 8 x 8 = 64 → resistencia elástica para 0,2 % de alargamiento ≅ 64 daN/mm²

Rendimiento

Cociente de la potencia entregada entre la potencia consumida.

Resistencia a las corrientes de fuga

Resistencia del material de aislamiento a la formación de vías para la → conducción de corrientes de fuga.

Resistencia a los cortocircuitos

Resistencia de un aparato de maniobra con sus contactos principales cerrados, de sus componentes (por ej., disparadores), o de instalaciones a los esfuerzos dinámicos (resistencia dinámica a los cortocircuitos) o térmicos (resistencia térmica a los cortocircuitos) que se presentan en caso de cortocircuito.

La magnitud que caracteriza a los esfuerzos dinámicos es la → corriente de choque, la cual representa el mayor valor momentáneo de la corriente de cortocircuito.

La magnitud que caracteriza los esfuerzos térmicos es la media cuadrática de la corriente de cortocircuito durante su duración. → Curva característica $I^2 \cdot t$.

Resistencia a sacudidas

La resistencia a las sacudidas se da en múltiplos de la gravedad (g), e indica el valor de la aceleración para el cual el aparato de maniobra todavía trabaja seguro. En combinación con el factor g se da la dirección de la fuerza y la función de acuerdo a la cual la aceleración varía, así como la amplitud de la misma.

Resistencia de paso

Resistencia eléctrica de un punto de contacto, por ej., entre el contacto fijo y el contacto móvil de un aparato de maniobra cuando se encuentran cerrados.

Retardo en la conexión

Intervalo de tiempo previamente ajustado, que transcurre entre la orden de conexión y el momento en que son accionados los contactos de un relé de tiempo o elemento temporizado.

Retardo en la desconexión

Intervalo de tiempo previamente ajustado, que transcurre entre la orden de desconexión y el momento en que los contactos de un relé de tiempo o elemento temporizado retornan a su posición de partida.

Retardo definido del proceso de desconexión. En muchas ocasiones se desea que los aparatos de maniobra conectados no desconecten de inmediato en casos de caídas de breve duración de la tensión de la red. Si ésto ocurriese, se vería afectado, de una manera innecesaria, el suministro de corriente de los circuitos postconectados. En estos casos se emplean interruptores de potencia con disparadores de mínima tensión con retardo en la desconexión y contactores con dispositivos para retardar la desconexión.

Seccionador

Interruptor que abre un circuito en todos sus polos y tiene una indicación fiable de la posición de maniobra.

Seccionador bajo carga

Interruptor que llena los requisitos de → seccionador e → interruptor bajo carga.

Seccionador en vacío

Interruptor que cumple con los requisitos impuestos a los → seccionadores y a los → interruptores en vacío.

Seccionador para motores, con fusibles

Seccionador con capacidad de conexión de motores. Está formado por un seccionador con bases de fusibles conectadas en serie.

Seccionar

Abrir la vía de corriente formando una → distancia de aislamiento lo suficientemente grande para la protección de personas (→ Recorrido de seccionamiento).

Secuencia de maniobra

Serie de operaciones (accionamientos) estipuladas, que se efectúan en intervalos de tiempo establecidos.

Seguro contra cortocircuitos

Se dice que un aparato o vía de corriente es seguro contra cortocircuitos cuando no es de esperarse que bajo condiciones normales de servicio se presenten cortocircuitos.

Selectividad

Coordinación entre dispositivos de protección conectados en serie, por ej., fusibles, interruptores de potencia, relés, etc., para que en caso de perturbación solamente el circuito afectado sea desconectado, mientras que el resto de la instalación permanece en servicio, es decir, el dispositivo de protección más cercano a la perturbación desconecta. La selectividad reduce a un mínimo los efectos de las fallas, tanto en duración como en extensión.

Sensibilidad a la falla de fase

Dispositivo en los relés contra sobrecargas, el cual asegura una desconexón del motor antes que éste sufra daños térmicos, aún en caso de → marcha monofásica.

Servicio continuo con carga de breve duración

El primario de un transformador está constantemente conectado, el tiempo de carga admisible es, sin embrargo, tan corto, que la temperatura límite del transformador no es alcanzada. La pausa que a continuación prosigue es lo suficientemente larga que el transformador puede enfriarse a la temperatura de marcha en vacío.

VDE no define un servicio de breve duración para aparatos de maniobra ni para motores.

Servicio continuo con carga intermitente (S 6)

El primario de un transformador está constantemente conectado, el tiempo de carga admisible es, sin embargo, tan corto, que la temperatura límite del transformador no es alcanzada. La pausa que a continuación viene no es lo suficientemente larga para que el transformador se enfríe a la temperatura de marcha en vacío.

En el caso de los motores (VDE 0530), el servicio continuo con carga intermitente (S6) es una serie de ciclos iguales compuestos de un intervalo en vacío y un tiempo con carga constante (potencia nominal). Los tiempos no son lo suficientemente largos para alcanzar el equilibrio térmico en un ciclo.

VDE no define un servicio S6 para aparatos de maniobra.

Servicio de breve duración (S2)

Servicio en el cual el aparato de maniobra se carga con una → corriente nominal de servicio durante un tiempo determinado, el cual es tan corto, que el aparato no llega a alcanzar el equilibrio térmico, las pausas entre los períodos de carga son, sin embargo, tan largas, que el aparato se enfría a la temperatura del aire circundante.

Servicio de ocho horas

Este es un tipo de servicio nominal, durante el cual los contactos de un aparato de maniobra, bajo carga constante, alcanzan el equilibrio térmico. La duración del servicio debe ser menor de ocho horas. La corriente térmica convencional I_{th} de los aparatos de maniobra está referida a este servicio. → Corrientes nominales

Servicio intermitente (S3, S4 y S5)

Servicio en el cuál el aparato de maniobra es conectado y desconectado periódicamente. La duración de las pausas y de los tiempos de carga son tan cortos, que el aparato de maniobra no puede alcanzar un equilibrio térmico, ni al calentarse, ni al enfriarse. El servicio intermitente está caracterizado por el → factor de marcha (tiempo relativo de conexión) y la → duración del ciclo.

Servicio permanente (S1)

Un servicio en el cual los contactos principales del aparato de maniobra pueden permanecer cerrados por tiempo indefinido.

Servicio pulsante

El tiempo de marcha del motor es tan corto, que no puede alcanzar su velocidad nominal de giro. El aparato de maniobra debe desconectar la corriente de arranque del motor, es decir, un múltiplo de la corriente nominal del motor.

Simultaneidad de contacto

Situación que se presenta durante la maniobra de cierre cuando el → contacto NA cierra antes que el → contacto NC abra y durante la operación de apertura cuando el contacto NC cierra antes que el contacto NA abra (→ coincidencia de apertura, → conceptos de tiempo).

Sistema magnético

En los aparatos de maniobra está formado por la parte móvil (→ Armadura) y la parte fija (→ yugo) del nucleo y por la bobina, es decir, por el electroimán completo que se emplea para accionar los contactores o los disparadores electromagnéticos. Existen sistemas magnéticos para corriente alterna y para corriente continua.

Sistema magnético de corriente continua

→ Sistema magnético

Sobrecarga

Condición de servicio en un circuito eléctrico no perturbado, que tiene como consecuencia una sobreintensidad. La sobrecarga puede provocar daños si permanece por tiempo muy largo.

Sobreintensidad

Toda corriente más alta que el valor de la corriente nominal.

Sobretemperatura límite

Aumento máximo admisible de temperatura (calentamiento) estipulado para las partes de un aparato.

Sobretensión de desconexión

Exceso de tensión que se presenta cuando se desconectan inductividades, por ej., bobinas de contactores.

Soldadura de los contactos

Licuefacción y la siguiente solidificación de los contactos fijo y móvil en el → punto de contacto, quedando ambos unidos.

Los → contactos de un aparato de maniobra pueden quedar soldados como consecuencia de:

corrientes inadmisiblemente altas,
fuerza de contacto muy baja,
órdenes de mando fluctuantes.

Sonda de temperatura

Elemento semiconductor, cuya resistencia eléctrica varía en dependencia de la temperatura. Se emplea para la vigilancia de la temperatura, por ej., en el devanado de un motor (→ Protección de motores mediante termistores).

Soplado magnético del arco

→ Bobina de soplado

Temperatura ambiente

Temperatura del aire circundante al aparato de maniobra, la cual ha sido determinada bajo condiciones definidas, por ej., en el caso de aparatos de maniobra en caja, la temperatura fuera de la caja.

Temperatura límite

Temperatura máxima que las partes de un aparato de maniobra pueden soportar permanentemente sin sufrir daños. Su valor resulta de la suma de la → sobretemperatura límite y la temperatura estipulada para el aire circundante.

Tensión aplicada

Diferencia de potencial en los puntos de conexión de un polo momentos antes de fluir la corriente.

Tensión de cortocircuito

Diferencia de potencial que se presenta en los bornes del primario de un transformador cuando el secundario se encuentra cortocircuitado. Su valor se da en porcentaje del valor nominal de la tensión del primario.

Tensión de restablecimiento

Diferencia de potencial que se presenta en los puntos de conexión (bornes, barras, etc.) de un aparato de maniobra después de la interrupción de la corriente. Hay que diferenciar dos etapas de la tensión de restablecimiento: inmediatamente después de la interrupción se tiene la tensión transitoria de restablecimiento. Al finalizar los fenómenos transitorios la tensión de restablecimiento es la tensión de la red.

Tensión de servicio

Tensión local entre los conductores de un aparato o parte de la instalación.

Tensión nominal de accionamiento U_c

Es el valor nominal de la tensión de accionamiento para la cual ha sido dimensionado un accionamiento motriz o un → disparador auxiliar.

Tensión nominal de aislamiento U_i

La tensión nominal de aislamiento caracteriza el aislamiento de un aparato de maniobra. Las distancias de fuga y aislamiento, así como las pruebas de aislamiento están referidas a ella. Si no se indica ningún valor, la tensión nominal de aislamiento es igual a la → tensión nominal de servicio más alta, la cual, en ningún caso puede ser mayor que la tensión nominal de aislamiento.

Tensión nominal de servicio U_e

La capacidad de ruptura, de conexión y la categoría de servicio de un contactor están referidas a la tensión nominal de servicio. Un contactor puede tener varias tensiones nominales de servicio.

La tensión nominal de servicio de un contactor es el valor de la tensión que, en combinación con una corriente nominal de servicio, determina su campo de utilización.

La tensión nominal de servicio de un interruptor de potencia es el valor de la tensión al cual están referidos la capacidad nominal de ruptura, de conexión, así como las categorías del comportamiento bajo condiciones de cortocircuito. → Corrientes nominales

Tensiones nominales

Los aparatos de maniobra son caracterizados por las siguientes tensiones nominales:

→ Tensión nominal de accionamiento
→ Tensión nominal de servicio

Tiempo de apertura

El tiempo de apertura es el tiempo que transcurre desde la orden de desconexión hasta que abren los contactos de arco del interruptor, cuando todos los elementos de retardo que forman parte sustancial del interruptor han sido ajustados al mínimo o han sido desactivados (→ Conceptos de tiempo).

Tiempo de conexión

Intervalo de tiempo que comienza con el inicio del proceso de conexión (cierre) y termina en el instante que la corriente comienza a circular en la vía principal de corriente. En este lapso están comprendidos todos los retardos provocados por los dispositivos necesarios para la conexión, cuando ellos son parte integral del aparato de maniobra.

Tiempo durante el cual los → contactos permanecen cerrados (factor de marcha).

→ Conceptos de tiempo

Tiempo de conexión-desconexión

Intervalo de tiempo que comienza en el instante que la corriente comienza a circular por un polo y termina en el momento que el arco de desconexión se haya extinguido en todos los polos, cuando el disparador es exitado en el momento que la corriente comienza a circular por las vías principales de corriente.

Tiempo de desconexión

Intervalo de tiempo a partír del inicio del → tiempo de apertura hasta la finalización del tiempo de arco (→ Conceptos de tiempo para el proceso de desconexión).

Tiempo de disparo

Tiempo que transcurre desde que se presenta la orden de desconexión hasta que se dispara el aparato de maniobra (→ conceptos de tiempo para el proceso de desconexión).

Tiempo de fusión

Tiempo que tarda en derretirse un fusible. Comienza al presentarse la sobreintensidad (sobrecarga o cortocircuito) y finaliza al comenzar el proceso de interrupción (extinción).

Tiempo de retardo

En un relé de tiempo, el tiempo que transcurre entre la emisión de la orden y el momento en que son accionados los contactos.

Tiempo relativo de conexión

→ Factor de marcha

Tiempo total de cierre

→ Conceptos de tiempo para el proceso de conexión de interruptores.

Tierra

Denominación en VDE 0100 para el suelo y subsuelo.

Tiras bimetálicas

Tiras (bandas, cintas) bimetálicas se emplean en relés o disparadores contra sobrecargas. Están compuestas por dos partes metálicas con distintos coeficientes de dilatación. Debido al calor producido por las corrientes de sobrecarga, las tiras bimetálicas se doblan de tal forma que, después de cierto tiempo de carga, disparan al interruptor de potencia o accionan los contactos auxiliares de los relés bimetálicos.

Unidad de transporte

Denominación para una unidad constructiva de un → MCC, compuesta por una o más celdas, la cual no se desarma más para el transporte.

Unidad extraíble

→ Módulo extraíble.

Unidad funcional

Denominación que se da al conjunto de aparatos, para los circuitos principal y de mando, que se en-

cuentran montados en una unidad extraible o módulo con contactos de seccionamiento a la salida, incluyendo las piezas para montaje y fijación, previstos para una alimentación, salida o acoplamiento.

Valor de cresta de la corriente admisible

Valor máximo de la corriente que un aparato de maniobra puede soportar momentáneamente, bajo condiciones definidas, cuando se encuentra cerrado. Esta compuesto por la suma de la componente de corriente alterna con la componente de corriente continua.

Valor de cresta de la corriente no influenciada

→ Valor de cresta de la corriente prevista

Valor de cresta de la corriente prevista

Es el valor máximo de la corriente prevista que se presenta en el período de transición después de iniciarse la circulación de la corriente.

Valor efectivo (media cuadrática)

El valor efectivo de una corriente alterna equivale a una corriente continua que genera el mismo calor que la corriente alterna.

Para una curva sinusoidal, el valor efectivo es igual a $1/\sqrt{2}\times$ la amplitud (valor de cresta). Los valores de la tensión y corriente generalmente se dan en valores efectivos.

Valor $I^2 \cdot t$

Valor calorífico de la corriente de cortocircuito limitada, por ej., mediante interruptores limitadores de la corriente o mediante fusibles (→ Integral de Joule).

Valor máximo de cresta de la corriente prevista

Valor de cresta que se presenta cuando el momento de conexión esta situado de tal manera que el valor más alto posible se presenta.

Velocidad de conexión

Velocidad de los contactos móviles al → cerrar y al → abrir.

Vía de corriente

Todas las partes conductoras de un aparato de maniobra que pertenecen a un polo del circuito previsto a conectarse. Hay que diferenciar entre vías de corriente principales, de mando y auxiliares (para funciones de señalización y enclavamiento).

Vida eléctrica de los contactos

→ Vida útil de los contactos

Vida útil

Tiempo en el cual el aparato de maniobra, bajo condiciones normales de servicio, puede trabajar correctamente. La vida útil se indica en número de maniobras. Hay que diferenciar entre vida útil mecánica (→ Cargabilidad) y vida útil eléctrica (→ Vida útil de los contactos).

Vida útil de los aparatos

Bajo este concepto se entiende generalmente la vida útil mecánica (→ cargabilidad).

Vida útil de los contactos

Número de → ciclos de maniobra que los contactos pueden realizar bajo carga.

Vida útil eléctrica

→ Vida útil de los contactos

Vida útil mecánica

Vida útil cuando se conecta sin corriente (→ Vida útil).

Vigilador

Aparato que compara una magnitud con valores previamente determinados y tiene un → interruptor de máximas y mínimas para indicar que los valores límite han sido sobrepasados, por exceso o por defecto.

z

Abreviatura para disparador con retardo independiente de la corriente (disparador para selectividad mediante escalonamiento en el tiempo).

Zona $I^2 \cdot t$ de un interruptor de potencia

Rango comprendido entre las curvas $I^2 \cdot t$ máxima y mínima del interruptor de potencia. → Curva característica $I^2 \cdot t$.

zv

Abreviatura para → disparador de sobreintensidades con retardo independiente de la corriente, con → autobloqueo de reconexión.

Registro alfanumérico de los tipos de aparatos Siemens mencionados en este manual

Tipo	Página
ARDOMOT	100
BERO	103, 172, 184, 185, 190
BERO, capacitivo	182
BEROS de ultrasonido	186
BERO, inductivo	182
BERO, ultrasónico	182
GEAFOL	204, 205
GT2	200
GT3	200
GT4	200
Micro-BERO	184
Mini-BERO	184
OPTOMAT®	182, 183
SIGUT	176
SIMATIC	172, 190
SIMATIC C1 y C2	187
SIMATIC C1, C2 y C3	186, 188, 189
SIMATIC C3	187
SIMATIC S5	186, 187, 188, 189
sistema L	202
sistema U	202
tipo 8PU	196
VIDEOMAT®	182, 183
1LA	330
1RS	141
3NA	126, 337
3NA4	333, 334, 336
3ND	126, 334, 336
3ND1	337
3PA	140, 141, 142
3PK	140
3PR	140
3SB	143
3SE	167, 168, 169, 170
3SG	183, 184
3TB	63, 76, 118, 125, 129, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 143, 153, 155, 162, 164, 165, 179, 180, 181
3TC	155, 163, 166, 167
3TH	143, 157, 162, 164, 165
3TJ	63, 76, 129, 132, 137, 138, 139, 155, 157, 164, 165, 179
3TK	125
3TL	74
3TW	91, 126, 127
3UA	333
3UG1	103, 333
3UN6	102
3UN8	102
3UN9	102
3V.	120
3VE	174, 199, 333
3VE1	69
3VN	127, 174, 199, 333
3VP	174, 199
3VS	127, 333
3VT	126, 127, 174, 199, 333
3WE	101, 120, 126, 127, 174, 175, 179, 180, 333
3WV	179
4AM	45
4AN	45
4AS	45
6KB4	103
6KB4 110	103
6KB4 111	103
6KB4 112	103
6KB4 202	103
7SK2	100
8FA	204, 205
8GF	195
8HE	194, 202, 210, 316
8HK	195, 200, 316
8HL	194, 199
8HP	194, 201, 210, 213, 316
8HS	194, 200, 210, 213, 316
8L	210
8LV	203, 204
8LW	195, 203, 204, 316
8LX	195, 203, 204, 316
8MF	196, 205
8MH	206
8ML	196, 206
8PL	195, 202, 203
8PU	194, 197, 204, 208, 210

Indice alfabético

Accionamientos con rectificadores 123
- eléctricos 124
- magnéticos 122
Aislamiento de protección 25
Altitud 39
Angulo de retorno 171
Aparatos de maniobra para corriente continua 122
Aprobaciones 13, 15, 16, 17, 18
Armónicas 125
- de la red 105
Arrancadores 140
- directos 91
- para inversión del sentido de giro 73
Arranque automático 248, 286
- directo 244, 298
- estrella-triángulo 71, 99, 274, 278, 280, 282
- pesado 98
- suave 284
AWG 324

Barras colectoras 149, 327
BERO® 183
BEROS de ultrasonido 186
Bloqueo de reconexión 86
Bornes para circuitos de medición 308

Caída de tensión 148, 152
Calefacción eléctrica 75
CAMF 191, 192, 196
Capacidad de ruptura 84, 120, 124
- longitud crítica 154
- nominal de conexión 65, 85
- nominal de ruptura 64, 65, 85
Cargabilidad 119, 122
Categorías de servicio 79, 129, 144
Choques 41
Circuitos auxiliares 43, 143
Clases de protección 38
- de protección IP 36
Clima al aire libre 38
- exterior 38
- interior 38
Compensación de la temperatura 96
Comportamiento biestable 179
Condiciones climáticas 38
- de servicio severas 39
Conductor N118 PEN 25
Conductores largos 152
- PE y N 25
- PEN y N 25
Conectar bajo carga 67
- en vacío 67
- motores 67
Conexión Dahlander 73, 99, 135, 252, 254, 260, 262, 264, 266, 270
- de condensadores 125
- en cascada 92
- KUSA 72, 284
- PAM 135
- para la alimentación alternativa 246
Conmutación de servicio 314
- directa 300
Contactor 128, sgs.
Control de los contactos 180
Corriente alterna rectangular 128
- de arranque 71
- de choque 50
- de cortocircuito limitada 68, 82
- de desconexión 26, 27
- de falla 26
- de fuga 155
- de marcha en vacío 71
- de servicio 47
- de sustitución 62
- límite 88
Corrientes de Foucault 119
- nominales 65, 330
- parásitas 119
Curva característica de disparo 95
Curvas características de tiempo y corriente 333

Deionización de los gases 175
Disparador contra sobrecargas 86
- de mínima tensión 88, 121, 124, 144
- electromagnético 121, 124
- electrónico 101
- en caso de cortocircuito 86
- para redes enmalladas 88
- por corriente de trabajo 121, 124
Dispositivos de protección 95
Distancias de aislamiento y de fuga 31
Distinta a 50/60 Hz 119
Distribuciones con fusibles 126
- lineales 191
- radiales 191
- sin fusibles 127

Elementos RC 158
Enclavamientos 147
Esfuerzo dinámico 50
- térmico 50
Extinción al paso por cero 67

Falla a tierra 28, 118
Fenómenos transitorios 48
Fines de carrera 167
Frecuencia de la red 119
- de maniobras 100
- nominal 42, 64
Frenado por contracorriente 296, 298, 300
Fuentes de tensión 44
Fusibles 82
- de los puntos nodales 115

Grupos de aislamiento 31

Hoja de cálculo 59

Industrial Control Equipment 17
Instalaciones para iluminación 75
Interruptor de potencia 101
- de proximidad por ultrasonido 184
Interruptores de posición 167, 304
- de potencia 67
- de seguridad 33
- DES-Emergencia 33
Inversion del sentido de giro 99

Limitación de la corriente 67, 68, 82, 335
Longitud crítica 155

MCM 324
Medidas de protección 24, 25, 29, 31
Motores con rotor crítico 103

OPTOMAT® 183
Ordenes de mando fluctuantes 241

PE o PEN 20
PE/PEN 25
Pérdidas nominales 83
- por histéresis 119
Pico inicial de la corriente de arranque 71
Posición Tripped 87
Potencia de condensadores 332
Protección contra contacto directo 23
- de motores 93
- de personas 23
- por falla a tierra 28
- por falla de fase 97
- por tensión baja 23
- selectiva contra sobreintensidades 115
Puesta a neutro 27
- a tierra 27, 28

Rayos, influencia de los 40
Redes enmalladas 107, 115
- radiales 108
Reservas caloríficas 96
Resistencia a los cortocircuitos 64, 192
- al envejecimiento 83
- dinámica 64

Sacudidas 41
Seccionamiento de protección 25
Seccionar 66
Selección de arrancadores 141
- por cálculo 141
- sencilla 141
Selectividad 108, 337
- en redes enmalladas 115
Señales inequívocas 147, 241
Servicio continuo 45, 62
- de breve duración 62, 132
- intermitente 73, 132
- permanente 46
SIMATIC® 186
Sistemas de distribución 199
Sobrecargas térmicas 93
Subestación compacta 204

Tableros de mando 192
Técnica extraíble 196
- modular 196
Temperatura ambiente 39, 82, 96
Tensión baja para protección 25
- de contacto permitida 28
- de dispersión 149
- de falla 29
- de servicio 47
- nominal 42, 64
- nominal de aislamiento 64
- nominal de servicio 64
Tensiones de accionamiento 43, 44
- inestables 143
- peligrosas 24
Tensiónes rectangulares 128
Termistores 101, 105, 290, 294
Tiempo de arranque 71
- de calentamiento 104
Tolerancias de la tensión 43
Transformadores de mando 44

Unidades SI 318

Valor de cresta 64
Valores de reacción 121
Vida eléctrica 121, 122
- útil 129
VIDEOMAT® 183
Vigiladores 296
- de cintas transportadoras 302
Vigilancia de bandas transportadoras 103
- de frenado 103
- de la velocidad 103
- de reposo 103