

Clasificación de cortocircuito de equipos eléctricos

Una vista general de los requisitos principales de la protección contra cortocircuito de equipos y sistemas

Documento técnico | Septiembre 2017

Las máquinas, sus tableros de control y otros tipos de equipos eléctricos deben estar diseñados y dimensionados en concordancia con su alimentación eléctrica, así como con el entorno físico y las condiciones ambientales y de funcionamiento normalmente reinantes. Además del funcionamiento sin fallos en condiciones normales de funcionamiento, el objetivo también comprende la protección contra efectos perjudiciales en caso de avería. Por ejemplo, un fallo o avería podría ser un cortocircuito en el equipo eléctrico.

A partir de las normas, este documento técnico de Siemens explica las medidas necesarias para evitar lesiones a personas y animales, así como daños en los equipos, y también describe cómo puede proporcionarse la verificación pertinente.

Contenido

- Corrientes de cortocircuito máxima y mínima de equipos eléctricos 3
 - Directivas y normas 3
 - Corriente de cortocircuito en la alimentación de entrada y las cargas de la máquina 3
 - Corriente de cortocircuito simétrica inicial en el transformador 3
 - Atenuación del cable de conexión de potencia 4
 - Corriente de cortocircuito mínima posible 4
 - Sugerencia práctica 4
- Selección de equipos en el circuito principal 6
 - Subdivisión entre alimentación de entrada y alimentadores de carga 6
 - Dispositivo de desconexión de la alimentación 6
 - Alimentadores de carga 7
- Verificación 8
 - Clasificación de cortocircuito según IEC 60204-1 8
 - Requisitos de IEC 61439-1 8
 - Verificación de cortocircuito en la práctica 9
 - SIMARIS curves 9
- Información adicional 10

Corrientes de cortocircuito máxima y mínima de equipos eléctricos

Directivas y normas

Según la Directiva de máquinas 2006/42/CE y la Directiva de baja tensión 2014/35/UE, solo se podrán comercializar máquinas y equipos eléctricos que no pongan en peligro la integridad ni la salud de las personas ni, si procede, de animales domésticos o bienes. Esto también incluye la protección de los equipos contra interferencias o fallos eléctricos, como cortocircuitos.

Las normas ofrecen orientación para el análisis de riesgos y para el cumplimiento de requisitos fundamentales, y reflejan las reglas generalmente aceptadas de la tecnología. La norma internacional IEC 60204-1 "Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales" requiere, en el párrafo 7.10 de la edición 6.0, que se determine la corriente nominal de cortocircuito para los equipos eléctricos. Para lograr esto, la norma considera la opción de aplicar reglas de ingeniería, cálculos o ensayos. No obstante, la IEC 60204-1 no describe ningún método propio. En cambio, hace referencia a otras normas como la IEC 61439-1.

El cálculo de la corriente de cortocircuito también es un requisito esencial para la selección de equipos eléctricos.

Además de la corriente máxima de cortocircuito, la corriente mínima también juega un papel importante en este contexto. Como regla, la corriente de cortocircuito mínima la genera un cortocircuito monopolar mientras que la máxima suele aparecer con un cortocircuito tripolar.

- El dispositivo de protección debe detectar la corriente de cortocircuito máxima e interrumpirla rápidamente a fin de proteger los cables y los equipos de daños.
- Un factor importante para la corriente de cortocircuito mínima es la fiabilidad del sensor. Debe asegurarse que el dispositivo de protección aguas arriba desconecte la corriente residual en menos de cinco segundos como máximo, en caso de maquinaria o planta estacionaria. El objetivo es proteger al personal, tanto operador como de servicio, de posibles peligros causados por descargas eléctricas, y a los cables y a los equipos de daños.

Corriente de cortocircuito la alimentación de entrada y las cargas de la máquina

Los fabricantes y los clientes deberán acordar los valores máximo y mínimo de corriente de cortocircuito en la alimentación de entrada del tablero de control. Los equipos eléctricos se diseñarán y dimensionarán en concordancia con esos valores.

Se debe considerar la corriente de cortocircuito simétrica inicial en el transformador y la atenuación de la línea. Las secciones y las longitudes de cable afectan sustancialmente a la magnitud de la corriente de cortocircuito en la entrada de alimentación de la máquina.



La corriente de cortocircuito mínima la suele generar un cortocircuito monopolar.

Corriente de cortocircuito simétrica inicial en el transformador

En el manual de referencia "Control Panels compliant with IEC Standards and European Directives" y en el "SIVACON S8 Planning Manual" de Siemens hallará los valores aproximados de las corrientes de cortocircuito en el secundario del transformador en una vista general clara:

Potencia nominal S_n	Tensión nominal								
	400 V AC / 50 Hz			525 V AC/50 Hz			690 V AC/50 Hz		
	Valor nominal de la tensión de cortocircuito u_k			Valor nominal de la tensión de cortocircuito u_k			Valor nominal de la tensión de cortocircuito u_k		
		4%	6%		4%	6%		4%	6%
	Intensidad nominal I_n	Corriente de cortocircuito simétrica inicial $I_{sc}^{(1)}$		Intensidad nominal I_n	Corriente de cortocircuito simétrica inicial $I_{sc}^{(1)}$		Intensidad nominal I_n	Corriente de cortocircuito simétrica inicial $I_{sc}^{(1)}$	
50 kVA	72 A	1.933 A	1.306 A	55 A	1.473 A	995 A	42 A	1.116 A	754 A
100 kVA	144 A	3.871 A	2.612 A	110 A	2.950 A	1.990 A	84 A	2.235 A	1.508 A
160 kVA	230 A	6.209 A	4.192 A	176 A	4.731 A	3.194 A	133 A	3.585 A	2.420 A
200 kVA	288 A	7.749 A	5.239 A	220 A	5.904 A	3.992 A	167 A	4.474 A	3.025 A
250 kVA	360 A	9.716 A	6.552 A	275 A	7.402 A	4.992 A	209 A	5.609 A	3.783 A
315 kVA	455 A	12.247 A	8.259 A	346 A	9.331 A	6.292 A	262 A	7.071 A	4.768 A
400 kVA	578 A	15.506 A	10.492 A	440 A	11.814 A	7.994 A	335 A	8.953 A	6.058 A
500 kVA	722 A	19.438 A	13.078 A	550 A	14.810 A	9.964 A	418 A	11.223 A	7.581 A
630 kVA	910 A	24.503 A	16.193 A	693 A	18.669 A	12.338 A	525 A	14.147 A	9.349 A
800 kVA	1.154 A		20.992 A	880 A		15.994 A	670 A		12.120 A
1.000 kVA	1.444 A		26.224 A	1.100 A		19.980 A	836 A		15.140 A
1.250 kVA	1.805 A		32.791 A	1.375 A		24.984 A	1.046 A		18.932 A
1.600 kVA	2.310 A		41.857 A	1.760 A		31.891 A	1.330 A		24.265 A
2.000 kVA	2.887 A		52.511 A	2.200 A	f	40.008 A	1.674 A		30.317 A
2.300 kVA	3.608 A		65.547 A	2.749 A		49.941 A	2.090 A		37.844 A
3.150 kVA	4.550 A		82.656 A	3.470 A		62.976 A	2.640 A		47.722 A

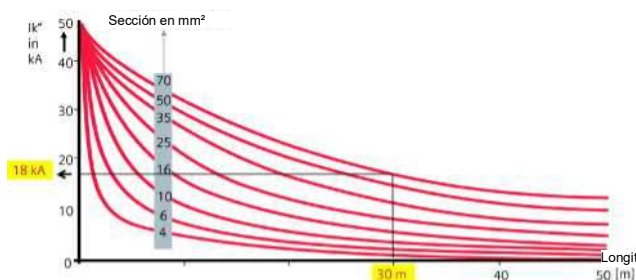
¹⁾ I_{sc} es la corriente de cortocircuito simétrica inicial esperada del transformador, considerando el factor de tensión y el factor de corrección de la impedancia del transformador según IEC 60939-0, sin considerar la impedancia de la fuente del sistema.

Para una potencia nominal de 2.000 kVA, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es de 52.511 A en este ejemplo.

Atenuación del cable de conexión de potencia

Cuanto más larga sea la línea de alimentación a la máquina y menor sea la sección del cable, mayor será la atenuación o pérdida en el cable. Un cortocircuito tripolar en el final de los conductores de alimentación de entrada provoca la corriente de cortocircuito máxima posible en la máquina.

En el siguiente diagrama se muestra una vista esquemática de la pérdida de cortocircuito en función de la longitud y la sección del cable.



Fuente: Maniobra, protección y distribución en redes de baja tensión

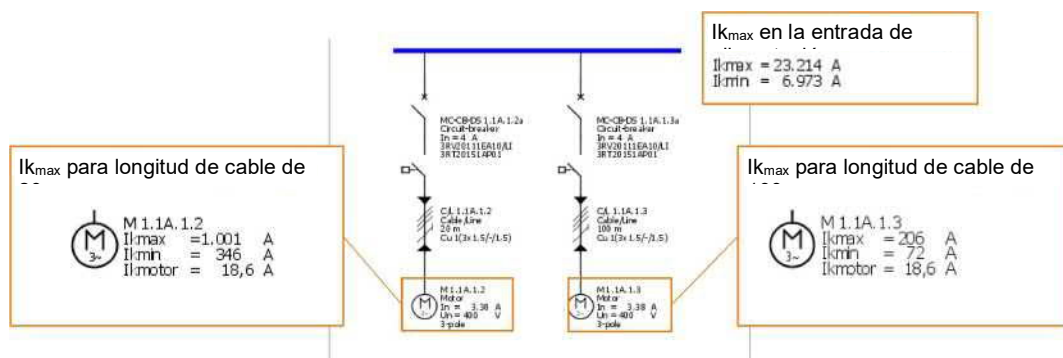
Corriente de cortocircuito mínima posible

El cortocircuito mínimo posible que puede darse es el cortocircuito monofásico. Cuanto más larga sea la línea de alimentación hasta el punto de cortocircuito y menor sea la sección de conductor, mayor será la impedancia del bucle de defecto y menor la corriente de cortocircuito que se produce. En consecuencia, la corriente de cortocircuito mínima suele producirse en la conexión de la carga, a la mayor distancia posible. En todos los casos debe asegurarse el disparo por cortocircuito de la protección aguas arriba para ese valor de respuesta. En caso contrario, es posible que no se logre el tiempo de corte requerido de cinco segundos como máximo.

Sugerencia práctica

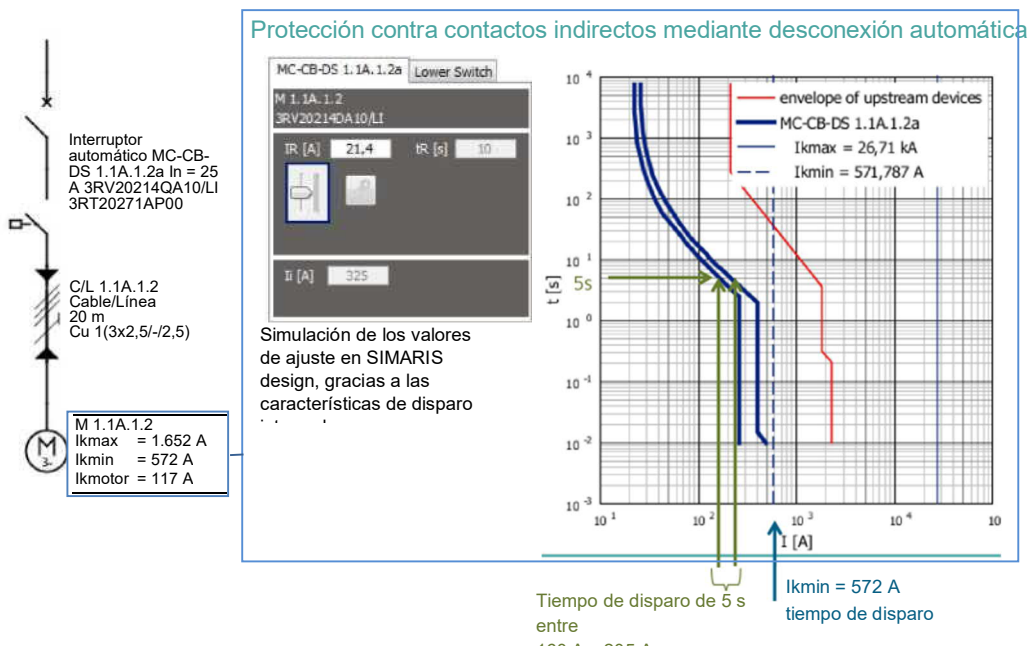
En la práctica, la determinación de los cortocircuitos mínimo y máximo en la ubicación de instalación de los equipos de protección correspondientes puede suponer costes de ingeniería sustanciales.

La herramienta de planificación "SIMARIS design" de Siemens es una ayuda valiosa para la planificación eléctrica profesional. Por ejemplo, la aplicación ayuda a dimensionar correctamente las secciones de conductor, para las combinaciones de arrancadores de motor probadas y para el dimensionamiento de los dispositivos de protección.



SIMARIS design calcula, entre otras cosas, las I_{kmin} e I_{kmax} en distintos puntos del circuito: Aquí en la entrada de alimentación de la máquina y en la carga para dos alimentadores de salida de motor con una capacidad de 1,1 kW, idénticas secciones de conductor y longitudes de cable diferentes.

Las características de disparo de los dispositivos de protección ayudan al ingeniero de proyectos tanto a dimensionar de forma segura los alimentadores de carga como a verificar la desconexión de seguridad en caso de un ...



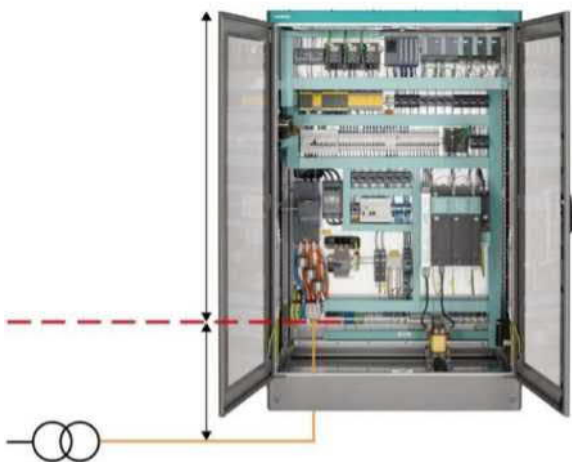
Simulación de los valores de ajuste en SIMARIS design, gracias a las características de disparo integradas de los equipos de protección:

Aquí para un alimentador de carga con una capacidad de 11 kW e $I_n = 21,4$ A.

Selección de equipos en el circuito principal

Subdivisión entre alimentación de entrada y alimentadores de carga • Interruptor seccionador sin fusibles

Salvo que el operador y el fabricante de la máquina acuerden otra cosa, el área de responsabilidad del fabricante empieza en el punto de alimentación de la máquina. Es decir, en el borne del alimentador del seccionador o, si procede, los bornes de conexión aguas arriba.



Desde la entrada de alimentación, las funciones a implementar incluyen:

- Unidad de desconexión para desconexión/parada segura de la planta
- Protección contra cortocircuito
- Protección contra sobrecargas (cables)

Dispositivo de desconexión de la alimentación

En conformidad con IEC 60204-1, los dispositivos conformes con IEC 60947-2 e IEC 60947-3 están permitidos. Como dispositivo de desconexión para desconexión/parada segura de la planta, pueden utilizarse las soluciones de Siemens siguientes:

- Tipo constructivo con fusibles y función de corte en carga

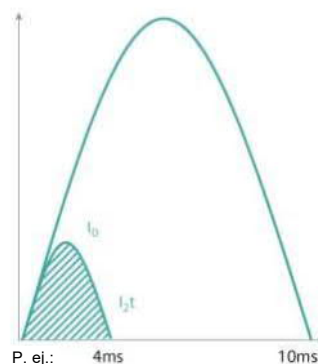


- Tipo constructivo sin fusibles con interruptor automático



Si se usa un dispositivo de desconexión sin equipos de protección integrados, no se protegen los cables en los bornes de salida de la unidad de desconexión. En este caso, el fabricante debe especificar unos fusibles de respaldo adecuados en la documentación técnica.

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos con limitación de corriente, como interruptores automáticos o fusibles (p. ej., MCCB Siemens 3VA, fusibles HRC de BT Siemens) interrumpen la corriente de cortocircuito antes de que llegue a su valor de cresta (la cresta de la corriente de cortocircuito). La desconexión se realiza en unos pocos milisegundos y corresponde a la curva envolvente rayada.



Oscilograma de corte esquemático, sistema de 50 Hz

Alimentadores de carga

Los diversos alimentadores de carga se conectan aguas abajo de la unidad de desconexión.

En cada alimentador de carga individual deben implementarse las funciones siguientes:

- Protección contra cortocircuito
- Protección contra sobrecargas de los cables y motores
- Control de las cargas individuales

Los alimentadores de carga pueden ser con fusibles o sin fusibles, según los requisitos. Siemens ofrece soluciones para ambos tipos.



Alimentador de carga sin fusibles, opcionalmente para montaje por parte del cliente o bien como combinación 3RA2 premontada

Alimentador de carga con fusibles, con cartuchos fusibles Siemens, p. ej., 5SE, 3NA, contactor 3RT2 y relé térmico de sobrecarga

Verificación

Clasificación de cortocircuito según IEC 60204-1

Como consecuencia del requisito de IEC 60204-1 acerca de la necesidad de determinar la corriente nominal de cortocircuito para los equipos eléctricos aplicando reglas de ingeniería, cálculos o ensayos, junto con la referencia a las normas IEC 61439-1, IEC 60909-0, IEC/TR 60909-1 o IEC/TR 61912-1, la cuestión de la "capacidad nominal de cortocircuito" está claramente definida y regulada. A continuación, se examinarán detalladamente los requisitos que se derivan de la IEC 61439-1.

Requisitos de la IEC 61439-1

Esta norma define cómo se determina la capacidad nominal de cortocircuito de los equipos eléctricos y cómo debe realizarse la verificación. La verificación puede realizarse mediante ensayos o comparando con un diseño de referencia.

Se puede dispensar la verificación de la capacidad nominal de cortocircuito en:

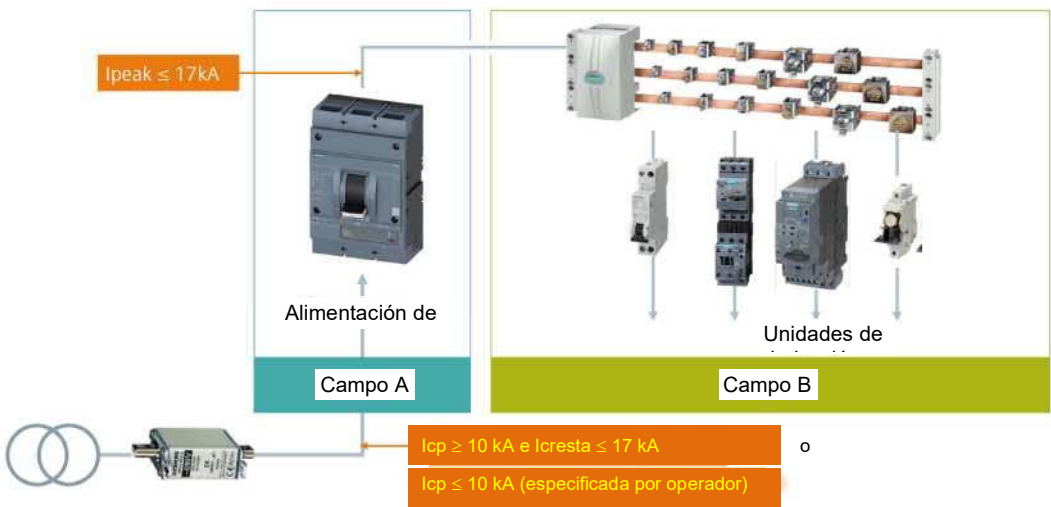
- Conjuntos de aparamenta de control con una corriente nominal asignada de corta duración I_{cw} o una corriente nominal de cortocircuito condicional I_{cc} de, como máximo, 10 kA rms.
- Conjuntos de aparamenta de control protegidos por dispositivos limitadores de corriente cuya corriente de paso no supere un máximo de 17 kA (I_{peak}).
- Circuitos auxiliares de conjuntos de aparamenta de control para conexión a transformadores:
 - Potencia nominal ≤ 10 kVA con una tensión nominal del secundario ≥ 110 V, o bien

Debido al esfuerzo necesario, la verificación con ensayos de equipos eléctricos de maquinaria no siempre se lleva a cabo en la práctica. Usualmente se obtiene la verificación comparando con un diseño de referencia. Esto implica que el fabricante de los equipos eléctricos remite a las especificaciones de cortocircuito de las hojas de datos de los componentes utilizados y esos valores de cortocircuito habrán sido determinados mediante ensayos por los fabricantes de los



Poder de corte de la corriente de cortocircuito de servicio (Ics)	
• Con valor asignado de 240 V	100 kA
• Con valor asignado de 400 V	50 kA
• Con valor asignado de 500 V	8 kA
• Con valor asignado de 690 V	4 kA
Poder de corte de la corriente de cortocircuito máxima (Icu)	
• Para AC con valor asignado de 240 V	100 kA
• Para AC con valor asignado de 400 V	100 kA
• Para AC con valor asignado de 500 V	15 kA
• Para AC con valor asignado de 690 V	6 kA

Extracto de la hoja de datos de producto del interruptor automático 3RV2032-4EA10



Si ninguna de las tres excepciones es aplicable, la verificación debe proporcionarse mediante comparación con un diseño de referencia o mediante ensayos.

Verificación de cortocircuito en la práctica

Siemens simplifica la verificación de cortocircuito. Por ejemplo, mediante una clara vista general en forma de tabla que muestra los dispositivos de protección que limitan el cortocircuito a <17 kA.

Integración		Clase de capacidad de cierre/corte						
IEC 61439, ensayo de cortocircuito								
Valores para 415 V		B	N	S	M	H	C	L
3VA1	I_{sc}	16 kA	25 kA	36 kA	55 kA	70 kA	-	-
3VA10 (3/4p)								
	16-80 A	OK	OK	OK	-	-	-	-
	100 A	OK	OK	33,0 kA	-	-	-	-
3VA11 (1/2p)								
	16-160 A	-	OK	OK	-	-	-	-
3VA11 (3/4p)								
	16-32 A	-	OK	OK	OK	OK	-	-
	40-80 A	-	OK	OK	OK	68,0 kA	-	-
	100-160 A	-	OK	33,0 kA	33,0 kA	33,0 kA	-	-
3VA12 (3/4p)								
	160-250 A	-	-	14,5 kA	14,5 kA	14,5 kA	-	-
3VA2		I_{sc}	-	-	55 kA	85 kA	110 kA	150 kA
3VA20								
	25-100 A	-	-	-	38,1 kA	38,1 kA	38,1 kA	38,1 kA
3VA21								
	25-160 A	-	-	-	19,4 kA	19,4 kA	19,4 kA	19,4 kA
3VA22								
	160-250 A	-	-	-	16,7 kA	16,7 kA	16,7 kA	16,7 kA
3VA23								
	250-400 A	-	-	-	17 kA	>17 kA	>17 kA	>17 kA
3VA24								
	400-630 A	-	-	-	>17 kA	>17 kA	>17 kA	>17 kA

Interrupor automático de caja moldeada 3VA

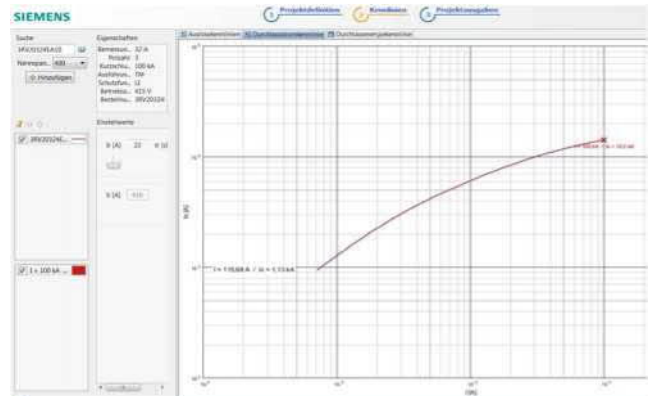
Tamaño	Anchura	I_n	$(I_d^{(1)})$	$(I_k^{(2)})$	U_n
	mm	A			AC V/ DC V
	47,2	35	< 17 kA	120 kA	500/440
		50	< 17 kA	120 kA	
		63	< 17 kA	120 kA	
		80	< 17 kA	120 kA	
		100	< 17 kA	120 kA	
		125	< 17 kA	120 kA	
		160	17 kA bei 94,7 kA		
		200	17 kA bei 59,6 kA		
		224	17 kA bei 31,6 kA		
		250	17 kA bei 20,1 kA		
		300	> 17 kA		
		315	> 17 kA		
	57,8	355	> 17 kA		500/440
		400	> 17 kA		
		200	17 kA bei 59,3 kA		
		224	17 kA bei 31,9 kA		
		250	17 kA bei 20,9 kA		
		300	> 17 kA		
		315	> 17 kA		
		355	> 17 kA		
	71,2	400	> 17 kA		
		425	> 17 kA		
		500	> 17 kA		
		630	> 17 kA		

Integración de sistemas de fusibles

HRC de BT

IEC 61439 – IC < 17 kA

SIMARIS curves es una herramienta digital útil. Este software gratuito visualiza las características de disparo, curvas de corriente y energía de paso de los diversos dispositivos de protección fabricados por Siemens.



Curva de corriente de paso del interruptor automático 3RV2032-4EA10 para protección de motores. Para una I_k de cortocircuito de 100 kA, el interruptor automático tiene una corriente de paso de 14,2 kA.

Información adicional

Siemens le mantiene al día.

Si busca obras de referencia, cursos basados en web, herramientas de ingeniería útiles o información acerca de la fabricación de paneles, hallará amplia información sobre know-how de expertos, herramientas y datos para la digitalización en ingeniería y la gama de sistemas y productos adaptados entre sí en nuestra página www.siemens.es/panelesdecontrol.

Paneles de control integrados: la forma fácil de optimizar paneles de control.

Paneles de control integrados:

www.siemens.com/panelbuilding

SIMARIS design:

www.siemens.com/simaris

SIOS Siemens Industry Online Support:

www.siemens.com/sios

Nueva IEC 60204:

www.siemens.com/iec60204

Sistemas de distribución de energía:

www.siemens.com/iec61439

Resumen de sistemas de fusibles con valores de paso ≤ 17 kA:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/view/109474681>

Resumen de los interruptores automáticos de caja moldeada 3VA con valores de paso ≤ 17 kA:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/view/109479133>

Resumen de guardamotores 3RV con valores de paso ≤ 17 kA:

<https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/view/84473032>

Siemens

Smart Infrastructure

Electrical Products

Werner-von-Siemens-Str. 48-50

92224 Amberg, Alemania