



**SIEMENS**

# Guía técnica para el instalador electricista

[www.siemens.com.ar/industry](http://www.siemens.com.ar/industry)

Guía técnica para el  
**instalador electricista**

**SIEMENS**





## La Guía Técnica para el Instalador Electricista ha sido elaborada para facilitar el desarrollo de su trabajo cotidiano.

### Introducción

El objetivo de esta publicación es aportar datos precisos y ejemplos prácticos para la solución de cualquier tipo de inconvenientes que se puedan presentar en su actividad. Todo el contenido ha sido elaborado sobre la base de las consultas realizadas a los técnicos especialistas de nuestra Hotline Técnica.

No hay que olvidar que cuanto más rápida y sencillamente pueda realizar su trabajo, mayores serán sus beneficios y los de su cliente. Del mismo modo, cuanto mejor sea la calidad de los productos utilizados, mayor será la confiabilidad de la instalación.

A través de esta guía técnica le proporcionamos la ayuda necesaria para llevar adelante todos sus proyectos.

Deseamos que sea una herramienta de gran utilidad para su trabajo, sumándose a las ya existentes:

**Sitio web de Siemens Sector Industria**  
<https://www.siemens.com.ar/industry>

**Hotline Técnica**  
**Teléfono 0810-333-2474 (opción 3)**  
**support.aan.automation@siemens.com**



Las tareas más frecuentes de un Instalador Electricista consisten en conectar circuitos de iluminación y circuitos de motores. Para asegurar que las mismas sean desarrolladas de manera confiable, es conveniente analizar las diferentes funciones que las componen, todas ellas importantes.

La maniobra de carga: permite que el motor arranque o la lámpara se encienda cuando es necesario.

La protección de la carga: es la función de los aparatos que evitan que la carga se dañe cuando hay una avería ajena a ella.

La protección del circuito: si a pesar de nuestras precauciones hay una falla en el circuito o en la carga, debemos evitar que también se dañen o destruyan los demás aparatos que conforman el circuito.

**Para cada una de estas funciones existen determinados aparatos**

El control: establece cuándo y por qué una carga debe ser conectada.

El mando: cuando la maniobra de las cargas es manual debemos establecer un vínculo entre la instalación y los operarios; o si queremos devolver información desde la instalación, debemos recurrir a aparatos de mando y señalización.

Aparatos de maniobra: son los contactores, arrancadores, variadores de velocidad, interruptores o seccionadores que permiten vincular eléctricamente a la red con la carga, y conducen la corriente hacia la misma permitiendo su funcionamiento.

Aparatos de protección: según su forma de actuación protegen a las cargas contra sobrecargas (guardamotores o relés de sobrecargas); a los aparatos de maniobra



contra los efectos de corrientes de cortocircuito (fusibles, guardamotores o interruptores limitadores); o a las líneas de interconexión contra sobrecargas y cortocircuitos (fusibles, interruptores automáticos, termomagnéticas).

**Aparatos de mando:** son los encargados de vincular a la instalación y a los operadores de la misma con los aparatos de maniobra y protección. Ejemplo de ello son los botones y las lámparas de señalización, los fines de carrera, los sensores, etc.

**Aparatos de control:** se utilizan para realizar tareas de automatismo, más o menos complicadas, siendo su mejor exponente los relés de tiempo, o Módulos Lógicos Programables LOGO!

Al mencionar a los motores, se hace referencia a motores trifásicos asíncronos con rotor con jaula de ardilla. Excepcionalmente también se tratarán temas relativos a motores monofásicos y asíncronos con rotor en cortocircuito.

**Valores nominales y asignados:** las actuales normas internacionales reservan el adjetivo de “nominales” para las fuentes de alimentación, baterías y redes de distribución de energía, ya que estos valores nominan, es decir, dan el nombre a los sistemas.

En cambio para motores, aparatos de maniobras y demás se utiliza la denominación de valores “asignados”, ya que son los valores tomados para definir a todos

los parámetros físicos que determinan las características de los aparatos en cuestión. Por lo tanto, al referirnos a los valores de los aparatos, sólo usaremos la denominación “Valor Asignado”.

# Capítulo 1.

## Motores Asincrónicos Trifásicos

### Generalidades

El motor eléctrico se compone fundamentalmente de un rotor (parte móvil) y un estator (parte fija), ambos **compuestos por un paquete de chapas de hierro silicio con ranuras**, donde se alojan los bobinados estatórico y rotórico. Entre ellos se producirá una reacción electromagnética que transformará la energía eléctrica absorbida de la red en energía mecánica cedida a la máquina arrastrada a través del eje.

En un motor para corriente alterna el rotor está habitualmente compuesto por varillas de cobre o aleación de aluminio unidas en sus extremos; de allí el nombre de rotor en cortocircuito o con jaula de ardilla como se lo

conoce. El motor puede ser monofásico o trifásico. El primero se conecta a una red monofásica (dos cables) y habitualmente es usado en viviendas y pequeños comercios. Produce un campo magnético pulsante, por ello tiene vibraciones, así que no se lo puede fabricar para grandes potencias; no tiene par de arranque, y necesita por ello una bobina auxiliar para arrancar. Se conecta por medio de cuatro bornes de conexión.

El motor trifásico es diseñado para ser conectado a redes trifásicas (tres cables), y es universalmente usado en las industrias, edificios y grandes instalaciones. Produce un campo magnético giratorio, lo que le permite fun-

cionar sin vibraciones, y posee un elevado par de arranque. Normalmente tiene seis bornes de conexión.

Ver Tensión asignada y capítulo de Arranque Directo (Cap.5) y Arrancadores Suaves (Cap.9).

Se fabrican hasta muy elevadas potencias.

Si a un motor trifásico se le quita la alimentación de una de las fases, pasa a funcionar como un motor monofásico y adquiere todas sus limitaciones: pierde el par de arranque, vibra y se sobrecalienta.



**Foto 1.1** Motores asincrónicos trifásicos



Fig. 1.1 Corte de un motor trifásico.



Foto 1.2 Familia de motores 1LA y 1LG.

### Criterios de selección

Existen distintas características a tener en cuenta al seleccionar un motor, algunas básicas y otras optativas.

### Potencia asignada

Una de las características fundamentales para la selección del motor es su potencia asignada. Esta es la potencia mecánica que es capaz de entregar en el cabo de eje; y se da en kilowatt (kW) o caballos de fuerza (CV, HP, PS). Un caballo motor es aproximadamente igual a 735 W, es decir:

$$1 \text{ CV} = 0,735 \text{ kW}$$

La potencia absorbida desde la red eléctrica será mayor por efecto del rendimiento y el factor de potencia.

### Temática energética

El rendimiento nos da una idea de las pérdidas producidas dentro del motor. Estas son variables como la potencia del motor y su velocidad y son una característica de la **calidad de la construcción** del motor y de los materiales empleados. Los motores Siemens son de bajo consumo, es decir, grado de eficiencia IE1 (eficiencia estándar), IE2 (alta eficiencia) ó IE3 (eficiencia premium); estos últimos dos a pedido. También se pueden disponer motores clase EFF2 (motores de alto rendimiento; nivel superior a IE1).

El factor de potencia depende de la construcción y calidad de los materiales; pero además de la velocidad, de la potencia y del estado de carga del motor.

Los motores de Siemens poseen un factor de servicio de SF=1,1 en 50 Hz. Esto implica que, en conexión directa a la red, pueden entregar permanentemente una potencia 10% superior a la asignada siempre que no se superen los 40°C de temperatura ambiente.

Los motores Siemens de alta eficiencia ó eficiencia premium poseen (en las mismas condiciones que las mencionadas) un SF=1,15. (Es decir, el porcentaje de sobrecarga en las condiciones que antes se explicaron es de un 15%).

### Bobinado y aislamiento

Los hilos esmaltados de alta calidad y los aislantes superficiales junto con las impregnaciones resinosas exentas de disolventes configuran el sistema de aislamiento DURIGNIT IR 2000 de los motores Siemens.

Esto garantiza gran resistencia mecánica y eléctrica, así como un gran valor útil y larga duración de los motores.

El aislamiento protege en gran medida el bobinado ante los efectos de agentes

agresivos como gases, vapores, polvo, aceite y excesiva humedad del aire y es resistente a las vibraciones normales.

El aislamiento es apto para una humedad absoluta de hasta 30 g de agua por m<sup>3</sup> de aire. Se recomienda evitar la condensación en el devanado.

Para aplicaciones extremas es necesario realizar una consulta.

Todos los motores Siemens estándar tienen la clase de aislamiento 155 (F). A su vez la utilización de los motores estándar equivale a la clase de aislamiento 130 (B) con potencia nominal y alimentación de red.

Esta reserva térmica es (F/B) es la que permite que los motores tengan en condiciones estándar los factores de servicio antes mencionados.

### Velocidad asignada

La otra característica de selección de un motor es su velocidad de rotación. La velocidad de un motor está dada en revoluciones por minuto (1/min). En un motor de corriente alterna la velocidad depende de la frecuencia de la red a donde se lo conecta, del bobinado y de su construcción.

En la siguiente tabla encontramos la velocidad teórica o de sincronismo de un motor según su número de polos.

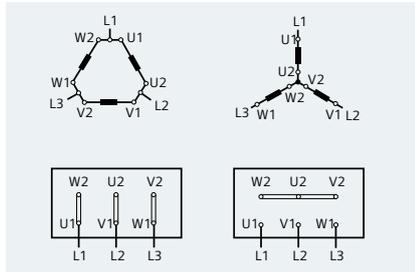
Cantidad de polos del motor	Velocidad de sincronismo	
	Red de 50 Hz	Red de 60 Hz
2 polos	3.000 1/min	3.600 1/min
4 polos	1.500 1/min	1.800 1/min
6 polos	1.000 1/min	1.200 1/min
8 polos	750 1/min	900 1/min
10 polos	600 1/min	720 1/min
12 polos	500 1/min	600 1/min

**Tabla 1.1** Número de polos y velocidad.

Debido a un fenómeno electromagnético producido en el entrehierro del motor, llamado resbalamiento o deslizamiento, la velocidad asignada del motor nunca alcanza a la velocidad de sincronismo sino que es algo menor.

Si las conexiones al motor son ordenadas, es decir fase uno (L1) al primer borne (U1), L2 a V1 y L3 a W1, el motor girará en el sentido horario (hacia la derecha), visto desde el cabo de eje.

Para invertir el sentido de giro de un motor es suficiente con invertir dos de las conexiones.



Conexión triángulo

Conexión estrella

### Tensión asignada

Para la selección del motor también se debe conocer la tensión de la red donde será conectado. Los bobinados del motor están diseñados para funcionar a una determinada tensión de red, indicada en volt (V).

Habitualmente un motor trifásico normalizado puede conectarse tanto en estrella como en triángulo. El tipo de conexión se selecciona en la caja de bornes mediante el uso de puentes de interconexión.

Existe un motor de tensión asignada 230/400 V que es apropiado para conectarse, en triángulo, a una red de  $3 \times 230$  V y en estrella a una de  $3 \times 400$  V (se fabrica hasta 5.5 CV). Este motor no es apropiado para un arrancador del tipo estrella-triángulo en una red trifásica de  $3 \times 400$  V.

En cambio el motor de tensión asignada 400/690 V se construye también para potencias asignadas mayores. Este motor se conecta a redes de  $3 \times 400$  V en triángulo y en estrella a redes de 690 V. Los motores de Siemens tienen una tolerancia de tensión de  $\pm 10\%$ . Estos motores sí son apropiados para arrancadores estrella-triángulo en redes de  $3 \times 400$  V de tensión nominal. (Ver capítulo de Arrancadores Suaves en página 52)

### Frecuencia asignada

Los motores Siemens están contruidos para funcionar tanto en una red de 50 Hz como en una de 60 Hz. Son aptos para funcionar con variadores de frecuencia, desde un 10% de su frecuencia asignada hasta valores superiores que pueden alcanzar a más del doble de la nominal. La frecuencia máxima en la que pueden funcionar sin problemas depende de la potencia y velocidad asignadas. Es recomendable en cada caso consultar a un especialista.

Para incrementar la eficiencia del motor a velocidad reducida (estos límites dependen del proceso, ó bien del par de carga resistente de la aplicación) o limitar en gran medida la emisión de ruido a velocidades muy por encima de la velocidad de sincronismo, se recomienda utilizar motores con ventilación forzada. Ambas situaciones se presentan únicamente cuando se trata de alimentación con variador de velocidad.

Para accionamientos de traslación y funcionamiento con vibraciones, se ruega realizar una consulta.

### Formas constructivas

Normalmente un motor es suministrado para montaje horizontal con patas IMB3, y a pedido se pueden modificar a vertical con el cabo del eje hacia abajo; también con brida IMV1 u horizontal IMB5. En la fig 1.3 se ven las formas constructivas más habituales.

Un motor de una determinada forma constructiva puede utilizarse en otras posiciones de montaje, aunque es muy probable que deban tenerse en cuenta algunas modificaciones como cambios de rodamientos, adición de bridas, anillos de protección, sellos, etc. Para ello se debe recurrir a talleres especializados.

Un motor se suministra con rodamientos a bolilla, especialmente aptos para cargas axiales, en el sentido de eje. En el caso de acoplar un motor a una máquina mediante poleas se debe considerar el esfuerzo tangencial o radial, ya que estas afectan a los rodamientos pudiendo dañarlos; se recomienda consultar al fabricante y si es necesario cambiar los rodamientos por otros del tipo a rodillos. Algo similar ocurre si se desea que el motor funcione en sentido vertical; tal vez sea necesario cambiar los rodamientos por otros capaces de sostener el peso del rotor.

Los rodamientos de los motores Siemens hasta el tamaño 250 (motores menores a 55 kW) son prelubricados, no necesitan ser engrasados. A los motores más grandes es necesario engrasarlos periódicamente. Sobre el periodo de engrase en función de la temperatura ambiente, la cantidad y el tipo de grasa se debe consultar la placa de lubricación correspondiente que se coloca en el motor junto a la de características.

### Protecciones mecánicas

Es necesario hacer un análisis sobre los ambientes o lugares de trabajo de las máquinas en general y de los motores en particular.

Dependiendo de las condiciones del servicio y las propias del medio ambiente, se elegirá una clase de protección típica para un área determinada, y sobre la base de ella se definirá el grado de protección de los motores y tableros a instalar en la zona.

Se deberán tener en cuenta a los siguientes aspectos:

- ▣ Protección de personas y contacto casual de partes bajo tensión o en movimiento.
- ▣ Protección contra partículas perjudiciales para el motor o aparatos.
- ▣ Protección contra la entrada perjudicial de agua para el motor o aparatos.

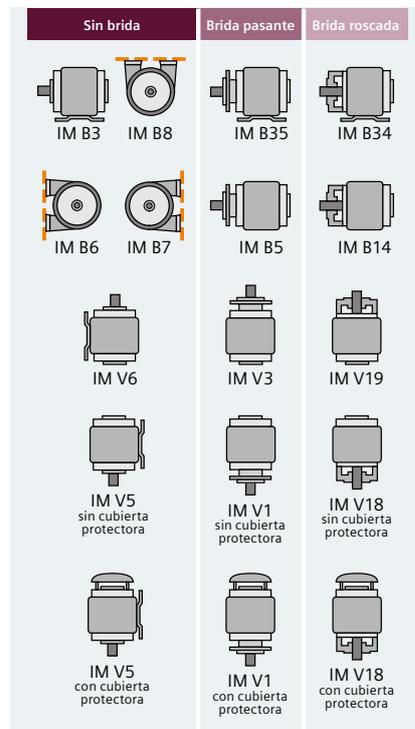


Fig 1.3 Posiciones de montaje.

Las normas internacionales IEC 529 definen las clases de protección caracterizándolas con dos letras, dos cifras y ocasionalmente hasta dos letras adicionales.

Para la identificación de protección mediante carcasa o caja se definen las letras IP (International Protection); luego una primera cifra característica (de 0 a 6) para definir la protección contra contactos casuales y la entrada de cuerpos sólidos; una segunda cifra característica (de 0 a 8) para definir la protección contra la entrada de líquidos.

Clase de Protección	Primer cifra		Segunda cifra
	Contacto casual	Cuerpos extraños	Agua
IP 44	Herramientas o similares	Cuerpos sólidos pequeños, mas de 1 mm	Salpicaduras en cualquier dirección
IP 54	Protección total y efectiva contra contactos casuales	Depósito de polvo en el interior	Salpicaduras en cualquier dirección
IP 55			Chorros de agua en cualquier dirección
IP 56			Chorros de agua a presión, oleadas
IP 65	Protección total y efectiva contra contactos casuales	Protección contra la entrada de polvo	Chorros de agua en cualquier dirección
IP 67			Inmersión pasajera

**Tabla 1.2** Clases de protección mecánica.

Las dos letras adicionales son facultativas, es decir sus alcances no están definidos por la Norma sino que deben ser acordados por las partes, fabricante y usuario; por ejemplo: M= movimiento bajo el agua; W= condiciones climáticas.

Cabe aclarar que “protección contra la entrada perjudicial de agua” no significa “ninguna entrada de agua”; el agua puede entrar dentro del motor o aparato siempre que no perjudique su funcionamiento normal y tenga la posibilidad de volver a salir.

En ocasiones no coinciden las protecciones solicitadas por los usuarios con las características de la zona de instalación. Por ejemplo, cuando por facilitar los términos, se especifica en general un grado de protección IP 65, pero en algunas zonas de la instalación no se requiere tal grado, y sólo es necesario IP55; allí es posible instalar entonces motores con una clase de protección acorde o solamente algo superior.

Una clase de protección es mayor a la otra sólo cuando ambos dígitos de la misma son superiores a la otra.

En la tabla 1.2 se muestra un detalle de las clases de protección habituales en motores.

Es importante tener en cuenta que protección contra lluvia no es lo mismo que protección a la intemperie. Para ésta última se debe considerar además de la lluvia, la influencia del sol, ya que sus radiaciones UV producen el deterioro de la pintura, y un calentamiento adicional al motor. También es importante considerar la polución, ya sea esta causada por polvos o gases corrosivos. Las clases de protección no consideran la protección de áreas clasificadas, de seguridad aumentada o antiexplosivas; para ello se debe consultar a un especialista.

### Temperatura ambiente

Los motores Siemens están contruidos con materiales de la clase de aislación F. Tiene una sobreelevación de temperatura de 105°K, lo que permite instalarlos en áreas con una temperatura ambiente de 50 °C, sin reducción de potencia, o aprovechar las ventajas de un factor de servicio SF=1,1 en ambientes con temperaturas de hasta 40 °C.

Esta elevada clase de aislamiento permite el emplazamiento de los motores Siemens en terrenos de hasta 1000 metros sobre el nivel del mar. Para mayores alturas y temperaturas ambiente, se recomienda hacer una consulta.

### Tamaño constructivo

Según IEC 072 la distancia entre la base de las patas y el centro del cabo de eje determina el tamaño constructivo. Así pues un motor del tamaño 225 tendrá una altura desde el piso donde se apoya hasta el centro de cabo del eje de 225 mm. El tamaño constructivo también determina otras dimensiones básicas detalladas a continuación.

- ▣ Diámetro del cabo de eje
- ▣ Longitud del cabo de eje
- ▣ Tamaño de los agujeros de fijación
- ▣ Distancias entre los agujeros de fijación.
- ▣ Distancia entre los agujeros delanteros y el apoyo de polea en el cabo de eje.
- ▣ Grado de protección y consumos según sea la tensión y frecuencia de la red a la que se lo conecta.

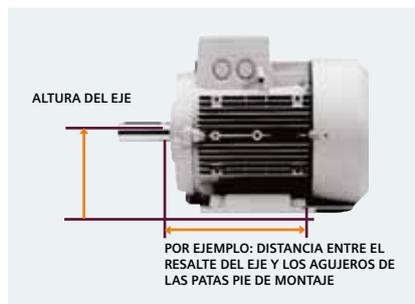


Fig 1.4 Tamaño constructivo.

### Ejemplos de:

Alturas de eje	Tamaños	Largos
180	180M	S=corto (0,1,2)
200	180L	M=mediano (3,4,5)
	180L	L=largo (6,7,8,9)

Ejemplo: 1LA7 186-4AA60 Tamaño 180L

### Tabla 1.3

Nota: la altura de eje y el largo de carcasa definen los tamaños constructivos.

### Placa característica

En la placa de características de motor se muestran todos los datos característicos del motor. En ella se pueden ver su tipo y los distintos datos de potencia y velocidades asignadas, tamaño, forma constructiva, grado de protección y consumos, según sean la tensión y frecuencia a la red a la que se lo conecta.

También está indicado el número de fabricación, que se debe mencionar ante cualquier reclamo.

La corriente y el par motor asignado son datos constructivos y no de selección.

La corriente asignada del motor es un dato a entregar por el fabricante. Depende de la potencia, velocidad, factor de potencia asignados y del rendimiento, todos ellos dependientes de la construcción.

La corriente de servicio, normalmente inferior a la asignada, depende de la carga acoplada al eje del motor.

La intensidad de la corriente asignada de arranque es un dato constructivo del motor e independiente de la carga resistente. En cambio el tiempo de arranque y la frecuencia de maniobras por hora dependen del tipo de carga mecánica acoplada al motor.

### Eficiencia Energética

En la comunidad técnica internacional se referencia habitualmente, en lo que respecta a motores eléctricos, la norma IEC 60034. Esta norma es una norma técnica internacional que cubre todos los aspectos eléctricos de las máquinas rotantes.

Esta norma contiene varias partes, siendo una de ellas la que explica y muestra las tablas en las que se encuentran todos los niveles de rendimiento admitidos para cada potencia estándar en las velocidades de 2, 4 y 6 polos. Estas aplican para motores de 2, 4 y 6 polos, en un rango de potencias desde 0,75 hasta 375 kW, tensión menor ó igual a 1000 V, en 50 ó 60 Hz.

Las categorías hoy vigentes son:

- IE1:** Eficiencia Estándar
- IE2:** Alta Eficiencia
- IE3:** Eficiencia Premium.

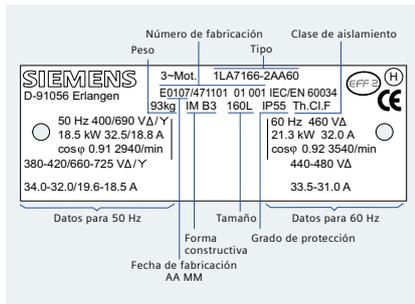
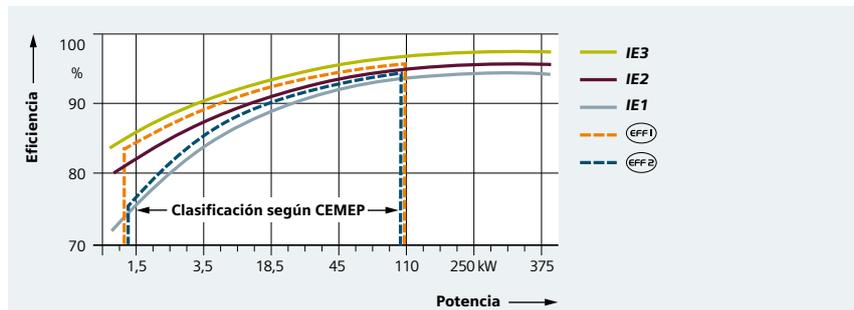


Fig 1.5 Placa de características.

Los valores de la edición anterior de la norma IEC 60034 son EFF2 y EFF1. Para realizar una rápida comparación, EFF2 es equivalente (superior) al nivel actual IE1 y EFF1 es equivalente (superior) al nivel actual IE2.

Los parámetros técnicos que determinan que un motor tenga un mayor rendimiento (es decir un nivel de eficiencia superior) son diversos, y habitualmente es necesario contemplar no sólo al motor en forma aislada sino también a la aplicación y el proceso en el que estará involucrado.

Sin embargo, a título ilustrativo, podemos citar algunas mejoras técnicas de diseño que determinan un mayor eficiencia en un motor señalando los siguientes cambios: rotor inyectado en cobre en lugar de rotor inyectado en aluminio, mayor cantidad de cobre en los bobinados, optimización de ventilación y rodamientos, entre varios otros.



Curvas de niveles de eficiencia en motores de acuerdo a la norma IEC 60034 (modelado para ejemplo).



Tecnología Modular: Los motores Siemens pueden ser modificados, pudiéndose agregar ventilación forzada, freno y encoder.

# Autoevaluación

El motor cuya placa característica vemos en la página anterior:

1. ¿De cuántos polos es?
2. ¿Qué potencia mecánica, en CV, es capaz de entregar en el cabo de eje?
3. ¿Qué potencia eléctrica, en kW, absorbe de la red a valor asignado?
4. ¿Qué potencia mecánica máxima en kW y CV, puede entregar en un ambiente a 40°C a nivel del mar?
5. ¿Es apto para conectarse a una red de 3x400 V, 50 Hz mediante un arrancador estrella triángulo?
6. ¿Cuál es su posición de funcionamiento?
7. ¿Qué tipo de fijación tiene?
8. ¿Cuál es, aproximadamente, la altura del motor en milímetros?
9. ¿Resiste un lavado con manguera?

1. 2940 1/min en 50 Hz; 3540 1/min en 60 Hz; entonces 2 polos. 2. 18,5 kW / 0,735 kW/CV; aproximadamente 25 CV. 3. Algo más de 18,5 kW (en este caso rendimiento 91%), entonces 20,32 kW. 4. FS=1,1, entonces; 7,5 kW x 1,1 = 8,25 kW ó 10 CV x 1,1 = 11 CV. 5. 400 / 690 V, entonces! SI: 6. IM B3, entonces horizontal. 7. IM B3, entonces con patas. 8. Tamaño 160 L, entonces la altura total del motor es aproximadamente 2 x 160 = 320 mm. 9. IP55, entonces! SI! Pero agua a presión NO.

# Capítulo 2.

## Contactores Tripolares

### Generalidades

El contactor es el aparato de maniobras más utilizado en la industria y en las instalaciones eléctricas de edificios, ya sean éstos públicos o privados. Es un aparato de maniobras que **permite el arranque en directo de motores asíncronos trifásicos**, soportando una corriente de arranque varias veces mayor que la asignada (7,2 veces mayor según normas IEC 60947).

Pero la particularidad del contactor es la originalidad de su accionamiento. Se trata de un electroimán que acciona un portacontactos. Tenemos así un aparato de maniobras con las características de un relé con el que podemos realizar tareas de automatismo, mando a distancia y protección; algo que con los

aparatos de mando manuales no es posible hacer. Un contactor de alta calidad es un **aparato ágil, con una larga vida útil y una capacidad de maniobra muy elevada**.

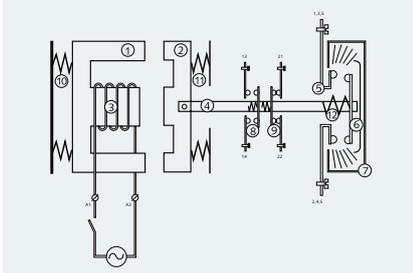
El electroimán consta de dos partes: el paquete magnético o núcleo (parte móvil y parte fija) y la bobina. Como muestra la Figura 2.1 la tensión de accionamiento del contactor se conecta a la bobina, conformando el denominado circuito de comando. Este circuito también se compone por botones de arranque, de parada, señales, etc.

La tensión de la bobina se debe elegir según la tensión disponible en el lugar del montaje y a los requerimientos de diseño del proyecto.

Los contactos de maniobra del contactor se llaman contactos principales y realizan las tareas de cierre o apertura del circuito y están incluidos en el portacontactos, que es movido por la bobina. Los contactos principales son la parte más delicada del contactor, están contruidos con aleaciones de plata muy especiales. De esta forma se asegura no sólo una maniobra efectiva, sino además, una muy larga vida útil y se evita que los contactos se peguen o se destruyan durante su funcionamiento normal. Cuando los contactos no son los adecuados (por ejemplo copias o falsificaciones), destruyen al contactor ya sea porque se traba el núcleo, se queman los terminales, la cámara apaga-chispas, etc.



Foto 2.1 Contactores tripolares de la familia SIRIUS



**Fig 2.1** Funcionamiento de un contactor

- 1 - pieza fija del núcleo
- 2 - pieza móvil del núcleo
- 3 - bobina de accionamiento
- 4 - portacontactos
- 5 - contacto principal fijo
- 6 - contacto principal móvil
- 7 - cámara apagachispas
- 8 - contacto auxiliar na
- 9 - contacto auxiliar nc
- 10, 11 y 12 - resortes

Contactos Auxiliares		
Tamaño	Incorporados	Cantidad máxima
S00	1 NA ó 1 NC	5 contactos
S0	Sin	4 contactos
S2	Sin	4 contactos
S3	Sin	8 contactos
S6	2 NA + 2 NC	8 contactos
S10	2 NA + 2 NC	8 contactos
S12	2 NA + 2 NC	8 contactos
S14	4 NA + 4 NC	8 contactos

**Tabla 2.1** Contactos auxiliares en contactores

Los contactores principales SIRIUS han sido diseñados para maniobrar motores según la categoría de servicio AC-3. Pueden ser utilizados para otras funciones como por ejemplo maniobra de resistencias para hornos (AC-1), condensadores (AC-6b), lámparas de descarga gaseosa (AC-5a), motores en corriente continua (DC-3), etc

Los contactores SIRIUS de hasta 25 A de corriente asignada (11 kW = 15 HP) no requieren cámara apagachispas. Para corrientes mayores es difícil manejar al arco de desconexión y por eso, para apoyar la función de los contactos principales, los contactores tienen una cámara apagachispas, tanto más compleja cuanto mayor sea el contactor. La cámara apagachispas es un auxiliar muy importante de los contactos; por eso con cada cambio de contactos se debe cambiar la cámara apagachispas. Como los contactores pequeños no la tienen, no se permite el cambio de contactos principales.

Otro elemento constitutivo del contactor son los contactos auxiliares que, también sujetos al portacontacto, se mueven cuando la bobina del contactor es activada. Como su nombre lo indica no sirven para maniobrar al motor sino para cumplir con funciones auxiliares como la autoretención en el comando por botones, el enclava-

miento en un inversor de marcha, o la señalización del estado de marcha del motor por medio de lámparas de señalización (ojos de buey).

Los contactos normalmente cerrados (NC), de un aparato de maniobra son aquellos contactos auxiliares que permanecen cerrados cuando los contactos principales están abiertos y se abren al cerrarse. Por lo contrario son contactos normalmente abiertos (NA), de un aparato de maniobra, aquellos contactos auxiliares que permanecen abiertos cuando los contactos principales están abiertos y se cierran al cerrarse estos.

Por razones de seguridad los contactos auxiliares deben accionar antes que los principales, y nunca algún contacto NA puede estar cerrado simultáneamente con uno NC.

Los contactos auxiliares pueden estar incorporados al contactor (tamaño S00) o dispuestos en bloques individuales de uno, dos o cuatro contactos auxiliares combinados (NA y/o NC).

En la tabla 2.1, se indica la máxima cantidad de contactos que es posible colocar en un contactor SIRIUS. Es conveniente instalar los bloques de contactos auxiliares respetando la simetría.

### Mantenimiento del contactor

El contactor además de ser muy ágil y seguro en su desempeño, es muy noble durante su vida útil ya que, prácticamente, no requiere mantenimiento. Aquí van algunos consejos.

#### Núcleo

**Nunca lavarlos con solventes**, pues se le quitarían los lubricantes colocados durante el armado, que garantizan hasta 30.000.000 de maniobras, según el tamaño. Limpiarlo con un trapo si está muy sucio con polvo o virutas.

Si el núcleo no cierra bien, la bobina se quemará. **Nunca limar el núcleo**, si está muy abollado o dañado es que el contactor llegó al final de su vida útil: es hora de cambiarlo.

#### Bobina de accionamiento

Al cambiar una bobina, cuidar que el núcleo cierre bien y que los contactos no traben al portacontactos. **Una tensión muy baja no permite el correcto cierre del contactor** y puede quemar la bobina lo que es peor, destruir a los contactos. Otra causa de destrucción habitual de la bobina es conectarla a una tensión de accionamiento mayor a la nominal.

Los contactores SIRIUS del tamaño S00 no permiten el cambio de la bobina de accionamiento.



Foto 2.2 Ejemplo de desgaste de los contactos principales de un contactor

#### Contactos principales

Cambiarlos sólo si están gastados, a tal punto que se pueda ver el material del portacontactos debajo de ellos (ver foto 2.2), o si han sido destruidos por un cortocircuito mal protegido. **Si se han formado cráteres no se los debe limar.** Simplemente deben retirarse con una pinza eventuales gotas de material.

Que los contactos estén negros no significa que estén gastados, se los puede seguir usando. Si desea límpielos con un trapo.



Foto 2.3 Bobina de contactor 3RT1045 (tamaño S3)



**Foto 2.4** Contactor S00 con módulo de contactos auxiliares frontales



**Foto 2.5** Contactor S0 sin bloque de contactos auxiliares

Los contactos de los contactores S00 y S0 (hasta 25 A) nunca se deben cambiar porque se alteran las características del contactor y, además, los daños causados en los aislantes por la falla no se pueden reparar.

### **Cámara apagachispas**

Como se vió anteriormente, las cámaras apachispas equipan a los contactores SIRIUS a partir del tamaño S2 (32A de corriente asignada). Para mantener las características aislantes del contactor y que este sea capaz de soportar una maniobra de desconexión exigente, es imprescindible cambiar la cámara apagachispas con cada cambio de contactos. Nunca arenar o limpiar con abrasivos a una cámara apaga-chispas. En las Tablas 2.2 y 2.3 se indican los calibres de termomagnéticas y fusibles para la protección de contactores, según el tamaño y nivel de cortocircuito.

### **Contactos auxiliares**

En los contactores SIRIUS S00 los contactos incorporados no se pueden reparar (ver contactos principales) en los tamaños mayores los contactos auxiliares están formados por bloques, en caso de fallas, pueden reemplazarse por uno nuevo. Los contactos auxiliares se protegen contra cortocircuitos mediante un fusible de (como máximo) 6 A o un interruptor termomagnético curva C de 6 A.

Contactor Tripolar (bobina 220 V CA)		Termomagnética - Curva característica C	
Tamaño	Nro. de Pedido	Cortocircuito	Coordinación Tipo 1
S00	3RT10 15-1AP01	hasta 1 kA	A 10
S00	3RT10 16-1AP01	1 kA	10
S00	3RT10 17-1AP01	1 kA	10
S0	3RT10 23-1AN20	3 kA	25
S0	3RT10 24-1AN20	3 kA	25
S0	3RT10 25-1AN20	3 kA	25
S0	3RT10 26-1AN20	3 kA	32

**Tabla 2.2** Protección de contactores mediante interruptores termomagnéticos. Tipo de coordinación 1.

**Nota:** Se consideraron motores asíncronos trifásicos de 4 polos

Tamaño	Datos asignados para 3 x 400 V			Contactor bobina 220 V CA	Protección Coordinación	
	Motores		Resistencias Ie=AC-1		Tipo 1 Fusible NH	Tipo 2 Fusible NH
	Ie = AC-3	Pa= AC -3		A		
S00	7	3	18	3RT10 15-1AP01	35	20
	9	4	22	3RT10 16-1AP01	35	20
	12	5,5	22	3RT10 17-1AP01	35	20
S0	9	4	40	3RT10 23-1AN20	63	25
	12	5,5	40	3RT10 24-1AN20	63	25
	17	7,5	40	3RT10 25-1AN20	63	25
	25	11	40	3RT10 26-1AN20	100	35
S2	32	15	50	3RT10 34-1AN20	125	63
	40	18,5	60	3RT10 35-1AN20	125	63
	50	22	55	3RT10 36-1AN20	160	80
S3	65	30	100	3RT10 44-1AN20	250	125
	80	37	120	3RT10 45-1AN20	250	160
	95	45	120	3RT10 46-1AN20	250	160
S6	115	55	160	3RT10 54-1AP36	355	315
	150	75	185	3RT10 55-6AP36	355	315
	185	90	215	3RT10 56-6AP36	355	315
S10	225	110	275	3RT10 64-6AP36	500	400
	265	132	330	3RT10 65-6AP36	500	400
	300	160	330	3RT10 66-6AP36	500	400
S12	400	200	430	3RT10 75-6AP36	630	500
	500	250	610	3RT10 75-6AP36	630	500
S14	630	335	700	3TF68 44-0CM7	1000	500
	820	450	910	3TF69 44-0CM7	1250	630

**Tabla 2.3** Resumen de selección de contactores principales SIRIUS

# Autoevaluación

1. ¿La corriente asignada de un contactor está definida en la categoría de servicio AC-1, AC-3, AC-4 o AC-6b?
2. Los valores asignados de un contactor están definidos para:

Tensión de red nominal	Corriente de arranque hasta $7,2 \times I_e$
Tensión de accionamiento asignada -20%	Corriente de arranque hasta 1000 m.s.n.m.
Tensión de accionamiento asignada +10%	Temperatura ambiente máxima de 55°C
Tiempos de arranque del motor hasta 10s	
3. ¿Debo cambiar los contactos del contactor...
  - ...porque están negros?
  - ...porque tienen depósitos en su superficie?
  - ...porque se ve el material del portacontacto?
4. Luego de cambiar un juego de contactos; ¿me conviene cambiar la cámara apagachispas?
5. Puedo poner la cantidad de contactos auxiliares que yo necesito; ¿verdadero o falso?
6. Los aparatos SIRIUS son seguros contra contacto casual, es decir:
  - con los dedos.
  - con la palma o dorso de la mano.
  - con un destornillador.
7. La arandela del borne debe apretar la aislamiento del cable; ¿verdadero o falso?
8. El contactor tiene mayor vida útil que el guardamotor; ¿verdadero o falso?
9. La vida útil eléctrica de los contactores depende de la corriente de desconexión; ¿verdadero o falso?
10. Los contactores deben montarse sobre una superficie vertical; ¿verdadero o falso?

1. AC-3. 2. Para todos ellos. 3. No, limpiar con un trapo. 4. No, sacar con una pinza y limpiar. 5. Sí, y si no es posible, verificar su aislamiento usando un megóhmetro. 6. Falso, cada contactor admite una definida cantidad máxima. 7. Falso. 8. Verdadero. 9. Verdadero. 10. Verdadero.

# Capítulo 3.

## Relés de Sobrecargas



Foto 3.1 Relé de sobrecarga térmico 3RU11



Foto 3.2 Relé de sobrecarga electrónico 3RB20

### Generalidades

Así como el contactor es el aparato encargado de maniobrar al motor, el relé de sobrecargas es el encargado de protegerlo. Es un método indirecto de protección, ya que mide la corriente que el motor está tomando de la red y supone sobre la base de ella un determinado estado de calentamiento de los bobinados del motor.

Si la corriente del motor protegido sobrepasa los valores admitidos, el conjunto de detección del relé de sobrecargas acciona un contacto auxiliar, que desconecta la bobina del contactor y separa de la red al consumidor sobreexigido.

El sistema de detección puede ser térmico, basado en pares bimetálicos, como es el caso de los relés SIRIUS 3RU11; o electrónico, por

ejemplo, como los relés de sobrecargas SIRIUS 3RB20 y 3RB22.

El relé de sobrecargas es un excelente medio de protección pero tiene el inconveniente de no proteger al motor cuando la sobretemperatura de éste se produce por causas ajenas a la corriente que está tomando de la red. Es, por ejemplo, el caso de falta de refrigeración en ambientes muy calientes como salas de calderas, falta de agua en bombas sumergidas, o tuberías tapadas en la ventilación forzada. Aquí se recomienda el uso de sensores PTC en los bobinados del motor, capaces de medir exactamente la temperatura interna del mismo.

Un caso muy particular es el de falta de fase, que produce un calentamiento del motor por pérdidas en el hierro y no por las pér-

didadas en las bobinas. Dado que hay un aumento de la corriente consumida, esta hace actuar, de todos modos, al relé de sobrecargas. El relé de sobrecargas térmico 3RU11 dispone de un ingenioso dispositivo de doble corredera que permite aumentar la sensibilidad del relé cuando falta una fase. De esta manera, se logra reducir a la mitad los tiempos de actuación y proteger al motor también en el caso de falta de fase.



Foto 3.3 Vista interna de un relé de sobrecarga



Foto 3.4 Soporte para montaje individual de un relé de sobrecarga



Foto 3.5 Ejemplo de relé de sobrecarga con soporte para montaje individual

**El relé de sobrecargas siempre debe estar regulado al valor de servicio del motor** (el valor leído con una pinza amperométrica). Sólo si este se encuentra a plena carga, la regulación se hace de acuerdo al valor de corriente que indica la chapa del motor. Nunca a mayor corriente que la nominal. Las modernas tecnologías de medición electrónica permiten fabricar relés de sobrecarga electrónicos de excelente calidad. Por eso se ha adoptado tal tecnología para los relés de sobrecarga de la familia SIRIUS.

Existe una superposición de regulaciones entre los modelos 3RU11 y 3RB20 hasta 100 A; siendo los primeros algo más económicos. Las ventajas técnicas hacen impropcedente la fabricación de relés térmicos para corrientes mayores a 100 A.

#### **Ventajas técnicas de los relés de sobrecarga electrónicos**

- Bajo consumo: el relé 3RB20 consume sólo 0,05 W contra los 4 a 16 W por vía de corriente que consume uno del modelo 3RU11. Esto significa menor gasto, tableros más pequeños y fríos.
- Mayor precisión en el ajuste de la escala.
- Mayor repetitividad en la curva de respuesta.
- Actuación casi instantánea ante falta de fase.
- Mayor rango de ajuste: 1 a 4 contra 1 a 1,4.

- Menor cantidad de modelos necesarios: de 0,1A a 100A sólo 7 modelos para el 3RB20 contra 30 modelos para el 3RU11.
- La diferencia de precios a favor del 3RU11 se compensa ampliamente con el ahorro de energía; reducción de existencias, seguridad en el ajuste y mayor protección ante la falta de fase.

La única ventaja técnica del relé térmico es que puede ser usado con corriente continua y con alta presencia de armónicas debido a su principio de funcionamiento.

### Clase de disparo

Se llama clase de disparo al tiempo que tarda, medido en segundos, en actuar un relé de sobrecargas por el que circula una corriente 7,2 veces mayor que el valor ajustado. Clase 10 significa que el relé tardará hasta 10 segundos en actuar con una corriente de rotor bloqueado, es decir, permite que el motor tarde hasta 10 segundos en arrancar; es lo que se conoce como arranque normal.

**Los relés de sobrecarga SIRIUS se ofrecen para Clase 10 (arranque normal) y Clase 20 (arranque pesado).**

### Protección contra falta de fase

Este dispositivo incluido en los relés SIRIUS 3RU11 y 3RB20 ofrece una notable mejora con respecto a los relés de sobrecargas convencionales.

El mecanismo acelera la desconexión del motor cuando falta una fase, es decir, detecta con seguridad esta falla. El relé 3RU11 actúa según una curva de disparo (ver fig 3.1), basándose en el sobrecalentamiento de las dos fases que quedan en servicio. También aquí, el relé de sobrecargas debe estar correctamente calibrado.

### Compensación de temperatura ambiente

Para lograr una correcta desconexión debe eliminarse la influencia de la temperatura ambiente sobre los bimetales; esto se logra con un dispositivo compensador. Las curvas de desconexión son independientes de la temperatura ambiente entre -20 y +60°C para los relés de la familia SIRIUS.

### Manejo y regulación del térmico

El relé debe ser ajustado al valor real del consumo que toma el motor, que no siempre coincide con la indicación de la placa de características del motor. Este ajuste puede hacerse durante el funcionamiento del equipo.

### Contactos auxiliares

Los relés de sobrecargas SIRIUS de Siemens disponen de dos contactos auxiliares galvánicamente separados; uno NC para la desconexión del contactor y el otro NA para señalar a distancia la falla detectada.

### Botón de reposición automática o bloqueo de reconexión

Generalmente es conveniente que el relé de sobrecargas no vuelva automáticamente a su posición de "conectado" una vez que haya actuado, sobre todo en automatismos que puedan llevar a maniobras no deseadas, como es el caso de las de elevación de agua.

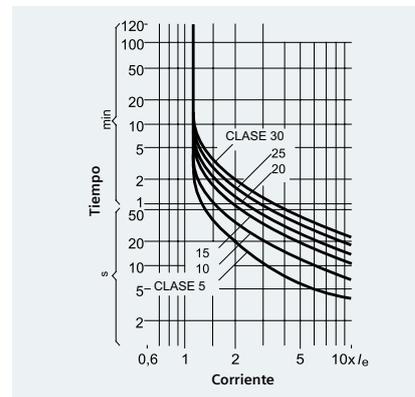


Fig 3.1 Curvas características de disparo para relés térmicos con carga trifásica

Relé de sobrecargas electrónico			Fusible gL/gG	Motor asincrónico trifásico, 4 polos		
Tamaño	Nro. de Pedido	Regulación	Coord. Tipo 2	3x 400 V, 50 Hz		3x 460 V, 60 Hz
		A	A	kW	CV	HP
S00	3RB20 16-1RB0	0,10 - 0,40	6	0,06 a 0,12	0,09 a 0,12	0,08 a 0,16
	3RB20 16-1NB0	0,32 - 1,25	6	0,18 a 0,55	0,18 a 0,75	0,16 a 1,0
	3RB20 16-1PB0	1,0 - 4,0	20	0,55 a 2,2	0,75 a 3,0	1 a 4
S0	3RB20 16-1SB0	3,0 - 12	20	1,1 a 5,5	1,5 a 7,5	3 a 7,5
	3RB20 26-1S80	3,0 - 12	25	1,1 a 5,5	1,5 a 7,5	3 a 7,5
S2	3RB20 26-1QB0	6,0 - 25	35	3 a 15	4 a 20	5 a 20
	3RB20 36-1QB0	6,0 - 25	63	3 a 15	4 a 20	5 a 20
S3	3RB20 36-1QB0	12,5 - 50	80	7,5 a 22	10 a 30	10 a 40
	3RB20 46-1UB0	12,5 - 50	160	7,5 a 22	10 a 30	10 a 40
S6	3RB20 46-1EB0	25 - 100	315	15 a 55	20 a 75	20 a 75
	3RB20 56-1FW2	50 - 200	315	30 a 110	40 a 150	40 a 175
S10 y S12	3RB20 66-1GC0	55 - 250	400	37 a 132	50 a 180	40 a 200
	3RB20 66-1MC2	160 - 630	800	200 a 355	275 a 480	-

**Tabla 3.1** Resumen de selección de relés de sobrecargas electrónicos SIRIUS y su fusible de protección

Cuando el motor es accionado mediante pulsadores, de cualquier forma debe ser puesto en marcha nuevamente oprimiendo el pulsador “conexión”. En este caso es práctico que el relé vuelva automáticamente a su posición de conectado. Ambas variantes están previstas en los relés de sobrecargas SIRIUS.

Un botón azul “Reset” permite ser colocado en reposición automática “A” o en reposición manual “H” o “M”. El mismo botón azul “Reset” permite reponer el contacto si se eligió reposición manual “H” o “M”.

Un detalle de seguridad: en caso de falla, aún estando el botón azul pulsado o trabado, el disparo se produce de todos modos (disparo libre).

### Pulsador de parada

El botón rojo “Stop” permite accionar sobre el contacto normalmente cerrado y así probar si el conjunto está perfectamente cableado. Además puede usarse como pulsador de desconexión.

### Indicador del estado del relé, pulsador de prueba

El hombre de mantenimiento verá con agrado que un indicador “I-O” le informe si el relé de sobrecargas disparó o no. El mismo indicador actúa como pulsador de prueba: si se lo acciona se verifica si el sistema de disparo del relé esta activo o no.

### Medidas y montaje

Las medidas del relé de sobrecargas SIRIUS son idénticas en su ancho, a las del contactor SIRIUS correspondiente. Esto permite ganar espacio en el montaje.

Los relés SIRIUS de los tamaños S00 a S3 (hasta 100 A) son fácilmente acoplables a su correspondiente contactor. Y sin cableados adicionales forman un conjunto homogéneo y compacto.

Si por algún motivo deben ser montados en forma individual, existen soportes con fijación rápida sobre riel (DIN EN 50022) que permiten un cableado adecuado a la necesidad. Estos soportes para montaje individual no son los mismos para el relé 3RB20 y para el 3RU11, y existe uno por tamaño constructivo hasta 100 A. Para relés mayores, ya no son necesarios estos soportes.

Los relés de sobrecarga para corrientes mayores a 100 A son los SIRIUS 3RB20 del tipo electrónico que se montan sobre una superficie plana y cuentan con bornes de acometida.

Al montar el relé tamaño S00 sobre el contactor, el borne (A2) de la bobina y el del contacto auxiliar (22) son de difícil acceso. Por este motivo se lo ha equipado con bornes de repetición que trasladan estos terminales al frente del equipo. Por la disposición de los contactos auxiliares y los de la bobina en los contactores, estos bornes repetidores no son necesarios en los tamaños S0 a S3.

Relé de sobrecargas electrónico			Fusible gL/gG	Motor asincrónico trifásico, 4 polos			
Tamaño	Nro. de Pedido	Regulación	Coord. Tipo 2	3x 400 V, 50 Hz		3x 460 V, 60 Hz	
		A		kW	CV	HP	
S00	3RU11 16-0CBO	0,18-0,25	1	0,06	0,09	0,08	
	3RU11 16-0DBO	0,22-0,32	1,6	0,09	0,12	0,12	
	3RU11 16-0EBO	0,28-0,40	2	0,12	0,12	0,16	
	3RU11 16-0FBO	0,35-0,50	2	0,12	0,18	0,16	
	3RU11 16-0GBO	0,45-0,63	2	0,18	0,18	0,25	
	3RU11 16-0HBO	0,55-0,80	4	0,18	0,25	0,33	
	3RU11 16-0JBO	0,7-1,0	4	0,25	0,37	0,5	
	3RU11 16-0KBO	0,9-1,25	4	0,37	0,55	0,75	
	3RU11 16-1ABO	1,1-1,6	6	0,55	0,75	1	
	3RU11 16-1BBO	1,4-2,0	6	0,75	1	1	
	3RU11 16-1CBO	1,8-2,5	10	1,1	1,5	1,5	
	3RU11 16-1DBO	2,2-3,2	10	1,1	1,5	2	
	3RU11 16-1EBO	2,8-4,0	16	1,5	2	3	
	3RU11 16-1FBO	3,5-5,0	20	2,2	3	4	
	3RU11 16-1GBO	4,5-6,3	20	3	3	4	
	3RU11 16-1HBO	5,5-8,0	25	3	4	5	
	3RU11 16-1JBO	7,0-10	35	4	5	7,5	
	3RU11 16-1KBO	9,0-12	35	5,5	7,5	7,5	
	S0	3RU11 26-1KBO	9,0-12,5	35	5,5	7,5	7,5
		3RU11 26-4ABO	11-16	40	7,5	10	10
3RU11 26-4BBO		14-20	50	7,5	10	15	
3RU11 26-4CBO		17-22	63	11	15	15	
3RU11 26-4DBO		20-25	63	15	20	20	
S2	3RU11 36-4DBO	18-25	63	15	20	20	
	3RU11 36-4EBO	22-32	80	15	20	25	
	3RU11 36-4FBO	28-40	80	18,5	25	30	
	3RU11 36-4GBO	36-45	100	18,5	25	30	
	3RU11 36-4HBO	40-50	100	22	30	40	
S3	3RU11 46-4HBO	36-50	125	22	30	40	
	3RU11 46-4HBO	45-63	125	30	40	50	
	3RU11 46-4HBO	57-75	160	37	50	60	
	3RU11 46-4HBO	70-90	160	45	60	75	
	3RU11 46-4HBO	80-100	200	55	75	75	

Tabla 3.2 Resumen de selección de relés de sobrecargas térmicos SIRIUS y su fusible de protección

# Autoevaluación

1. Un relé de sobrecargas debe ser sensible a la falta de fase; ¿verdadero o falso?
2. La compensación de temperatura ambiente no es indispensable para un relé de sobrecarga; ¿verdadero o falso?
3. El relé de sobrecargas se debe regular a la corriente de servicio del motor; ¿verdadero o falso?
4. ¿La corriente de servicio es lo que se mide con la pinza amperométrica?
5. ¿La corriente de servicio habitualmente es menor a la chapa del motor?
6. En el relé de sobrecargas térmico la desconexión por falta de fase es inmediata; ¿verdadero o falso?
7. El relé de sobrecargas electrónico 3RB20 es más frío que el térmico 3RU11; ¿verdadero o falso?
8. El relé de sobrecargas electrónico 3RB20 es apto para circuitos de corriente continua; ¿verdadero o falso?
9. La reposición automática del relé de sobrecargas permite que el contacto auxiliar se cierre al enfriarse; ¿verdadero o falso?
10. Con reposición manual (Reset) el contactor auxiliar del relé de sobrecargas se cierra luego de que el operario oprima el correspondiente botón; ¿verdadero o falso?
11. ¿De qué color es el botón de desbloqueo del relé de sobrecarga?
12. ¿El relé de sobrecargas mide directamente la temperatura del motor a proteger?
13. ¿Para qué sirven los contactos del relé de sobrecarga?

1. Verdadero. 2. Falso. 3. Verdadero. 4. Sí. 5. Sí. 6. Falso. 7. Verdadero. 8. Falso. 9. Verdadero. 10. Verdadero. 11. Azul. 12. No, mide la corriente que toma de la red y calcula su temperatura. 13.  NA: Señalizar falla – Relé activado.  NC: Desconectar la bobina del contactor de maniobra del motor.

Soluciones

# Capítulo 4.

## Guardamotores

### Generalidades

El interruptor automático para la protección de motores, también conocido como guardamotor, permite reunir a todas las características de un arrancador directo: maniobra y protección del motor, protección del circuito, comando e inclusive seccionamiento. Todo en un solo aparato.

Se trata de un interruptor automático con la función de protección de motores. Cuenta con un disparador por sobrecargas cuyas características y funcionamiento son exactamente iguales a las de un relé de sobrecargas. Incluyendo la sensibilidad por falta de fase, la compensación de temperatura ambiente y la posibilidad de regulación.



Foto 4.1 Guardamotor

El guardamotor contiene un disparador magnético que protege al disparador por sobrecargas y a los contactos contra los efectos de un cortocircuito (hasta su capacidad de ruptura asignada) y separa al circuito afectado de la instalación.

Se llama capacidad de ruptura o poder de corte a la capacidad de un interruptor de manejar una corriente de cortocircuito con un poder de corte de 50 kA ó 100kA (dependiendo del modelo), los guardamotores son resistentes a todos los cortocircuitos que pueden ocurrir en casi todos los puntos de la instalación. En caso de que la corriente de cortocircuito presunta supere la capacidad de ruptura asignada del guardamotor se deben prever fusibles de protección de respaldo (o Back-Up).

En principio, un guardamotor reemplaza a una combinación de contactor, relé de sobrecargas y terna de fusibles. Por un lado, tiene la ventaja de, al reunir todas las funciones en un aparato, reducir el espacio necesario, el tiempo de armado y el cableado; pero la capacidad de ruptura y capacidad de limitación no son tan elevadas como la de los fusibles, su frecuencia de maniobras y vida útil no alcanza a la de un contactor. El accionamiento del guardamotor se hace en forma manual y con la utilización de accesorios puede señalizarse la posición de los contactos, detectar eventuales fallas y desconectar a distancia.



Foto 4.2 Guardamotor bloqueado con candado

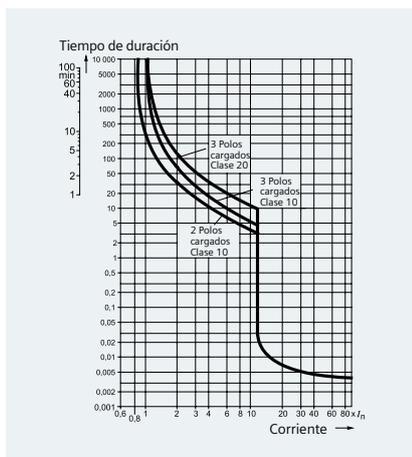


Fig 4.1 Curva característica de disparo para interruptores guardamotores

Una solución práctica es combinar un contactor con un guardamotor aprovechando así las virtudes de ambos aparatos. Esta posibilidad se analiza en el capítulo 9 “Combinaciones de Arranque” a partir de la página 60.

### Protección de motores

Las curvas características de los guardamotores están diseñadas para proteger contra sobrecargas a motores asíncronos trifásicos. **El guardamotor debe ser ajustado a la corriente de servicio del motor.** Para proteger motores monofásicos se debe conectar a todas las vías de corriente en serie para que todos los disparadores estén cargados impidiendo así que la protección de falta de fase actúe innecesariamente.

El disparador por cortocircuitos está ajustado a 13 veces la corriente asignada del guardamotor, es decir, el valor máximo de regulación. Este valor permite el arranque sin problemas del motor permitiendo la adecuada protección del disparador por sobrecargas.

### Selección

**Los guardamotores se seleccionan según la corriente de servicio del motor a proteger.** Se pueden elegir según la tabla 6.1 de combinaciones de arranque Coordinación tipo1.

### Construcción

Los guardamotores hasta 100 A responden a los mismos tamaños constructivos (S00, S0, S2 y S3) de la familia SIRIUS; su denominación es 3RV10.

Los disparadores de los guardamotores 3RV10 son del tipo termomagnético: térmico para el rango de las sobrecargas y magnético para la protección contra cortocircuitos.

Para corrientes mayores y hasta 500 A, la función guardamotor está cubierta por los interruptores compactos de la familiar SENTRON, con disparador electrónico tipo ETU10M ó ETU30M.

Los guardamotores 3RV10 están construidos para arranque normal Clase10. Excepcionalmente se suele utilizar Clase 20 para arranque pesado y los interruptores compactos 3VL pueden suministrarse con Clase 10 (fija) o regulable hasta Clase 30.

## Seguridad

Los guardamotores del tamaño S00 se accionan mediante una palanca frontal plana. A los tamaños S0, S2 y S3 se los acciona mediante perillas giratorias. Ambos accionamientos no sólo accionan al guardamotor, sino que además **señalizan el estado de los contactos principales del guardamotor de manera precisa y segura.**

En los tamaños mayores el mismo accionamiento señala si el guardamotor ha sido desconectado o disparó.

Mediante un bloque de contactos auxiliares de aviso de falla es posible señalar una avería a distancia.

Mediante el uso de candados es posible impedir el cierre de los guardamotores por parte de personas no autorizadas.

Los guardamotores cuentan con disparo libre; es decir que si por algún motivo el accionamiento es trabado, ante una falla los contactos abren de todos modos.



Foto 4.3 Bloque lateral de contactos auxiliares



Foto 4.4 Bloque frontal de contactos auxiliares



Foto 4.5 Guardamotor con bloque frontal de contactos auxiliares

# Autoevaluación

1. El guardamotor es un arrancador directo; ¿verdadero o falso?
2. El guardamotor protege a los contactos del contactor contra los efectos de un cortocircuito; ¿verdadero o falso?
3. Los guardamotores S0 a S3 pueden señalar si están abiertos por una operación o por el disparo de una protección; ¿verdadero o falso?
4. Los guardamotores 3RV10 termomagnéticos alcanzan los 500 A; ¿verdadero o falso?
5. Los guardamotores 3RV10 son Clase10 para arranque normal; ¿verdadero o falso?
6. Un guardamotor es un interruptor automático para la protección de motores; ¿verdadero o falso?
7. La protección contra sobrecargas de un guardamotor es igual a la del relé de sobrecargas; ¿verdadero o falso?
8. La protección contra sobrecargas de una termomagnética es igual a la de un guardamotor; ¿verdadero o falso?
9. ¿Cómo se resuelve la limitación de vida útil del guardamotor?
10. Para que un guardamotor pueda proteger eficientemente a un motor monofásico la corriente debe circular por sus tres vías de corriente; ¿verdadero o falso?

## Soluciones

1. Verdadero. 2. Verdadero. 3. Verdadero. 4. Falso, sólo alcanzan hasta los 100 A luego se emplean interruptores compactos 3VL con disparador electrónico. 5. Verdadero para la ejecución habitual; es posible obtenerlos Class20 para arranque pesado. 6. Verdadero. 7. Verdadero. 8. Falso. 9. Combinándolo con un contactor. 10. Verdadero.

# Capítulo 5.

## Arranque Directo de Motores Asíncrónicos Trifásicos

### Generalidades

El arranque directo es la manera más simple de iniciar el funcionamiento de un motor eléctrico.

Un arranque es directo porque al motor se le aplica su tensión asignada, permitiéndole desarrollar toda su potencia y par o momento asignado.

Si no es posible arrancar directamente a un motor, ya sea porque la red eléctrica no tiene la potencia suficiente y se verá alterada durante el arranque, o porque la máquina arrastrada sufrirá mecánicamente deterioros por no soportar el valor máximo del par de aceleración producido por el motor, o porque la producción se verá afectada y los productos dañados; entonces se recurre a algún tipo de arranque a tensión

reducida. Pero dicho tema se tratará en los capítulos 8 y 9.

Existen distintas formas de encarrar el arranque directo de motores trifásicos asíncrónicos con rotor de jaula de ardilla:

1. La combinación de fusibles, contactor y relé de sobreintensidad;
2. El guardamotor;
3. La combinación de guardamotor y contactor;
4. La combinación de interruptor sin disparador de sobrecargas, contactor y relé de sobreintensidad;
5. El interruptor manual.

### Circuitos eléctricos

Es necesario realizar esquemas fácilmente interpretables por aquellos a quienes se quiere transmitir alguna información técnica. Según DIN 40900 los circuitos se diferencian entre:

- Esquemas generales o unifilares y
- Circuitos de cableado.

Estos últimos se dividen a su vez en:

- Circuitos principales o de potencia.
- Circuitos auxiliares o de comando.



**Foto 5.1** Arranque directo con guardamotor y contactor tamaños S00

Fig 5.1 Salida tipo de arranque directo, mediante la combinación de fusibles, contactor y rele de sobreintensidad

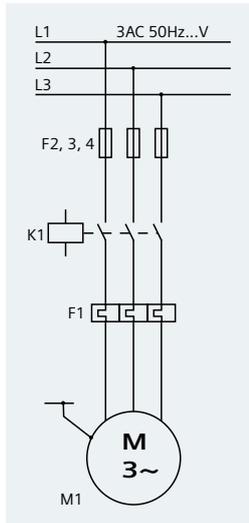


Fig. 5.1.1 Circuito principal  
**K1** Contactor  
**F2, 3, 4** Fusibles principales  
**F1** Relé de sobrecarga  
**M** Motor

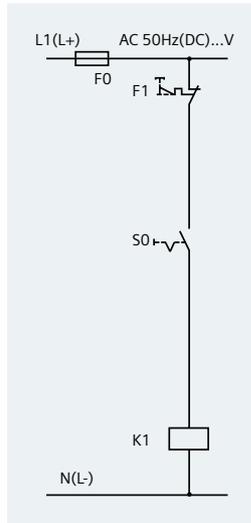


Fig. 5.1.2 Circuito de comando por interruptor de mando

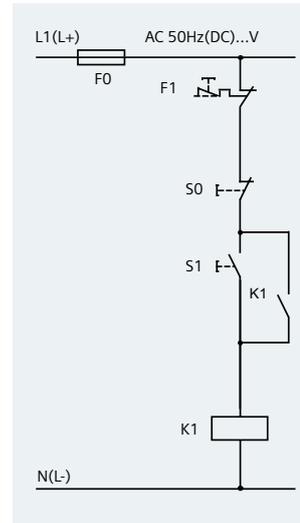


Fig. 5.1.3 Circuito de comando por pulsadores

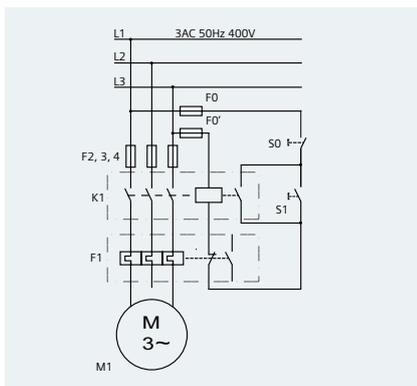
El circuito principal muestra al motor y a todos los aparatos directamente conectados a él. En la figura 5.1.1 se observa un circuito protegido por fusibles, la maniobra mediante un contactor y la protección del motor a cargo un relé de sobrecargas.

El circuito de comando indica cómo se llega a maniobrar al motor y la operación de las protecciones auxiliares. En él se identifica claramente la bobina del contactor y los contactos del relé de sobrecargas del circuito principal. La figura 5.1.2 muestra el comando a través de una llave selectora de dos posiciones, mientras que en la figura 5.1.3 se representa la orden de marcha y parada por medio de pulsadores. En este caso es necesario conectar un contacto en paralelo al pulsador de marcha para que se mantenga cerrado el circuito una vez finalizada la orden. Esta conexión se conoce como enclavamiento eléctrico. Esta dos alternativas tienen prioridad a la parada, ya que los contactos encargados de abrir el circuito están en serie con el resto del comando y no permitirán energizar la bobina del contactor si están abiertos.

Para el presente manual utilizamos las representaciones gráficas y designaciones recomendadas por DIN 40719 e IEC 445. Existen otras formas de representar a los aparatos pero son menos utilizadas.

Para aplicaciones sencillas es habitual incluir a todas las funciones en un mismo gráfico eléctrico, llamado esquema práctico como se muestra en la figura 5.1.4;

Fig 5.1.4 Esquemas prácticos



- K1 Contactor
- F2, 3, 4 Fusibles principales
- F1 Relé de sobrecarga
- FO, O' Fusibles de comando
- SO Pulsador de parada
- S1 Pulsador de marcha
- M Motor

aunque en esta forma de representación suele ser muy complicado el seguimiento del circuito.

En la Tabla 5.1 hay una comparación entre las características más representativas de cada uno de los distintos tipos de arranques directos.

Combinación de arranque directo					
Seccionamiento	Interruptor manual	Fusibles	Guardamotor	Guardamotor	Interruptor s/térmico
Maniobra del motor	Interruptor manual	Contactor	Guardamotor	Contactor	Contactor
Protección del motor	No hay	Relé de sobrecargas	Guardamotor	Guardamotor	Relé de sobrecargas
Protección del circuito	Fusibles	Fusibles	Guardamotor	Guardamotor	Interruptor s/térmico
Circuito unifilar					
Maniobra					
Frecuencia maniobras	Reducida	Elevada	Reducida	Elevada	Elevada
Vida útil	Reducida	Elevada	Reducida	Elevada	Elevada
Mando a distancia	NO	SI	NO	SI	SI
Enclavar/señalización	NO	SI	Limitado	SI	SI
Protección del motor					
Sobrecargas	NO	SI	SI	SI	SI
Falta de base	NO	SI	SI	SI	SI
Reset	NO	SI	SI	NO	SI
Protección del circuito					
Cortocircuito	Excelente	Excelente	Muy buena	Muy buena	Buena
Limitación de corriente	Muy Buena	Muy Buena	Buena	Buena	Buena

Tabla 5.1 Distintos tipos de arranques directos

## Autoevaluación

1. Arrancador directo y arranque a plena tensión; ¿es lo mismo?
2. El arranque directo no permite que el motor desarrolle todo su par de arranque; ¿verdadero o falso?
3. El arranque directo perjudica a las redes débiles; ¿verdadero o falso?
4. La intensidad de la corriente de arranque depende de la máquina arrastrada; ¿verdadero o falso?
5. El tiempo de arranque es independiente de la máquina arrastrada; ¿verdadero o falso?
6. El contactor es un aparato de maniobras; ¿verdadero o falso?
7. En el circuito de comando se muestra la conexión del motor; ¿verdadero o falso?
8. El fusible es un dispositivo para proteger motores contra sobrecargas; ¿verdadero o falso?
9. ¿Cuáles de los siguientes aparatos protegen a un motor contra sobrecargas?
  - Contactores
  - Fusibles
  - Guardamotores
  - Relés de sobrecargas
  - Sensores PTC

1. Sí. 2. Falso. 3. Verdadero. 4. Falso. 5. Falso. 6. Falso. 7. Verdadero. 8. Falso. 9. ▫ No. ▫ No. ▫ No. ▫ Sí. ▫ Sí. ▫ Sí.

Soluciones

# Capítulo 6.

## Combinaciones de Arranque

### Generalidades

Los aparatos de las distintas familias de productos SIRIUS se ensamblan muy fácilmente entre sí, permitiendo de este modo formar combinaciones de aparatos para diversos fines. Todos los dispositivos: contactores, relés de sobrecargas, guardamotors y arranques suaves están agrupados en cuatro tamaños constructivos perfectamente compatibles unos con otros (como muestra la foto 6.1). Las medidas y características mecánicas así como los datos eléctricos de los cuatro tamaños están armonizados, lo que permite contar con accesorios comunes a los distintos aparatos.

Todos los aparatos de la familia SIRIUS están contruidos en tres anchos de montaje y **pueden ser instalados dentro de tableros unos junto a otros en temperaturas ambiente, en el interior del tablero, de hasta 60°C sin desclasificación.** Estos productos fueron concebidos siguiendo estrictas pautas de seguridad y buscando la economía en el proyecto, la instalación, servicio y mantenimiento de cada aparato.

Una pieza de unión permite acoplar un contactor con un guardamotor para realizar una combinación de arranque directo. Esta pieza realiza la conexión eléctrica del guardamotor con el contactor; y en los tamaños S00 y S0 también la vinculación mecánica para formar una unidad rígida.

Montando sólo a uno de los aparatos sobre un riel de fijación rápida según DIN EN 50022 de 35x7,5 mm se obtiene ya el montaje del conjunto.

Debido al peso de los aparatos de los tamaños S2 y S3, para esta vinculación mecánica es necesario emplear un soporte adaptador para riel de montaje rápido. El montaje del conjunto puede hacerse con dos rieles de fijación rápida según DIN EN 50022 de 35x15 mm, o uno de 75x15 mm. También es posible montar al adaptador mediante tornillos.

Si bien tanto la combinación del tamaño S00 como la del tamaño S0 pueden maniobrar motores de la misma potencia, por las características de limitación del guardamotor y mayor tamaño del contactor con esta última combinación es posible alcanzar un tipo de coordinación mayor.

**Distintos tipos de coordinación**  
**Un circuito está protegido contra cortocircuitos cuando el daño que se produce en él no trasciende, es decir, no afecta al resto de la instalación;** y además el personal que ocasionalmente pueda encontrarse presente cuando se produce la falla no será afectado. En resumen, la falla no se propaga.



Foto 6.1 Familia SIRIUS



Foto 6.2 Conjunto guardamotor y contactor S00 para arranque directo



Foto 6.3 Conjunto guardamotor y contactor S0 para arranque directo

La norma IEC 60947-4-1 contempla el comportamiento de los aparatos de maniobra y protección del motor luego de que los aparatos de protección de la línea dominaron al cortocircuito con seguridad, y hace la siguiente diferencia:

#### **Tipo de coordinación 1**

En caso de cortocircuitos, el conjunto arrancador (contactor más térmico o guardamotor) no debe poner en riesgo a personas ni a la instalación, pero no es necesario que luego permanezcan en servicio.

El contactor y el relé de sobrecargas podrán ser reparados, o deberán ser reemplazados.

#### **Tipo de coordinación 2**

En caso de cortocircuitos, el conjunto arrancador (contactor más térmico o guardamotor) no debe poner en riesgo a personas ni a la instalación y debe quedar apto para permanecer en servicio. Se admite la posibilidad de soldaduras en los contactos del contactor siempre que no se produzcan deformaciones de los contactos y la soldadura pueda despegarse con una herramienta simple (por ej. destornillador). El fabricante dará instrucciones sobre el mantenimiento.

### Servicio libre de soldadura

Si se desea una mayor disponibilidad de la instalación se puede recurrir a derivaciones libres de soldadura.

**Seleccionando fusibles adecuados o sobredimensionando a los contactores es posible realizar una combinación de arranque de motores a la que no se le suelden los contactos del contactor tras un cortocircuito.** La Norma DIN EN 947-4-2 contempla el funcionamiento libre de soldaduras con las siguientes condiciones: el cortocircuito se debe dominar con seguridad. No puede haber daños en el disparador por sobrecarga u otra parte. La derivación debe poder ponerse en servicio sin renovación de partes. Serán posibles hasta un máximo de seis cortes de cortocircuito. La vida útil de los contactores se podrá reducir luego de cada cortocircuito.

### Autobloqueo

La función de protección por sobrecargas esta dada por el disparador térmico del guardamotor. Este, a diferencia con el relé de sobrecargas, no vuelve a la posición de reposo luego de enfriarse los bimetales de disparo. No hay posibilidad de seleccionar una reposición automática; siempre es necesario presentarse frente al guardamotor para repararlo.

Si se desea una reposición automática se debe recurrir a un relé de sobrecargas junto al contactor y a un interruptor para la protección del circuito. Este interruptor puede no tener un disparador por sobrecargas. Por razones de comodidad puede utilizarse un guardamotor con una regulación de disparador por sobrecargas algo superior a la del relé.



Foto 6.4 Casetina 3RE10

Regulación	Guardamotor	Pieza de Unión	Contactor bobina 220 V CA	Adaptador	Tamaño			
<i>Para regulaciones inferiores a 2 A usar tabla 6.2 para coordinación Tipo 2</i>								
1,8 - 2,5 A	3RV10 11-1CA10	3RA19 11-1A	3RT10 15-1AP01	No es necesario	500			
2,2 - 3,2 A	3RV10 11-1DA10		3RT10 15-1AP01					
2,8 - 4,0 A	3RV10 11-1EA10		3RT10 15-1AP01					
3,5 - 5,0 A	3RV10 11-1FA10		3RT10 15-1AP01					
4,5 - 6,3 A	3RV10 11-1GA10		3RT10 15-1AP01					
5,5 - 8,0 A	3RV10 11-1HA10		3RT10 15-1AP01					
7,0 - 10,0 A	3RV10 11-1JA10		3RT10 16-1AP01					
9,0 - 12 A	3RV10 11-1KA10		3RT10 17-1AP01					
11 - 16 A	3RV10 11-4AA10		3RA19 21-1A			3RT10 25-1AN20	No es necesario	50
14 - 20 A	3RV10 21-4BA10					3RT10 25-1AN20		
17 - 22 A	3RV10 21-4CA10	3RT10 25-1AN20						
18 - 25 A	3RV10 21-4DA10	3RT10 26-1AN20						
<i>Para regulaciones superiores a 25 A usar tabla 6.2 para coordinación Tipo 2</i>								

Tabla 6.1 Combinación de arranque directo coordinación tipo 1

Regulación	Guardamotor	Pieza de Unión	Contactador	Adaptador	Tamaño
0,18 - 0,25 A	3RV10 11-0CA10	3RA19 11-1A	3RT10 15-1AP01	No es necesario	S00
0,22 - 0,32 A	3RV10 11-0DA10		3RT10 15-1AP01		
0,28 - 0,40 A	3RV10 11-0EA10		3RT10 15-1AP01		
0,35 - 0,50 A	3RV10 11-0FA10		3RT10 15-1AP01		
0,45 - 0,60 A	3RV10 11-0GA10		3RT10 15-1AP01		
0,55 - 0,80 A	3RV10 11-0HA10		3RT10 15-1AP01		
0,70 - 1,0 A	3RV10 11-0JA10		3RT10 15-1AP01		
0,90 - 1,25 A	3RV10 11-0KA10		3RT10 15-1AP01		
1,1 - 1,6 A	3RV10 11-1AA10		3RT10 15-1AP01		
1,4 - 2,0 A	3RV10 11-1BA10		3RT10 15-1AP01		
1,8 - 2,5 A	3RV10 21-1CA10	3RA19 21-1A	3RT10 24-1AN20	No es necesario	S0
2,2 - 3,2 A	3RV10 21-1DA10		3RT10 24-1AN20		
2,8 - 4,0 A	3RV10 21-1EA10		3RT10 24-1AN20		
3,5 - 5,0 A	3RV10 21-1FA10		3RT10 24-1AN20		
4,5 - 6,3 A	3RV10 21-1GA10		3RT10 24-1AN20		
5,5 - 8,0 A	3RV10 21-1HA10		3RT10 24-1AN20		
7,0 - 10,0 A	3RV10 21-1JA10		3RT10 26-1AN20		
9,0 - 12 A	3RV10 21-1KA10		3RT10 26-1AN20		
11 - 16 A	3RV10 21-4AA10		3RT10 26-1AN20		
14 - 20 A	3RV10 21-4BA10		3RT10 26-1AN20		
17 - 22 A	3RV10 21-4CA10	3RT10 26-1AN20			
18 - 25 A	3RV10 31-4DA10	3RA19 31-1A	3RT10 34-1AN20	3RA19 31-1A	S2
22 - 32 A	3RV10 31-4EA10		3RT10 34-1AN20		
28 - 40 A	3RV10 31-4FA10		3RT10 35-1AN20		
36 - 45 A	3RV10 31-4GA10		3RT10 36-1AN20		
40 - 50 A	3RV10 31-4HA10		3RT10 36-1AN20		
45 - 63 A	3RV10 41-4JA10		3RA19 41-1A		
57 - 75 A	3RV10 41-4KA10	3RT10 45-1AN20			
70 - 80 A	3RV10 41-4LA10	3RT10 46-1AN20			
80 - 100 A	3RV10 41-4MA10	3RT10 46-1AN20			

Tabla 6.2 Combinación de arranque directo coordinación tipo 2

### Seguridad contra contacto casual

**Los productos de las familias de aparatos SIRIUS son seguros contra contacto casual;**

es decir, no es posible tocar partes bajo tensión de los mismos con las puntas de los dedos, la palma o el dorso de la mano.

Al realizar combinaciones de arranque con los accesorios diseñados para unir los componentes y teniendo en cuenta el largo a pelar de los cables de acometida, también las combinaciones de arranque serán seguras contra contacto casual.

### Arrancadores Directos en Caja

Los arrancadores directos trifásicos protegidos en caja aislante de material plástico de alto impacto, del tipo 3RE10 o casetina, constan de una caja plástica con grado de protección IP 65. Dentro de esta se montan un contactor y un relé de sobrecargas para la maniobra y protección de un motor asíncrono trifásico o monofásico, con sus correspondientes botones de marcha y parada (foto 6.4).

La casetina se suministra con un contactor S00 ó S0 según tamaño, con su tensión de accionamiento de 380 VCA, 50/60 Hz, para facilitar el cableado en el caso de conectarse un motor trifásico 3x380 V.

Para el perfecto funcionamiento de la casetina simplemente es necesaria la conexión de los cables de entrada en L1, L2 y L3, así como los cables de salida en U1, V1, W1.

Debido al amplio margen de la tolerancia de actuación de la bobina del contactor se logra un funcionamiento confiable aún en condiciones desfavorables, como es el caso de instalaciones lejanas de la toma de energía.

El relé de sobrecargas que protege al motor contra sobrecargas y falta de fase, puede ser del tipo térmico 3RU11 o electrónico 3RB20 que, por lo general, no se suministra incorporado a la casetina sino por separado (ver capítulo 3).

Para la mayor protección de los motores se debe regular el relé de sobrecargas a la corriente de servicio del motor, es decir a la corriente medida, por ejemplo, con una pinza amperométrica.

La protección de la línea se debe hacer respetando los tipos de coordinación según la norma IEC 60947-4-1 parte 102 (ver tablas 6.1 y 6.2). La información también se encuentra en la etiqueta del relé de sobrecargas.

La casetina se debe fijar sobre una superficie plana, vertical.

Si en lugar de un motor trifásico se manobra uno monofásico, se deberá modificar el circuito de acuerdo al esquema correspondiente, y cambiar la bobina del contactor por una de 220 V, 50/60 Hz.

Gracias a los bornes de conexión que impiden el contacto casual, también el instalador se encuentra protegido al utilizar la Casetina 3RE10. Luego de realizar el cableado se debe verificar el apriete correcto de todos los bornes de conexión, inclusive los no utilizados.

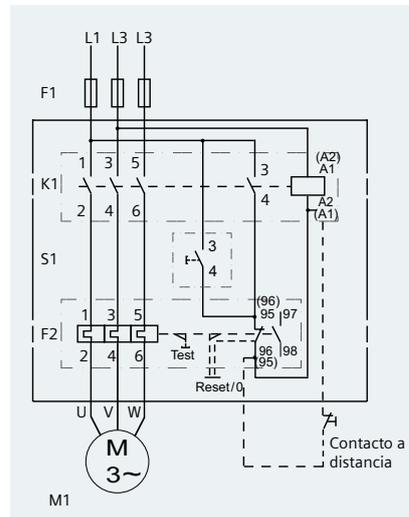


Fig 6.1 Esquema práctico de conexión para un motor trifásico

#### Arrancador directo en caja IP 65 - Casetina

Valores asignados máximos para motores asíncronos

Monofásicos 230 V		Trifásicos 400 V		$I_n$ A	Contactor	Relé de sobrecargas	
kW	CV	kW	CV			Térmico	Electrónico
3RE10 00-8XA17-0AQ0					Tamaño S00		
0,75	1	5,5	7,5	12	3RT10 17-1AV01	3RU11 16-...	3RB10 16-...
3RE10 00-8XA26-0AQ0					Tamaño S0		
1,5	2	11	15	25	3RT10 26-1AQ00	3RU11 26-...	3RB10 26-...

Tabla 6.3 Resumen de selección de arrancadores directos en caja

# Autoevaluación

1. La protección según coordinación Tipo 1 admite la destrucción de los aparatos; ¿verdadero o falso?
2. La protección según coordinación Tipo 2 exige el cambio del relé de sobrecargas; ¿verdadero o falso?
3. La protección según coordinación Tipo 2 admite la leve soldadura de los contactos principales del contactor; ¿verdadero o falso?
4. La base de la seguridad frente a un cortocircuito es:
  - ▣ No afectar al resto de la instalación.
  - ▣ Que no haya daños en los equipos involucrados.
  - ▣ Que el personal no sea lastimado.
5. La combinación guardamotor + contactor no tiene reset automático; ¿verdadero o falso?
6. ¿Cuándo se utiliza una combinación guardamotor + contactor + relé de sobrecarga?
7. Los arrancadores en caja son IP65; pueden funcionar bajo el agua; ¿verdadero o falso?
8. Los arrancadores en caja deben ser protegidos externamente contra cortocircuito; ¿verdadero o falso?
9. Los arrancadores en caja se pueden proteger con termomagnéticas; ¿verdadero o falso?

1 Verdadero. 2 Falso. 3 Verdadero. 4 Verdadero. 5 Verdadero. 6 Cuando se requiere reset automático. 7 Falso. 8 Verdadero. 9 Falso, sólo es posible con grandes limitaciones.

# Capítulo 7.

## Arranques Inversores

### Generalidades

Los motores asincrónicos trifásicos se construyen para que, conectando ordenadamente las fases a sus bornes de principio de devanado, giren en sentido horario vistos desde el cabo de eje, es decir hacia la derecha. Este sentido de marcha también se conoce como directo. **Se puede lograr que el motor gire en sentido contrario invirtiendo a dos de sus fases.**

En ese caso el motor girará en sentido antihorario o inverso; es decir hacia la izquierda, mirándolo desde el cabo de eje. Para lograr esta función se cuenta con los inversores de marcha. Estos constan de dos contactores, cada uno de ellos calculado como si se tratara de un arrancador directo.

Habitualmente los contactores están calculados en categoría de servicio AC-3, pero si son de esperar frecuencias de maniobra muy elevadas o frenados durante el arranque, se deben calcular considerando la categoría de servicio AC-4. Se debe tener en cuenta que interrumpiendo la corriente de arranque la vida útil eléctrica de los contactos del contactor se reduce drásticamente a una cuarta parte de la normal. Es decir unas 300.000 maniobras en lugar de las 1.200.000 que son de esperar con un servicio normal en AC-3.

Existe un circuito de comando para cambiar de marcha sin detener previamente al motor, y otro con más seguridad que exige realizar la maniobra de parada antes de la de contramarcha.

Todo inversor de marcha debe prever enclavamientos entre los contactores para evitar una simultaneidad del cierre de ambos contactores, con el consecuente cortocircuito. Este enclavamiento se logra por medios eléctricos, conectando la bobina de un contactor a través de un contacto auxiliar NC del segundo y viceversa (ver fig. 7.1). Y por medios mecánicos vinculando mediante una palanca los accionamientos de ambos contactores de tal manera que al cerrar el paquete magnético de uno de los contactores, se impida el cierre del contactor vecino.

Siempre es conveniente usar ambas formas de enclavamiento simultáneamente; así se impide que mecánicamente se cierre accidentalmente el contactor que no corresponde evitando un cortocir-



Foto 7.1 Armado de arranque inversor de marcha S00



Foto 7.2 Armado de arranque inversor de marcha S00



Foto 7.3 Enclavamiento mecánico frontal

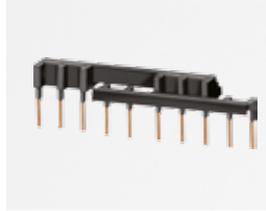


Foto 7.4 Puentes de conexión superiores



Foto 7.5 Puentes de conexión inferiores

Tamaño	Conjunto	Enclavamiento mecánico
S00	3RA19 13-2A	Incluido en el conjunto
S0	3RA19 23-2A	3RA19 24-2B
S2	3RA19 33-2A	3RA19 24-2B
S3	3RA19 43-2A	3RA19 24-2B
S6	3RA19 53-2A	3RA19 54-2B
S10	3RA19 63-2A	3RA19 54-2B

Tabla 7.1 Accesorios para el armado de inversores de marcha



Foto 7.6 Bloque lateral para enclavar dos contactores

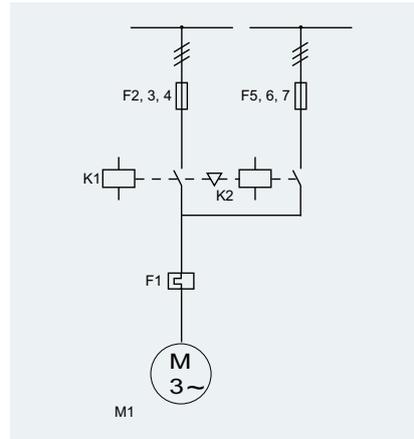


Fig 7.1 Circuito principal y de comando de un arranque inversor de marcha

cuito de línea; y si estando el contactor bloqueado por error y se intenta alimentar a la bobina se impide que esta se quem. Para facilitar las tareas de montaje se suministran conjuntos de cableado prediseñados, que realizan la inversión entre dos fases en las conexiones de entrada al contactor. Estos conjuntos permiten la utilización de la pieza de unión entre los contactores y un guardamotor.

El conjunto correspondiente al tamaño S00 incluye además un enclavamiento mecánico entre ambos contactores. Se deben utilizar dos contactores con un contacto auxiliar incorporado del tipo NC. Si se necesitan más contactos auxiliares, como por ejemplo para señalización, se deben adicionar bloques frontales de contactos auxiliares.

Como los contactores de los tamaños S0, S2 y S3 no disponen normalmente de contactos auxiliares, el módulo de enclavamiento mecánico dispone de dos contactos para facilitar el cableado del enclavamiento eléctrico entre ambos contactores. También para este caso si se necesitan contactos auxiliares se deben adicionar bloques de contactos auxiliares, ya sean frontales o laterales.

NOTA: El mismo circuito utilizado para realizar un inversor de marcha se puede aprovechar para realizar un conmutador de líneas de alimentación. Sólo es necesario alimentar a uno de los contactores con la línea de alimentación principal y al otro con la alternativa.

En este caso los contactores se seleccionan según la categoría de servicio AC-1, ya que los contactores funcionaran como seccionadores y conmutarán sin carga.

Así mismo el circuito es similar al utilizado para el manejo de dos bombas cuando una trabaja como respaldo (Stand by) o apoyo (Back-up) de otra principal (ver figura 7.2).

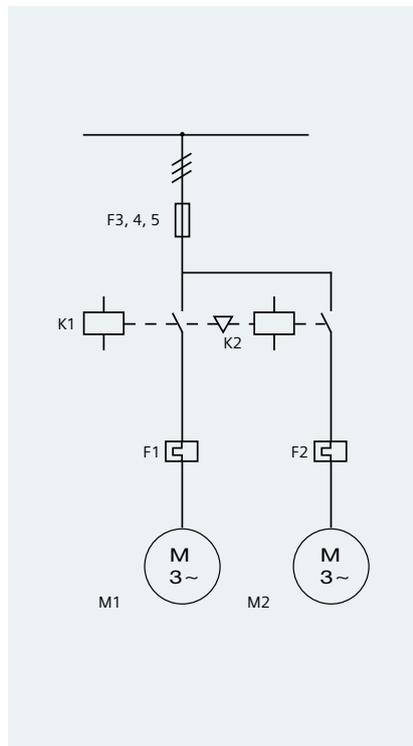


Fig 7.2 Manejo de dos bombas, una stand by (af)

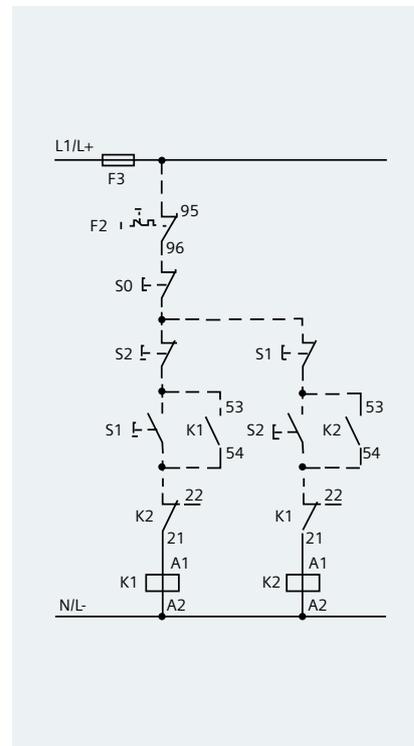


Fig 7.3 Circuito de comando de inversor de marcha por medio de pulsadores

F2 Relé de sobrecargas, F3 fusible de comando, S0 Pulsador de parada, S1 Pulsador de marcha sentido horario, S2 Pulsador de marcha sentido anti-horario, K1 Contactor 1, K2 Contactor 2

## Autoevaluación

1. El motor conectado ordenadamente gira hacia la derecha; ¿verdadero o falso?
2. Para invertir el sentido de mando de un motor trifásico sólo es necesario invertir dos de sus fases; ¿verdadero o falso?
3. Para un inversor de marcha de alta frecuencia de maniobra, se utiliza la categoría de servicio AC-3; ¿verdadero o falso?
4. En categoría AC-4 se debe considerar una vida útil eléctrica menor que en la AC-3; ¿verdadero o falso?
5. El uso del enclavamiento mecánico permite no usar el enclavamiento eléctrico; ¿verdadero o falso?
6. Al usar una combinación de contactores como conmutador, se puede considerar la categoría de servicio AC-1; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Verdadero. 3. Falso, se utiliza la AC-4. 4. Verdadero. 5. Falso. 6. Verdadero.

Soluciones

# Capítulo 8.

## Arrancadores a Tensión Reducida



Foto 8.1 Arrancador estrella-triángulo S00



Foto 8.2 Arrancador estrella-triángulo S0

### Generalidades

Con la modalidad de arranque directo en los motores **pueden surgir inconvenientes del tipo eléctrico o mecánicos**, los cuáles están directamente relacionados con las corrientes de inserción en el momento de arranque. Consecuentemente estos casos requieren de sistemas de arranque que puedan evitar los inconvenientes citados, por ejemplo arranque a tensión reducida.

### Problemas eléctricos

Si la capacidad de la red eléctrica para suministrar potencia a la carga es limitada; ya sea porque es pequeño el transformador de alimentación o porque el cable de acometida es de reducida sección o muy largo; durante el arranque del motor habrá trastornos en el servicio, pues las elevadas corrientes de

arranque propias de un motor asincrónico causarán grandes caídas de tensión en la línea. Estas caídas de tensión perjudicarán el normal funcionamiento de los otros consumidores conectados al mismo punto de la red. Por ejemplo, las lámparas de iluminación parpadearán o se apagarán; lo mismo que computadoras y otros aparatos electrónicos cuyas fuentes de alimentación son sensibles a las bajas tensiones.

**Aplicando al motor una tensión menor a la asignada durante el arranque, es posible limitar la corriente** que varía proporcionalmente con la tensión aplicada.

Además se obtiene una importante reducción en el consumo de energía en el momento del arranque, también ligada a estas elevadas corrientes.

### Problemas mecánicos

Arrancar un motor con los accionamientos convencionales implica esfuerzos de torsión en el eje del motor y el acoplamiento mecánico, reduciendo sustancialmente su vida útil. Es de notar también que podrá sufrir daños el producto contenido en la máquina, caerse los envases transportados en una cinta e incluso hasta cortarse la misma. Teniendo en cuenta estas condiciones es conveniente reducir el par de arranque del motor. Asignando al mismo un sistema de arranque a tensión reducida se obtiene esta característica en el par de arranque.

Existen distintos tipos de arranque a tensión reducida por métodos electromecánicos: arranque con resistencias rotóricas, o con resistencias o impedancias estáticas o por autotransformador de arranque.

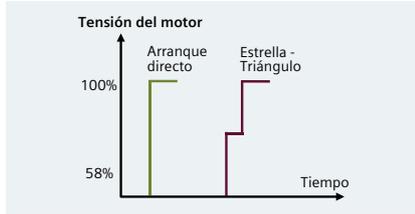


Fig 8.1

Curvas de tensión, corriente y par, en función de la velocidad, para arranque directo y estrella triángulo.

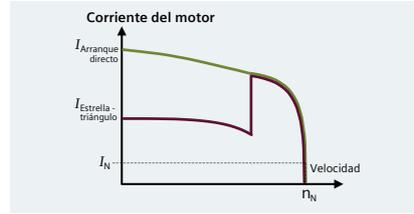


Fig 8.2

( $I_L = I_F \cdot \sqrt{3}$ ), **la corriente de arranque se reduce a un tercio de la de arranque en directo**. Es decir que si la corriente de arranque directo de un motor es de 7,2 veces la asignada, utilizando para su arranque un arrancador estrella-triángulo, la corriente de arranque se reducirá a sólo 2,4 veces.

Existen arrancadores estrella-triángulo manuales y automáticos; en este capítulo se tratarán sólo los automáticos.

Un arrancador estrella-triángulo automático está formado por tres contactores:

- Contactor de línea (conectado siempre)
- Contactor de estrella (conectado sólo durante el período de arranque)
- Contactor de triángulo (en servicio durante la marcha del motor).

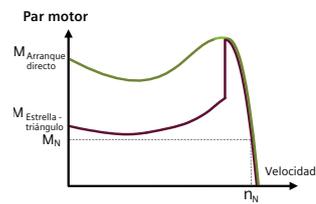


Fig 8.3

Durante el arranque están en servicio los contactores de línea (K1) y de estrella (K2); luego de la conmutación, en régimen de marcha quedan en servicio los contactores de línea (K1) y de triángulo (K3).

Dado que durante la marcha el motor está siendo alimentado por estos dos contactores que conducen una corriente de fase (1,73 veces más chica que la corriente de línea), **los contactores de un arrancador estrella-triángulo son sustancialmente más chicos que los correspondientes a un arranque directo del mismo motor** (ya que las corrientes de arranque están fuertemente reducidas).

Teniendo en cuenta que el contactor de estrella sólo conduce corriente durante el arranque, éste puede calcularse de un tamaño inferior a los de línea y triángulo, para tiempos de arranque de hasta diez segundos.

### Arrancadores Estrella-Triángulo

El arrancador estrella-triángulo es el más utilizado de todos los métodos a tensión reducida, por la simpleza de su construcción, su relativo bajo costo y su confiabilidad. El arrancador estrella-triángulo aprovecha la relación entre las tensiones de línea y de fase, pues en un sistema de distribución de energía trifásico la tensión de línea ( $U_L$ ) es  $\sqrt{3}$  veces más grande que la tensión de fase ( $U_F$ ):

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_F$$

Dado que esta relación es constante e influye tanto en la tensión como en la corriente

Para la protección del motor el relé de sobrecarga se instala acoplado al contactor de línea. De esta manera el motor está protegido tanto durante el arranque como durante la marcha.

**Dado que se trata de un arranque a tensión reducida el motor no desarrolla todo su par de arranque**, sino sólo la tercera parte. Esta reducción de momento de arranque puede causar que la duración del arranque sea muy larga. En este caso, el contactor de estrella debe tener el mismo tamaño que los demás.

Además es posible que el relé de sobrecargas actúe durante el arranque. Para evitar esto suele instalarse sobre el contactor de triángulo, pero se debe tener en cuenta que durante el arranque el motor estará sin protección; tal vez convenga considerar a dos relés de sobrecarga o sólo uno de Clase 20 conectado en la línea. En este caso recomendamos contemplar el rendimiento del arranque.

Para una correcta regulación del relé de sobrecarga se debe medir con una pinza amperométrica la corriente de la línea y al valor leído se lo multiplica por 0,58 para tener el punto de regulación.

Para proteger a los contactores y al relé de sobrecarga contra los efectos de un cortocircuito se dimensionan los respectivos fusibles según las Tablas 3.1 y 3.2 en las páginas 25 y 26 respectivamente.

Para poder mantener una coordinación tipo 2, a partir de los tamaños S2 ó S3 (dependiendo de la potencia) es necesario dividir la alimentación de los contactores de línea y triángulo para poder instalar protecciones en las fases.

En caso de elegirse una protección de los aparatos contra cortocircuito mediante un interruptor guardamotor se deben considerar las Tablas 6.1 y 6.2 de las páginas 38 y 39 según se desee una coordinación del tipo 1 ó 2.

También hay que tener en cuenta que si desea proteger al motor con el mismo guardamotor, éste deberá considerarse para la plena corriente de línea, lo que implica un aparato mayor, con el consecuente sobredimensionamiento de los contactores.

#### Relé de tiempo

La **conmutación entre la etapa de estrella y la de triángulo** se realiza mediante un relé de tiempo.

El relé de tiempo está especialmente diseñado para arrancadores estrella-triángulo (ver foto 8.2). Al alimentar al relé colocándole la tensión de alimentación asignada en sus bornes A1 y A2, se cierra inmediatamente el contacto correspondiente a la etapa de estrella (bornes 17 y 18) se conecta al contactor K2 correspondiente.

Transcurrido el tiempo ajustado, el contacto se vuelve a abrir, cae el contactor K2 y finaliza la etapa de estrella.

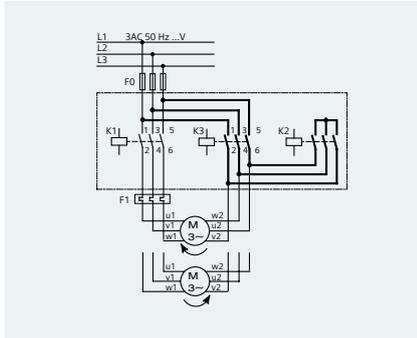
Tras una pausa de 50 milisegundos se cierra el contacto de la etapa de triángulo (bornes 17 y 28) y con ello el contactor K3 conecta al motor en triángulo; permanecerá cerrado durante todo el periodo de marcha.

Esta pausa de la conmutación entre las dos etapas garantiza que no haya una falla por cortocircuito, es decir, que el contactor de triángulo no cierre mientras el contactor de estrella aún esté apagando su arco de desconexión.

La conmutación entre la etapa de estrella y la de triángulo debe hacerse cuando el motor haya alcanzado su velocidad asignada (o un valor muy cercano), que es el momento en el que la corriente de arranque baja al valor asignado para el motor.

**El tiempo que tarda el motor en alcanzar una velocidad superior al 95% de su velocidad asignada, es el valor al que se debe ajustar el relé de tiempo.**

Un tiempo menor hará que tras la conmutación el motor tome una corriente muy elevada, prácticamente similar a la de arranque directo, y precisamente son estas corrientes las que se desean evitar.

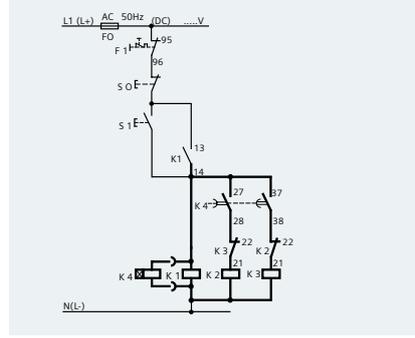


**Fig 8.4** Ejemplo de circuito principal de un arranque estrella-triángulo

- F0** Fusibles de línea
- K1** Contactor de línea
- K2** Contactor de estrella
- K3** Contactor de triángulo
- F1** Relé de sobrecarga

Un tiempo mayor no traerá beneficio alguno y sobrecargará al motor.

El arrancador estrella-triángulo sólo se puede utilizar en motores con todos los terminales de sus bobinas accesibles, es decir, con seis terminales.

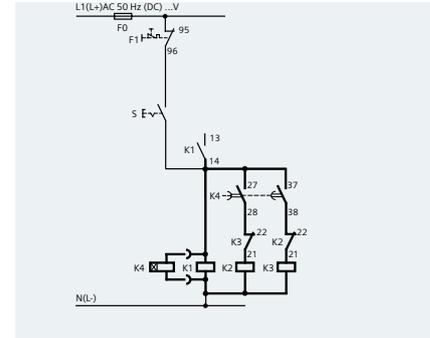


**Fig 8.5** Ejemplo de circuito de comando de un arranque estrella-triángulo, por interruptor de mando

- F0** Fusible
- F1** Relé de sobrecarga
- S** Interruptor de mando
- K1** Contactor de línea
- K2** Contactor de estrella
- K3** Contactor de triángulo
- K4** Relé de tiempo

Motores con tres terminales, como son los de las bombas sumergidas, no pueden utilizar arranques estrella-triángulo.

Para una red de 3x400 V los motores deben ser del tipo 400/690 V, es decir, deben estar diseñados para trabajar en triángulo a la tensión de red.



**Fig 8.6** Ejemplo de circuito de comando de un arranque estrella-triángulo, por pulsadores

- F0** Fusible
- F1** Relé de sobrecarga
- S0** Pulsador de parada
- S1** Pulsador de marcha
- K1** Contactor de línea
- K2** Contactor de estrella
- K3** Contactor de triángulo
- K4** Relé de tiempo

Valores para 400 V AC 50 Hz									
Potencia [kW]	Corriente [A]	Tamaño de los Contactores	Contactores		Accesorios para el armado			Relés de Sobrecarga	
			Contactador de Línea / Triángulo	Contactador de Estrella	Relé de Tiempo	Conjunto de instalación	Puentes de Neutro	Relé de Sobrecarga Térmico	Relé de Sobrecarga Electrónico
5.5	12	S00-S00-S00	3RT10 15	3RT10 15	3RT19 16-2G.51	3RA19 13-2B	3RT19 16-4BA31	3RU11 16-1HBO	3RB20 16-1SB0
7.5	17		3RT10 17		3RP15 74-1N.30			3RU11 16-1JBO	
11	25	S0-S0-S0	3RT10 24	3RT10 24	3RP15 74-1N.30	3RA19 23-2B	3RT19 26-4BA31	3RU11 26-4AB0	3RB20 26-1QB0
15	32		3RT10 24					3RU11 26-4BBO	
18.5	40		3RT10 26					3RU11 26-4DB0	
22	50	S2-S2-S0	3RT10 34	3RT10 26	3RP15 74-1N.30	3RA19 33-2C	3RT19 26-4BA31	3RU11 36-4DB0	3RB20 36-1UB0
30	50		3RT10 35					3RU11 36-4FBO	
37	80	S2-S2-S2		3RT10 34		3RA19 33-2B	3RT19 36-4BA31	3RU11 36-4GB0	
45	86		3RT10 36					3RU11 36-4HBO	
55	115	S3-S3-S2	3RT10 44	3RT10 35	3RP15 74-1N.30	3RA19 43-2C	3RT19 36-4BA31	3RU11 46-4JBO	3RB20 46-1EB0
75	150		3RT10 45	3RT10 36				3RU11 46-4LBO	
90	160	S6-S6-S3	3RT10 54	3RT10 44	3RP15 74-1N.30	3RA19 53-3D	3RT19 46-4BA31		3RB20 56-1FC2
110	195								
132	230		3RT10 55	3RT10 45					
160	280		3RT10 56	3RT10 46					
200	350	S10-S10-S6	3RT10 64	3RT10 54	3RP15 74-1N.30		3RT19 56-4BA31		3RB20 66-1GC2
250	430		3RT10 65	3RT10 55					

**Tabla 8.1** Es válida para motores con corrientes de arranque de hasta 8,4 veces la corriente asignada y tiempos de hasta 10 segundos.

## Autoevaluación

1. El arrancador estrella-triángulo es un arrancador a tensión reducida; ¿verdadero o falso?
2. La corriente de arranque con un arrancador estrella-triángulo se reduce a la tercera parte de un arranque directo; ¿verdadero o falso?
3. El par de arranque del motor con un arrancador estrella-triángulo también se reduce a la tercera parte; ¿verdadero o falso?
4. El tiempo de arranque en un arrancador estrella-triángulo es el mismo que en un arrancador directo; ¿verdadero o falso?
5. La conmutación de la etapa de estrella a la de triángulo se debe hacer antes de alcanzar la velocidad asignada; ¿verdadero o falso?
6. La conmutación de la etapa de estrella a la de triángulo se debe hacer cuando la corriente se reduce; ¿verdadero o falso?
7. Un motor cuya placa dice: 230/400 V se puede conectar con un arrancador estrella-triángulo a una red de 3x 400 V; ¿verdadero o falso?
8. El relé temporizador para un arrancador estrella-triángulo tiene una pausa para evitar un cortocircuito de red; ¿verdadero o falso?
9. Un motor con tres bornes se puede arrancar con un arrancador estrella-triángulo; ¿verdadero o falso?
10. El relé de sobrecarga se regula al 58% de la corriente que toma el motor de la red; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Verdadero. 3. Verdadero. 4. Falso. 5. Falso. 6. Verdadero. 7. Falso. 8. Verdadero. 9. Falso. 10. Verdadero.

Soluciones

# Capítulo 9.

## Arranques Suaves

### Generalidades

Cuando se quiere ahorrar energía o si a pesar de instalar un arrancador estrella-triángulo la máquina arrastrada y el motor se ven sujetos a esfuerzos mecánicos muy elevados, debidos a los fuertes golpes producidos durante la conmutación de la etapa de estrella a la etapa de triángulo, entonces es necesario utilizar arrancadores suaves.

### Los arrancadores suaves son equipos electrónicos capaces de regular la tensión de salida.

Conectados a una red trifásica, varían la tensión de salida desde un valor predeterminado ajustable hasta el valor nominal de la red y, por ende, la asignada del motor, en un tiempo ajustable llamado “rampa de arranque” (ver fig. 9.1).



Foto 9.1 Arrancadores suaves (Softstarters)

Existen dos tipos de equipos: los de aplicaciones estándar, que controlan las tensiones de dos fases (arrancador suave SIRIUS 3RW30 o 3RW40) y los de aplicaciones exigentes, que controlan las tensiones de las tres fases (arrancador suave 3RW44). Todos tienen incorporado un contactor de puenteo (bypass) que se conecta automáticamente cuando termina la maniobra de arranque. Los 3RW40 y 3RW44 son capaces de controlar la corriente de arranque que toma el motor de la red.

Mediante potenciómetros y llaves selectoras de dos posiciones se pueden realizar todos los ajustes desde el frente de los equipos de manera simple de aplicación estándar.

En los equipos de aplicaciones exigentes 3RW44 se realiza, también de manera muy sencilla, una parametri-

zación mediante teclas de función y un display.

En los arrancadores suaves electrónicos SIRIUS 3RW30 y 3RW40 el rango de ajuste de la tensión inicial va desde el 40 hasta el 100%, y el tiempo de rampa puede ajustarse desde 0 hasta 20 segundos. En cambio, para el equipo 3RW44 estos valores son entre 20 y 100% de la tensión nominal y 1 a 360 segundos.

También es posible ajustar los tiempos de parada de los motores a los mismos valores que los seteados para el arranque. El arrancador suave, en la etapa de parada, reduce la tensión en bornes del motor desde el valor nominal hasta el valor inicial de arranque, en el tiempo seleccionado (máximo 20 s) y luego desconecta al motor.

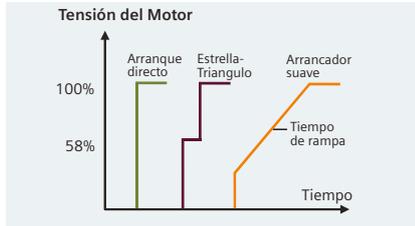


Fig 9.1

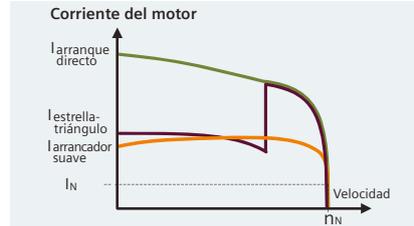


Fig 9.2

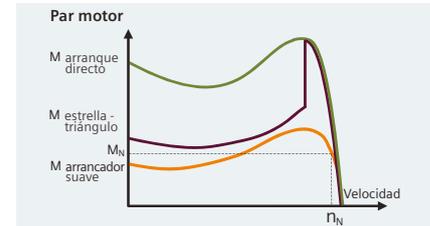


Fig 9.3

Curvas de tensión, corriente y par, en función de la velocidad, para arranque suave comparada con arranque directo y estrella-triángulo

El equipo 3RW44 además permite controlar la parada hasta tensión cero, pudiendo así realizarse paradas de bomba, evitando así perjudicial “golpe de ariete”.

### Ahorro de energía

Todos los arrancadores suaves Siemens llevan incorporado un contactor de puenteo, aunque también es posible conectar un contactor externo de puenteo mediante el contacto auxiliar de arranque finalizado. El contactor de puenteo puede ser calculado según la categoría de servicio AC-1. De esta manera se ahorran importantes cantidades de energía.

### Conexión triángulo interno

El arrancador suave 3RW44 permite la conexión en triángulo interno, como se ve en la fig. 9.6. Así la corriente de línea puede ser incrementada en un factor de  $\sqrt{3}$  ( $\sqrt{3}=1,73$ ), resultando una opción muy económica.

### Arranque multimotórico

Debido al contacto de señalización de arranque terminado, se pueden realizar circuitos de arranque multimotórico, ya que una vez finalizado el arranque, el equipo arrancador puede ser sacado de servicio quedando disponible para arrancar a otro motor. No es posible elaborar un circuito equivalente para detener a varios motores. Un circuito multimotórico sólo puede desarrollarse si no se supera la cantidad de arranques por hora permitidos, y la

potencia del arrancador suave debe ser como mínimo la del motor de mayor potencia.

### Aplicaciones

Los arrancadores suaves electrónicos de motores son adecuados para arranques y paradas suaves y controladas, para el frenado y para el servicio de ahorro de energía de motores asíncronos trifásicos.

### Zonas de aplicación

- ▣ Bombas, compresores
- ▣ Ventiladores
- ▣ Cintas transportadoras
- ▣ Machacadoras
- ▣ Molinos
- ▣ Mezcladoras

### Características particulares del equipo para aplicaciones exigentes

El aparato compacto 3RW44 presenta además las siguientes características de rendimiento:

- ▣ Arranque suave con impulso de par de ruptura, rampa ascendente de tensión, limitación de par o corriente, así como una combinación elegible de ellas, según la clase de carga;
- ▣ Ajuste múltiple de los parámetros de arranque como de la tensión de arranque, duración de rampas, etc.;
- ▣ Control del par de arranque y parada;
- ▣ Registro de fallas y lista de eventos;
- ▣ Cuatro clases elegibles de paradas: parada libre, parada de bombas, parada suave y frenado por corriente continua;
- ▣ Protección electrónica contra sobrecarga;
- ▣ Protección contra su propio sobrecalentamiento;
- ▣ Protección del motor mediante sensores PTC;
- ▣ Ajustes de parámetro mediante el software SoftStarter ES;
- ▣ Interfaz opcional para comunicación a PROFIBUS DP;
- ▣ Módulo externo de operación y observación;
- ▣ Señalización de estados de servicio y avisos de avería.

### Montaje

Los arrancadores SIRIUS siguen el diseño de todos los aparatos de las familias de productos SIRIUS, y por lo tanto tienen dimensiones y datos eléctricos similares o equivalentes.

Los arrancadores suaves 3RW30 no tienen protección de motor incorporada, por lo que se debe considerar la protección del mismo mediante otra vía. Se pueden utilizar relés de sobrecargas térmicos 3RU11, electrónicos 3RB20 o guardamotores 3RV10. Los arrancadores electrónicos de motores 3RW40 y 44 incluyen la protección del motor para arranques normales y para arranques pesados o para elevadas frecuencias de conexión.

Con tiempos prolongados de arranque deberá elegirse, en caso oportuno, una clase para arranques severos. Para ello se recomiendan sensores de temperatura PTC. Esto es también válido para las clases de paradas suaves, puesto que durante el tiempo de parada se origina una carga eléctrica adicional debido a la inercia de la carga mecánica.

Para proteger al equipo se deben tener en cuenta fusibles ultrarrápidos si se desea contar con una protección de coordinación Tipo 2. Los guardamotores 3RV10 acoplados a un arrancador suave

SIRIUS, mediante un módulo de unión 3RA19 del tamaño correspondiente, pueden brindar a éste una protección según coordinación Tipo 2.

Dado que los elementos de conmutación son elementos electrónicos que no garantizan una separación galvánica, se debe considerar algún tipo de seccionador; un guardamotor o contactor sirven para tal fin.

**En la derivación a consumidores, entre el arrancador suave y el motor no puede haber elementos capacitivos (por ejemplo, ninguna instalación de compensación del factor de potencia).**



Foto 9.2 Arranques suaves 3RW40 y 3RW30

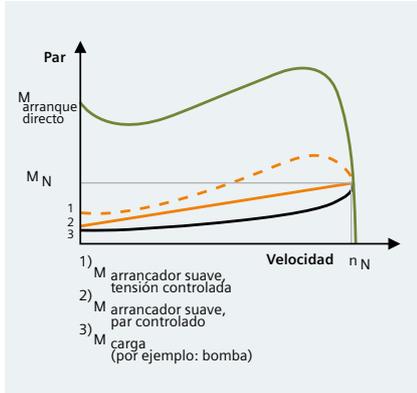


Fig 9.4 Curva de par para un arranque de par controlado

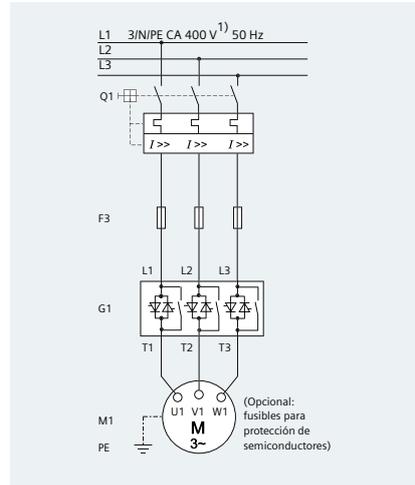


Fig 9.5 Conexión en línea

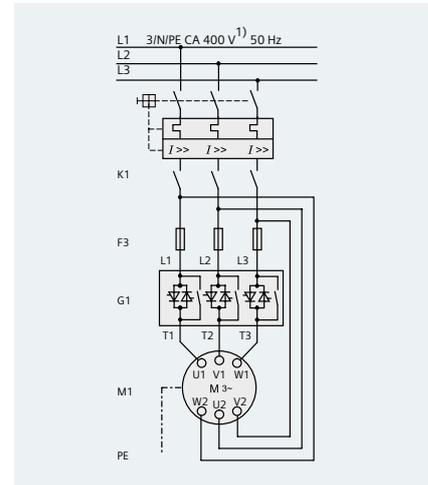


Fig 9.6 Conexión triángulo interno



Foto 9.3 Arranque suave 3RW40



Foto 9.4 Arranque suave 3RW44 con módulo de comunicación Profibus-DP



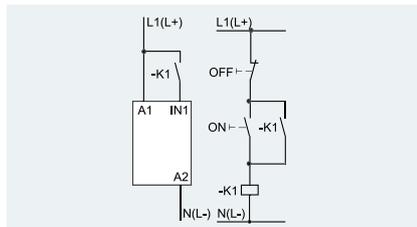
Foto 9.5 Arranque suave 3RW44

Todos los elementos del circuito principal (como fusibles, aparatos de maniobra y relés de sobrecarga) se deben dimensionar y pedir por separado.

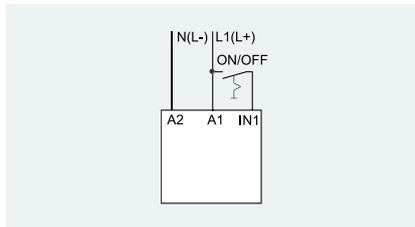
Al realizar una comparación de costos frente a otros métodos de arranque a tensión reducida, se debe evaluar que con un arrancador suave sólo es necesario realizar el tendido de una única terna de cables de alimentación al motor.

También es considerablemente menor el espacio ocupado por un arrancador suave dentro del tablero de control de motores y mucho menor el tiempo de montaje comparado con una combinación de contactores y relés que demanda un arranque estrella-triángulo.

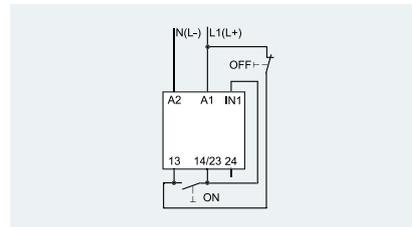
### Circuitos de comandos para arranques suaves



**Fig 9.7** Mando por medio de pulsadores y contactos auxiliares del contactor



**Fig 9.8** Mando por medio de un interruptor (por ejemplo perilla dos posiciones con retención)



**Fig 9.9** Mando por medio de pulsadores



**Foto 9.6** Arranques suaves 3RW30 (abajo izquierda), 3RW40 (abajo derecha), 3RW44 (arriba)

## Autoevaluación

1. El arrancador suave permite arranques sin saltos del motor; ¿verdadero o falso?
2. El contactor de puenteo permite reducir las pérdidas durante la marcha del motor; ¿verdadero o falso?
3. El motor debe tener la tensión asignada igual a la nominal de la red a la que será conectado; ¿verdadero o falso?
4. Con un arrancador suave 3RW30 se puede evitar el golpe de ariete; ¿verdadero o falso?
5. Los arrancadores suaves se protegen con fusibles gL/gG; ¿verdadero o falso?
6. Con un ventilador se puede aumentar la capacidad de un arrancador suave 3RW30; ¿verdadero o falso?
7. El arrancador suave permite la inversión del sentido de giro del motor; ¿verdadero o falso?
8. Con un arrancador suave se puede arrancar un motor monofásico; ¿verdadero o falso?
9. El relé de sobrecargas se puede montar en un arrancador suave 3RW30; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Verdadero. 3. Verdadero. 4. Falso, eso se logra con el 3RW44. 5. Verdadero, pero solo en coordinación Tipo 1, para coordinación Tipo 2 son necesarios fusibles ultrarrápidos (gr). 6. Falso, se aumenta la frecuencia de manobra. 7. Falso. 8. Falso. 9. Verdadero.

Soluciones

# Capítulo 10.

## Variadores de Velocidad



Foto 10.1 Variadores de velocidad Sinamics



Foto 10.2 Variadores de velocidad Micromaster

### Generalidades

Los variadores de velocidad (también conocidos como convertidores de frecuencia), se diferencian de los arrancadores de motores, porque estos últimos sólo son capaces de alimentar al motor con la frecuencia nominal de la red. En cambio, los variadores de velocidad **pueden controlar la velocidad de un motor de corriente alterna trifásico entre cero y diez veces la velocidad nominal del mismo**. Estos valores de velocidad mínima y máxima generalmente se ven limitados por las características mecánicas y constructivas del motor a comandar.

El principio de funcionamiento de los variadores de velocidad se basa en **alimentar al motor con una corriente de frecuencia**

**variable**, por ejemplo entre 0 y 600 Hz, y de esta forma ajustar la velocidad de giro del eje al valor deseado. Un motor de dos polos conectado a una red de 380 VCA 50Hz gira aproximadamente a 3000 RPM; si el convertidor entrega una frecuencia de salida de 25 Hz, el motor girará a la mitad de velocidad. El variador también se encargará de regular, junto con la frecuencia, el valor eficaz de la tensión de salida para mantener constante la corriente entregada al motor. Y de esta forma contar con el par nominal del motor en una amplia gama de velocidades.

Por eso los variadores de velocidad resultan ideales para comandar bombas, ventiladores, compresores, cintas transportadoras, máquinas de embalaje, así como

para aplicaciones sencillas de posicionamiento.

Es importante tener en cuenta que los motores modernos pueden ser controlados por un variador de velocidad de manera óptima, mientras que los motores antiguos pueden presentar problemas de aislación tras algunos meses de trabajo satisfactorio.

Los variadores de velocidad para aplicaciones estándar de alimentación monofásica 1x230 VCA están disponibles para el rango de potencias comprendidas entre 0,12 y 3 kW; y para alimentación trifásica 3x400 VCA, en todas las potencias normalizadas entre 0,12 y 250 kW.



**Foto 10.3** Variadores de velocidad sin panel de operación (*arriba*), con panel de operación básico (BOP) (*medio*) y con panel de operación inteligente (IOP) (*abajo*).

La tensión asignada del motor debe ser igual a la tensión nominal de la red, donde se conectará al variador de velocidad.

#### **Software de configuración: Starter**

Es un único software capaz de parametrizar toda la familia de variadores de velocidad Micromaster y Sinamics. Ofrece significativas ventajas competitivas gracias a su simplicidad para la puesta en servicio e instalación. Además, facilita las tareas de mantenimiento y diagnóstico, gracias a su amigable interfaz gráfica.

#### **Bobinas de conmutación o de entrada**

Se usan para reducir los picos de tensión o eliminar los microcortes producidos por maniobras en la red. Este tipo de bobinas reducen los efectos de las armónicas sobre el equipo y sobre la red.

#### **Filtro de compatibilidad electromagnética**

Los filtros compatibilidad electromagnética (CEM) se utilizan para evitar que el variador de velocidad sea influenciado por ondas electromagnéticas producidas por otros aparatos instalados en las inmediaciones, como así también para evitar que el variador emita interferencia electromagnética que perturbe el buen funcionamiento de otros aparatos.

Para instalaciones industriales, se ofrecen filtros CEM clase A externos o integrados en el variador de velocidad. Para instalaciones en área comerciales u oficinas, se aplican filtros CEM externos clase B.

Las corrientes de derivación a tierra producidas por los variadores de velocidad con o sin filtro presentan en la práctica valores entre 10 y 50 mA. Los valores definitivos dependen de la configuración, el entorno y la longitud del cableado. No es posible garantizar un servicio sin perturbaciones si se instalan interruptores diferenciales con una sensibilidad de 30 mA. En cambio, sí pueden instalarse sin complicaciones interruptores con una sensibilidad de 300 mA.

#### **Bobinas de salida**

Se utilizan para compensar la capacidad de los conductores entre el variador y el motor cuando éstas superan los 50 m (cables apantallados), o los 100 m (cables sin apantallar). Si no se utilizan bobinas de salida, estas corrientes capacitivas toman valores tan importantes que activan a las protecciones por sobrecorriente del variador de velocidad.

## Maniobras

A pesar de no ser un aparato de maniobras, el variador de velocidad puede arrancar y proteger a un motor. El comando puede ser local, mediante los paneles BOP (Básico), AOP (Avanzado) o el IOP (Inteligente), también utilizados para la introducción de los parámetros en el variador; o remoto, ya sea mediante cualquiera de las entradas digitales o analógicas disponibles, una red de comunicación controlada por un equipo de automatización PLC o un computador. La velocidad del motor se puede controlar en intensidad y sentido, por los mismos medios.

## Protecciones

La nueva generación de variadores de velocidad no necesita protecciones adicionales, ya que cuenta con protecciones contra sobrecargas y contra cortocircuitos. Sólo se debe proteger a los cables de acometida mediante fusibles o interruptores termomagnéticos.

## Características principales

- Diseño modular.
- Alimentación monofásica o trifásica: 1/3x 110 ó 220 VCA, 3x 220 VCA y 3x 400 a 600 VCA.
- Operación entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $+50^{\circ}\text{C}$  sin reducción de potencia.
- Capacidad de sobrecarga: 150% durante 60s.
- Entradas digitales opto-aisladas.
- Entradas analógicas (0-10 V).

- Salidas a relé (30 VDC/5A – 250 VAC/2A).
- Salidas analógicas (0/4-20 mA).
- Característica V/f lineal, cuadrática, multipunto y algoritmo de regulación FCC (Flux Current Control), que optimiza la tensión aplicada al motor para todas las frecuencias de salida y condiciones de carga.
- Regulador de proceso PID integrado (en los modelos mayores).
- Amplias funciones integradas de protección del motor y convertidor.
- Puerto de comunicación RS-485 integrado para interconexión a redes industriales.
- Puerto de comunicación Profibus, Profinet, DeviceNet, CanOpen como opcionales.

## Accesorios

- Panel de operación básico extraíble (BOP).
  - Panel de operación avanzado con display de texto multi-lenguaje extraíble (AOP).
- Conjunto para montaje de paneles de operación en puerta de tablero.
- Filtros CEM clase A y clase B.
  - Reactancias de conmutación de entrada.
  - Reactancias de salida para operación con cables a motor largos.
  - Módulos para interconexión a redes Profibus, Profinet y DeviceNet.
  - Módulo para conexión a PC.



Foto 10.4 Puertos de comunicación: RS-485 (arriba), Profibus DP (medio), Profinet (abajo).

## Autoevaluación

1. Con un variador de velocidad se cambia la frecuencia aplicada a un motor; ¿verdadero o falso?
2. Existen variadores de velocidad para conectar un motor trifásico a una red monofásica; ¿verdadero o falso?
3. Con un variador de velocidad “común” es posible reaccionar con “alta dinámica”; ¿verdadero o falso?
4. Con un variador de velocidad se aplica el par nominal al arrancar; ¿verdadero o falso?
5. Hasta la velocidad asignada el motor puede entregar su potencia asignada; ¿verdadero o falso?
6. Con un variador de velocidad es posible frenar el motor; ¿verdadero o falso?
7. Es posible variar la velocidad de un motor ya en marcha; ¿verdadero o falso?
8. Es posible parametrizar al variador de velocidad desde su frente sin accesorios adicionales; ¿verdadero o falso?
9. Un variador de velocidad sin BOP no funciona; ¿verdadero o falso?
10. Un variador de velocidad siempre debe ser parametrizado antes de ser puesto en servicio; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Verdadero. 3. Falso, son necesarios variadores con control vectorial. 4. Verdadero. 5. Falso, entrega su par asignado. 6. Verdadero. 7. Verdadero. 8. Falso, es necesario por lo menos un panel de operación básico (BOP). 9. Falso. 10. Falso, de fábrica trae una parametrización básica.

# Capítulo 11.

## Fusibles.

### Generalidades

Tanto un contactor como un relé de sobrecargas son aparatos importantes y valiosos, por lo que deben ser protegidos en caso que se produzca una falla. Debido a su velocidad de actuación y su capacidad de ruptura casi sin límites, el mejor medio para lograrlo es el fusible; por supuesto siempre que éste sea de calidad, que responda a normas IEC 60 269 y que no haya sido manipulado o reparado.



Foto 11.1 Base NH

Los fusibles de alta capacidad de ruptura para baja tensión protegen cables, conductores y componentes de una instalación de maniobra y protección de motores contra las sobrecargas y los efectos de un cortocircuito.



Foto 11.2 Fusible NH

La primera función de los fusibles es proteger los cables y conducto-

res de las corrientes de sobrecarga y cortocircuito, pero también son apropiados para la protección de aparatos y equipamiento eléctrico.

Entre las múltiples funciones y variadas condiciones de servicio cabe mencionar las siguientes:

- Una elevada selectividad en redes radiales y mallas para evitar interrupciones innecesarias del servicio.
- La protección de respaldo "Back-Up" de interruptores termomagnéticos.
- La protección de circuitos de motores en los que por el servicio pueden producirse sobrecargas breves y cortocircuitos.
- La protección contra cortocircuitos de aparatos de maniobra como contactores e interruptores automáticos.

- En redes TN y TT los fusibles evitan que ante fallas se mantengan tensiones de contacto inadmisibles en las estructuras metálicas.

El campo de aplicación de los fusibles es muy amplio: abarca desde las instalaciones eléctricas en viviendas, comercios y plantas industriales hasta inclusive en instalaciones de empresas generadoras o distribuidoras de energía eléctrica.

### Selectividad

Otra función importante del fusible es la selección del circuito con falla y la separación del mismo de la red para permitir que ésta continúe en servicio.

Por regla general, en toda instalación existen varios fusibles conectados en serie. A través de la selectividad se logra que ante una sobrecarga sólo se desconecte el



Foto 11.3 Fusible NH en cortocircuito

circuito que presenta la falla mientras que el resto continúa operando.

Los fusibles Siemens de clase de servicio gG tendrán selectividad entre sí, cuando trabajando con una tensión asignada de hasta 230VCA, mantengan una relación de 1:1,25 entre los niveles de las intensidades asignadas de la corriente. Esta característica tan favorable se obtiene reduciendo a sólo el  $\pm 5\%$  las bandas de dispersión en la característica tiempo / intensidad de la corriente.

Aquí, la norma acepta una relación de 1:1,6; es decir, que los fusibles de Siemens superan ampliamente estas especificaciones.

De este modo, podrán reducirse las secciones de los conductores porque se disminuyen las intensidades asignadas de las corrientes.

#### Clases de servicio

De acuerdo con su función los fusibles se subdividen en clases de servicio, que se identifican con dos letras. La primera señala la clase de funcionamiento, a saber:

a = Fusibles de uso parcial  
g = Fusibles de uso general

Y la segunda letra, el objeto a proteger; a saber:

G = Protección de cables y conductores  
M = Protección de aparatos de maniobra  
R = Protección de semiconductores  
L = Protección de cables y conductores (según norma DIN VDE)  
B = Protección de instalaciones mineras  
Tr = Protección de transformadores

Los fusibles de uso general (gL/gG, gR) desconectan con seguridad tanto sobrecargas inadmisibles como cortocircuitos.

Los fusibles de uso parcial (aM, aR) se utilizan exclusivamente para la protección contra cortocircuitos. La oferta de Siemens comprende las siguientes clases de servicio:

- ▣ gL/gG protección general de cables y conductores. Fusibles NH, Diazed, Neozed.
- ▣ aR protección parcial de semiconductores. Fusibles Sitor.
- ▣ gR protección general de semiconductores. Fusibles Sitor, Silized.

#### Capacidad de ruptura

La capacidad de ruptura es la habilidad que tiene un aparato de protección de **dominar una corriente de cortocircuito**.

Una capacidad de ruptura asignada elevada, con volumen mínimo, caracteriza a los fusibles.

En el diseño y la fabricación de los fusibles se deben tener en cuenta numerosas características de calidad para que éstos puedan garantizar una capacidad de ruptura asignada elevada y segura, desde la corriente de sobrecarga inadmisibles más pequeña hasta la mayor corriente de cortocircuito. Así, por ejemplo, además del diseño de las láminas fusibles en cuanto a sus dimensiones, la forma y la posición de las partes matrizadas o su ubicación dentro del cuerpo del fusible, tienen importancia decisiva la resistencia a la presión y a los choques térmicos de estos cuerpos. Lo mismo sucede con la pureza química, el tamaño, la forma de los granos y la densidad de la arena de cuarzo de relleno.

La **capacidad de ruptura** asignada en corriente alterna llega a los **50 kA en los fusibles NEOZED y DIAZED, y de 120 kA en los fusibles NH**.

#### Limitación de la corriente

Para la rentabilidad de una instalación tiene gran importancia no sólo la capacidad de ruptura segura sino también la limitación de la corriente que ofrece el cartucho fusible.



Foto 11.4 Fusibles ultra-rápidos SITOR

Durante un cortocircuito circula por la red la corriente de cortocircuito hasta que el cartucho fusible interrumpe el mismo. La impedancia de la red es el único factor limitador de la intensidad de la corriente de cortocircuito.

La fusión simultánea de todos los puntos previstos para este fin en la lámina fusible forma numerosos arcos parciales conectados eléctricamente en serie que aseguran la desconexión rápida, con una fuerte limitación de la corriente. La calidad de fabricación influye en gran medida en la limitación de la corriente y ésta, en el caso de los cartuchos fusibles de Siemens, es muy elevada. Así, por ejemplo, un fusible NH tamaño 2 de  $I_n=224$  A limita un probable valor eficaz de 50 kA de la corriente de cortocircuito a una corriente de paso con una intensidad de cresta del orden de 18 kA.



Foto 11.5 Conjuntos de fusibles Diazed

Esta fuerte limitación de la corriente protege en todo momento a la instalación contra solicitaciones excesivas.

**¡Atención! Por lo comentado anteriormente un fusible no se puede ni se debe reparar.**

Un interruptor termomagnético no es la solución más adecuada para proteger una combinación contactor + térmico, debido a las limitaciones que tiene en cuanto a su capacidad de ruptura y su velocidad de actuación. Sólo puede cumplir con Tipo de coordinación 1, con grandes limitaciones en las corrientes de cortocircuito.

Ver tablas 3.1 y 3.2 del capítulo 3 para coordinación con fusibles y tablas 6.1 y 6.2 del capítulo 6 para coordinación con guardamotor.

## Autoevaluación

1. El fusible tiene mayor capacidad de ruptura que el guardamotor; ¿verdadero o falso?
2. Selectividad es identificar el circuito con falla y sacarlo de servicio; ¿verdadero o falso?
3. Un fusible NH con curva característica gL/gG sirve para proteger aparatos electrónicos; ¿verdadero o falso?
4. Es posible reparar fusibles usando un alambre calibrado; ¿verdadero o falso?
5. El fusible limita la intensidad de pico de la corriente de cortocircuito; ¿verdadero o falso?
6. Gracias a la capacidad de limitar la Icc el fusible es el mejor medio para evitar la soldadura de los contactos de un contactor; ¿verdadero o falso?
7. Capacidad de ruptura es la capacidad de dominar una corriente de cortocircuito; ¿verdadero o falso?
8. El fusible puede brindar respaldo (Back-up) a un interruptor cuando la capacidad de ruptura de éste no es suficiente; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Verdadero. 3. Falso, para ello están los fusibles ultrarrápidos SITOR de característica aR o gR. 4. Falso, un fusible NO SE DEBE reparar. 5. Verdadero. 6. Verdadero. 7. Verdadero. 8. Verdadero.

Soluciones

# Capítulo 12.

## Interruptores Termomagnéticos Automáticos.

### Generalidades

Los interruptores termomagnéticos automáticos (también denominados pequeños interruptores automáticos) se utilizan para proteger contra los efectos de sobrecargas y cortocircuitos a los cables y conductores que conforman una red de distribución de energía eléctrica. De esta manera, también asumen la protección contra calentamiento de equipos eléctricos según determina la norma DIN VDE 0100, parte 430 y bajo ciertas condiciones la protección contra tensiones de contacto peligrosas originadas por defectos de aislamiento, según norma DIN VDE 0100, parte 410.

Los interruptores termomagnéticos automáticos responden a la norma IEC 60898, que constituye

la base para su diseño, fabricación y sus homologaciones.

La norma IEC 60898 presta especial atención a la aplicación doméstica o comercial de los interruptores termomagnéticos y a su operación por personal no idóneo, no capacitado en el manipuleo de aparatos eléctricos. Esta es la fundamental diferencia con otros aparatos, que respondiendo a otras normas, no prestan tanta atención al usuario.

Por eso los interruptores termomagnéticos automáticos no permiten la regulación de ninguna de las protecciones para evitar que personal no especializado tome decisiones equivocadas. Estos ajustes fijos no permiten implementar una amplia protección de motores eléctricos; para ello se deben emplear interrup-

tores automáticos para la protección de motores, es decir, guardamotores.

### Principio de funcionamiento

Los interruptores termomagnéticos disponen de un disparador térmico retardado (bimetal), dependiente de su característica intensidad /tiempo, que reacciona ante sobrecargas moderadas y un disparador electromagnético que reacciona sin retardo ante elevadas sobrecargas y cortocircuitos.

Los materiales especiales empleados en su construcción garantizan una larga vida útil de, en promedio, 20.000 maniobras y una elevada seguridad contra soldaduras de los contactos.

Gracias a la alta velocidad de actuación de los contactos ante una corriente de falla, y a una



**Foto 12.1** Pequeño interruptor automático 5SX

## Interruptores termomagnéticos



Foto 12.2 Pequeños interruptores automáticos 5SY, de izquierda a derecha: Unipolar, Bipolar, Tripolar y Tetrapolar.

rápida extinción del arco en la cámara apagachispas, la intensidad de la corriente de cortocircuito se ve limitada con los interruptores termomagnéticos automáticos de Siemens. De esta forma se superan hasta en un 50% los valores de limitación de energía de paso, determinados para la clase 3 según la Norma DIN VDE 0641, parte 11. Así se garantiza una excelente selectividad con respecto a los demás dispositivos de protección conectados aguas arriba.

### Características

- ▣ Distintas curvas de actuación según la carga: A, B, C ó D.
- ▣ Elevada capacidad de ruptura de hasta 15kA, acorde con IEC 60898.
- ▣ Excelente selectividad y elevada limitación de la corriente de cortocircuito.
- ▣ Fácil montaje sobre riel de montaje rápido según DIN EN 50022 de 35 mm.
- ▣ Bornes de seguridad que impiden el contacto casual con dedos, palma y dorso de la mano; de acuerdo con VDE 0106, parte 100.
- ▣ Ágil cableado gracias a aberturas de bornes cónicas, fácil introducción de cables.
- ▣ Bornes combinados que permiten conectar cable o barras colectoras.
- ▣ Características de seccionador para el interruptor 5SP4 según DIN VDE 0660, con indicador de estado de los contactos.
- ▣ Características de interruptor principal para el interruptor 5SP4 según EN 60204.
- ▣ Accesorios: Contactos auxiliares, Bobina de apertura, Bobina de mínima tensión.

### Curvas características

La función de los interruptores termomagnéticos es la protección de la aislación de los cables y conductores contra sobrecargas térmicas producidas por sobrecargas o cortocircuitos. Es por ello que las curvas de disparo de los interruptores se adaptan a las curvas de carga de cables y conductores.

En la representación de la Figura 12.1 se coordinan los valores de referencia de los cables con los interruptores termomagnéticos automáticos. En la norma IEC 60898 se definen nuevas curvas: B, C y D.

La curva B ha reemplazado a la curva L y la curva C reemplazó a la curva G.

Se debe cumplir para una buena selección, con la siguiente fórmula:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \text{ y además que } I_z \leq 1,45 I_n$$

Donde:

- ▣  $I_b$  = Corriente de servicio; es la intensidad de la corriente determinada por la carga en funcionamiento normal.
- ▣  $I_n$  = Corriente asignada; es la intensidad de la corriente para la que se diseñó el interruptor termomagnético y a la que se refieren otras magnitudes asignadas.
- ▣  $I_z$  = Corriente admisible; es la intensidad de la corriente de carga permanente de un conductor sin que se exceda la temperatura límite del aislamiento.
- ▣  $1,45 I_n$  = Corriente de sobrecarga máxima; con limitación de tiempo, para la cual, el sobrepasar momentáneamente la temperatura límite permanente, no origine una reducción de seguridad en las propiedades del aislamiento.

▣  $I_1$  = Corriente de prueba 1; es la intensidad de la corriente con la que, bajo condiciones definidas, no se produce la desconexión.

▣  $I_2$  = Corriente de prueba 2; es la intensidad de la corriente para la que, bajo condiciones definidas, se produce la desconexión antes de una hora.

▣  $I_3$  = Tolerancias del disparador con retardo (térmico) por sobrecargas.

▣  $I_4$  = Intensidad de la corriente para la que no se produce la actuación del disparador instantáneo (magnético) por cortocircuitos. Tiempo de disparo mayor a 100 ms.

▣  $I_5$  = Intensidad de la corriente para la que se produce la actuación del disparador instantáneo (magnético) por cortocircuitos. Tiempo de disparo menor a 100 ms.

Debido a que todos los interruptores termomagnéticos tienen su característica de disparo térmico por sobrecargas igual, ajustada a  $I_z = 1,45 I_n$ , se simplifica la asignación del mismo a la protección por sobrecargas de un cable, ya que sólo debe verificarse la condición de  $I_n < I_z$ .

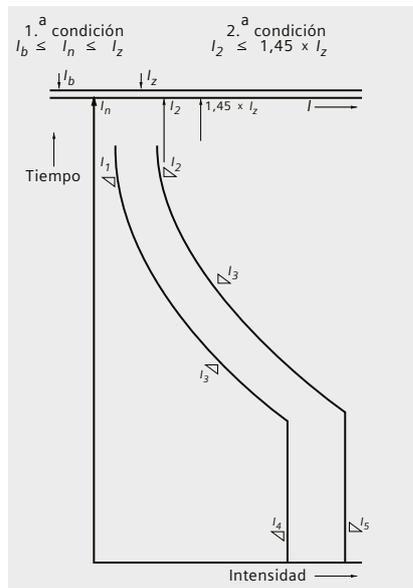
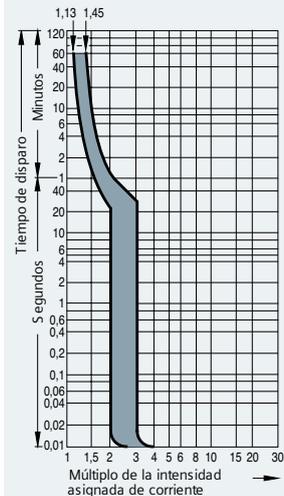


Fig 12.1 Coordinación de los valores de referencia de cables e interruptores termomagnéticos automáticos.

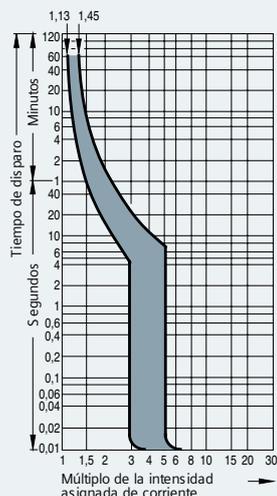
A continuación se presentan las curvas de referencia:

Curva característica de desconexión A  
 $I_4 = 2 \times I_n$   $I_5 = 3 \times I_n$



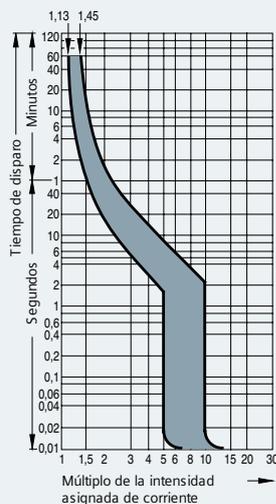
**Fig 12.2 - Curva A**  
 (según DIN VDE 0100 parte 410)  
 Protección limitada de semiconductores. Protección de circuitos de medición con transformadores. Protección de circuitos con conductores largos.

Curva característica de desconexión B  
 $I_4 = 3 \times I_n$   $I_5 = 5 \times I_n$



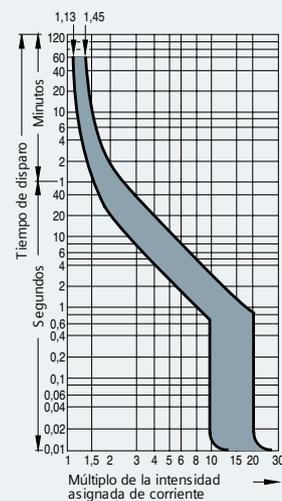
**Fig 12.3 - Curva B**  
 Protección de gran longitud pero que no permite la inserción de corrientes elevadas de corta duración.

Curva característica de desconexión C  
 $I_4 = 5 \times I_n$   $I_5 = 10 \times I_n$



**Fig 12.4 - Curva C**  
 Protección de conductores, en instalaciones donde se produzcan corrientes de arranque elevadas, por ejemplo: motores, lámparas, etc.

Curva característica de desconexión D  
 $I_4 = 10 \times I_n$   $I_5 = 20 \times I_n$



**Fig 12.5 - Curva D**  
 Protección de conductores, en instalaciones donde se produzcan fuertes corrientes de impulso, por ejemplo: transformadores, capacitores, etc.

Existen aplicaciones donde es más importante la seguridad del servicio que la del cable; por ejemplo en redes de esquema IT de quirófanos o en la alimentación de bombas contra incendio o de achique; en estos casos es posible utilizar interruptores automáticos sólo magnéticos o fusibles. El cable queda desprotegido (sin térmico) pero existe selectividad ante cortocircuitos.

### Capacidad de ruptura

Se define como capacidad de ruptura " $I_{cn}$ ", a la característica que tiene un aparato de protección de **dominar una corriente de cortocircuito**.

Los interruptores termomagnéticos deben satisfacer requerimientos especiales en lo referido a la capacidad de ruptura. Los valores se encuentran normalizados y se determinan de acuerdo a condiciones de prueba estrictamente especificadas en la IEC 60898. Los valores especificados son 3kA; 4,5kA; 6kA, 10kA y 15kA. Para otras tensiones asignadas o condiciones de prueba diferentes pueden indicarse valores también diferentes, que inclusive superan a los determinados por IEC 60898, tal es el caso cuando se cita a la IEC 60947-2 de interruptores automáticos industriales, menos exigente en sus especificaciones " $I_{cu}$ ".

Nótese que todas las características son iguales en cuanto a la protección de conductores, y sólo difieren en el valor de ajuste del disparador por cortocircuitos. Este disparador está destinado a proteger al bimetal y a los contactos del propio interruptor termomagnético; no a la carga.

Sección nominal	Conductor tendido en cañerías embutidas		Interruptor termomagnético	
	Intensidad de carga, $I_z$		Intensidad asignada, $I_N$	
mm <sup>2</sup>	2 conductores	3 conductores	2 conductores	3 conductores
A	A	A	A	A
1,5	17,5	16	16	16
2,5	24	21	20	20
4	32	28	32	25
6	41	37	40	32
10	58	51	50	50
16	76	68	63	63
25	101	89	100	80
35	125	110	125	100

**Tabla 12.1** Asignación de interruptores automáticos para conductores de cobre con aislamiento de pvc tendidos en cañerías embutidas, temperatura ambiente 30°C. Estos valores son orientativos.



**Foto 12.3** Ancho de 18mm por polo hasta los 63A (5SX y 5SY) y de 27mm en 80, 100 y 125A (5SP).

## Selectividad

En general las redes de distribución de energía tienen una disposición radial. En cada reducción de sección debe instalarse una protección contra sobrecorrientes. De esta forma se obtiene un escalonamiento en serie, ordenado por las intensidades asignadas de las corrientes de cada tramo. Este escalonamiento en serie ordenado debe ser "selectivo".

Pequeños interruptores automáticos (PIA)			
Modelo	Intensidad asignada $I_n$ (A)	Capacidad de ruptura uni, bi, tri o tetrapolar 230/400VCA IEC 60898-1 $I_{cn}$ (kA)	IEC 60947-2 $I_{cu}$ (kA)
5SX1	0,5 ... 2	3	6
	3 ... 8	3	4,5
	10 ... 25	3	5
	32 ... 63	3	4,5
5SY6	0,3 ... 6	6	30
	8 ... 32	6	15
	40 ... 63	6	10
5SY4	0,3 ... 6	10	35
	8 ... 32	10	20
	40 ... 63	10	15
5SP4	80 ... 125	10	20
5SY7	0,3 ... 2	15	50
	3 ... 6	15	40
	8 ... 10	15	30
	13 ... 32	15	25
	40 ... 63	15	20

5SP4 D80 y D100:  $I_{cu} = 15$  kA

5SY7 D50 y D63:  $I_{cu} = 15$  kA

Tabla 12.2 Capacidad de ruptura según normas IEC

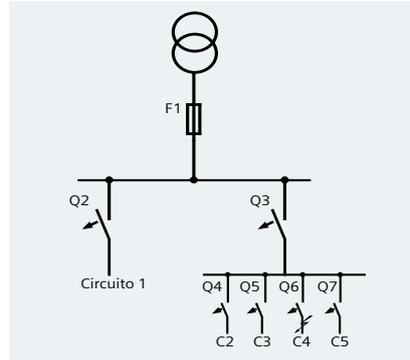


Fig 12.6 Selectividad radial

Selectividad significa que **en caso de una falla sólo reaccionará el elemento de protección más cercano, en el sentido de la corriente, al punto de la anomalía**. De esta manera los demás circuitos conectados en paralelo seguirán suministrando energía.

En resumen, en el esquema de la fig 12.6, ante una falla en el circuito 4, actuará el interruptor Q6, permaneciendo en servicio los interruptores Q1 y Q3, suministrando así energía a los circuitos 1, 2, 3 y 5.

El límite de la selectividad de los interruptores termomagnéticos automáticos depende principalmente de la limitación de corriente y las características de disparo del interruptor pospuesto, así como del valor de la energía de paso  $I^2t$  del elemento antepuesto.

Por lo tanto, para interruptores termomagnéticos con diferentes curvas características y capacidades asignadas de ruptura se obtienen distintos límites de selectividad.

En las tablas siguientes se informa, en kA, la intensidad límite de selectividad permitida de la corriente presunta de cortocircuito aguas abajo del interruptor pospuesto en un circuito; esto dependiendo del interruptor termomagnético pospuesto referido a distintos elementos de protección antepuestos.

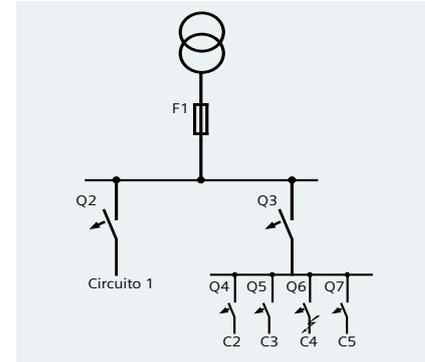
Los valores informados se refieren a condiciones de ensayo muy desfavorables. En la práctica se podrán obtener valores más favorables.

Pequeño interruptor automático aguas abajo		Fusible antepuesto aguas arriba								
$I_n$ [A]		16 A	20 A	25 A	35 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A
5SY4...-5, -6, 5SY7...-6										
Curva A, B	6	0.3	0.4	0.8	1.4	3.2	4.5	9.0	•	•
	10	--	0.4	0.7	1.2	2.5	3.5	5.0	•	•
	16	--	--	--	1.0	2.0	2.8	4.2	9.0	•
	20	--	--	--	1.0	2.0	2.6	4.2	9.0	•
	25	--	--	--	--	1.7	2.2	3.7	7.0	•
	32	--	--	--	--	1.7	2.2	3.7	7.0	•
	40	--	--	--	--	--	1.6	2.2	4.0	6.0
	50	--	--	--	--	--	--	2.2	4.0	6.0
	63	--	--	--	--	--	--	--	3.0	5.0
	5SY4...-7, 5SY7...-7									
Curva C	$\leq 2$	0.3	0.5	1.5	2.0	9.0	•	•	•	•
	4	0.3	0.4	0.9	1.4	3.5	5.0	9.0	•	•
	6	--	0.4	0.8	1.4	2.7	4.5	6.0	•	•
	10	--	--	0.5	1.2	2.0	3.0	4.2	7.0	•
	16	--	--	--	1.0	1.5	2.2	3.0	6.0	•
	20	--	--	--	--	1.3	2.2	3.0	6.0	•
	25	--	--	--	--	--	2.2	2.9	5.0	9.0
	32	--	--	--	--	--	--	2.4	4.0	7.0
	40	--	--	--	--	--	--	2.0	3.5	4.0
	50	--	--	--	--	--	--	--	3.0	4.0
	63	--	--	--	--	--	--	--	3.0	3.5
5SY4...-8, 5SY7...-8										
Curva D	$\leq 2$	0.3	0.4	1.0	1.8	5.0	7.0	•	•	•
	4	--	0.4	0.8	1.2	3.0	3.8	5.5	•	•
	6	--	--	0.7	1.1	2.5	3.1	4.4	8.1	•
	10	--	--	--	--	2.1	2.5	3.5	6.2	9.3
	16	--	--	--	--	--	2.2	3.1	5.1	7.5
	20	--	--	--	--	--	--	2.7	4.3	6.3
	25	--	--	--	--	--	--	--	4.0	5.7
	32	--	--	--	--	--	--	--	4.0	5.5
	40	--	--	--	--	--	--	--	3.5	4.8
	50	--	--	--	--	--	--	--	--	4.0
	63	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Tabla 12.3** Valores límites de selectividad entre pequeños interruptores automáticos de hasta 63A y fusibles antepuestos, expresados en kA

Pequeño interruptor automático aguas abajo	$I_n$ [A]	Fusible antepuesto aguas arriba					
		100 A	125 A	160 A	200 A	224 A	250 A
5SP4...-6							
Curva B	80	2.8	3.8	5.7	8.1	•	•
	100	--	3.5	5.2	7.0	•	•
	125	--	--	5.2	7.0	•	•
5SP4...-7							
Curva C	80	2.5	3.5	5.1	7.5	9.2	•
	100	--	3.3	4.5	6.5	8.0	•
	125	--	--	4.5	6.5	8.0	•
5SP4...-8							
Curva D	80	2.3	3.3	4.6	6.9	8.1	•
	100	--	2.8	4.3	6.2	7.5	9.2

**Tabla 12.4** Valores límites de selectividad entre pequeños interruptores automáticos de 80, 100 y 125A y fusibles antepuestos, expresados en kA



### Protección de respaldo o Back-up

En caso de que no se conozca la intensidad máxima de la corriente de cortocircuito en el lugar de montaje del interruptor termomagnético, o de que la misma exceda a la capacidad asignada de ruptura, se debe instalar aguas arriba un elemento adicional que ofrezca una protección de respaldo, para evitar que esa exigencia excesiva deteriore al interruptor termomagnético.

En general, se utilizan fusibles para esta función, pero dentro de ciertos límites también se puede ofrecer respaldo con otros interruptores termomagnéticos.

En la tabla siguiente se informan las corrientes de cortocircuito, en kA, para las que puede asegurarse una protección de respaldo (Back-up), con el uso de fusibles de alta capacidad de ruptura según VDE 0636 e IEC 60269.

Interruptores termomagnéticos		Fusibles NH o Diazed conectados aguas arriba, antepuestos					
Características C	$I_n$ (A)	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A
	< 4	No es necesario respaldo hasta 50 kA					
	6	50	50	50	50	50	35
	10	50	50	50	50	50	30
	16	50	50	50	35	30	30
	20	50	50	50	35	25	25
	25	50	50	50	35	30	25
	32	50	50	50	35	30	25
	40	50	50	50	50	25	15
	50	50	50	50	50	25	15
	63	50	50	35	25	25	15

Tabla 12.5 Valores límites de respaldo entre pequeños interruptores automáticos y fusibles, expresados en kA

Interruptores termomagnéticos		Interruptor compacto 3VL27 regulable, conectado aguas arriba, antepuesto					
Características C	$I_n$ (A)	500 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A
			50 A	63 A	80 A	100 A	125 A
	< 2	6	6	6	6	6	6
	4	4	4	4	4	4	4
	6	4,5	4,5	4,5	4	4	4
	10	4,5	4,5	4,5	4	4	4
	16	4,5	4,5	4,5	4	4	4
	20	4,5	4,5	4,5	4	4	4
	25	4,5	4,5	4,5	4	4	4
	32	4,5	4,5	4,5	4	4	4
	40	4,5	4,5	4,5	4	4	4
	50	-	4,5	4,5	4	4	4
63	-	-	4,5	4	4	4	

Tabla 12.6 Valores límites de respaldo entre pequeños interruptores automáticos e interruptores compactos, expresados en kA

### Maniobra de circuitos de iluminación

La conexión de lámparas es un caso muy particular por el comportamiento de las mismas durante el encendido.

Las lámparas incandescentes toman una elevada corriente de conexión (hasta 15 veces del valor asignado), pero sólo durante un instante. Se clasifican según la categoría de servicio AC-5b que indica una corriente levemente inferior a la asignada.

Se debe considerar que un interruptor termomagnético de curva característica C produce su disparo instantáneo en un valor máximo de diez veces la corriente asignada.

Por ello en la práctica no es conveniente superar el 60 % del valor asignado cuando se conectan lámparas incandescentes.

**Se debe tener en cuenta el valor de corriente asignada del interruptor al seleccionar la sección del conductor.**

En lámparas de descarga el valor de la corriente de inserción es considerablemente menor pero mucho más prolongado.

Se clasifican según la categoría de servicio AC-5a; si se trata de lámparas con compensación mediante capacitores, la conexión de estos exige adicionalmente a los contactos del interruptor; vale entonces una clasificación según la categoría de servicio AC-6b.

### Maniobra de circuitos de corriente continua

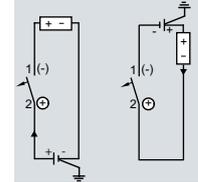
**Todos los modelos de pequeños interruptores automáticos de Siemens (por ejemplo: 5SX, 5SY y 5SP4) son aptos para ser utilización en circuitos de corriente continua de hasta 60 V por polo (con picos de 72 V durante la carga de la batería), o de hasta 120 V con ambos polos conectados en serie.**

Para tensiones mayores, usted necesitará utilizar pequeños interruptores automáticos especiales, como los modelos 5SY5 y 5SP5, los cuales pueden ser utilizados en aplicaciones en CA o en CC. La tensión en CC por polo es de 220 V (máximo 250 V).

En los modelos estándar, la conexión puede realizarse por arriba o por abajo, es indistinto. En cambio, en los modelos 5SY5 y 5SP5 existe un imán permanente que ayuda a la extinción del arco eléctrico. Y debido a este imán, es que los pequeños interruptores automáticos deben ser conectados respetando la polaridad.

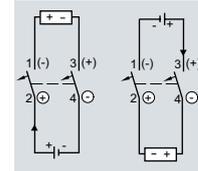
**La tensión mínima de operación es de 24 VCA/CC.** Para tensiones menores no es posible asegurar el cierre del contacto, ya que la polución ambiente puede formar películas aislantes que impidan su vinculación galvánica.

PIA unipolar: 220 VCC



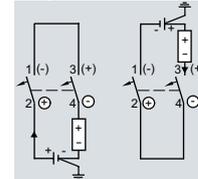
Polo - a tierra Polo + a tierra

PIA bipolar: 220 VCC



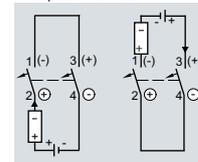
Alim. inferior Alim. superior

PIA bipolar: 440 VCC



Polo - a tierra y alim. inf. Polo + a tierra y alim. sup.

PIA bipolar: 440 VCC



Alim. inferior Alim. superior

### Corrección por agrupamiento

Según la cantidad de interruptores termomagnéticos montados consecutivamente en una misma fila o hilera de un tablero, se producirá un aumento de la temperatura ambiente producto de la disipación de los mismos. En estos casos, se deberá considerar un factor de corrección sobre la corriente de actuación del interruptor termomagnético.

Esto influirá sobre la curva característica de cada uno de los dispositivos de protección, incrementando la sensibilidad al disparo originado por una corriente de sobrecarga.



**Foto 12.4** Fila/hilera de pequeños interruptores automáticos

Interruptores por fila/hilera	1	2 a 3	4 a 6	7 ó más
Factor de corrección	1,00	0,90	0,88	0,85

# Autoevaluación

1. Los distintos tipos de curvas de actuación protegen del mismo modo a un conductor; ¿verdadero o falso?
2. Un interruptor automático con curva de disparo C es apto para proteger motores; ¿verdadero o falso?
3. Un interruptor termomagnético es apto para proteger a un contactor; ¿verdadero o falso?
4. Existen interruptores automáticos sin disparador térmico; ¿verdadero o falso?
5. Un interruptor con capacidad de ruptura indicada según IEC 60947 es de mayor calidad; ¿verdadero o falso?
6. Los valores de capacidad de ruptura según IEC 60898 e IEC 60947 indican lo mismo; ¿verdadero o falso?
7. Capacidad de ruptura es la capacidad de dominar una corriente de cortocircuito; ¿verdadero o falso?
8. La selectividad entre dos interruptores termomagnéticos esta limitada a un valor máximo de la corriente de cortocircuito; ¿verdadero o falso?
9. El fusible puede brindar respaldo (Back-up) a un interruptor termomagnético automático cuando la capacidad de ruptura de éste no es suficiente; ¿verdadero o falso?
10. Los interruptores termomagnéticos pueden proteger circuitos de corriente continua; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Falso. 3. Falso. 4. Verdadero. 5. Falso. 6. Falso. 7. Verdadero. 8. Verdadero. 9. Verdadero. 10. Verdadero, dentro de ciertos límites.

Soluciones

# Capítulo 13.

## Interruptores Diferenciales.

### Generalidades

Los interruptores diferenciales están destinados a **proteger la vida de las personas** contra contactos directos accidentales de elementos bajo tensión. **Además protegen a los edificios** contra el riesgo de incendios provocados por corrientes de fuga a tierra. No incluyen ningún tipo de protección contra sobrecargas o cortocircuitos entre fases o entre fase y neutro. El funcionamiento se basa en el principio de que la suma de las corrientes que entran y salen de un punto, da como resultado cero.

Así, en un circuito trifásico, las corrientes que fluyen por las fases se compensarán con la del neutro, sumando, vectorialmente, cero en cada momento. Del mismo modo, en un circuito

monofásico la corriente de la fase y la del neutro son en todo momento iguales - a menos que haya una falla de aislamiento. En este caso, parte de la corriente fluirá por tierra hacia el generador. Esa corriente a tierra, llamada corriente de defecto, será detectada mediante un transformador sumador de corrientes que tiene el interruptor diferencial y desconectará al circuito fallado. Cuando una persona toca accidentalmente una parte bajo tensión también produce una corriente a tierra que será detectada por el interruptor diferencial, protegiendo así a la persona. Para comprobar el funcionamiento del interruptor diferencial, el mismo cuenta con un botón de prueba que simula una falla, comprobando todo el mecanismo.

**El botón de prueba deberá ser accionado periódicamente; por ejemplo cada seis meses.**



**Foto 13.1** Interruptor diferencial bipolar



**Foto 13.2** Interruptor diferencial tetrapolar

### Características

- Actuación en forma independiente de la tensión de la red, es decir seguridad intrínseca. La interrupción del conductor neutro o la falta de alguna de las fases en un sistema de distribución trifásico no afectan el correcto funcionamiento del interruptor en los casos de corrientes de fuga a tierra.
- Contactos totalmente insoldables, lo que garantiza una segura apertura de los contactos en todas las situaciones de servicio. Si una corriente de falla supera la capacidad de ruptura del interruptor diferencial, se interrumpe la vía de corriente sin permitir la soldadura del contacto involucrado.
- Por su construcción, la sensibilidad del interruptor diferencial aumenta a medida que avanza su desgaste. Llega al final de su vida útil cuando el interruptor ya no permite ser cerrado.
- El cerrojo del interruptor diferencial es del tipo de "disparador libre". Esto significa que el interruptor actuará por falla, aún con la palanca de accionamiento trabada exteriormente.

### Diseño

Los interruptores diferenciales Siemens pertenecen a la última generación del diseño modular normalizado. Su forma constructiva, especialmente reducida, de 55 mm entre el borde superior del perfil de fijación y el borde superior del diferencial, y una altura de 90 mm, los hace apropiados para ser montados, junto a interruptores termomagnéticos, en armarios o cajas de distribución tanto de empotrar, como en salientes de muy poca profundidad.

Los bornes están totalmente protegidos para evitar el contacto casual y son aptos para la utilización de conductores sin terminales.

Muchos diferenciales del mercado utilizan grasa para el circuito de disparo. Pero está demostrado que el uso de grasa o aceites en esos dispositivos puede ocasionar un mal funcionamiento del interruptor diferencial. Como líder tecnológico, Siemens fabrica desde hace más de 30 años **interruptores diferenciales sin grasa ni aceites, proporcionando más seguridad.**

### Fijación

Sencilla y rápida sobre riel normalizado según DIN EN 50022 de 35 mm.

Los interruptores diferenciales Siemens **pueden ser montados en cualquier posición.**

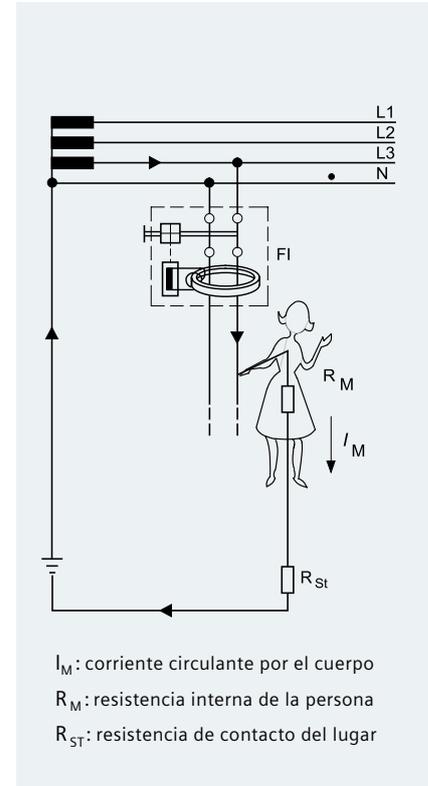


Fig 13.1 Esquema de principio de funcionamiento: protección adicional en contacto directo de partes activas

### Límites de desprendimiento

Según la norma IEC 60 479, existe una relación entre la frecuencia y la corriente bajo la cual un individuo es incapaz de actuar por sí sólo para apartarse del punto de aplicación de la corriente.

Las curvas anteriores nos demuestran que las corrientes de las redes de distribución industriales de 50 Hz son de las más amenazantes y que las corrientes muy bajas causan dolor y son peligrosas para las personas.

Sólo aparatos que actúen eficaz y rápidamente pueden afirmar la seguridad de las personas afectadas.

### Sensibilidad

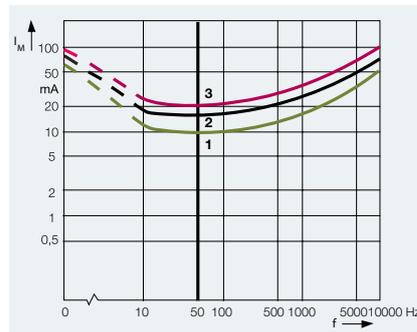
Los interruptores diferenciales se ofrecen en intensidades de defecto nominales de 10, 30 y 300 mA.

De acuerdo a la norma IEC 60 479, que divide los efectos de la corriente que circula en el cuerpo humano en cuatro zonas, vemos que la protección de la vida humana se consigue con la utilización de interruptores diferenciales con una sensibilidad menor o igual a 30 mA.

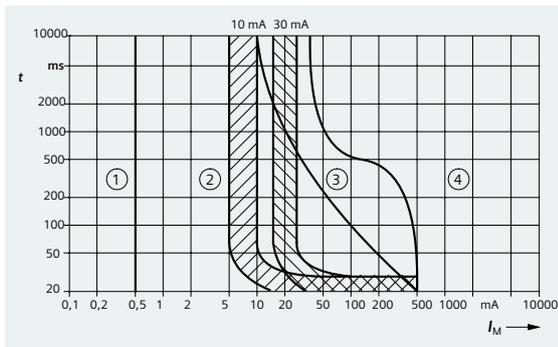
Los interruptores de 100, 300 y 500 mA sólo son utilizables para la protección contra incendios. **Es posible aumentar la sensibilidad de un interruptor diferencial**

**tetrapolar, utilizándolo como bipolar, pasando dos veces la corriente por él.** Su corriente de defecto será entonces de 15 mA. Una mayor sensibilidad o la aplicación de interruptores diferenciales en circuitos de gran intensidad de corriente pueden traer aparejadas desconexiones por corrientes de pérdida operativas, como son las producidas por armónicas de tensión o maniobras de operación de interruptores de potencia.

Para proteger circuitos mayores a 125 A y hasta 400 A contra corrientes de defecto, se puede recurrir a interruptores compactos Sentron 3VL con dispositivo de corriente residual RCD



**Fig 13.4** Límite de desprendimiento según IEC 60 479 pueden apartarse:  
 Curva 3 - El 0,5% de las personas.  
 Curva 2 - El 50% de las personas.  
 Curva 1 - El 99,5% de las personas.



- Zona 1  
Generalmente no se perciben efectos
  - Zona 2  
Generalmente no se producen todavía efectos fisiológicos dañinos
  - Zona 3  
Por lo general aún no existe peligro de fibrilación ventricular
  - Zona 4  
Se puede producir fibrilación ventricular
- $I_M$  = Corriente que circula por el cuerpo  
 $t$  = Tiempo que dura la circulación de la corriente

**Fig 13.5** Rangos de intensidad de corriente según IEC 60 479

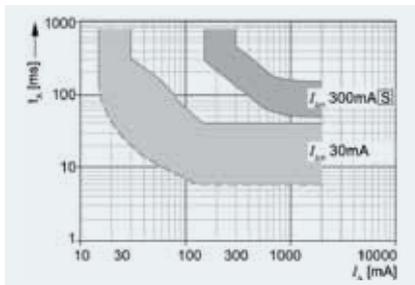


Fig 13.6 Curva de disparo instantáneo 30mA y curva de disparo con retardo 300mA [Selectivo]

### Tipos de corriente

Los interruptores diferenciales habituales están diseñados para funcionar únicamente con corriente alterna; son del tipo AC.

Debido al uso de aparatos electrodomésticos o industriales con componentes electrónicos, en casos de fallas de aislamiento, pueden circular corrientes no senoidales también peligrosas. Para ello se han diseñado los interruptores del tipo A, capaces de disparar tanto con corrientes de defecto alternas senoidales como con corrientes continuas pulsantes. Existen además interruptores diferenciales que pueden funcionar con corrientes continuas planas; son los del tipo B.

### Resistencia a corrientes de choque

Gracias a esta propiedad, con los interruptores diferenciales Siemens se evitan las desco-

nexiones involuntarias durante las tormentas eléctricas; además los interruptores se hacen más seguros contra la desconexión por vibraciones y las ondas de choque producidas por la carga de capacitores, por ejemplo de fuentes conmutadas de computadoras.

Medidas con una onda de corriente de choque de 8/20 microsegundos, un interruptor tipo AC es resistente hasta corrientes de 300 A, uno tipo A hasta 1 kA y uno tipo B hasta 3 kA.

Esta característica permite **utilizar interruptores diferenciales instantáneos (como se requiere en la reglamentación de la AEA)** en circuitos donde haya computadoras sin tener que resignar la seguridad de las personas.

### Poder de corte

Las corrientes de defecto no siempre son bajas, en ocasiones pueden alcanzar valores de corrientes de cortocircuito; por ejemplo cuando una fase es conectada directamente a tierra. Por ello a pesar de que el interruptor diferencial no es un interruptor de potencia propiamente dicho y no posee capacidad de ruptura, debe tener el poder de corte ( $I_m$  - según IEC 61008), suficiente como para poder interrumpir dichas corrientes.

El poder de corte de los interruptores diferenciales es de 800 A.

**De no ser la capacidad de corte suficiente para afrontar una corriente presunta de cortocircuito, deberán ser utilizados fusibles de protección de respaldo o Back-up, normalmente antepuestos.**

De esta manera, utilizando fusibles de característica gL/gG de hasta 63 A para interruptores bipolares y de 100 A para los tetrapolares, pueden obtenerse poderes de corte de hasta 10 kA.

Otra solución es utilizar bloques diferenciales asociados a interruptores termomagnéticos (según la norma IEC 61009).

### Selectividad

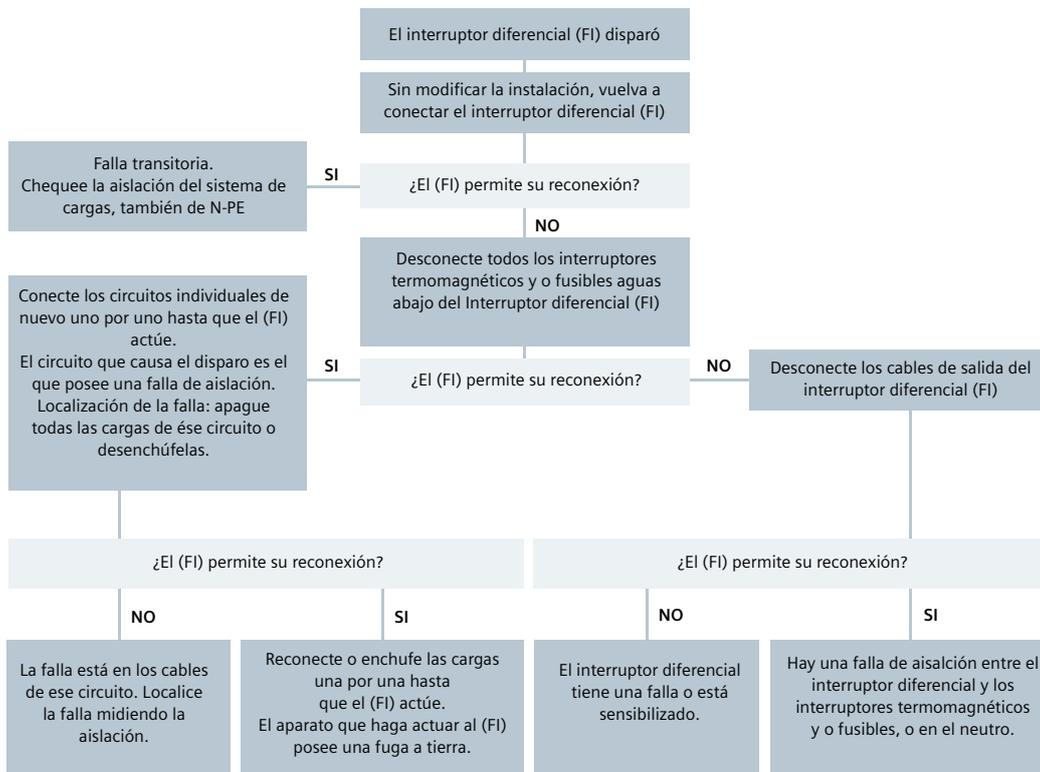
Normalmente, los interruptores diferenciales tienen una característica de desconexión instantánea.

Esto significa que los interruptores diferenciales no pueden conectarse en serie para conseguir la desconexión selectiva en el caso de corrientes de falla. **Para conseguir la selectividad cuando se conectan interruptores diferenciales en serie, el interruptor antepuesto tiene que tener una sensibilidad menor (corriente de defecto mayor), o bien un retardo en la desconexión.** Ambas medidas hacen perder el objeto de proteger a las personas contra contacto directo de una parte bajo tensión.

Cantidad de Polos	$I_n$	Número de pedido		Capacidad de Corte	Fusible máx. asociado	Poder de Corte
		Tipo AC	Tipo A			
<i>Protección de personas - Corriente de defecto 10 mA</i>						
Bipolar	16 A	5SM1 111-0	5SM1 111-6	500 A	63 A	10 kA
<i>Protección de personas - Corriente de defecto 30 mA</i>						
Bipolar	25 A	5SM1 314-0MB	5SM1 312-6	800 A	63 A	10 kA
	40 A	5SM1 314-0MB	5SM1 314-6	800 A	63 A	10 kA
Tetrapolar	40 A	5SM1 344-0MB	5SM1 344-6	800 A	100 A	10 kA
	63 A	5SM1 346-0MB	5SM1 346-6	800 A	100 A	10 kA
	80 A	5SM1 347-0	5SM1 347-6	800 A	100 A	10 kA
	125 A	5SM3 345-0	5SM3 345-6	1250 A	125 A	10 kA
<i>Protección de instalaciones - Corriente de defecto 300 mA</i>						
Tetrapolar	25 A	5SM1 642-0	5SM1 642-6	800 A	100 A	10 kA
	40 A	5SM1 644-0	5SM1 644-6	800 A	100 A	10 kA
	63 A	5SM1 646-0	5SM1 646-6	800 A	100 A	10 kA
	80 A	5SM1 647-0	5SM1 647-6	800 A	100 A	10 kA
	125 A	5SM3 645-0	5SM3 645-6	1250 A	125 A	10 kA

**Tabla 13.1** Resumen de selección de interruptores diferenciales

## Cómo detectar una falla de aislación



## Algunas preguntas frecuentes

### ▣ ¿Por qué el interruptor diferencial no actuó, si senti la descarga eléctrica?

Según la Norma IEC 61 008 un interruptor diferencial debe actuar entre la mitad y el valor nominal de la corriente de defecto asignada. Para un interruptor diferencial habitual de 30 mA esto significa que debe actuar entre 15 y 30 mA (ver Figura 27). Siemens ajusta sus interruptores en 22 mA. Según la mencionada Figura 27, 15 mA ya está dentro del área 2 de “se siente”, e inclusive alcanza al área 3 de “dolor”.

### ▣ ¿Se puede invertir la alimentación de un interruptor diferencial?

Sí, al interruptor diferencial se lo puede alimentar tanto desde los bornes superiores como desde los bornes inferiores.

### ▣ ¿Se pueden invertir las conexiones de un interruptor diferencial?

Sí, un interruptor diferencial no distingue neutro de fase o las distintas fases entre sí.

La numeración de bornes se debe a un ordenamiento de los bornes, pero no es funcional.

### ▣ ¿Se puede utilizar un interruptor tetrapolar en un circuito monofásico?

Sí, pero se debe tener en cuenta que se debe cablear al contacto de neutro para que el botón de prueba pueda funcionar.

### ▣ ¿Se puede prescindir de la puesta a tierra de los aparatos?

No, el interruptor diferencial es una protección complementaria a la puesta a tierra. De esta manera el interruptor desconectará a la carga antes que alguna persona sufra la desagradable experiencia de producir la descarga.

### ▣ ¿Se puede utilizar un interruptor bipolar en un circuito de mando de 110 V?

#### ¿Y en uno de 24 V?

El interruptor diferencial puede ser utilizado en un circuito de 110 V, pero se debe tener en cuenta que el pulsador de prueba no funcionará pues no circulará una corriente que haga actuar al cerrojo del interruptor. Una tensión de 24 V no puede hacer circular por una persona una corriente de defecto que produzca el disparo del interruptor diferencial. A los fines prácticos sólo sería útil para proteger la instalación contra incendios.

### ▣ ¿Se puede utilizar un interruptor diferencial en un circuito de corriente continua?

El interruptor diferencial de ejecución convencional puede ser utilizado en cualquier circuito de corriente alterna. Pero, por tener un transformador, no es apto para corriente continua o pulsante; para esos casos se debe recurrir a ejecuciones especiales.

### ▣ ¿Se puede utilizar un interruptor diferencial en un circuito de alimentación de computadoras?

Sí, estos deben ser instantáneos para preservar la seguridad de las personas. Pero se debe tener en cuenta que las pérdidas producidas por las armónicas debidas por las fuentes conmutadas pueden hacer actuar al interruptor diferencial. Esto es concordante con un buen criterio de división de circuitos para permitir una adecuada prestación de servicio.

## Autoevaluación

1. Es posible instalar interruptores diferenciales de  $I_{dn}=30$  mA en circuitos con variadores de velocidad; ¿verdadero o falso?
2. El interruptor diferencial protege los cables contra sobrecarga; ¿verdadero o falso?
3. El interruptor diferencial debe probarse semestralmente; ¿verdadero o falso?
4. El interruptor diferencial tiene polaridad; ¿verdadero o falso?
5. Si se instala un interruptor diferencial se puede prescindir de fusibles o termomagnéticas; ¿verdadero o falso?
6. El interruptor diferencial protege a una persona que toca dos conductores activos simultáneamente; ¿verdadero o falso?
7. El interruptor diferencial con una corriente de defecto asignada de 300 mA protege a personas contra electrocución; ¿verdadero o falso?
8. El interruptor diferencial también protege la instalación contra incendio; ¿verdadero o falso?
9. El interruptor diferencial impide que se sienta la descarga eléctrica; ¿verdadero o falso?
10. El interruptor diferencial protege a una persona ante un contacto casual de una parte bajo tensión; ¿verdadero o falso?
11. Además del interruptor diferencial conviene poner las partes metálicas de la instalación a tierra; ¿verdadero o falso?
12. El interruptor diferencial detecta fallas de aislamiento y actúa; ¿verdadero o falso?
13. El interruptor diferencial tetrapolar se puede usar en circuitos monofásicos; ¿verdadero o falso?
14. El interruptor diferencial bipolar también actúa si se corta un cable; ¿verdadero o falso?
15. Conviene poner en cada circuito un interruptor diferencial; ¿verdadero o falso?

1. Falso. Son necesarios de  $I_{dn}=300$  mA. 2. Falso. 3. Verdadero. 4. Falso. 5. Falso. 6. Falso. 7. Falso. 8. Verdadero. 9. Falso. 10. Verdadero. 11. Verdadero. 12. Verdadero. 13. Verdadero. 14. Verdadero. 15. Verdadero.

Soluciones

# Capítulo 14.

## Interruptores Manuales para el Arranque de Motores



**Foto 14.1** Interruptor manual rotativo 3LD



**Foto 14.2** Interruptor de emergencia

### Interruptores Principales

La norma IEC 60204-1 establece que cada máquina debe estar equipada con un interruptor principal de accionamiento manual, que desconecte la totalidad del equipamiento eléctrico durante el período en el que se realicen trabajos de limpieza, mantenimiento o reparación, así como también durante las paradas prolongadas, para garantizar su separación galvánica de la red de alimentación.

La norma DIN EN 60204-1 especifica los valores asignados mínimos con los que este interruptor debe contar.

La capacidad de apertura del interruptor principal debe ser suficiente como para interrumpir

la corriente a rotor bloqueado del mayor motor instalado en la máquina, más la suma de las corrientes asignadas de todos los demás consumidores de la misma, motores o no.

Esta intensidad de corriente debe ser dimensionada según la categoría de servicio AC-23, “Conexión de motores u otras cargas altamente inductivas”.

El accionamiento manual del interruptor será accesible en todo momento (nunca tras una puerta), a menos que se trate de un interruptor con disparo a distancia. El accionamiento deberá estar ubicado a una altura entre 0,60 y 1,90 m referida al nivel del acceso.

Los interruptores principales deben cumplir con la especificación de corte seguro, como seccionador según IEC 60947-3, es decir:

- El corte de cada una de las vías de corriente debe tener una distancia dieléctrica segura, y debe ser clara y confiablemente señalizada por un indicador de conexión para garantizar la seguridad de las personas.
- Se deberán poder accionar manualmente y tendrán sólo una posición de cerrado y abierto, posiciones que estarán claramente marcados como I y 0.
- La posición desconectado sólo se indicará cuando todos los contactos se hayan separado alcanzando la distancia dieléctrica de seguridad mínima.

Valores asignados, cargas trifásicas 400 V				Interruptor y accionamiento en el fondo del armario	Interruptor en el fondo, accionamiento en la puerta	Interruptor y accionamiento en el frente del armario
Intensidad	Potencia asignada					
AC-21	AC-23	AC-3				
A	kW	kW	CV			
16	7,5	5,5	7,5	3LD2 030-OTK11	3LD2 013-OTK51	3LD2 003-OTK51
25	9,5	7,5	10	3LD2 130-OTK11	3LD2 113-OTK51	3LD2 103-OTK51
32	11,5	9,5	12,5	3LD2 230-OTK11	3LD2 213-OTK51	3LD2 203-OTK51
63	22	18,5	25	3LD2 530-OTK11	3LD2 514-OTK51	3LD2 504-OTK51
100	37	30	40	3LD2 730-OTK11	3LD2 714-OTK51	3LD2 704-OTK51
125	45	37	50	3LD2 830-OTK11	3LD2 814-OTK51	3LD2 804-OTK51

**Tabla 14.1** Resumen de selección de interruptores principales

- ▣ Todas las partes del interruptor que estén bajo tensión cuando el interruptor se halle desconectado (bornes de entrada) deberán contar con una cubierta protectora.
- ▣ El accionamiento será de color negro y en su posición de abierto deberá permitir su enclavamiento o bloqueo mediante un candado.
- ▣ Todas las vías de corriente se accionarán simultáneamente; de tratarse de un interruptor tetrapolar el cuarto polo cerrará antes que los principales y abrirá después de ellos.

### Interruptores de Emergencia

En caso de que existan circunstancias de peligro para personas o daño para la instalación, las partes peligrosas de la máquina

(o ésta en su totalidad) deberán ser puestas fuera de servicio de la manera más rápida posible accionando la instalación de emergencia.

- ▣ El interruptor de emergencia deberá cumplir con todos los requisitos de un interruptor principal, pero además deberá ser claramente identificable por su accionamiento de color rojo dispuesto sobre una superficie de contraste amarilla (ver foto 14.2).
- ▣ El interruptor de emergencia no sólo será accesible sino que siempre será visible por el operador de la máquina.
- ▣ El interruptor de emergencia puede interrumpir directamente el circuito de alimentación del motor, o mediante circuitos auxiliares actuar en el circuito de comando a distancia.
- ▣ Se podrán colocar hasta tres candados en el accionamiento.
- ▣ Si se utilizan contactos auxiliares deberán ser de acción forzada normal cerrados (NC).
- ▣ Los contactos auxiliares deberán señalar la posición de los contactos principales.
- ▣ Los contactos auxiliares conmutarán siempre antes que los principales, permitiendo así realizar combinaciones de seguridad.

### Interruptores de Mantenimiento

Cuando se deben realizar tareas de mantenimiento en áreas de la planta alejadas del tablero de control, o cuando la visión del área de trabajo esté obstaculizada, es conveniente instalar en campo a un interruptor de mantenimiento.

Un interruptor de mantenimiento es aquel que reúne todas las características de un interruptor de emergencia, colocado dentro de una caja con un grado de protección IP 65 adecuado para su instalación en la planta fuera de la protección de una sala de control. De esta manera el operario encargado de realizar la tarea, además de desconectar la alimentación del motor en el centro de control de motores, puede realizar el seccionamiento localmente junto al motor y colocar un candado que le garantiza seguridad durante el desarrollo de su trabajo.

Si el motor está conectado según un esquema estrella-triángulo, se deberán cortar mediante un interruptor de mantenimiento a los seis conductores de alimentación.

Valores asignados, cargas trifásicas 400 V				Interruptor en el fondo, accionamiento en la puerta	Interruptor y accionamiento en el frente del armario
Intensidad	Potencia asignada				
AC-21	AC-23	AC-3			
A	kW	kW	CV		
16	7,5	5,5	7,5	3LD2 013-0TK53	3LD2 003-0TK53
25	9,5	7,5	10	3LD2 113-0TK53	3LD2 103-0TK53
32	11,5	9,5	12,5	3LD2 213-0TK53	3LD2 203-0TK53
63	22	18,5	25	3LD2 514-0TK53	3LD2 504-0TK53
100	37	30	40	3LD2 714-0TK53	3LD2 704-0TK53
125	45	37	50	3LD2 814-0TK53	3LD2 804-0TK53

**Tabla 14.2** Resumen de selección de interruptores de emergencia

Valores asignados, cargas trifásicas 400 V				Interruptor en caja IP 65	
Intensidad	Potencia asignada			Tres polos	Seis polos
AC-21	AC-23	AC-3		Para arranques directos	Arranques estrella-triángulo
A	kW	kW	CV		
16	7,5	5,5	7,5	3LD2 064-0TB53	-
25	9,5	7,5	10	3LD2 164-0TB53	3LD2 165-3VB53
32	11,5	9,5	12,5	3LD2 264-0TB53	3LD2 265-3VB53
63	22	18,5	25	3LD2 565-0TB53	3LD2 566-3VB53
100	37	30	40	3LD2 766-0TB53	-
125	45	37	50	3LD2 866-0TB53	-

**Tabla 14.3** Resumen de selección de interruptores de mantenimiento

## Autoevaluación

1. Un interruptor de emergencia debe poder cortar la corriente total de la máquina controlada; ¿verdadero o falso?
2. El interruptor de mantenimiento tiene el accionamiento de color negro; ¿verdadero o falso?
3. La caja de un interruptor de mantenimiento resiste chorros de agua; ¿verdadero o falso?

Soluciones

1. Verdadero. 2. Verdadero. 3. Falso. La caja es IP65.

# Capítulo 15.

## Interruptores Automáticos Compactos

### Generalidades

Los interruptores termomagnéticos automáticos son interruptores **ideados para proteger circuitos terminales**, es decir los que alimentan directamente a cargas, iluminación o tomacorrientes. Por eso responden a la norma IEC 60898, cuyo objetivo principal es el de proteger al operador.

Para los circuitos de distribución eléctrica o alimentación se utilizan interruptores que responden a las normas IEC 60947, que parten de la base de que serán operados por personal idóneo y capacitado.

Este juego de normas contempla dos tipos de interruptores:

- Abiertos, selectivos o en aire (ACB = Air Circuit Breaker) que por sus características escapan al alcance de esta publicación; y los

- Compactos o de caja moldeada (MCCB = Molded Case Circuit Breaker) de los que nos ocuparemos a continuación.

Los interruptores compactos mas habituales son en tres y cuatro polos; poseen diferentes capacidades de ruptura y tipos de disparadores. Además, aceptan distintos tipos de accesorios.

### Características

- ▣ Sólo una curva de actuación.
- ▣ Elevada capacidad de ruptura de hasta 100 kA, según modelo.
- ▣ Posibilidad de selectividad por tiempos.
- ▣ Elevada limitación de la corriente de cortocircuito.
- ▣ Distintas posibilidades de cableado gracias a diferentes técnicas de conexión: a barras, cables, conectores, terminales, etc.

- ▣ Accesorios para señalización y apertura a distancia.

### Disparadores de protección

Los interruptores compactos disponen generalmente, como los termomagnéticos automáticos, de por lo menos dos disparadores: uno dependiente de su característica intensidad / tiempo, que reacciona ante sobrecargas moderadas y otro que reacciona sin retardo ante elevadas sobrecargas y cortocircuitos.

Estos disparadores pueden ser termomagnéticos o electrónicos. Además pueden presentar distintas características e incluir disparadores adicionales, como con un leve retardo para fines de selectividad, con característica de protección de motor o de protección de falla a tierra.



**Foto 15.1** Interruptores automáticos ACB y MCCB



Foto 15.2 Interruptores compactos Sentron VL

Las distintas funciones protección son:

- ▣ Función contra sobrecargas "L"
- ▣ Función contra cortocircuitos con breve retardo "S"
- ▣ Función contra cortocircuitos sin retardo "I"
- ▣ Función contra derivaciones a tierra "G"

Los disparadores para la protección contra derivaciones a tierra disparan a partir de la mitad del valor asignado del interruptor; son aptos para proteger a las instalaciones contra los efectos de fallas que podrían producir un incendio. Existe un módulo electrónico que permite utilizar un interruptor compacto con valores de corriente de falla a tierra del orden de 30 a 3000 mA. Se trata del módulo RCD. Este módulo no es apto para protección de personas.

La tabla 15.1 muestra un breve resumen de algunos de los diferentes disparadores de protección de los interruptores compactos.

### Contactos

Los contactos actúan con una gran velocidad. Esto permite una elevada capacidad de ruptura. Los contactos tienen tres posiciones: cerrado, abierto por accionamiento o abierto por disparador de protección. Esta es una característica básica del interruptor compacto que le permite diferenciar entre apertura por operación o apertura por falla, y señalarlo mediante contactos de alarma. Los contactos de alarma señalan si los contactos principales están abiertos por acción de un disparador; en cambio los contactos auxiliares informan si están o no abiertos, sin importar la causa.

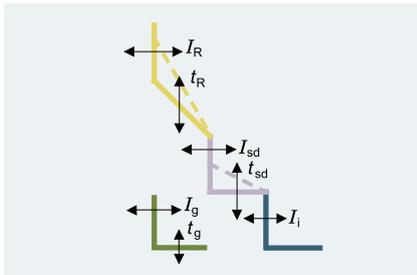


Fig 15.1 Posibilidades de regulación sobre las curvas de disparo en interruptores automáticos

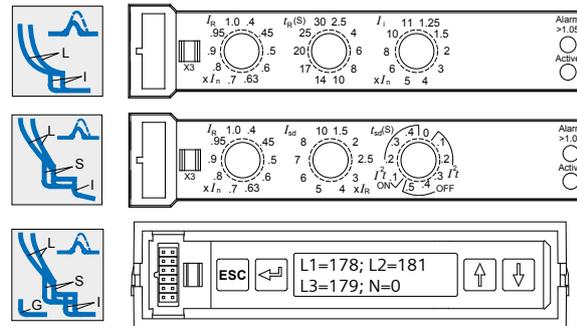


Fig 15.2 Disparadores electrónicos ETU10 (arriba), ETU20 (medio) y ETU42 (abajo)

Interruptor compacto			Disparador de protección									
$I_n$	Modelo	Tipo	Térmico		Magnético		Electrónico					Modelo
			L	L	I	I	L	LM	S	I	G	
160 A	VL160X	3VL17	fijo	-	fijo	-	-	-	-	-	-	TM
160 A	VL160X	3VL17	-	reg.	fijo	-	-	-	-	-	-	TM
160 A	VL160	3VL27	-	reg.	-	reg.	-	-	-	-	-	TM
250 A	VL250	3VL37	-	reg.	-	reg.	-	-	-	-	-	TM
400 A	VL400	3VL47	-	reg.	-	reg.	-	-	-	-	-	TM
630 A	VL630	3VL57	-	reg.	-	reg.	-	-	-	-	-	TM
160 A	VL160	3VL27	-	-	-	-	si	-	-	si	-	ETU10
250 A	VL250	3VL37	-	-	-	-	si	-	-	si	-	ETU10
400 A	VL400	3VL47	-	-	-	-	si	-	-	si	-	ETU10
630 A	VL630	3VL57	-	-	-	-	si	-	-	si	-	ETU10
800 A	VL800	3VL67	-	-	-	-	si	-	-	si	-	ETU10
1250 A	VL1250	3VL77	-	-	-	-	si	-	-	si	-	ETU10
1600 A	VL1600	3VL87	-	-	-	-	si	-	-	si	-	ETU10
160 A a 500 A	VL160 a VL630	3VL27 a 3VL57	-	-	-	-	-	si	-	si	-	ETU10M
160 A a 500 A	VL160 a VL630	3VL27 a 3VL57	-	-	fijo	-	-	-	-	si	-	M
160 A a 500 A	VL160 a VL630	3VL27 a 3VL57	-	-	-	reg.	-	-	-	-	-	M
160 A a 1600 A	VL160 a VL1600	3VL27 a 3VL87	-	-	-	-	si	-	si	si	-	ETU20
160 A a 1600 A	VL160 a VL1600	3VL27 a 3VL87	-	-	-	-	si	-	si	si	si	ETU22

Tabla 15.1 Disparadores de interruptores compactos

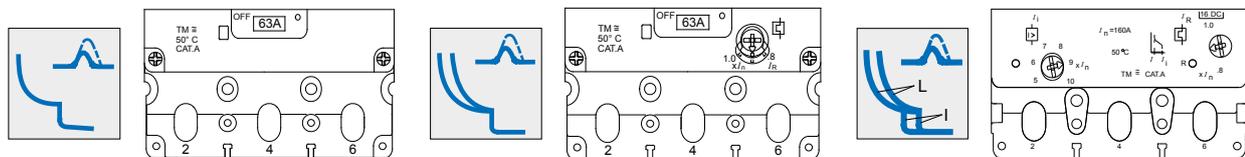


Fig 15.3 Disparadores termomagnéticos T fijo - M fijo (izquierda), T reg. - M fijo (medio) y T reg. - M reg. (derecha).

T = Térmico - M = Magnético



**Foto 15.3** Interruptores automáticos ACB, tamaños constructivos.  
 Tamaño I: 630 ... 2000A;  
 Tamaño II: 1250 ... 3200A;  
 Tamaño III: 4000 ... 6300A.

### Capacidad de ruptura

Los interruptores compactos poseen capacidades de ruptura más elevadas que los termomagnéticos automáticos (o PIA), aunque están definidos de distinta manera.

La norma IEC 60947-2 para interruptores automáticos industriales define distintos tipos de corriente de cortocircuito, entre ellas la denominada corriente última de cortocircuito ( $I_{cu}$ ) valor que el interruptor debe abrir con seguridad, pero se admite que puede quedar fuera de servicio. La norma también define la corriente de servicio de cortocircuito ( $I_{cs}$ ) a la que el interruptor luego de interrumpir debe permanecer en servicio, admitiéndose la posibilidad que en el futuro pueda actuar sólo una vez más.

La corriente de servicio  $I_{cs}$  se define como un valor de 100%, 75%, 50% ó 25% del valor de la corriente última de cortocircuito  $I_{cu}$ .

Existen interruptores compactos de las más variadas capacidades de ruptura, por ejemplo:

#### Capacidad baja:

3VT1 (160A)  $I_{cu} = 25\text{kA}$

3VT2 (250A) y 3VT3 (630A)  $I_{cu} = 36\text{kA}$

#### Capacidad estándar:

3VL17 (160A) ... 3VL87 (1600A)  $I_{cu} = 55\text{kA}$

#### Capacidad elevada:

3VL27 (160A) ... 3VL87 (1600A)  $I_{cu} = 70\text{kA}$

#### Capacidad muy elevada:

3VL27 (160A) ... 3VL87 (1600A)  $I_{cu} = 100\text{kA}$

**Los interruptores compactos deben su elevada capacidad de ruptura a su velocidad de actuación y limitación de la corriente de cortocircuito.**

Por lo tanto no tienen capacidad de conducir y resistir una corriente de cortocircuito y no se define para ellos una corriente de cortocircuito de breve duración  $I_{cm}$ .

### Selectividad

El límite de la selectividad de los interruptores compactos (como con los termomagnéticos automáticos), depende de la limitación de corriente y de las características de disparo del interruptor pospuesto, así como del valor de la energía de paso  $I^2t$  del elemento antepuesto.

Al tratarse de aparatos súmamente veloces, sus valores son muy similares aún entre interruptores de tamaños diferentes. Sólo es posible lograr selectividades razonables con interruptores antepuestos con disparadores con breve retardo tipo LSI.

En todo caso, es recomendable utilizar interruptores selectivos del tipo ACB (3WL) aguas arriba; con ellos es posible escalar una selectividad 100% segura.

Corriente asignada	Interruptor	Tipo	Tensión
160 A	VL160X	3VL17	690 VCA
160 A	VL160	3VL27	690 VCA
250 A	VL250	3VL37	690 VCA
400 A	VL400	3VL47	690 VCA
630 A	VL630	3VL57	690 VCA

**Tabla 15.2** Interruptores Sentron VL según corriente nominal

### Protección de respaldo o Back-up

Los interruptores compactos se utilizan como protección de respaldo para proteger interruptores termomagnéticos cuando estos son instalados en circuitos con una corriente presunta de cortocircuito superior a su capacidad de ruptura.

### Maniobra de circuitos de corriente continua

Los interruptores compactos termomagnéticos de hasta 630 A de corriente asignada de Siemens se pueden utilizar en circuitos de corriente continua. Según el tipo de conexión difiere la tensión posible de manejar.

### Tipos de interruptores

**ACB:** Air Circuit Breaker.

Interruptor automático en aire

**MCCB:** Molded Case Circuit Breaker.

Interruptor automático en caja moldeada

**MCB:** Miniature Circuit Breaker.

Pequeño interruptor automático (PIA)

### Tipos de protecciones

**TM:** Thermal Magnetic Trip Unit.

Disparador termomagnético.

**ETU:** Electronic Trip Unit.

Disparador electrónico.

### Funciones de protección

**L:** Protección para sobrecargas (Long)

**S:** Protección con breve retardo al cortocircuito (Short)

**I:** Protección instantánea contra cortocircuitos (Instantaneous)

**G:** Protección contra fugas de corrientes (Ground)

**N:** Protección del conductor de neutro (Neutral)

## Autoevaluación

1. La norma IEC 60947-2 define una sola curva de actuación para los interruptores compactos; ¿verdadero o falso?
2. La curva definida por IEC 60947 es igual a una de las definidas en IEC 60898; ¿verdadero o falso?
3. La curva de actuación del disparador ETU10M es igual a la de un guardamotor; ¿verdadero o falso?
4. Existen interruptores compactos sin disparador térmico; ¿verdadero o falso?
5. La norma IEC 60947-2 define varias capacidades de ruptura; ¿verdadero o falso?
6. El disparador G permite proteger personas contra los efectos de una corriente de falla a tierra; ¿verdadero o falso?
7. El módulo RCD permite proteger a una persona contra los efectos de una corriente de falla a tierra; ¿verdadero o falso?
8. Los interruptores compactos cuentan con disparo libre; ¿verdadero o falso?
9. Un interruptor compacto puede brindar respaldo (Back up) a un interruptor termomagnético automático cuando la capacidad de ruptura de éste no es suficiente; ¿verdadero o falso?
10. No es posible abrir un interruptor compacto a distancia; ¿verdadero o falso?

1. Falso. 2. Falso. 3. Verdadero, ambas responden a IEC 60947-4. 4. Verdadero, se utiliza solamente para fines de selectividad. 5. Verdadero. 6. Falso. 7. Verdadero, aunque no responde a IEC 61008. 8. Verdadero. 9. Verdadero. 10. Falso, existen accesorios para ello.

Soluciones

# Capítulo 16.

## Aparatos de Maniobra y Control para Instalaciones

### Generalidades

Siempre que una instalación sea controlada y automatizada es porque un aparato eléctrico o electrónico está cumpliendo esa tarea.

Los interruptores a distancia, automáticos de escalera, contactores, interruptores horarios y cuentahoras son un claro ejemplo de aparatos de maniobra y control para instalaciones eléctricas.

**Interruptor a distancia**  
**Su utilización es para la conexión de circuitos de iluminación desde varios puntos distintos.**

El circuito de dos llaves de combinación es simple, económico y apropiado cuando se quiere controlar la iluminación desde dos puntos. Si se desea controlarla desde tres o más puntos esto se

complica agregando una llave de cuatro vías por punto de maniobra adicional; el cableado es complejo.

El interruptor a distancia consta de un contacto (bornes 1 y 2) para la conexión al circuito de iluminación. Todas las lámparas se conectan en paralelo. Este contacto cambia de estado con cada pulso que recibe la bobina de accionamiento (bornes A1 y A2). A la bobina se conecta el circuito de pulsadores. Estos se conectan todos en paralelo. Cada vez que uno de los pulsadores es oprimido el contacto conmuta (si está abierto se cierra y si está cerrado se abre).

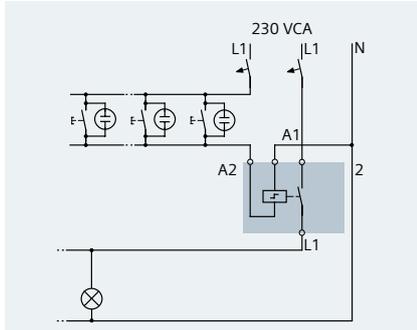
Las luces pueden apagarse desde el mismo pulsador o desde cualquier otro que se presione.

**Las maniobras se realizan mediante pulsadores, si por una falla el contacto queda cerrado, aplicando tensión permanentemente la bobina no se quemará ¡está protegida!**

Si por el contrario, debido a una falla de cableado o falta de tensión de mando no se cierra el circuito, o por alguna tarea de mantenimiento se desea encender la luz desde el tablero, esto se puede hacer mediante una palanca en el frente del interruptor a distancia, que además sirve como indicador de estado.



**Foto 16.1** Interruptor a distancia



**Fig 16.1** Circuito monofásico de iluminación en 230VCA

El interruptor a distancia tipo 5TT5 531 tiene una tensión asignada de accionamiento de 230 VCA/CC El contacto tiene una corriente asignada de 16 A, lo que significa que puede maniobrar:

- Lámparas incandescentes: por un total de 2400 W
- Transformadores para lámparas halógenas: 1200 W
- Lámparas fluorescentes de 58 W sin compensación: 25 unidades
- Lámparas fluorescentes de 58 W con compensación: 35 unidades

Contactos 4NA	Sin cubierta (IP00)	Con cubierta (IP20)	
24 VCC	3TG10 10-0BB4	--	5TT5 730-2
24 VCA	3TG10 10-0AC2	--	5TT5 830-2
220 VCA	3TG10 10-0AL2	--	5TT5 830-0
Contactos 3NA+1NC	Sin cubierta (IP00)	Con cubierta (IP20)	
24 VCC	3TG10 01-0BB4	6ED1 057-4CA00-0AA0	5TT5 731-2
24 VCA	3TG10 01-0AC2	--	5TT5 831-2
220 VCA	3TG10 01-0AL2	6ED1 057-4EA00-0AA0	5TT5 831-0

**Tabla 16.1**

Si el contacto maniobra a un contactor, es posible, también, maniobrar motores desde diversos lugares con mucha facilidad, como por ejemplo, la ventilación de un local. El interruptor a distancia tipo 5TT5 531 ocupa un módulo de montaje (18 mm).

#### Minicontactores Silenciosos

Los minicontactores silenciosos son aptos para instalarse en lugares con presencia de personal para la maniobra de motores (aire acondicionado u otras cargas), circuitos de iluminación, resistencias, etc. **Permiten maniobrar una corriente permanente en AC-1= 20 A o en AC-3= 9 A**, es decir, un motor asíncrono trifásico de 4 kW conectado a una red de 3x400 V, 50/60 Hz.

**Existen varias versiones de tensiones asignadas de accionamiento:** 24 VCC, 24 VCA, 220 VCA. Las bobinas para corriente alterna son aptas para 50 y 60 Hz. Si además de los contactos principales consideramos el contacto auxiliar 1NA o 1NC integrado, se llega a un total de 4NA o 3NA+1NC, ver Tabla 16.1.

Se pueden montar sobre riel DIN EN 50025 de 35 mm y ocupan dos módulos de montaje (36 mm). Permiten conectar conductores de hasta 4 mm<sup>2</sup> de sección.

El modelo tipo 3TG10 es de bornes descubiertos IP00. En cambio, los modelos LOGO! contact y modular 5TT5 poseen una cubierta IP20 de dimensiones similares a un interruptor termomagnético o diferencial, lo



Foto 16.2 Minicondutor 3TG10

Foto 16.3 Minicondutor Logo!  
ContactFoto 16.4 Minicondutor modular  
5TT5Foto 16.5 Automático escalera  
5TT1 311-1

que permite instalarlos de manera rápida y sencilla, en un tablero normalizado.

#### Automático de escalera

Es un interruptor que **permite temporizar la iluminación de un sector**. Un pulsador cierra un contacto con el que, por ejemplo, se encienden las luces e inicia la cuenta de un tiempo; transcurrido este, el contacto se abrirá y las luces se apagarán. Se utiliza cuando se desea iluminar un sector de paso durante el tiempo necesario para que quien encendió las luces pueda trasladarse y abandonarlo; transcurrido ese tiempo, la luz se apaga.

**Para fines de mantenimiento es posible cerrar el contacto mecánicamente.**

El interruptor automático de escalera tipo 5TT1 311-1 puede ser regulado entre 0,5 y 10 minutos; su ancho es el de un módulo de montaje (18 mm). La bobina de accionamiento tiene una tensión asignada de 230VCA. Su contacto tiene una corriente asignada de 10A, es decir, que puede maniobrar:

- ▣ Lámparas incandescentes: por un total de 1200 W.
- ▣ Lámparas fluorescentes de 58 W sin compensación: 15 unidades.
- ▣ Lámparas fluorescentes de 58 W con compensación: 17 unidades.

#### Tipos de circuitos:

**Circuito tetrafilar (cuatro hilos), pulsadores conectados en la fase L: este circuito habitualmente es utilizado en instalaciones nuevas**, con conductores separados para pulsadores y lámparas.

Opcionalmente se puede conectar un interruptor de efecto externo para lograr iluminación permanente.

En el mismo circuito es posible conectar la iluminación del desván que opera en forma independiente del automático de escalera.

El automático de escalera se puede reiniciar antes de que finalice el tiempo ajustado.

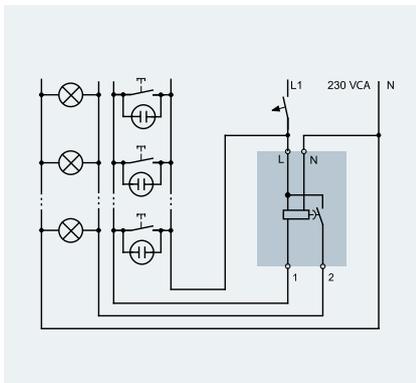


Fig 16.2 Circuito tetrafilar (cuatro hilos)

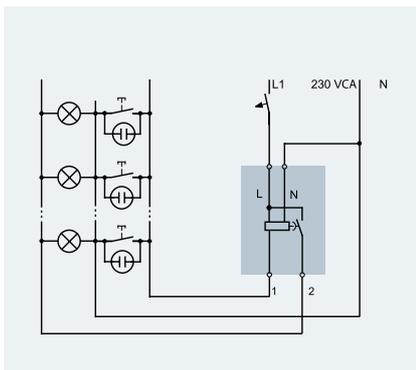


Fig 16.3 Circuito trifilar (tres hilos)

### Circuito trifilar (tres hilos), pulsadores conectados en el conductor neutro N:

Este circuito sólo se utiliza cuando se tiene un número limitado de conductores. **Se usa únicamente en instalaciones antiguas**, para fines de reposición para aprovechar los cables instalados.

Este circuito trifilar es técnicamente factible, pero los pulsadores están conectados al neutro y las lámparas a la fase por lo que no satisface lo mencionado en la reglamentación de la AEA 90364 y la Norma DIN VDE 0110, Parte 460.

El automático de escalera se puede volver a arrancar antes de que finalice el tiempo ajustado.

### Interruptores horarios

Los interruptores horarios son **aparatos que cumplen una rutina cíclica diaria, semanal o anual**. Es posible indicar en que momento un contacto asociado se debe cerrar o abrir logrando así una repetición de la función.

Los interruptores horarios pueden ser de uno o tres canales, es decir, que tienen uno o tres contactos para cumplir hasta tres ciclos distintos.

Los interruptores horarios de ciclo diario **pueden ser mecánicos (motor sincrónico) o digitales (cristal de cuarzo)**.

### Aplicaciones

Los interruptores horarios mecánicos pueden utilizarse en todas las aplicaciones previstas para los interruptores horarios digitales, siempre que la separación mínima entre conmutaciones alcance para los fines requeridos. Los topes ajustables se pueden fijar sobre los discos sin herramientas.

Los interruptores horarios digitales se utilizan para conmutar circuitos de instalaciones, partes de las mismas o funciones tales como: instalaciones de irrigación, invernaderos, jardines, piletas de natación, filtros, calefacción, aire acondicionado, ventiladores, saunas, acuarios, fuentes ornamentales, controles de marquesinas, señales de descanso, señales de timbres, iluminación de vidrieras, carteles luminosos publicitarios, iluminación de pabellones para la práctica de deportes, control de semáforos, iluminación de carteles indicadores, iluminación de oficinas, escaleras, palieres, accesos y objetos, precalentamiento de hornos, inyectoras, hornos, ventiladores, bombas de circulación, etc.

Programa	Canales	Puntos de conexión	Reserva de Marcha	Contactos	Módulos	Tipo
<i>Electromecánico, motor sincrónico</i>						
Diario	uno	c/ 15 minutos	sin	1 inv. 16 A	3 (54 mm)	7LF5 300-5
<i>A cuarzo, con levas de conexión</i>						
Diario	uno	c/ 15 minutos	100 horas	1NA, 16 A	1 (18 mm)	7LF5 391-1
<i>A cuarzo, con indicador de textos LCD</i>						
Semanal	uno	56 con. c/min	100 horas	1 inv. 16 A	2 (36 mm)	7LF4 421-0
Semanal/anual	cuatro	84 con. c/seg	100 horas	1 inv. 16 A	6 (108 mm)	7LF4 444-0

Tabla 16.2 Selección de interruptores horarios



Foto 16.6 Cuentahoras



Foto 16.7 Interruptor horario

### Función

La hora del día controlada por un cristal de cuarzo se compara con el programa de puntos de conmutación y conecta o desconecta el interruptor según fuera programado.

#### Interruptor horario sincrónico sin reserva de marcha:

El disco de maniobras se acciona por medio de un motor sincrónico y su marcha, por lo tanto, depende de la frecuencia. Estos aparatos no se pueden utilizar cuando la frecuencia de la red es inestable. **Si el suministro de red se interrumpe, el reloj se detiene** y es necesario ponerlo en hora luego de una falta de la red.

#### Interruptor horario controlado por cristal de cuarzo y con reserva de marcha:

Un circuito electrónico controlado por cristal de cuarzo suministra al accionamiento una tensión con frecuencia estabilizada e independiza al interruptor horario de la frecuencia de red. **Si el suministro de red se interrumpe el reloj continúa su marcha.**

Los interruptores horarios digitales conmutan con la precisión de minutos y sirven para realizar conmutaciones horarias en determinados días de la semana o por fechas y en períodos de determinadas fechas. En todas estas aplicaciones superan a las prestaciones de los interruptores horarios mecánicos.

El cuentahoras es un instrumento que, mediante un motor sincrónico y un conjunto de indicadores numéricos, **puede medir las horas que una máquina está en servicio, es decir, conectada a la red.**

Existen dos versiones para montaje sobre riel DIN EN 50 0222 de 35 mm (el mismo que las termomagnéticas): tipo 7KT5 804 con un ancho de dos unidades de montaje (18 mm), y para montaje sobre frente de tablero mediante un calado cuadrado de 68 (+0,5) mm; con marco frontal de 72 x 72 mm tipo 7KT5 602.

Ambos cuentahoras son para conectarse a redes de 220 V, 50 Hz y no tienen retorno a cero.

## Autoevaluación

1. Un interruptor a distancia se utiliza para encender las luces dando más de dos puntos distintos; ¿verdadero o falso?
2. Para apagar las luces con un interruptor a distancia es necesario apretar un pulsador distinto; ¿verdadero o falso?
3. El automático de escalera se puede reiniciar antes de que se apaguen las luces; ¿verdadero o falso?
4. El circuito de tres hilos se utiliza en circuitos antiguos para aprovechar los pocos conductores disponibles; ¿verdadero o falso?
5. En el circuito de cuatro hilos los pulsadores se conectan al neutro; ¿verdadero o falso?
6. El circuito de tres hilos es peligroso porque la fase se lleva a las lámparas; por eso no es recomendado por la reglamentación AEA 90364; ¿verdadero o falso?
7. Un interruptor horario cumple ciclos que se repiten; ¿verdadero o falso?
8. Un interruptor horario de programa semanal permite realizar programas diferentes para el fin de semana; ¿verdadero o falso?
9. Con un interruptor horario se pueden realizar todas las maniobras deseadas; ¿verdadero o falso?
10. Con un cuentahoras se puede señalar cuando una máquina requiere mantenimiento; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Falso. 3. Verdadero. 4. Verdadero. 5. Falso, se conectan a la fase. 6. Verdadero. 7. Verdadero. 8. Verdadero. 9. Falso, existe un límite. 10. Falso, el cuentahoras no tiene contacto auxiliar.

Soluciones

# Capítulo 17.

## Descargadores para Rayos y Sobretensiones

### Generalidades

Las sobretensiones destruyen un número considerable de aparatos y sistemas eléctricos y electrónicos. Estos daños no están limitados a los sistemas industriales y empresariales, sino que también afectan las instalaciones de edificios e incluso los aparatos de uso diario en el ámbito doméstico. Sin medidas de protección que salvaguarden de manera eficaz contra las sobretensiones, se producen considerables gastos por reparaciones y nuevas adquisiciones en las instalaciones afectadas. Es claro entonces que las **medidas de protección para la prevención de los daños causados por sobretensiones resultan interesantes tanto para el ámbito doméstico como para el ámbito empresarial o industrial.**



**Foto 17.1** Pequeño interruptor automático 5SY4 (10kA) combinado a un descargador de sobretensiones transitorias 5SD7

Es importante que todas las líneas conectadas a un aparato sean maniobradas con un descargador de sobretensiones adecuado (así todos los aparatos tienen una alimentación de energía eléctrica). Además, por ejemplo, los aparatos de televisión requieren una señal de recepción que ingrese a través de la línea de antena. Y (independientemente de si la señal es suministrada por una antena o a través del cable de banda ancha) deberían protegerse tanto la entrada de la antena como la alimentación de energía eléctrica del aparato de televisión.

### Instalaciones de edificios y aplicaciones industriales

- ▣ Control de calefacción
- ▣ Iluminación exterior
- ▣ Control de persianas

- ▣ Automatismos para puertas de garajes
- ▣ Control del sistema de mando central
- ▣ Aire acondicionado
- ▣ Sistemas de alarma
- ▣ Sistemas de detección de incendios
- ▣ Vigilancia por vídeo
- ▣ Ordenador de control de proceso

### Equipamiento de oficina

- ▣ Computadoras
- ▣ Impresoras
- ▣ Equipos de telecomunicaciones
- ▣ Aparatos de fax
- ▣ Fotocopiadoras

### Ámbito doméstico

- ▣ Lavavajillas
- ▣ Lavadoras
- ▣ Secadoras
- ▣ Cafeteras eléctricas
- ▣ Radiodespertadores

- ▣ Heladeras
- ▣ Congeladores
- ▣ Microondas
- ▣ Cocinas eléctricas
- ▣ Centrales telefónicas

#### Ocio y recreo

- ▣ Aparatos de televisión
- ▣ Amplificadores de antena
- ▣ Aparatos de vídeo
- ▣ Reproductores de DVD
- ▣ Equipos de alta fidelidad (Hi-Fi)
- ▣ Computadoras
- ▣ Instrumentos de música eléctricos
- ▣ Equipos de radioaficionados

Teniendo en cuenta el valor total de los bienes a proteger, **la instalación de los aparatos de protección adecuados es económicamente conveniente**, incluso si se trata de evitar un solo caso de destrucción de un sistema o aparato electrónico. En cambio, si los parámetros de potencia no son excedidos, los aparatos de protección contra sobretensiones actúan en un sinnúmero de ocasiones y por eso ofrecen un beneficio mucho mayor para el usuario.

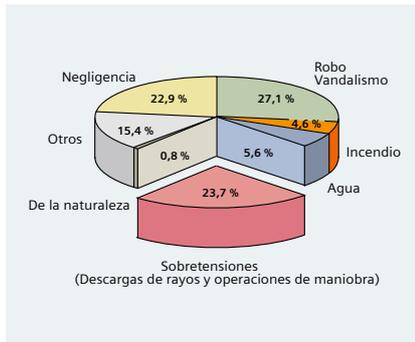


Gráfico 17.1 Causantes de las fallas en porcentajes

#### El concepto universal de protección contra sobretensiones

Las sobretensiones transitorias se producen a causa de descargas de rayos, operaciones de maniobra en circuitos eléctricos y descargas electroestáticas. Sin las medidas de protección adecuadas en forma de descargadores para rayos y sobretensiones, ni siquiera el robusto sistema de alimentación de baja tensión de un edificio o de una planta industrial es capaz de resistir la energía de una descarga atmosférica.

Las sobretensiones son muy cortas y tienen una duración del orden de millonésimos de segundo. No obstante, las tensiones suelen presentar niveles muy elevados y por lo tanto son capaces de destruir los circuitos electrónicos o el aislamiento entre los circuitos impresos de un sistema. Aunque un aparato eléctrico o electrónico cumpla los criterios de la prueba de resistencia a tensiones según IEC 100045 y haya obtenido el sello CE, ese aparato no es necesariamente capaz de resistir de manera no destructiva todos los efectos ambientales con respecto a la compatibilidad electromagnética (CEM). Para evitar que las sobretensiones destruyan los equipos eléctricos es preciso maniobrar todas las interfaces que estén expuestas a dichos riesgos,

tales como las entradas de señales y los componentes de la alimentación de energía eléctrica, con aparatos de protección contra sobretensiones. Según el caso de aplicación, los componentes como los descargadores de chispa, varistores, diodos supresores y descargadores de sobretensiones rellenos de gas deberán disponerse en forma individual o combinada en el circuito de protección, ya que los componentes se distinguen por sus características de descarga y por sus límites.

#### Daños ocasionados por sobretensiones

Las sobretensiones tienen un alto riesgo de causar daños o destruir sistemas eléctricos y electrónicos. En los últimos años se ha experimentado un notable aumento de la frecuencia de siniestros y del importe total de los daños y perjuicios. Las estadísticas de las compañías aseguradoras reflejan esa tendencia de manera clara y precisa. Y con frecuencia, los daños y las destrucciones de los aparatos se suelen producir justamente cuando los usuarios no pueden prescindir de la disponibilidad permanente de dichos aparatos.

**Además de los gastos de reposición o reparación surgen costos adicionales debido a los tiempos de parada de los componentes afectados o por pérdidas de software y datos.** En general, los

daños se manifiestan en forma de cables destruidos, aparatos de maniobra dañados, e incluso pueden llegar a alcanzar niveles de siniestro tan serios como la destrucción mecánica evidente de la instalación eléctrica de un edificio. Dichos daños pueden evitarse con ayuda de descargadores para rayos y sobretensiones y con combinaciones de descargadores. La actual sociedad industrial está sustentada por potentes sistemas de información. Cualquier avería o falla en tales sistemas puede tener graves consecuencias e incluso provocar la quiebra de una empresa industrial o de prestaciones de servicios. Dichas fallas pueden presentarse por causas muy diversas, con las influencias electromagnéticas como factor de suma importancia.

#### Causas de las sobretensiones

Las sobretensiones se desglosan en dos categorías clasificadas por causas:

- ▣ LEMP (Lightning Electromagnetic Pulse)
  - sobretensiones provocadas por influencias atmosféricas (por ejemplo, caídas de rayos directas, campos electromagnéticos de descarga).
- ▣ SEMP (Switching Electromagnetic Pulse)
  - sobretensiones provocadas por operaciones de maniobra (por ejemplo, des-

conexión de cortocircuitos, maniobras de cargas en servicio).

Las sobretensiones que se presentan a consecuencia de una tormenta tienen su causa en una descarga directa/cercana o en la descarga distante de un rayo (figura 17.1). Las descargas directas o cercanas son caídas de rayos en el sistema pararrayos de un edificio, en sus inmediaciones o en los sistemas que conducen la electricidad hacia un edificio (por ejemplo, alimentación de baja tensión, líneas TC y de mando). Debido a su amplitud y a la energía que transportan, las corrientes de choque y las tensiones de choque constituyen una especial amenaza para el sistema a proteger.

En caso de una caída directa o cercana del rayo, las sobretensiones (como muestra la figura 17.1), se forman por la caída de tensión en la resistencia de choque contra tierra y el aumento del potencial provocado del edificio frente al entorno lejano. Eso constituye la carga más intensa a la que pueden estar expuestos los sistemas eléctricos de un edificio.

Los parámetros típicos de la corriente de choque en circulación (valor de cresta, velocidad de incremento de la intensidad, contenido de la carga, energía específica), se pueden exponer en la forma de la onda de choque de  $10/350 \mu\text{s}$  (véase la

ilustración Ejemplos de intensidades choque de ensayo), y están definidos en las normas internacionales, europeas y nacionales, como intensidad de ensayo para componentes y aparatos para la protección en caso de descargas directas.

Además de la caída de tensión en la resistencia de choque contra tierra se producen sobretensiones en el sistema eléctrico del edificio y en los sistemas y aparatos conectados, debido al efecto de

inducción del campo electromagnético de descarga (Caso 1b de la figura 17.1).

La energía de estas sobretensiones inducidas y las consiguientes corrientes de impulsos es mucho menor que la de la corriente de descarga impulsiva directa, y por eso está expuesta con una onda de sobrintensidad de 8/20  $\mu$ s. Por lo tanto, los componentes y aparatos que no tengan que conducir las intensidades procedentes de caídas de rayos directas se comprueban con corrientes de choque de 8/20  $\mu$ s.

### El concepto de protección

Las descargas distantes son caídas de rayos que se producen muy lejos del objeto a proteger, caídas de rayos en la red de líneas aéreas de tensión media o en sus inmediaciones o descargas de rayos nube a nube que están representadas en los casos 2a, 2b y 2c de la figura 17.1. De manera equivalente a las sobretensiones inducidas se controlan los efectos de las descargas distantes sobre el sistema eléctrico de un edificio, por medio de aparatos y componentes que están diseñados conforme a la onda de sobrintensidad de 8/20  $\mu$ s.

Las sobretensiones causadas por operaciones de maniobra se producen entre otras cosas por:

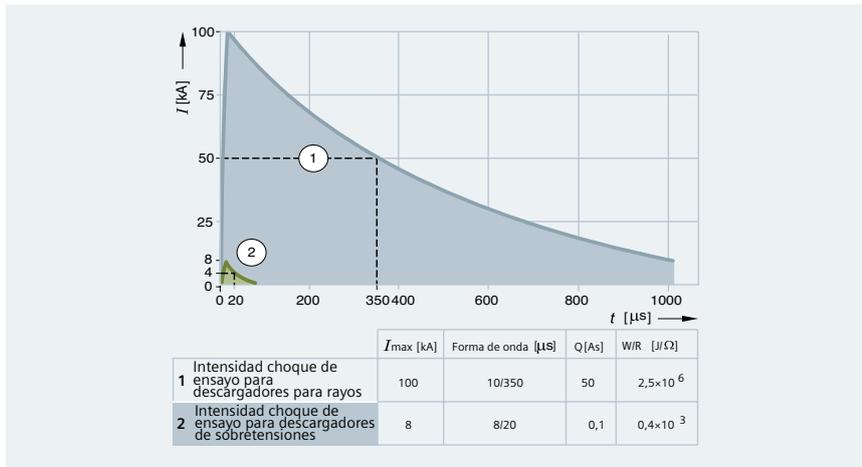


Tabla 17.1 Ejemplos de intensidades choque de ensayo

- desconexión de cargas inductivas (p. ej. transformadores, bobinas, motores),
- encendido e interrupción de arcos voltaicos (p. ej. aparatos de soldadura por arco),
- disparo de fusibles.

Los efectos de las operaciones de maniobra sobre el sistema eléctrico de un edificio se simulan igualmente con corrientes de choque con forma de onda de  $8/20 \mu\text{s}$  para fines de ensayo.

**Es importante tener en cuenta todas las causas que puedan provocar sobretensiones.** A este fin se aplica el modelo de las zonas de protección contra rayos especificado en IEC 62305-4 (DIN V VDE V 0185-4) -ilustrado en la figura 17.2. Con este modelo, el edificio se divide en zonas con diferentes niveles de peligro. **Estas zonas permiten determinar los aparatos y componentes que son necesarios para obtener la debida protección contra rayos y sobretensiones.**

#### Datos generales

Un modelo de las zonas de protección contra rayos que responda a los requisitos de CEM incluye la protección externa contra impactos de rayos (con dispositivo captor o terminal aéreo, sistema de descarga, sistema de puesta a tierra), el

Zona de protección contra rayos	Descripción
LPZ 0 A	Zona en la que los objetos están expuestos a caídas directas de rayos y que por eso deben conducir toda la intensidad de la corriente de descarga. Aquí se presenta el campo electromagnético no atenuado.
LPZ 0 B	Zona en la que los objetos no están expuestos a las caídas directas de rayos, pero en las cuales sí se presenta el campo electromagnético no atenuado.
LPZ 1	Zona en la que los objetos no están expuestos a las caídas directas de rayos y en la cual las intensidades están limitadas frente a la Zona 0A. Dependiendo de las medidas de aislamiento, el campo electromagnético puede estar atenuado en esta zona.
LPZ 2 LPZ 3	Si se requiere una reducción adicional de las intensidades conducidas y/o del campo electromagnético deberán instalarse zonas subsiguientes. Los requerimientos de estas zonas deben orientarse por las zonas ambiente del sistema a proteger.

Tabla 17.2 Definición de las zonas de protección contra rayos

nivelado de potencial, el aislamiento del ambiente y el sistema de protección contra sobretensiones para el sistema de gestión energética y de información. Las zonas de protección contra rayos (término inglés: Lightning Protection Zones LPZ) están definidas según las especificaciones que figuran en la tabla 17.2.

### Datos generales

Conforme a los requisitos y a las cargas expuestas en su lugar de instalación, **los aparatos de protección contra sobretensiones están clasificados en descargadores pararrayos, descargadores de sobretensiones y combinaciones de descargadores.**

Los requisitos más rigurosos con respecto a la capacidad de descarga los deben cumplir los descargadores para rayos y las combinaciones de descargadores que tengan que realizar la función de transición de la zona de protección LPZ OA a LPZ 1 o de LPZ OA a LPZ 2. Estos descargadores deben estar en condiciones de conducir las corrientes parciales de descarga con forma de onda 10/350  $\mu$ s varias veces de forma no destructiva, para evitar que las corrientes parciales de descarga entren en el sistema eléctrico de un edificio.

En el área de transición de la zona de protección LPZ OB a LPZ 1 o en el área de transición del descargador para rayos dispuesto a continuación de las zonas de protección LPZ 1 a LPZ 2 y superior, se utilizan descargadores de sobretensiones para proteger contra sobretensiones. Su función consiste en seguir atenuando el nivel residual de las etapas de protección antepuestas y de limitar las sobretensiones, con independencia de si su origen se debe a una inducción al sistema o si han sido generadas en el sistema mismo.

Las medidas de protección especificadas contra rayos y sobretensiones en las áreas límite de las zonas de protección contra rayos valen tanto para el sistema de gestión energética como el de información. La totalidad de las medidas especificadas en el modelo de zonas de protección contra rayos que responda a los requisitos CEM proporciona una disponibilidad permanente del sistema con infraestructura moderna.

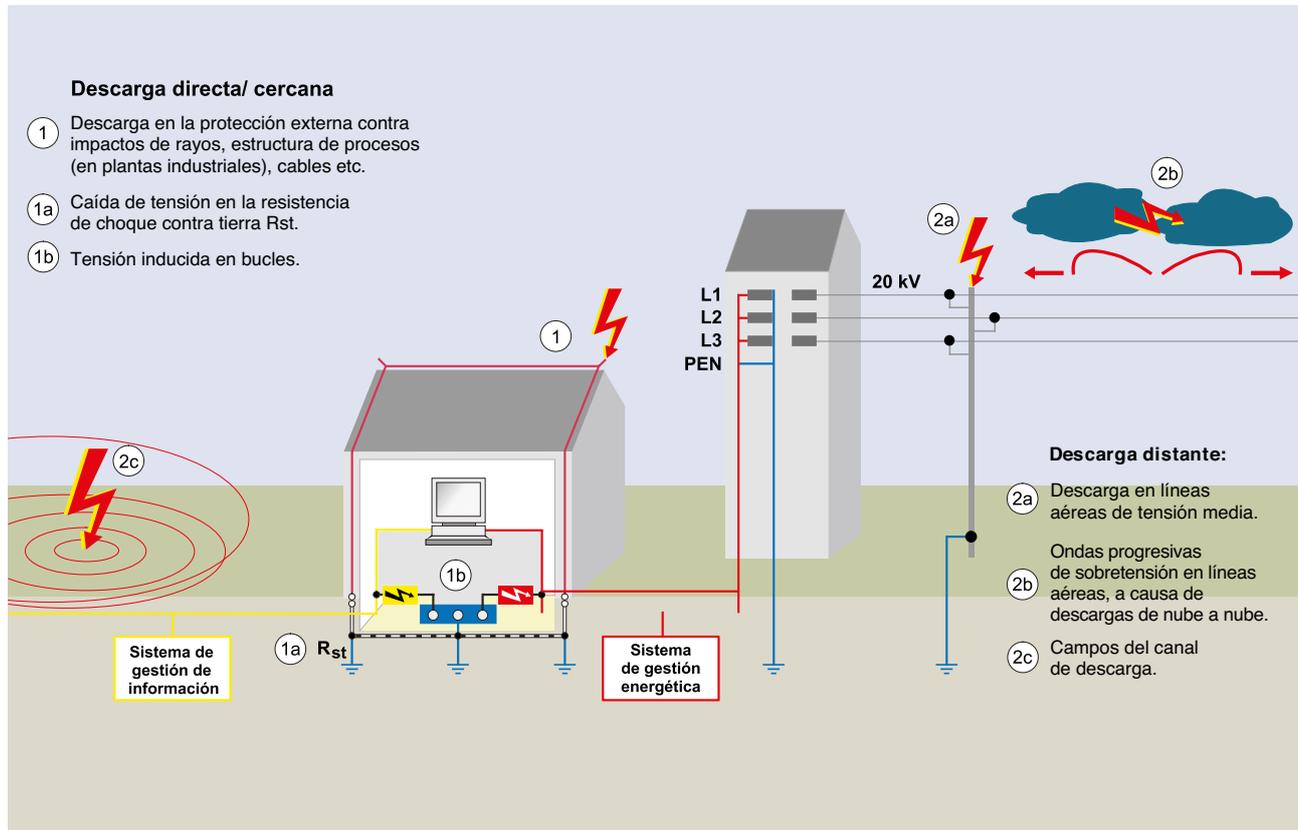


Fig 17.1 Causas de las sobretensiones por descargas de rayos

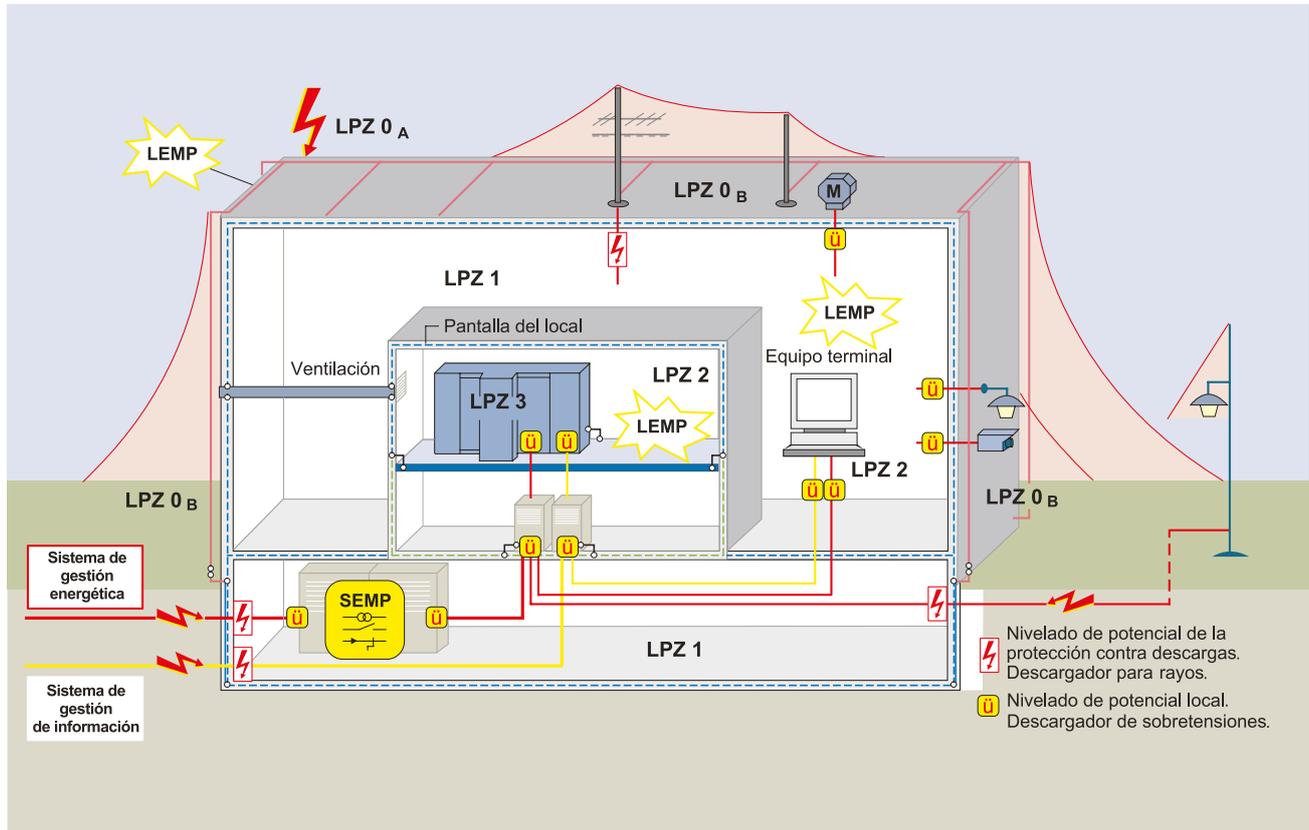
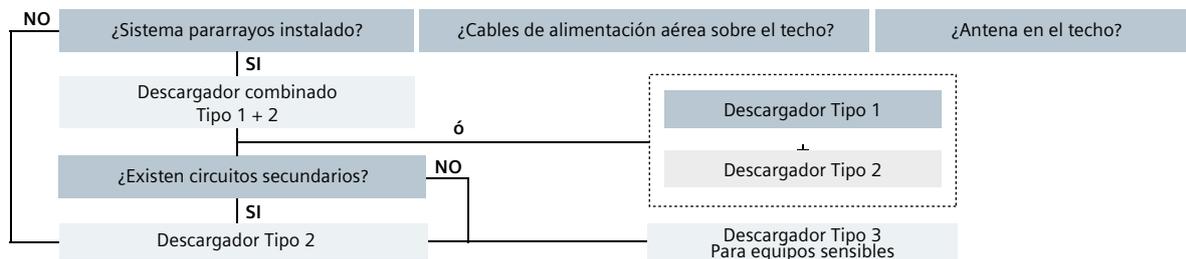


Fig 17.2 Modelo de las zonas de protección contra rayos orientado por los criterios CEM

## Matriz de selección de descargadores para rayos o de sobretensión en edificios residenciales



								
Modelos	5SD7 41		5SD7 44		5SD7 42		5SD7 43	
Clase de Requerimiento según norma EN 61643-1	Tipo 1		Tipo 1 + 2		Tipo 2		Tipo 3	
Polos	2 6 4	3	2 6 4	3	2 6 4	3	2	4
Tipo de Red	TT y TN-S		TT y TN-S	TN-C	TT y TN-S	TN-C	TT y TN-S	
Corriente de descarga impulsiva (I <sub>min</sub> ) kA	25/100		25/100	25/75	-		-	
Corriente de descarga máxima (I <sub>max</sub> ) kA	-		-		40	40/120	10	4.5
Forma de Onda	μs		10/350		8/20		8/20	
Tensión Nominal	V CA		230/400		230/400		230	230/400
Tensión Asignada de Descarga (U <sub>c</sub> )	V CA		350		350/264		253	335
Nivel de protección (U <sub>p</sub> )	kV		≤ 1,5		≤ 1,4/1,5		≤ 1,5	≤ 1,2
Tiempo de Respuesta (t <sub>A</sub> )	ns		≤ 100		≤ 25/100		≤ 100	
Señalización a Distancia	Sí		Sí		Opcional		Sí	

# Autoevaluación

1. ¿Cuándo es necesario instalar un descargador de sobretensión contra rayos?
2. ¿A qué norma responde la clase de requerimiento Tipo 1, 2 y 3?
3. Un descargador con una forma de onda 10/350  $\mu\text{s}$  puede ser reemplazado por uno con una forma de onda 8/20  $\mu\text{s}$ ; ¿verdadero o falso? ¿Por qué?
4. ¿Entre qué zonas de protección contra rayos (LPZ) se deben utilizar descargadores Tipo 1 de forma de onda 10/350  $\mu\text{s}$ ?
5. Si cae un rayo a una distancia de 1 km ¿se pueden inducir sobretensiones en la red?

1. Cuando hay un sistema de pararrayos instalado, si hay cables de alimentación aérea sobre el techo o si hay una antena en el techo. 2. Esta clase de requerimiento es según norma EN 61643-1. 3. Falso. Porque la energía de la sobretensión inducida y la corriente de impulso son mucho mayores de lo que puede descargar un descargador con forma de onda 8/20  $\mu\text{s}$ . 4. Entre LPZ 0A y LPZ 1; y entre LPZ 0A y LPZ 2. 5. Sí, porque la caída de un rayo puede afectar en un radio de hasta 1,5 km.

Soluciones

# Capítulo 18.

## Detector de fallas de arco. Dispositivo AFD 5SM6 de Siemens

El uso de energía eléctrica implica el riesgo de sufrir sobrecargas, cortocircuitos, fugas a tierra, fallas de arco, etc. Por ello, existe un gran potencial de sufrir daños en la infraestructura e indirectamente o directamente, afectar la seguridad de las personas.

Los fusibles y los pequeños interruptores automáticos (PIA) protegen contra las sobrecargas y/o los cortocircuitos, mitigando el riesgo de daños e incendio. Mientras que los interruptores diferenciales (RCD) pueden detectar corrientes de fuga a tierra causadas por aislaciones defectuosas o por un contacto accidental con partes bajo tensión, lo que incrementa la protección de las personas y contra los incendios.



**Foto 18.1** Dispositivo AFD 5SM6, solo y combinado con un pequeño interruptor automático 5SY6 ó 5SY4.

Estos dispositivos de protección, en la mayoría de los casos, detectan las fallas tomando la corriente de carga o la diferencia entre las corrientes de fase y de neutro, comparándolas contra un umbral de disparo.

Sin embargo, los dispositivos de protección convencionales no son la protección ideal ante ciertas fallas de arco, ya que los arcos influyen de una manera muy diferente sobre la corriente de carga.

En líneas generales, hay fallas de arco en serie y en paralelo. Las fallas de arco en serie, ocurren en un conductor en serie con la carga. Y las fallas de arco en paralelo, ocurren entre el conductor de fase y el de neutro o entre el conductor de fase y tierra.

Este tipo de falla puede originarse por fallas y/o prácticas de trabajo inadecuadas, tales como bornes flojos, cables perforados por accidente, cables dañados por una presión excesiva sobre su aislación.

### ¿Las protecciones convencionales son suficientes ante una falla de arco?

Durante una falla de arco en serie, la impedancia del arco reduce la corriente de carga, lo cual mantiene a la corriente por debajo del umbral de disparo de un interruptor automático o fusible. Y este tipo de arco no produce corriente de fuga a tierra, por lo que un interruptor diferencial tampoco podrá detectar una falla de arco en serie. Por lo tanto, las protecciones convencionales no son suficientes.



Foto 18.2 Ejemplo de aislación dañada por perforación

En el caso de una falla de arco en paralelo hay que distinguir entre los arcos con alta o baja resistencia. Para los arcos con baja resistencia, la corriente se verá limitada solamente por la impedancia de la instalación y en este caso, la mayoría de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes podrá interpretar dicha falla como un cortocircuito y disparar. Pero, si la impedancia de la línea es alta y el arco en paralelo es esporádico, los interruptores automáticos convencionales con disparo por bimetal pueden no disparar lo suficientemente rápido un incendio podrá iniciarse.

Los arcos con una alta resistencia no podrán ser detectados por un interruptor automático o fusible ya que la corriente puede ser baja y permanecerá por debajo



Foto 18.3 Ejemplo de aislación dañada por doblado

del umbral de disparo del dispositivo de protección.

Debido a estas posibilidades de falla en la instalación, es que los dispositivos AFD (detector de fallas de arco) se incorporan al mercado IEC, incrementando los niveles de protección de las instalaciones eléctricas convencionales. Ya que detectarán los tres posibles tipos de arco: entre fase-neutro, fase-tierra y en serie. Brindando protección en aquellos casos en que los dispositivos de protección convencionales no pueden cubrir.

#### Aplicaciones de un dispositivo AFD

El dispositivo AFD 5SM6 de Siemens puede ser utilizado para proteger circuitos monofásicos de 230 VCA, de hasta 16 A, en combinación con un PIA (pequeño interruptor automático) de la línea 5SY6 ó 5SY4.

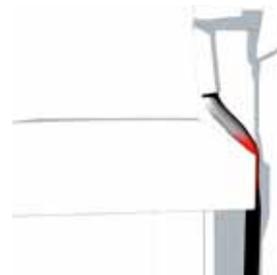


Foto 18.4 Ejemplo de aislación dañada por presión

A continuación listamos algunos ejemplos de lugares de aplicación.

- Edificios/Habitaciones fácilmente inflamables
- ▣ Casas hechas o que contengan madera, p.ej. paredes, techos, prefabricadas y similares.
- ▣ Habitaciones con cables montados en la superficie y/o equipos fácilmente inflamables:
  - Establos con depósitos de heno.
  - Habitaciones con tanques de combustible.
- ▣ Talleres de carpintería.
- ▣ Panaderías (fuego/explosiones por el polvo de harina).

- *Edificios/Habitaciones con contenido valioso*
- ▣ Server rooms (En este caso, a veces, la disponibilidad es mas importante que la protección contra incendios)
- ▣ Bibliotecas con libros valiosos/históricos.
- ▣ Galerías de arte, Museos, Iglesias, etc.
- *Edificios que estén desatendidos durante un largo tiempo*
- ▣ Casas de verano.
- *Edificios en donde un incendio pueda ocasionar la muerte o daño de personas*
- ▣ Edificios residenciales / Infraestructura.
- ▣ Edificio de departamentos / Hogares de familia / Edificios de oficinas.
  - Cines / Teatros / Estadios deportivos.
  - Jardines de niños / Escuelas / Universidades
  - Hoteles
  - Hospitales
  - Shopping centres.

**Datos característicos de la unidad AFD**  
Dispositivo AFD modelo 5SM6 021-1 apto para combinar con un interruptor 5SY4 ó 5SY6 de 2 polos de calibres hasta los 16 A.

**Siemens es la primera empresa en desarrollar y comercializar detectores de fallas de arco (AFD) para el mercado IEC, permitiendo incrementar los niveles de protección de las instalaciones eléctricas convencionales. Estos dispositivos AFD en combinación con los pequeños interruptores automáticos 5SY de Siemens, ofrecen la máxima protección contra incendios en circuitos monofásicos hasta los 16A, detectando los tres posibles tipos de arco: entre fase-neutro, fase-tierra y en serie. Los dispositivos AFD detectan además, sobretensiones transitorias que superen los 275 V.**

Para mayor información visite el sitio web:  
[www.siemens.com/lowvoltage/afdd](http://www.siemens.com/lowvoltage/afdd)

**Siéntase seguro con Siemens.**



Foto 18.5 Ejemplo de falla de arco por borne flojo



Foto 18.6 Falla de arco en paralelo fase-neutro



Foto 18.7 Falla de arco en paralelo fase-tierra

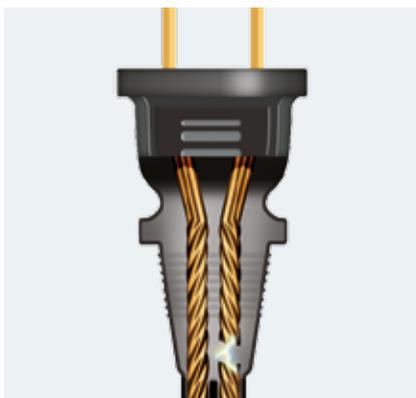


Foto 18.8 Falla de arco en serie

Utilización de tecnología acreditada con el estándar UL para cubrir la laguna de protección en el mercado IEC		
Tipo de fallo	Protección conforme al estándar IEC	Protección conforme al estándar UL
En serie 		
Paralelo Fase Neutro-Fase Fase 		
Paralelo Fase Conductor de protección 		

**AFDD** Dispositivo de detección de fallo de arco

**PIA** Pequeño interruptor automático

**RCD** Interruptor diferencial

**AFDD** Combinación de interruptor automático y dispositivo de detección de fallo de arco

**PIA** Pequeño interruptor automático

**RCD** Interruptor diferencial

# Capítulo 19.

## Módulos Lógicos Programables LOGO!



**Foto 19.1** LOGO! Clásico con y sin display, Panel LOGO! TD y LOGO! Ethernet



**Foto 19.2** SITOP las fuentes de alimentación y su portfolio completo

### Generalidades

Los módulos lógicos programables se usan cada vez más en aplicaciones de automatismos simples, en lugar de los métodos convencionales de comando y control como son los relés auxiliares y de tiempo.

**Mediante una sencilla programación se reemplazan complicados y costosos dispositivos de comando y control.** En un sólo producto de pequeñas dimensiones es posible programar temporizadores, contadores, realizar enclavamientos y concatenaciones que permiten **automatizar de forma compacta, rápida y económica.**

Por un lado LOGO! ha probado una excelente performance en circuitos de iluminación exterior e interior, en gran cantidad de aplicaciones a nivel mundial. Por otro lado, vale destacar que LOGO! cuenta con aplicaciones

no sólo en el ámbito industrial, sino también en los más diversos campos de automatización como son los siguientes:

- ▣ Viviendas, comercios, hoteles, playas de estacionamientos, parques, paves industriales.
- ▣ Sistemas de vigilancia, controles de accesos, calles interiores y escaleras, semáforos, alarmas.
- ▣ Automatización de puertas, barreras, portones, compuertas, techos.
- ▣ Ingeniería de edificios, sistemas de riego, bombeo, control de persianas y cortinas, control de timbres de llamada, efectos especiales de luz y sonido, control de climatización.
- ▣ Pequeñas tareas en áreas industriales.

Utilizado por fabricantes de máquinas (OEMs) de todo el mundo.

### Estructura

**El módulo lógico programable LOGO! está compuesto por una unidad básica que contiene la unidad de control,** con la memoria para almacenar el programa y los elementos necesarios para conectar la fuente de alimentación a ocho entradas y cuatro salidas; y una pantalla de cristal líquido LCD (display) retroiluminada, donde, al introducir el programa mediante las teclas de programación, se visualizan todos los pasos, por ejemplo las combinaciones lógicas y los valores de consigna de las diversas funciones programables. Durante el funcionamiento, la pantalla muestra el estado de las entradas, salidas y dado el caso la fecha y hora, o textos de aviso.

Para aquellas máquinas donde en el futuro no sea preciso cambiar el programa desde el teclado embebido, existe la alternativa LOGO! PURE, sin pantalla LCD ni teclado de acceso.

La unidad de control, leyendo las entradas, y sobre la base del programa almacenado, actúa sobre las salidas haciendo así funcionar la instalación y/o máquina.

En caso de que las entradas y salidas contenidas en la unidad básica no sean suficientes, es posible, mediante módulos de ampliación, elevar la capacidad del LOGO! **Los módulos de ampliación pueden ser agregados a los dos tipos de LOGO!** (con o sin Display), en la medida que sean requeridos para ampliar las funcionalidades del mismo. Sólo se necesita montarlos sobre el riel normalizado DIN EN 50 022 de 35 mm, fijarlos y desplazar un conector lateral vinculándolos al LOGO! De esta manera podrá ampliar cualquier LOGO!, hasta 24 entradas digitales, 16 salidas digitales, 8 entradas analógicas y 2 salidas analógicas (versión 0BA5).

Las entradas binarias se utilizan para detectar el estado de fines de carrera, pulsadores, sensores y detectores en general, que informan al LOGO! el estado del sistema que se desea automatizar. Pueden ser de 12/24VCC, 24VCA ó 220VCA.

Las entradas analógicas (0-10 V) permiten ingresar la información de termocuplas u otros

sensores analógicos, para fijar niveles de lectura que permitan tomar decisiones de control. Las salidas pueden ser de 24 VCC o a relés capaces de maniobrar 110/220 VCA. Además cuenta con salidas analógicas (0-10 V) destinadas a maniobrar accionamientos o a efectuar lazos de control PI (Proporcional Integral).

### LOGO! Soft Comfort

El programa se elabora por medio de los pulsadores de programación del frente del LOGO!, o mediante la ayuda de una computadora personal y el software de programación LOGO! Soft Comfort, siguiendo un esquema de bloques de funciones o de contactos (ladder), y **se almacena en un máximo de 130 bloques de programa**. Los mismos comprenden ocho funciones básicas y 25 especiales, como temporizaciones en sus diversos tipos, comparadores, interruptores horarios, contadores, relés de memoria, con o sin retención, etc.

El programa de almacenado puede ser fácilmente copiado a módulos de memoria para ser trasladado, facilitando de esta manera la reproducción o modificación de un programa a distancia.

Si se desea, el programa puede ser protegido contra la intervención de personas no autorizadas, impidiendo de esta manera la copia y pérdida de información.

### Ahorro de espacio

Por su diseño compacto ocupa mucho menos lugar que la técnica convencional. Del mismo modo el cableado, mucho más reducido, permite confeccionar tableros más pequeños. Estudios realizados permiten considerar una reducción del 70% en el espacio requerido para un automatismo realizado mediante LOGO!

Los módulos LOGO! ocupan el mismo espacio de un interruptor termomagnético de cuatro polos (72 mm), y los módulos de ampliación la mitad (36 mm).

### Ahorro de energía

Además de requerir menos espacio, al consumir menos energía las fuentes de alimentación necesarias tendrán menos requerimientos de potencia.

### Ahorro de tiempo

**LOGO! permite ahorrar hasta un 80% en el tiempo de realización de un proyecto.** Ya en el análisis del proyecto, sabiendo que LOGO! solucionará todas las tareas vinculadas al automatismo, no hace falta invertir tiempo en un anteproyecto para el desarrollo del mismo.

Lógicamente el cableado es más simple que el realizado en proyectos con lógica tradicional. Funciones reiteradas, simplemente se copian; no es necesario repetirlas. Además Siemens posee un portal en Internet dedicado exclusivamente a LOGO! con **gran cantidad de ejem-**

**plos y aplicaciones documentadas** que serán un buen punto de partida a la hora de encarar los proyectos.

### SITOP modular

Estas innovadoras fuentes de alimentación obedecen a un esquema completamente nuevo. La clave está en el **diseño modular, compuesto de una fuente base que puede completarse con otros módulos especializados en una función determinada**. La modularidad ofrece ventajas sin competencia en términos de flexibilidad, facilidad de manejo y relación precio-prestaciones.

### Las fuentes base

Las compactas y robustas fuentes base para conexión a 1,2 o 3 fases e intensidades de salida de 5 a 40 A constituyen el fundamento para una alimentación estabilizada con 24 V. Únicas en su género son las fuentes de 5 y 10 A, cuya entrada de rango amplio permite conectarlas a prácticamente cualquier red del mundo. Cada fuente base puede fijarse sobre perfil DIN y viene de fábrica con un completo equipamiento.

- ▣ Modelos de 5 a 10 A con entrada de rango amplio para conexión a una o dos fases.
- ▣ Modelos de 20 a 40 A para conexión a una o tres fases.
- ▣ Tensión de salida ajustable hasta 28,8 V para compensar caídas de tensión en los cables.

- ▣ 3 LEDs para señalar de forma detallada el estado operativo.
- ▣ Power-boost con hasta tres veces la intensidad nominal.
- ▣ Comportamiento elegible en caso de cortocircuito: intensidad constante o desconexión que exige rearme expreso.
- ▣ Característica de salida conmutable para operación en paralelo.

### Los módulos adicionales

La funcionalidad de las fuentes base puede ampliarse con módulos para tal efecto. **El módulo de señalización permite integrar óptimamente la fuente en el sistema global**. Esto permite reaccionar inmediatamente a diferentes estados y evitar daños potenciales. **El módulo de respaldo ofrece una protección efectiva contra cortes breves de red** que ocasionan la parada de la instalación si no se mantiene la alimentación con 24 V. Y con el módulo de redundancia puede construirse una alimentación con configuración redundante. Esto permite asegurar la alimentación con 24 V incluso en el caso más desfavorable posible: cuando una fuente defectuosa puede afectar a la fuente en paralelo aún intacta.

### El módulo de diagnóstico SITOP select

El módulo de diagnóstico constituye el complemento ideal para todas las fuentes de 24 V con el fin de poder **repartir y vigilar la corriente de carga por varios circuitos**. Cualquier sobrecarga o cortocircuito en un circuito

se detectan de forma fiable, cortándose de forma selectiva el circuito afectado. Como se mantiene la alimentación con 24 V de las restantes cargas es posible evitar paradas totales en la instalación. Señalizaciones detalladas permiten localizar rápidamente los fallos y minimizar así los tiempos de parada.

### SITOP UPS

Los módulos UPS constituyen la protección óptima contra cortes de red prolongados. Equipada con un módulo UPS y un módulo de batería, **una fuente SITOP con 24 V de tensión sirve para alimentar de forma ininterrumpida con una intensidad nominal de salida de 40 A**. La transición de la alimentación desde red a la alimentación por batería es totalmente ininterrumpida. Los módulos UPS disponen de todas las funciones de protección y vigilancia necesarias, asegurando así una gran disponibilidad. La función integrada de gestión de batería garantiza una alta vida útil de los módulos de batería sin mantenimiento. Los estados de disponibilidad, de nivel de carga de la batería y de los cables a la misma se señalizan con LED y contactos flotantes. Los módulos UPS compactos de 6 y 15 A pueden comunicarse a través de un interfaz al efecto, lo que permite integrarlos fácilmente en instalaciones automatizadas por PC.

## Autoevaluación

1. El módulo lógico programable LOGO! es un equipo de automatización; ¿verdadero o falso?
2. El módulo lógico programable LOGO! es un PLC; ¿verdadero o falso?
3. El programa de un LOGO! se almacena en una memoria RAM; ¿verdadero o falso?
4. El LOGO! tiene capacidad de comunicación y visualización; ¿verdadero o falso?
5. La periferia digital sólo identifica presencia de tensión; ¿verdadero o falso?
6. Un contacto NA accionado o un NC sin accionar presenta un estado lógico "1"; ¿verdadero o falso?
7. Una salida conectada acciona la bobina de un contactor, esta representa un estado lógico "1"; ¿verdadero o falso?
8. Lo contrario de las preguntas 6 y 7 representa un estado lógico "0"; ¿verdadero o falso?
9. El LOGO! sólo se puede programar mediante una PC; ¿verdadero o falso?

1. Verdadero. 2. Falso. 3. Verdadero. 4. Falso. 5. Verdadero. 6. Verdadero. 7. Verdadero. 8. Verdadero. 9. Falso, es posible programarlo mediante los botones de su frente.

Soluciones

# Apéndice

## Tipos de Puesta a Tierra

Para clasificar los diferentes esquemas de conexión a tierra en baja tensión se utiliza la siguiente simbología:

- ▣ Primera Letra – designa la situación del neutro de la instalación con relación a la tierra.  
**T** = el neutro está conectado directamente a la tierra.  
**I** = ningún punto de la alimentación esta conectada a tierra, es decir neutro aislado o vinculado por una impedancia de alto valor.
- ▣ Segunda Letra – indica la situación de las masas de la instalación eléctrica en relación a la tierra.  
**T** = las masas están conectadas directamente a tierra.  
**N** = las masas están conectadas al punto de alimentación refe-

rido a tierra, generalmente al neutro.

Se entiende por masas eléctricas o parte conductora accesible a la parte conductora de un material o equipo eléctrico, susceptible de ser tocado y que normalmente no está bajo tensión pero puede estarlo en caso de defecto o falla.

- ▣ Tercera Letra – indica la situación del conductor de neutro con relación al conductor de protección eléctrica o tierra (PE).  
**S** = el conductor Neutro está separado del conductor PE.  
**C** = las funciones de neutro y protección están combinadas por un solo cable (PEN), situación combinada.

### Esquemas TN-C, TN-S y TN-C-S

En estos esquemas, el neutro está conectado a tierra y las masas eléctricas de las cargas se conectan a tierra a través del neutro.

Con estos tipos de conexión las corrientes de fuga a tierra son de un orden similar a las de cortocircuito entre fase y neutro. Por lo tanto, para la detección de fugas a tierra está permitido utilizar dispositivos de protección de sobrecorrientes. Por este motivo, no se recomiendan en lugares con riesgo de incendio.

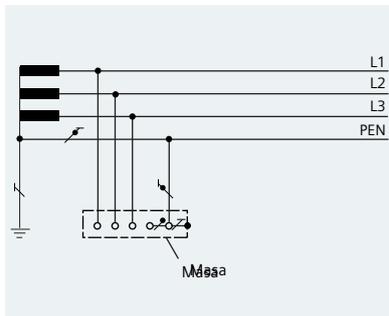


Fig 1 Esquema TN-C

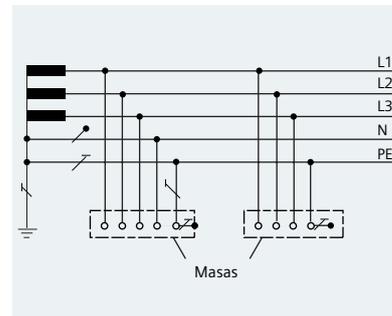


Fig 2 Esquema TN-S

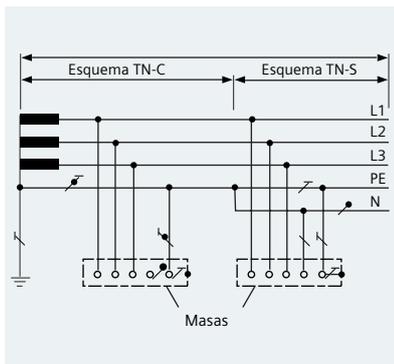


Fig 3 Esquema TN-C-S

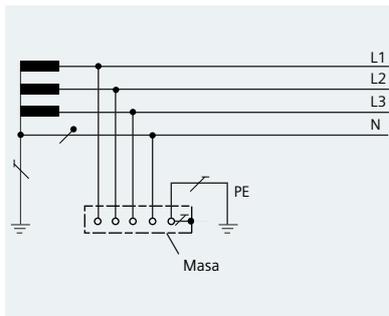


Fig 4 Esquema TT

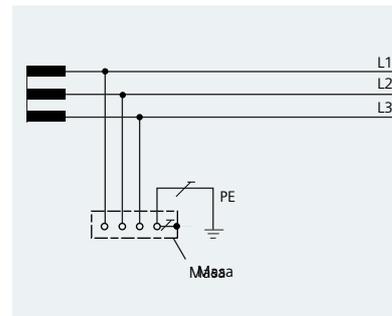


Fig 5 Esquema IT

### Esquema TT

En esta configuración, el neutro se conecta a una tierra llamada Tierra de Servicio y las masas de las cargas se conectan a otra tierra (distinta de la anterior) llamada Tierra de Protección.

Ambas tierras deben estar lo suficientemente separadas para evitar los riesgos de transferencia de potenciales.

En el esquema TT la corriente de fuga a tierra está limitada por:

- ▣ Resistencia del electrodo de aterramiento de neutro.
- ▣ Resistencia del electrodo de aterramiento de las masas o del conductor de protección (PE).
- ▣ Resistencia de los conductores (de fase, neutro y de protección) y la resistencia de la tierra misma por donde se cierra el circuito de la falla.

Las corrientes de fuga a tierra en un sistema TT son de órdenes muy inferiores a las de cortocircuito y por lo tanto no está permitido detectar corrientes de fuga con dispositivos de protección de

sobrecorrientes. En este caso se deben utilizar dispositivos de detección de corrientes diferenciales, conocidos comúnmente como disyuntores.

### Esquema IT

El esquema IT se implementa aislando el sistema de alimentación al de tierra o conectando un punto, generalmente el neutro, a través de una impedancia elevada. Además las masas eléctricas o partes conductoras accesibles de la instalación deben estar puestas a tierra ya sea individualmente, por grupos o colectivamente.

En el esquema IT, pueden ser utilizados los siguientes dispositivos de protección y control:

- ▣ Controladores o monitores de aislación.
- ▣ Dispositivos de protección contra las sobrecorrientes.
- ▣ Dispositivos de protección de corriente diferencial.
- ▣ Dispositivos de búsqueda de defectos.

# Tablas técnicas

Cable termoplástico de PVC		
Sección	2 conductores mas PE	3 conductores mas N + PE
1,5 mm <sup>2</sup>	15 A	14 A
2,5 mm <sup>2</sup>	21 A	18 A
4 mm <sup>2</sup>	28 A	25 A
6 mm <sup>2</sup>	36 A	32 A
10 mm <sup>2</sup>	50 A	44 A
16 mm <sup>2</sup>	66 A	59 A
25 mm <sup>2</sup>	88 A	77 A
35 mm <sup>2</sup>	109 A	96 A
50 mm <sup>2</sup>	131 A	117 A
70 mm <sup>2</sup>	167 A	149 A
95 mm <sup>2</sup>	202 A	180 A

**Tabla 1** Intensidad de carga admisible para cables dispuestos en cañerías embutidas a temperatura ambiente de 40°C (tabla AEA 771.16.1)

Cable termoplástico de PVC										
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
Factor	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57

**Tabla 2** Factor de corrección por temperatura ambiente distinta a 40°C (tabla AEA 771.16.11.A)

Circuitos en un caño	Cant. de conductores cargados	Factor	Aplican valores
2 monofásicos	Hasta 4	0,80	2x + PE
3 monofásicos	Hasta 6	0,70	2x + PE
2 trifásicos	Hasta 6	0,80	3x + N + PE
3 trifásicos	Hasta 9	0,70	3x + N + PE

**Tabla 3** Factor de corrección por agrupamiento de circuitos en un caño (tabla AEA 771.16.11.B)

Corrientes admisibles para cables flexibles a 40 °C		
Cant. de conductores	Sección	Corriente admisible
3x	2,5 mm <sup>2</sup>	16 A
4x	2,5 mm <sup>2</sup>	16 A
5x	2,5 mm <sup>2</sup>	16 A
3x	4 mm <sup>2</sup>	22 A
4x	4 mm <sup>2</sup>	22 A
5x	4 mm <sup>2</sup>	22 A
3x	6 mm <sup>2</sup>	30 A
4x	6 mm <sup>2</sup>	30 A
5x	6 mm <sup>2</sup>	30 A
3x	10 mm <sup>2</sup>	40 A
4x	10 mm <sup>2</sup>	40 A
5x	10 mm <sup>2</sup>	40 A

**Tabla 4.** Corrientes admisibles para cables y cordones flexibles (Tabla AEA 771.16.XI)

Motores monofásicos asincrónicos con rotor en jaula de ardilla; 4 polos, 1x 230 V, 50 Hz								
Potencia		Corriente a 115 V	Corriente a 230 V	Momento	Velocidad	Rendimiento	Cos $\varphi$	Tamaño
kW	CV	A	A	N <sub>m</sub>	1/min	%		
0,18	1/4	4,7	2,4	1,05	1350	0,54	0,55	71 S
0,25	1/3	7,4	3,7	1,37	1350	0,56	0,57	71 M
0,37	1/2	9,4	4,7	2,06	1370	0,63	0,63	71 M
0,55	3/4	13,2	6,6	3,10	1395	0,66	0,65	80 M
0,75	1	16,2	8,1	4,14	1395	0,69	0,65	80 M
1,1	1,5	20,0	10	6,21	1415	0,72	0,68	90 S
1,5	2	27,6	13,8	8,28	1420	0,72	0,77	90 L
2,2	3	35,0	17,5	12,4	1420	0,74	0,83	100 L

**Tabla 5** Algunos valores asignados de motores asincrónicos monofásicos con rotor en jaula de ardilla de 4 polos (1500 1/min), para conectar a redes de 1x230V, 50Hz; de fabricación Siemens de última generación. Para motores de otra velocidad, otro fabricante u otra generación, los valores cambian.

Motores trifásicos asincrónicos con rotor en jaula de ardilla; 4 polos, 3 x 400 V, 50 Hz												
Potencia Nominal		Tamaño IEC	Eficiencia IEC	Velocidad nominal a 50Hz	Rendimiento	Rendimiento	Factor de Potencia	Intensidad Nominal	Intensidad de Arranque en veces de la I Nominal	Par Nominal a 50 Hz	Par de Arranque en veces del Par Nominal	
CV	kW			rpm	Carga 4/4	Carga 3/4	Carga 4/4	A		Nm		
0,16	0,12	63M		1350	55	54	0,75	0,42	2,8	0,85	1,9	
0,25	0,18	63M		1350	59	60	0,76	0,58	3	1,3	1,9	
0,33	0,25	71M		1350	60	60	0,78	0,77	3,0	1,8	1,8	
0,50	0,37	71M		1370	65	65	0,78	1,06	3,3	2,6	1,9	
0,75	0,55	80M		1395	67	67	0,81	1,46	3,9	3,8	2,2	
1,0	0,75	80M	IE1	1395	72,1	72,1	0,8	1,88	4,2	5,1	2,3	
1,5	1,1	90S	IE1	1415	75	75	0,81	2,6	4,6	7,4	2,3	
2,0	1,5	90L	IE1	1420	77,2	77,2	0,81	3,45	5,3	10	2,4	
3,0	2,2	100L	IE1	1425	81	84	0,81	5,1	5,1	14,8	2,3	
4,0	3,0	100L	IE1	1425	82,8	83,6	0,85	6,5	5,4	20	2,4	
5,5	4,0	112M	IE1	1435	84,2	85,1	0,84	8,6	5,3	27	2,2	
7,5	5,5	132S	IE1	1450	86	86,5	0,83	11,8	6,2	36	2,3	
10,0	7,5	132M	IE1	1450	87	87,4	0,83	15,8	6,6	49	2,5	
15,0	11,0	160M	IE1	1460	88,4	88,1	0,82	23	6,4	72	2,3	
20,0	15,0	160L	IE1	1460	89,4	89,7	0,82	30	7	98	2,5	
25,0	18,5	180M	IE1	1465	89,3	89,7	0,84	35,5	6,8	121	2,4	
30,0	22,0	180L	IE1	1465	89,9	90,4	0,84	42	6,9	143	2,5	
40,0	30,0	200L	IE1	1465	90,7	91,1	0,85	56	6,4	196	2,5	
50,0	37,0	225S	IE1	1475	91,2	91,6	0,85	69	6,9	240	2,5	
60,0	45,0	225M	IE1	1475	91,7	92,2	0,86	82	7,2	291	2,6	
75,0	55,0	250M	IE1	1480	92,1	92,4	0,85	101	6,3	355	2,5	
100,0	75,0	280S	IE1	1485	92,7	92,6	0,85	137	6,7	482	2,5	
125,0	90,0	280M	IE1	1485	93	93	0,86	162	6,8	579	2,5	
150,0	110,0	315S	IE1	1488	93,3	93,3	0,85	200	6,7	706	2,5	
180,0	132,0	315M	IE1	1488	93,5	93,5	0,85	240	7,2	847	2,7	
220,0	160,0	315L	IE1	1486	93,8	93,9	0,86	285	7,0	1028	2,6	
270,0	200,0	315L	IE1	1486	94	94,2	0,88	350	7,0	1285	2,7	
340,0	250,0	315	IE2	1488	95,5	95,6	0,87	435	6,5	1600	1,9	
430,0	315,0	315	IE2	1488	95,7	95,8	0,87	550	6,8	2020	2,0	
480,0	355,0	355	IE2	1488	95,8	95,9	0,87	610	6,5	2280	2,1	
540,0	400,0	355		1488	95,9	96	0,87	690	6,5	2570	2,1	
680,0	500,0	355		1488	96,2	96,3	0,88	850	6,5	3210	2,1	
760,0	560,0	400		1492	96,2	96,3	0,88	950	6,5	3580	1,9	
860,0	630,0	400		1492	96,4	96,5	0,88	1080	6,8	4030	1,9	
965,0	710,0	400		1492	96,5	96,6	0,89	690(2)	6,8	4540	1,9	

**Tabla 6** Algunos valores asignados de motores asincrónicos trifásicos con rotor en jaula de ardilla de 4 polos (1500 1/min), para conectar a redes de 3x 400V, 50Hz; de fabricación Siemens de última generación. Para motores de otra velocidad, otro fabricante u otra generación, los valores cambian.

Potencia reactiva Q de capacitores trifásicos necesaria para compensar motores							
Potencia		2 polos - 3000 1/min		4 polos - 1500 1/min		6 polos - 1000 1/min	
kW	CV	Cos φ	Capacitor	Cos φ	Capacitor	Cos φ	Capacitor
			kvar		kvar		kvar
1,1	1,5	0,87		0,81		0,77	0,5
1,5	2	0,85		0,81	0,5	0,75	0,75
2,2	3	0,85	0,5	0,82	0,75	0,78	1,0
3	4	0,85	0,75	0,82	1,0	0,76	1,5
4	5,5	0,86	1,0	0,83	1,25	0,76	2,0
5,5	7,5	0,89	1,0	0,81	2,0	0,76	2,5
7,5	10	0,89	1,25	0,82	2,5	0,74	4,0
9,2	12,5	0,89	1,5	0,82	3,0	–	–
11	15	0,88	2,0	0,84	3,5	0,76	5,0
15	20	0,90	2,0	0,84	4,0	0,77	7,5
18,5	25	0,91	2,0	0,83	6,0	0,77	7,5
22	30	0,88	4,0	0,84	7,0	0,77	10
30	40	0,89	5,0	0,86	7,5	0,77	15
37	50	0,89	7,0	0,87	7,5	0,83	12,5
45	60	0,89	7,5	0,87	10	0,85	10
55	75	0,88	10	0,85	15	0,86	12,5
75	100	0,88	15	0,85	20	0,84	20
90	125	0,89	15	0,86	20	0,84	25

**Tabla 7** Compensación fija de motores asíncronos trifásicos con rotor en jaula de ardilla de fabricación Siemens de última generación para una compensación cercana a  $\cos\phi \approx 0,95$ . Para motores de otra velocidad, otro fabricante u otra generación, como los valores del  $\cos$  cambian; también cambian los valores asignados de los capacitores de compensación.

Potencia nominal $S_n$	Corriente secundaria $S_{n2}$	Corriente de cortocircuito según la tensión de cortocircuito		
		$U_{cc} = 6\%$	$U_{cc} = 5\%$	$U_{cc} = 4\%$
100 kVA	145 A	2,4 kA	2,9 kA	3,6 kA
160 kVA	235 A	3,9 kA	4,7 kA	5,9 kA
250 kVA	365 A	6,1 kA	7,3 kA	9,1 kA
315 kVA	455 A	7,6 kA	9,1 kA	11,4 kA
400 kVA	580 A	9,6 kA	11,6 kA	14,5 kA
500 kVA	725 A	12,0 kA	14,5 kA	18,1 kA
630 kVA	910 A	15,1 kA	18,2 kA	22,8 kA
800 kVA	1160 A	19,3 kA	23,2 kA	29,0 kA
1000 kVA	1450 A	24,1 kA	29,0 kA	36,3 kA

**Tabla 8.** Valor eficaz de la corriente presunta de cortocircuito en bornes de un transformador trifásico de distribución. Estos valores son teóricos e indican los máximos posibles.

**Siemens**  
**Industry Sector and Infrastructure & Cities Sector**

Sujeto a cambio sin previo aviso

N° de pedido: E20001-H010-L400-V3-7800

Impreso en Argentina © Siemens AG 2013

**Servicio Técnico**

Ponemos a su disposición un equipo capacitado y preparado para asistirlo.

**0810 333 2474 (opción 1)**

**service.ar@siemens.com**

**Centro de Reparaciones**

Diagnóstico técnico sin cargo. Contamos con un equipo especializado en nuestros productos y sistemas.

**0810 333 2474 (opción 2)**

**centroreparaciones.ar@siemens.com**

**Hotline Técnica**

Por consultas técnicas relacionadas con productos y sistemas Siemens, contáctese de Lunes a Viernes de 8:30 a 17:30 hs.

**0810 333 2474 (opción 3)**

**support.aan.automation@siemens.com**

A través del siguiente website:

**[www.siemens.com.ar/industria/siexpert](http://www.siemens.com.ar/industria/siexpert)**

usted podrá disponer de información detallada sobre características técnicas y podrá ingresar a nuestra área de respuestas a preguntas frecuentes (FAQ). También podrá realizar una consulta escrita.

La información que contiene esta guía corresponde a descripciones generales o características de rendimiento que en el caso de uso real no siempre se aplica según lo descrito o puede cambiar en caso de desarrollo ulterior de los productos. La obligación de proporcionar las características específicas sólo existirá si así lo determinase un contrato escrito.

Todas las denominaciones de productos pueden ser marcas registradas o nombres de productos de Siemens AG o de empresas proveedoras cuyo uso por parte de terceros para sus propios fines podría violar el derecho de propiedad.