



## Índice

### Distribución primaria y secundaria

Protección selectiva ..... 6/2

Protección de acompañamiento (back-up) ..... 6/13

**Protección direccional** ..... 6/14

**Protección contra los defectos a tierra** ..... 6/20

**Maniobra y protección de los transformadores** ..... 6/26

**Protección de las líneas** ..... 6/30

**Maniobra y protección de los generadores** ..... 6/32

**Maniobra y protección de los motores asíncronos** ..... 6/35

**Maniobra y protección de los condensadores** ..... 6/41



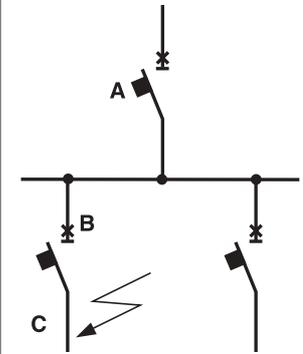
# Distribución primaria y secundaria

## Protección selectiva

En las instalaciones domésticas e industriales normalmente la selectividad se activa para aislar del sistema la parte involucrada por un defecto, provocando la actuación del interruptor automático situado inmediatamente aguas arriba del defecto. El ejemplo de la figura siguiente muestra la necesidad de coordinar la actuación entre los dos interruptores automáticos A y B de manera que, en caso de defecto en C, se produzca sólo la actuación del interruptor automático B y se garantice la continuidad del servicio al resto de la instalación alimentada por el interruptor automático A.

Mientras que, en el campo de corrientes de sobrecarga, existe normalmente una selectividad natural a causa de la diferencia entre las corrientes asignadas del interruptor de protección del utilizador y el interruptor general situado aguas arriba, en el campo de las corrientes de cortocircuito, la selectividad se realiza diferenciando los valores de las corrientes y, eventualmente, de los tiempos de actuación.

Esquema de circuito con coordinación selectiva de las protecciones.



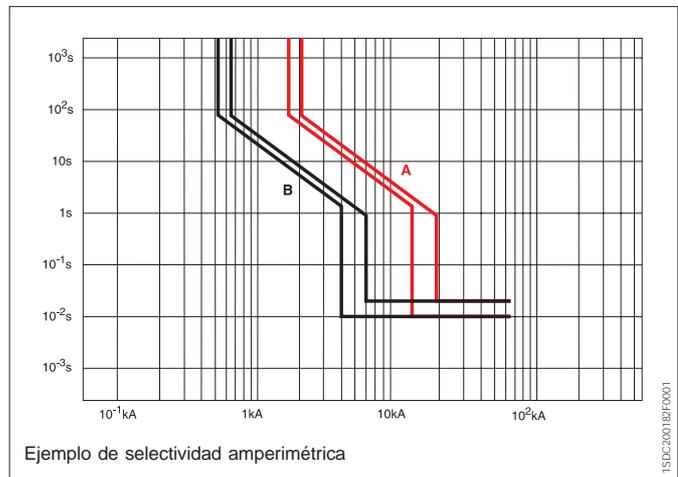
La selectividad puede ser total o parcial:

- selectividad total: se abre solamente el interruptor automático B para todos los valores de corriente inferiores o iguales a la máxima corriente de cortocircuito que se presente en C;
- selectividad parcial: se abre solamente el interruptor automático B para corrientes de defecto inferiores a un cierto valor; para valores iguales o mayores se produce la actuación de A y B.

En general, se pueden obtener los siguientes tipos de selectividad:

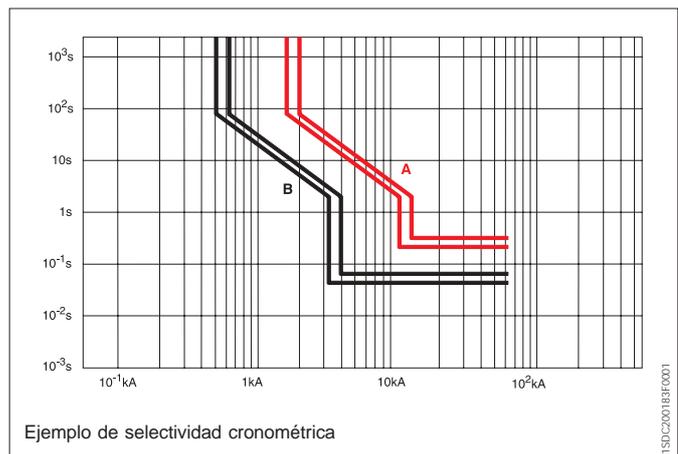
### Selectividad amperimétrica:

se obtiene regulando con valores distintos las corrientes de actuación instantánea de la serie de interruptores (regulaciones superiores, para los interruptores situados aguas arriba). El resultado es, generalmente, una selectividad parcial.



### Selectividad cronométrica:

se obtiene programando de manera intencionada retardos cada vez mayores de los tiempos de actuación de los interruptores aguas arriba de la serie.



---

---

Para los interruptores automáticos Emax con relés PR121, PR122 y PR123, con el fin de obtener selectividad, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- no debe haber intersección entre las curvas tiempo-corriente de los dos aparatos y estas curvas deben incluir las tolerancias.
- la mínima diferencia entre el tiempo de actuación  $t_2$  del interruptor puesto aguas arriba respecto al tiempo  $t_2$  del aparato puesto aguas abajo, cuando el aparato puesto aguas abajo es un Emax, debe ser de:
  - $t_2$  aguas arriba  $>$   $t_2$  aguas abajo + 100 ms\*  $t = cost$
  - $t_2$  aguas arriba  $>$   $t_2$  aguas abajo + 100 ms  $i^2t = cost (<400 \text{ ms})$
  - $t_2$  aguas arriba  $>$   $t_2$  aguas abajo + 200 ms  $i^2t = cost (>400 \text{ ms})$

\* reducido a 70 ms para alimentación auxiliar o autoalimentación en régimen.

Si estas condiciones se cumplen, resulta que:

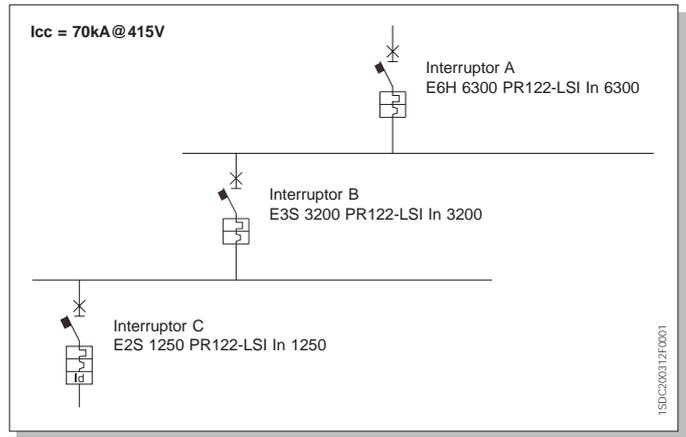
- cuando la función I del interruptor puesto aguas arriba está habilitada ( $I_3=on$ ), la corriente máxima de cortocircuito para poder garantizar la selectividad equivale al valor de la corriente  $I_3$  programado (menos las tolerancias)
- cuando la función I del interruptor puesto aguas arriba está inhabilitada ( $I_3=off$ ), la corriente máxima de cortocircuito para la cual está garantizada la selectividad vale:
  - el valor indicado en la tabla de la página 6/12, si el interruptor puesto aguas abajo es un interruptor en caja moldeada (MCCB)
  - el valor mínimo entre el valor de  $I_{cw}$  del interruptor automático puesto aguas arriba y el valor de  $I_{cu}$  del interruptor automático puesto aguas abajo, si éste último es un Emax.



# Distribución primaria y secundaria

## Protección selectiva

Se muestra ahora un ejemplo de selectividad total entre tres interruptores automáticos Emax, conectados en cascada, en una instalación con tensión asignada de 415V y corriente de cortocircuito prevista de 70kA.



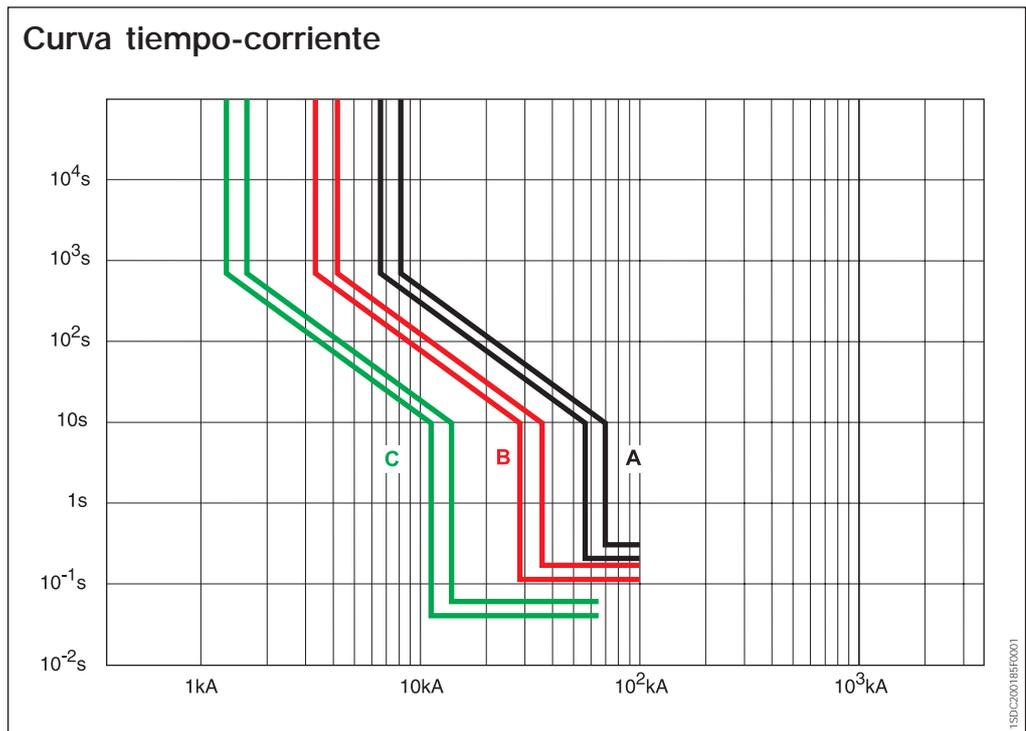
Interruptores automáticos			L		S (t=cost)		I	
Nombre	Tipo	Icu@415V	Icw	I1	t1	I2	t2	I3
A	E6H 63	100 kA	100 kA	1	108	10	0,25	off
B	E3S 32	75 kA	75 kA	1	108	10	0,15	off
C	E2S 12	85 kA	65 kA	1	108	10	0,05	off

Tal y como se muestra en la figura siguiente, con las configuraciones antes indicadas, no existe intersección entre las curvas tiempo-corriente de los diversos interruptores y se respeta el retardo mínimo de 70 ms entre los umbrales de actuación de la protección S. Además, la exclusión de la protección I (I3=Off) garantiza selectividad:

- hasta 75kA entre A y B
- hasta 75kA entre B y C.

En consecuencia, ya que la corriente máxima de cortocircuito prevista en la instalación vale 70 kA, es posible decir que se trata de selectividad total.

Curva tiempo-corriente



6

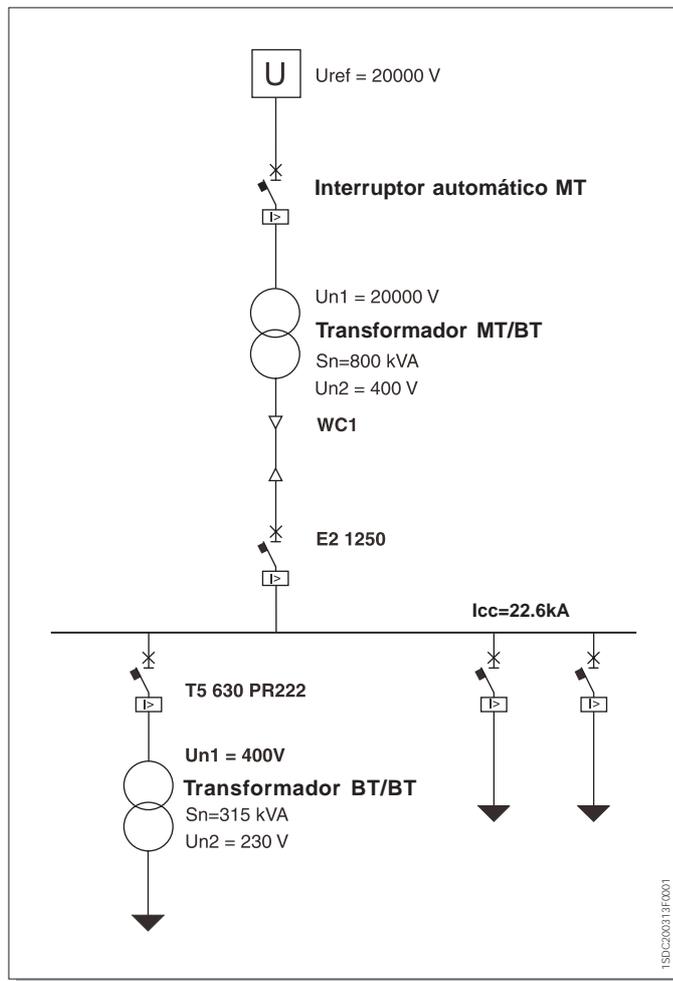
## Doble S

Gracias al nuevo relé PR123 que permite configurar dos umbrales de protección S independientes y activos al mismo tiempo, es posible obtener selectividad incluso en condiciones muy críticas.

A título de ejemplo se muestra cómo, con el nuevo relé, es posible obtener un mejor nivel de selectividad respecto al uso de un relé sin "doble S".

A continuación se muestra el esquema unifilar del sistema analizado; en particular, se puede observar:

- la presencia, aguas arriba, de un interruptor de MT que impone, por razones de selectividad, regulaciones bajas para el interruptor Emax puesto aguas abajo
- la presencia de un transformador MT/BT que conlleva, debido a las corrientes de magnetización, configuraciones elevadas para los interruptores puestos aguas arriba del transformador mismo.

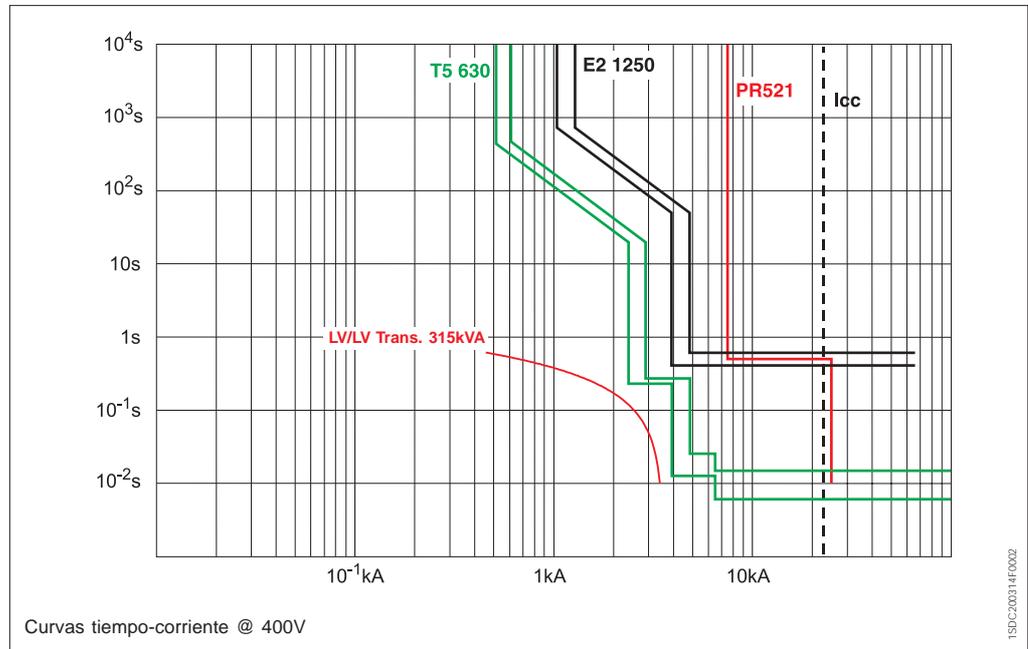




# Distribución primaria y secundaria

## Protección selectiva

### Solución con relé sin "doble S"

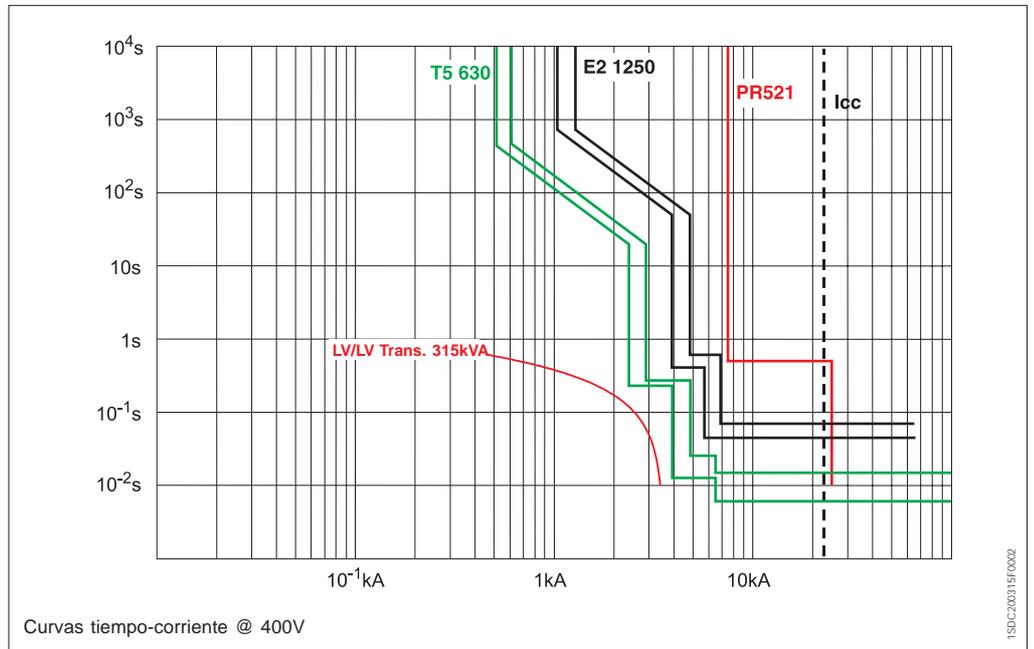


INT. MT (PR521)	
50 (I>): 50 A	t=0,5s
51 (I>>): 500 A	t=0s

		E2N 1250 PR122 LSIG R1250	T5V 630 PR222DS/P LSIG R630
<b>L</b>	Configuración	0,8	0,74
	Curva	108s	12s
<b>S</b> t=constante	Configuración	3,5	4,2
	Curva	0,5s	0,25s
<b>I</b>	Configuración	OFF	7

Con esta solución, en caso de cortocircuito, se tendría la apertura simultánea del interruptor Emax E2 y del interruptor de media tensión. Se recuerda que, dado el valor de la  $I_{cc}$ , la función I del interruptor E2 debe inhabilitarse ( $I_3=OFF$ ) para tener selectividad con el T5 puesto aguas abajo.

## Solución con relé PR123 con "doble S"



### INT. MT (PR521)

50 (I <sub>&gt;</sub> ): 50 A	t=0,5s
51 (I <sub>&gt;&gt;</sub> ): 500 A	t=0s

		E2N 1250 PR123 LSIG R1250	T5V 630 PR222DS/P LSIG R630
<b>L</b>	Configuración	0,8	0,74
	Curva	108s	12s
<b>S</b> t=constante	Configuración	-	4,2
	Curva	-	0,25s
<b>S1</b> t=constante	Configuración	3,5	-
	Curva	0,5s	-
<b>S2</b> t=constante	Configuración	5	-
	Curva	0,05s	-
<b>I</b>	Configuración	OFF	7

Como puede observarse, por medio de la función "doble S" se logra obtener selectividad, tanto con el interruptor T5 puesto aguas abajo como con el interruptor de media tensión puesto aguas arriba.

Una ulterior ventaja, que se obtiene utilizando la "doble S", es la reducción del tiempo de permanencia de corrientes elevadas en caso de cortocircuito. Ello se traduce en menores sollicitaciones térmicas y dinámicas para las barras y los demás componentes de la instalación.



# Distribución primaria y secundaria

## Protección selectiva

### Doble regulación de los parámetros (Dual Setting)

Gracias al nuevo relé PR123 es posible programar dos configuraciones de los parámetros distintas y, a través de un mando externo, es posible pasar de una configuración a la otra.

Esta función resulta útil cuando en la instalación está presente una fuente de emergencia (generador) que suministra la alimentación en caso de

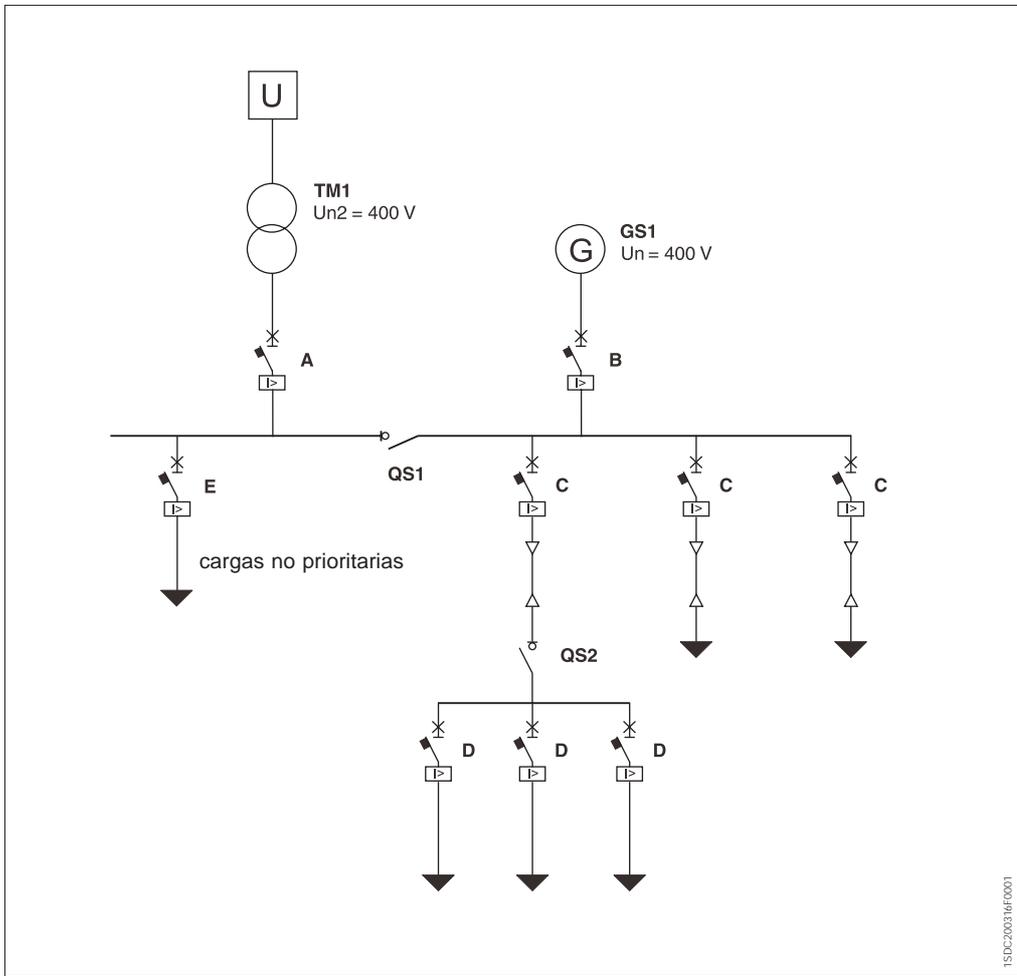
falta de la tensión de red.

En la instalación que se muestra a continuación, a través del dispositivo de ABB SACE más separado ATS010, en caso de falta de tensión en la red, se realiza la conmutación automática de la alimentación al grupo electrógeno y, a través de la apertura del seccionador QS1, es posible desconectar las cargas no prioritarias.

Durante el normal funcionamiento de la instalación con alimentación desde la red principal, los interruptores automáticos C están configurados de modo que sean selectivos tanto con el interruptor puesto aguas arriba A, así como con los interruptores puestos aguas abajo D. Cuando se realiza la conmutación de la red al grupo, el interruptor automático B se vuelve el interruptor aguas arriba de los interruptores C. Este interruptor automático, ya que protege un generador, estará configurado con tiempos de actuación mucho más rápidos respecto a A; en consecuencia, las configuraciones programadas en los interruptores puestos aguas abajo podrían no garantizar la selectividad con B.

A través de la función "doble regulación" del relé PR123 es posible conmutar los interruptores automáticos C de una configuración de parámetros que garantiza la selectividad con A a otra configuración que los vuelve selectivos con el interruptor B.

Con estas nuevas regulaciones la combinación entre los interruptores C y los interruptores D puestos aguas abajo, podría no ser más selectiva.



15DC2003 16F0001

En la figura 1 se muestran las curvas tiempo-corriente durante el funcionamiento normal de la instalación. Es posible observar que las regulaciones programadas permiten la no intersección de las curvas.

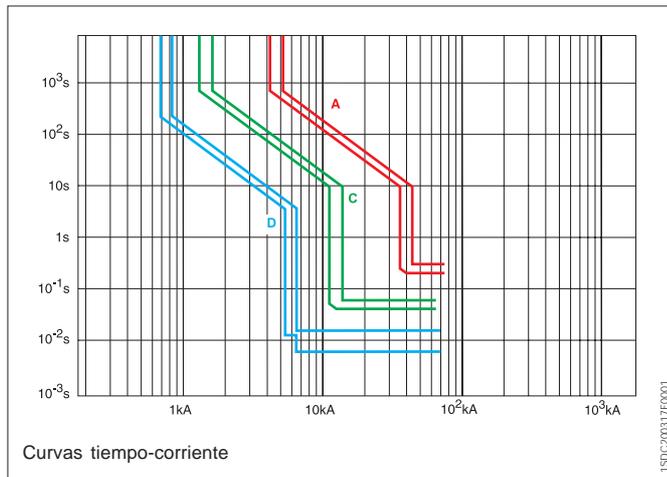


Figura 1

La figura 2 representa la situación en la cual, tras la conmutación, la alimentación es suministrada por el grupo electrógeno a través del interruptor automático B. Sin cambiar las configuraciones de los interruptores C, se pierde la selectividad con el interruptor general B.

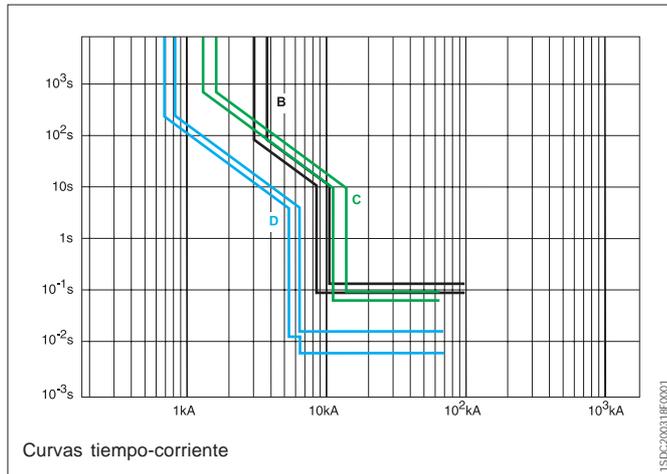


Figura 2

Esta última figura muestra cómo, a través de la doble configuración disponible, sea posible pasar a una configuración de parámetros que garantice la selectividad de los interruptores C con el interruptor B.

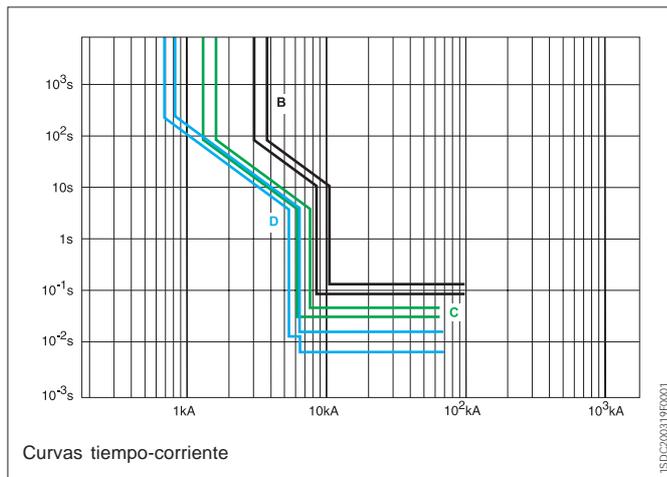


Figura 3



# Distribución primaria y secundaria

## Protección selectiva

### Selectividad de zona

La **selectividad de zona**, que puede aplicarse a las funciones de protección S y G, puede activarse en caso esté seleccionada –para estas protecciones– la curva de tiempo fijo y esté presente una fuente de alimentación auxiliar.

Este tipo de selectividad permite reducir los tiempos de actuación del interruptor automático más cercano al defecto respecto a los previstos en la selectividad cronométrica.

Es un tipo de selectividad apropiado para las redes radiales. Por zona se entiende la parte de la instalación comprendida entre dos interruptores automáticos en serie. La zona del defecto es la que se encuentra inmediatamente aguas abajo del interruptor automático que detecta el defecto. Mediante un simple cable de conexión, cada interruptor automático que detecta un defecto lo comunica al interruptor automático situado aguas arriba. El interruptor que no recibe comunicación de ningún interruptor automático puesto aguas abajo, lanzará el mando de apertura en el “tiempo de selectividad” programado y regulable de 40 a 200 ms.

En cambio, los interruptores que reciben una señal de bloqueo de otro relé, intervendrán en base al tiempo programado  $t_2$  de la protección S.

Si por alguna razón ha expirado el “tiempo de selectividad” y el interruptor encargado de la apertura no la ha realizado, se interrumpirá la señal de bloqueo hacia los demás interruptores que lanzarán el mando de apertura inmediata.

Para realizar correctamente la selectividad de zona, se aconsejan las siguientes configuraciones:

<b>S</b>	$t_2 \geq \text{tiempo de selectividad} + t_{\text{opening}}^*$
<b>I</b>	I3 = OFF
<b>G</b>	$t_4 \geq \text{tiempo de selectividad} + t_{\text{opening}}^*$
<b>Tiempo de selectividad</b>	con igual configuración para cada interruptor

\* Tiempo de corte para  $I < I_{cw}$  (máx) = 70 ms.

Para realizar el cableado puede utilizarse un cable bifilar apantallado trenzado (no incluido en el suministro; consultar con ABB). La pantalla debe conectarse a tierra sólo en el relé del interruptor automático puesto aguas arriba.

La longitud máxima del cableado para la selectividad de zona, entre dos unidades, es de 300 metros.

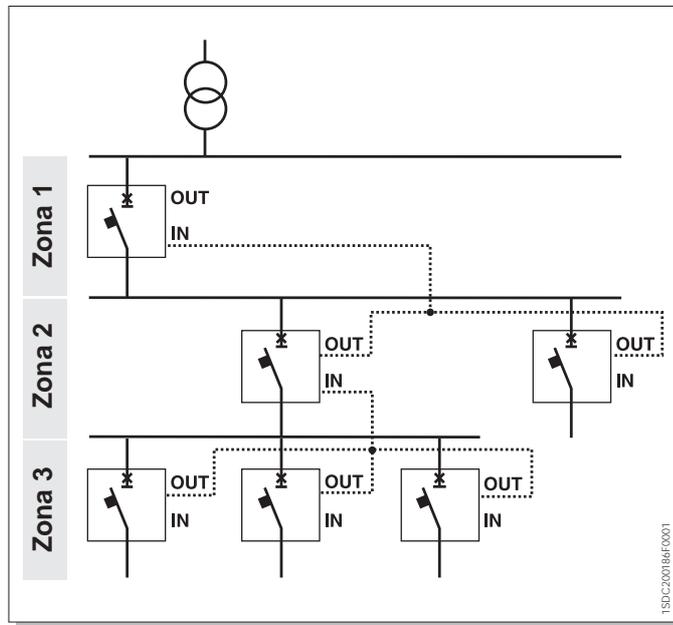
El número máximo de los interruptores automáticos que pueden conectarse a las salidas (Z out) de un relé es de 3.

El número máximo de los interruptores automáticos que pueden conectarse a las entradas (Z in) de un relé es de 20.

Todos los interruptores automáticos Emax en las versiones B-N-S-H-V dotados con relé SACE PR122 y PR123 permiten realizar la selectividad de zona.

**Nota**

Para realizar la selectividad en caso de defecto a tierra con interruptores automáticos en serie, consultar la pág. 6/20.





# Distribución primaria y secundaria

## Protección selectiva

### Tablas de selectividad

#### Interruptores automáticos abiertos Emax con interruptores automáticos en caja moldeada

Interruptor automático aguas arriba				E1		E2				E3				E4			E6			
Interruptor automático aguas abajo	Versión	Relé	I <sub>n</sub> [A]	Versión		B	N	S	L*	N	S	H	V	L*	S	H	V	H	V	
				Relé	EL															EL
				800	800	1600	1000	800	1250	2500	1000	800	800	2000	4000	3200	3200	4000	3200	
				1000	1000	2000	1250	1000	1600	3200	1250	1000	1250	2500	4000	4000	5000	4000	5000	
				1250	1250		1600	1250			1600	1250	1600				6300	5000	6300	
				1600	1600		2000	1600			2000	1600	2000						6300	
								2000			2500	2000	2500							
											3200	2500	3200							
											3200									
T1	B	TM	160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	C			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	N			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T2	N	TM, EL	160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	S			36	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H			36	T	T	55	65	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L	36	T	T	55	65	T	T	T	T	75	T	T	T	T	T	T	T	T	
T3	N	TM	250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	S			36	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	N			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
T4	N	TM, EL	250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	S			36	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H			36	T	T	55	65	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L			36	T	T	55	65	100	T	T	75	85	100	T	T	100	T	100	T
	V	36	T	T	55	65	100	T	T	75	85	100	T	T	100	T	100	T		
T5	N	TM, EL	400	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	S			36	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H			36	T	T	55	65	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L			36	T	T	55	65	100	T	T	75	85	100	T	T	100	T	100	T
	V	36	T	T	55	65	100	T	T	75	85	100	T	T	100	T	100	T		
S6	N	TM, EL	800	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
	S			36	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	H			36	T	T	55	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	L	36	T	T	55	65	T	T	T	75	85	T	T	T	T	T	T	T		
S7	S	EL	1250	-	-	T	T	T	-	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	H		1600	-	-	T	55	T	-	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
	L		-	-	T	55	65	-	T	T	75	85	T	T	T	T	T	T		

#### Prescripciones generales:

- La función I de los relés electrónicos PR121, PR122 y PR123 de los interruptores automáticos situados aguas arriba debe excluirse (I<sub>3</sub> en OFF);
- Los valores de selectividad están expresados en kA y tienen validez para una tensión de 380-415 V AC, de conformidad con las normas CEE/EN 60947-2 y IEC 60947-2.
- T = selectividad total (el valor de selectividad es el menor entre los poderes de corte (I<sub>cu</sub>) del interruptor automático situado aguas arriba).
- Es sumamente importante que se compruebe que las regulaciones que han sido seleccionadas por el usuario -para los relés situados tanto aguas arriba como aguas abajo- no creen intersecciones en las curvas tiempo-corriente para la protección contra la sobrecarga (función L) y la protección contra el cortocircuito con actuación retardada (función S).

\* Interruptores automáticos Emax L sólo con relés PR122/P y PR123/P.



## Distribución primaria y secundaria

### Protección de acompañamiento (back-up)

La protección de acompañamiento está prevista en las Normas UNE 20460-4-43, IEC 60364-4-43 y en el anexo A de la norma IEC 60947-2, que admiten el uso de un dispositivo de protección con poder de corte inferior a la corriente prevista de cortocircuito en el punto donde se ha instalado, a condición de que aguas arriba exista otro dispositivo de protección con el necesario poder de corte. En este caso, las características de los dos dispositivos se tienen que coordinar de modo que la energía específica que dejan pasar no sea superior a la que pueden soportar sin dañarse el interruptor automático y el cable situados aguas abajo.

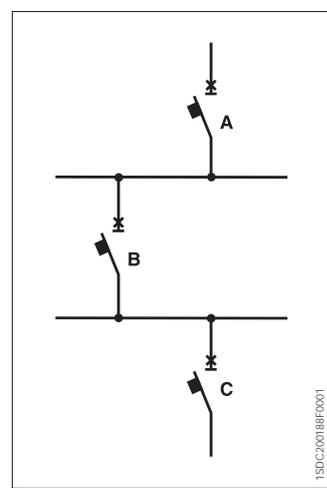
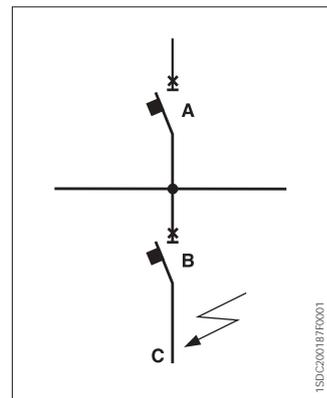
En el esquema de la figura, el interruptor automático B, situado aguas abajo del interruptor automático A, puede tener un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito prevista en caso de defecto en "C", si el interruptor automático A es capaz de satisfacer con las dos condiciones siguientes:

- disponer de un poder de corte adecuado (mayor o igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de instalación y, obviamente, mayor que la corriente de cortocircuito en "C").
- en caso de defecto en "C" con valores de corriente de cortocircuito superiores al poder de corte del interruptor automático B, el interruptor automático A tiene que cumplir con las funciones de limitación de la energía específica pasante que no ha de superar el valor tolerable por el interruptor automático B y por el cable que protege.

Un defecto en "C" puede provocar un doble corte, pero, la protección de acompañamiento tiene que garantizar que la actuación de B se efectúe siempre dentro de los límites de su poder de corte.

Para este tipo de protección es necesario seleccionar combinaciones de equipos verificados mediante ensayos de laboratorio: las combinaciones posibles se indican en los documentos de ABB SACE (reglas, DOCWin, etc.) y en este documento se describen las referentes a los interruptores automáticos SACE Emax.

La protección de acompañamiento (back-up) se utiliza en instalaciones eléctricas en las que la continuidad de servicio no es un requisito fundamental: la apertura del interruptor automático situado aguas arriba excluye del servicio todas las utilidades no afectadas por el defecto. De todas formas, el empleo de este tipo de coordinación permite reducir el dimensionamiento de la instalación y, por lo tanto, los costes.



#### Nota

La protección de acompañamiento (back-up) se puede desarrollar incluso en más de dos niveles: la figura anterior muestra el ejemplo de coordinación en tres niveles. En este caso, las selecciones son correctas si se produce al menos una de las condiciones siguientes:

- el interruptor automático situado aguas arriba A está coordinado tanto con el aparato B como con el C (no hace falta la coordinación entre los aparatos B y C);
- cada interruptor está coordinado con el interruptor inmediatamente aguas abajo; es decir, el interruptor A que se encuentra más aguas arriba está coordinado con el siguiente B que, a su vez, está coordinado con el interruptor C.

Tabla de coordinación para la protección de acompañamiento (back-up)

Interruptor automático aguas arriba	Poder de corte
E2L - E3L	130 [kA] (a 380/415 V)
Interruptor automático aguas abajo	Valores de acompañamiento
T4N	65 [kA]
T4S - T5N - S6N - E1B - E2B	85 [kA]
T4H - T5S/H - S6S/H - S7S/H - E1N - E2N	100 [kA]
T4L - T5L	130 [kA]



## Protección direccional

La protección direccional D se basa en la posibilidad de correlacionar el comportamiento del interruptor automático con la dirección de la corriente de defecto.

En función de la dirección de la corriente, es posible configurar dos tiempos de actuación diferentes en el relé SACE PR123, que son:

- un tiempo ( $t_{7Fw}$ ) en dirección acorde (Fw) con la dirección de referencia programada;
- un tiempo ( $t_{7Bw}$ ) en dirección discorde (Bw) con la dirección de referencia programada.

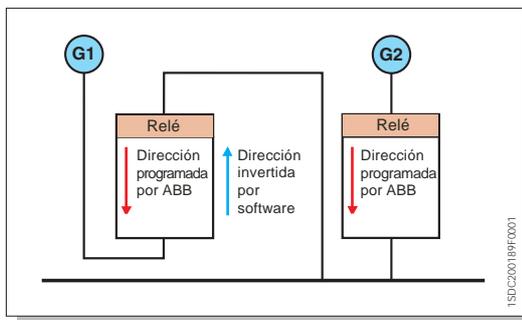
En el relé PR123 puede programarse un único umbral de corriente (I7).

Si la corriente de defecto es discorde (Bw) con la dirección de referencia programada, la protección intervendrá tras el alcance del umbral I7 en el tiempo programado  $t_{7Bw}$  (salvo que las funciones S e I estén configuradas de otra forma, de manera de actuar antes de la D).

Si la corriente de defecto es acorde (Fw) con la dirección de referencia programada, la protección intervendrá tras el alcance del umbral I7 en el tiempo programado  $t_{7Fw}$  (salvo que las funciones S e I estén configuradas de otra forma, de manera de actuar antes de la D).

Además, si la función I está habilitada y la corriente de cortocircuito es superior al valor I3 programado, el interruptor abrirá instantáneamente e independientemente de la dirección de la corriente.

La dirección de referencia programada por ABB es desde arriba del interruptor (zona donde está presente el relé) hacia abajo.



La figura anterior muestra la configuración real de los interruptores en la instalación. Con la flecha roja se indica la dirección de referencia programada de forma predeterminada en el interruptor.

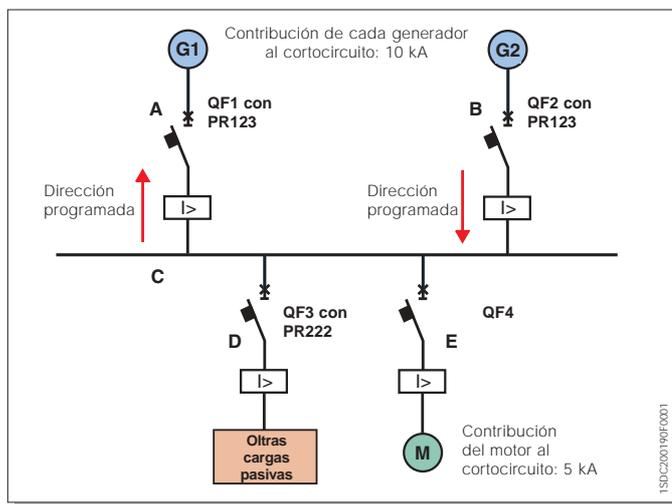
Si la dirección de alimentación del interruptor automático es desde arriba hacia abajo (alimentación desde G2), la dirección de referencia permanece la predeterminada por ABB.

Si la dirección de alimentación del interruptor automático es desde abajo hacia arriba (alimentación desde G1), el nuevo relé electrónico PR123 permite, actuando sobre su software, invertir la programación predeterminada.

Actuando de esta forma, todas las magnitudes medidas con el relé PR123 serán evaluadas tal y como realmente fluyen por la instalación. Además, en el esquema unifilar que representa la

instalación, la dirección de referencia para realizar un estudio de selectividad y considerar correctamente las direcciones de actuación Bw o Fw permanece siempre de arriba hacia abajo.

En el esquema unifilar puesto a un lado, las direcciones de referencia se indican de color rojo. Si se consideran los interruptores alimentados, tal como se describe en la figura anterior, se tiene que: para QF2 se trata de la dirección predeterminada, mientras que para QF1 es la dirección invertida por medio del software.



Suponiendo ahora unos valores numéricos para las corrientes de cortocircuito y algunos puntos de defecto, se tendrá:  
 para el interruptor automático QF1 en caso de defecto en el punto B, la corriente tendrá la dirección A-B, acorde con la dirección de referencia. De la misma manera, para un defecto en A, la dirección de la corriente será B-A, discorde con la dirección de referencia.  
 Las diferentes configuraciones pueden resumirse en la siguiente tabla:

Interruptor automático	Defecto en	Corriente medida [kA]	Dirección	Tiempo de actuación
QF1	A	15	Discorde	t7Bw
	B, C, D, E	10	Acorde	t7Fw
QF2	B	15	Discorde	t7Bw
	A, C, D, E	10	Acorde	t7Fw

En esta instalación se desea obtener la selectividad entre QF1, QF2, QF3 y QF4.

Analizando la tabla, se observa que el único caso en el que la corriente de defecto presenta dirección discorde respecto a la programada para el interruptor automático QF1 es para el defecto en el punto A. El interruptor automático QF1 ha de intervenir más rápidamente respecto a los otros interruptores automáticos, ya que es el más cercano al defecto. Luego, se debe programar el valor del tiempo de actuación t7Bw de QF1, tal y como se indica a continuación:

- un valor inferior al tiempo t7Fw del interruptor QF2, ya que para QF2 la dirección de la corriente de defecto en el punto A es acorde (Fw) con la dirección de referencia de QF2
- un valor inferior al tiempo "t2" de la protección "S", si está presente, para el relé del interruptor en caja moldeada QF4. La protección instantánea de QF4 deberá situarse en OFF o bien tener una configuración I3 superior al aporte para el cortocircuito suministrado por el motor.

Además, las funciones S e I de ambos interruptores QF1 y QF2 han sido configuradas de modo que no intervengan antes de la función D.

Análogamente a lo descrito para el interruptor automático QF1, para garantizar la selectividad, primero debe intervenir el interruptor automático QF2 (en el caso de defecto en B) y retrasar la actuación del mismo (en el caso de defectos en otros puntos de la instalación).

Las configuraciones disponibles para la protección direccional D, tanto Fw como Bw, son las siguientes:

$I_r=0,6...10xI_n$	(tolerancia $\pm 10\%$ )	escalón 0,1xI <sub>n</sub>
$t_r=0,20s...0,8s$	(tolerancia $\pm 20\%$ )	escalón 0,01s



# Protección direccional

## Selectividad de zona direccional D

Gracias a esta función es posible obtener selectividad también en las redes reticuladas y en las redes en anillo.

A través de la activación de la selectividad de zona para la función D (selectividad de zona direccional), que puede activarse [On] sólo cuando la selectividad de zona para las funciones S y G está desactivada [Off] y está presente una fuente de alimentación auxiliar, es posible coordinar el comportamiento de los diferentes dispositivos PR123, cableando de forma apropiada los buses de los relés.

De hecho, cada relé presenta 4 puertas:

- dos de entrada (una en dirección acorde y una en dirección discordo), mediante las cuales el relé recibe la señal de bloqueo procedente de otros relés
- dos de salida (una en dirección acorde y una en dirección discordo), mediante las cuales el relé envía la señal de bloqueo a otros relés.

Los interruptores que no reciben una señal de "bloqueo" (coordinada con la dirección de la corriente), lanzarán el mando de apertura en un tiempo equivalente al "tiempo de selectividad" de la selectividad de zona.

Los interruptores que reciben el "bloqueo", abrirán en los tiempos de retroceso (backward) o avance (forward) programados para la protección D, en base a la dirección de la corriente.

Si la función I está habilitada y la corriente de cortocircuito supera el valor programado ( $I_c$ ), el interruptor abrirá instantáneamente e independientemente de las direcciones y las señales recibidas.

Por razones de seguridad, el tiempo máximo de duración de la señal de bloqueo es de 200ms. Si ha transcurrido dicho tiempo y, por una razón cualquiera, los interruptores encargados de la apertura no lo han hecho, se interrumpirá la señal de bloqueo hacia los demás interruptores que gobernarán la apertura inmediata. En consecuencia, esta apertura se gobernará después de un tiempo máximo de 200ms.

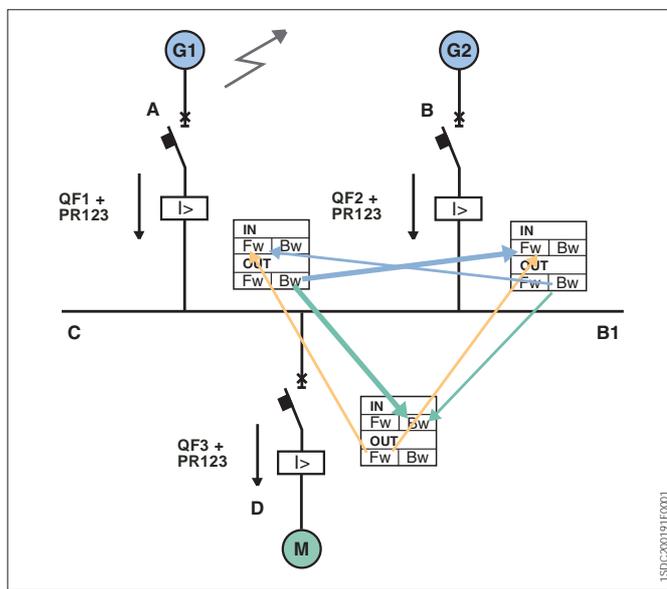
Para realizar el cableado puede utilizarse un cable bifilar apantallado trenzado (no incluido en el suministro; consultar con ABB). La pantalla debería estar conectada a tierra sólo con el relé del interruptor situado aguas arriba.

- Para la selectividad de zona direccional, la longitud máxima del cableado entre dos unidades es de 300 metros.
- El número máximo de interruptores automáticos que pueden conectarse en las salidas (OUT Bw o OUT Fw) de un relé es 3.
- El número máximo de interruptores automáticos que pueden conectarse en las entradas (IN Bw o IN Fw) de un relé es 20.

En el esquema siguiente, se ilustran las conexiones necesarias para permitir la transmisión de las señales de bloqueo. En particular, obsérvese que:

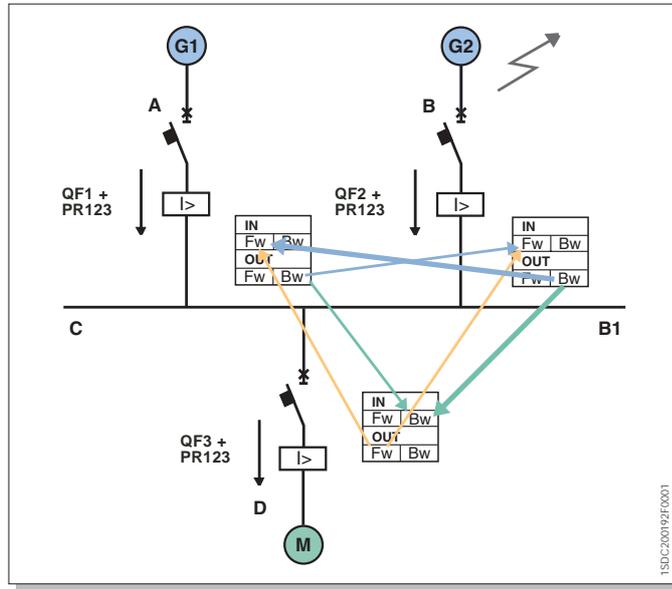
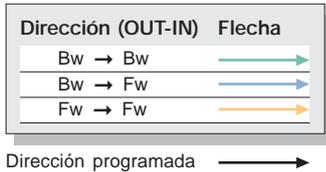
Dirección (OUT-IN)	Flecha
Bw → Bw	
Bw → Fw	
Fw → Fw	

Dirección programada



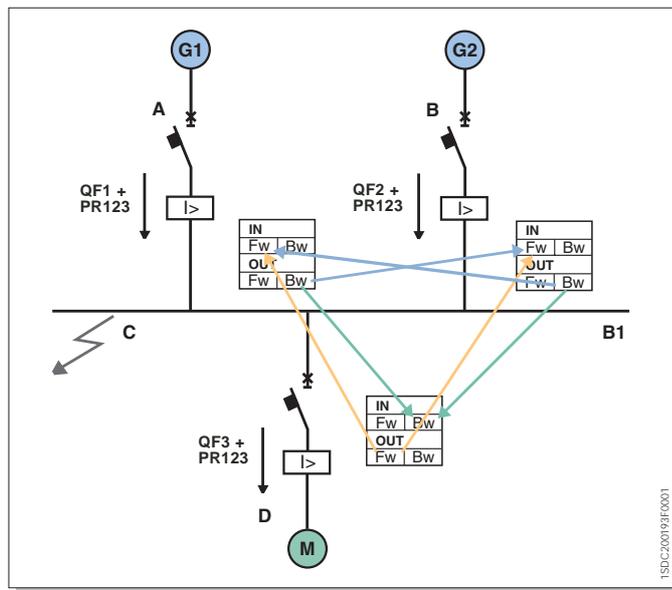
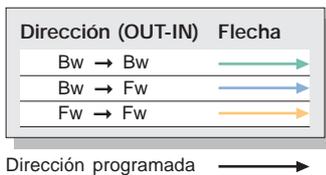
1) en caso de defecto en A, el interruptor automático QF1 está atravesado por una corriente procedente de la barra B1; dicha corriente tiene dirección discordo respecto a la programada. El bus OUT Bw de QF1 bloquea el bus IN Fw del interruptor automático QF2 y el bus IN Bw del interruptor automático QF3; de hecho, en caso de defecto en A, QF2 está recorrido por una corriente en dirección acorde respecto a la programada, mientras que QF3 está recorrido por una corriente discordo respecto a la programada (las señales de bloqueo activas han sido indicadas con flechas de mayor espesor).

2) en caso de defecto en B, el interruptor automático QF2 está atravesado por una corriente procedente de la barra B1; dicha corriente tiene dirección discorde respecto a la programada. El bus OUT Bw de QF2 bloquea el bus IN Fw del interruptor automático QF1 y el bus IN Bw del interruptor automático QF3: de hecho, QF1 está recorrido por una corriente en dirección acorde respecto a la programada, mientras que QF3 está recorrido por una corriente discorde respecto a la programada (las flechas de mayor espesor indican las señales de bloqueo activas).



Bw del interruptor automático QF3: de hecho, QF1 está recorrido por una corriente en dirección acorde respecto a la programada, mientras que QF3 está recorrido por una corriente discorde respecto a la programada (las flechas de mayor espesor indican las señales de bloqueo activas).

3) en caso de defecto en C, los interruptores automáticos QF1 y QF2 están atravesados por una corriente con dirección acorde respecto a la programada, mientras que QF3 está atravesado por una corriente discorde respecto a la programada. Sin embargo, ningún interruptor automático se encuentra bloqueado y, por lo tanto, todos intervendrán según el "tiempo de selectividad" (t7) programado.



por una corriente discorde respecto a la programada. Sin embargo, ningún interruptor automático se encuentra bloqueado y, por lo tanto, todos intervendrán según el "tiempo de selectividad" (t7) programado.

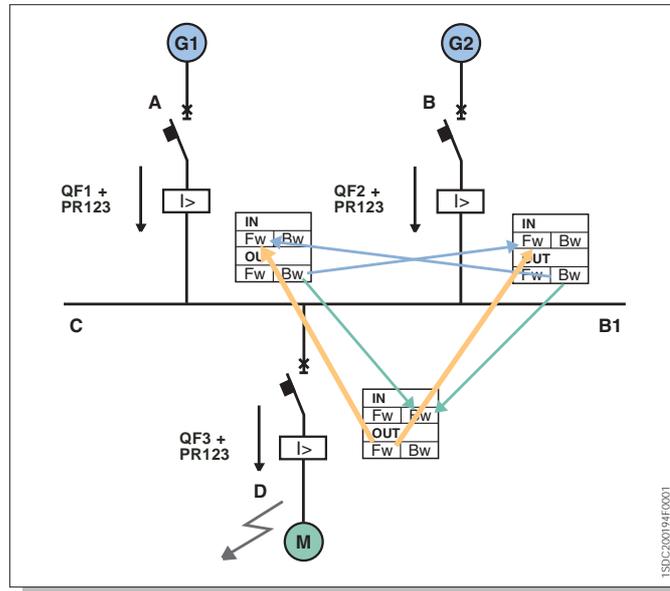


# Protección direccional

4) en caso de defecto en D, el interruptor automático QF3 está atravesado por una corriente procedente de la barra B1; dicha corriente tiene dirección acorde respecto a la programada.

Dirección (OUT-IN)	Flecha
Bw → Bw	
Bw → Fw	
Fw → Fw	

Dirección programada



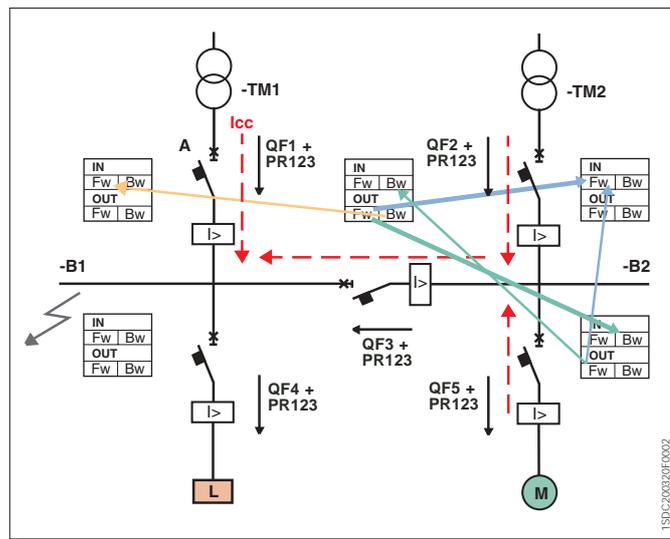
El bus OUT Fw de QF3 bloquea el bus IN Fw de los interruptores automáticos QF1 y QF2: de hecho, ambos están recorridos por corrientes de defecto acordes con la dirección programada (las flechas de mayor espesor indican las señales de bloqueo activas).

El siguiente ejemplo analiza una red en la cual está presente un acoplador y considera el comportamiento de los dispositivos de protección en presencia de algunos defectos:

1) Defecto en B1 con acoplador cerrado: sólo los interruptores automáticos QF1 y QF3 deben interrumpir el defecto: en particular, el interruptor automático QF3 está atravesado por una corriente procedente de la barra B2 (en consecuencia, en dirección acorde con la programada);

Dirección (OUT-IN)	Flecha
Fw → Fw	
Fw → Bw	
Bw → Fw	

Dirección programada



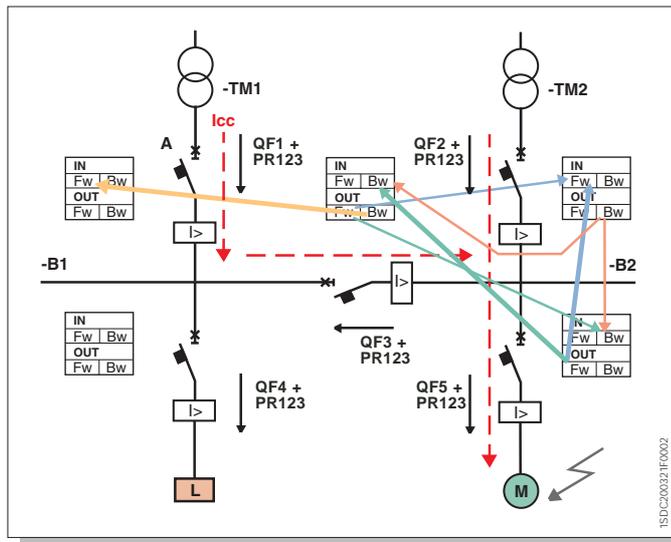
el bus OUT Fw envía una señal de bloqueo al bus IN Fw del interruptor automático QF2 (atravesado por una corriente procedente del transformador TM2; en consecuencia, en dirección acorde con la programada), y al bus IN Bw del interruptor automático QF5 (atravesado por una corriente procedente del motor; en consecuencia, en dirección discordante respecto a la programada).

6

2) Defecto en el motor: en este caso, sólo el interruptor automático QF5 puede interrumpir el defecto. El interruptor automático QF5 está atravesado por una corriente procedente de las barras B1 y B2, en dirección acorde respecto a la dirección programada; en consecuencia, el bus OUT Fw de QF5 bloquea tanto el bus IN Fw de QF2 (atravesado por una corriente procedente de TM2; en consecuencia, en dirección acorde con la programada) como el bus IN Bw de QF3 (atravesado por una corriente procedente de TM1; en consecuencia, en dirección disorde respecto a la programada). Análogamente, también el interruptor automático QF3 está atravesado por una corriente procedente de TM1 en dirección disorde a la dirección programada; en consecuencia, el bus OUT Bw de QF3 bloquea el bus IN Fw de QF1 (atravesado por una corriente procedente de TM1 y por tanto en dirección acorde respecto a la programada).

Dirección (OUT-IN)	Flecha
Fw → Fw	
Fw → Bw	
Bw → Bw	
Bw → Fw	

Dirección programada

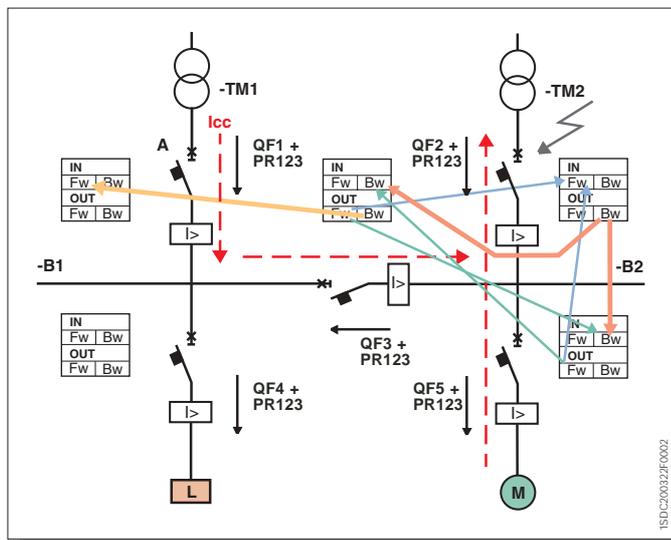


3) Defecto aguas arriba del transformador TM2: en este caso, sólo el interruptor automático QF2 puede interrumpir el defecto. El interruptor automático QF2 está atravesado por una corriente procedente de TM1 y del motor, en dirección disorde respecto a la programada; en consecuencia, el bus OUT Bw de QF2 bloquea:

- el bus IN Bw de QF5 (atravesado por una corriente procedente del motor y por tanto en dirección disorde respecto a la programada).
- el bus IN Bw de QF3 (atravesado por una corriente procedente de TM1 y por tanto en dirección disorde respecto a la programada).

Dirección (OUT-IN)	Flecha
Fw → Fw	
Fw → Bw	
Bw → Bw	
Bw → Fw	

Dirección programada



Análogamente, también el interruptor automático QF3 está atravesado por una corriente procedente de TM1 en dirección disorde a la dirección programada; en consecuencia, el bus OUT Bw de QF3 bloquea el bus IN Fw de QF1 (atravesado por una corriente procedente de TM1 y por tanto en dirección acorde respecto a la programada).

6

dirección disorde respecto a la programada).

Análogamente, también el interruptor automático QF3 está atravesado por una corriente procedente de TM1 en dirección disorde respecto a la dirección programada; en consecuencia, el bus OUT Bw bloquea el bus IN Fw de QF1 (atravesado por una corriente procedente de TM1 y por tanto en dirección acorde respecto a la programada).



# Protección contra los defectos a tierra

## Interruptores automáticos con protección "G"

Los interruptores automáticos dotados con relés que prevén la función de protección contra los defectos a tierra "G" se utilizan habitualmente en cabinas de distribución MT/BT para la protección de los trans-

formadores y de las líneas de distribución.

La función de protección "G" realiza la suma vectorial de las corrientes detectadas por los sensores de corriente en las fases y en el neutro. En un circuito sano dicha suma, denominada corriente residual, vale cero; en cambio, en presencia de un defecto a tierra, toma un valor que depende de la impedancia del bucle de defecto. La utilización de la función "G" resulta eficaz en los sistemas eléctricos TT, IT y TN-S y, sólo para la sección de la instalación con conductor neutro (N) derivado y separado del conductor PE, también en los sistemas TN-CS (sólo para el área TN-S).

La función de protección "G" no se emplea en los sistemas TN-C ya que, para estos sistemas, las funciones de neutro y de protección se obtienen mediante un único conductor.

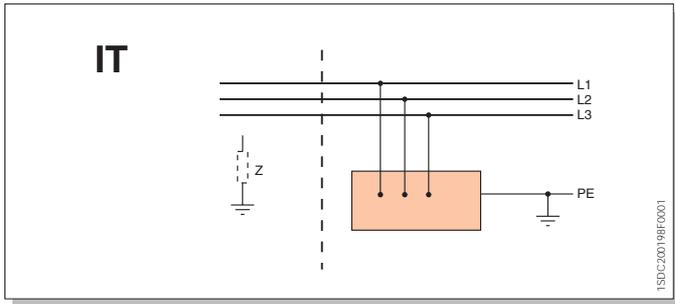
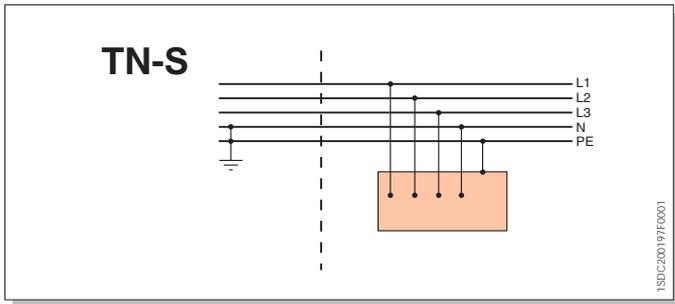
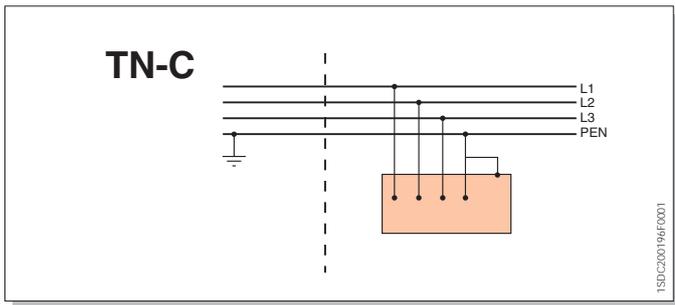
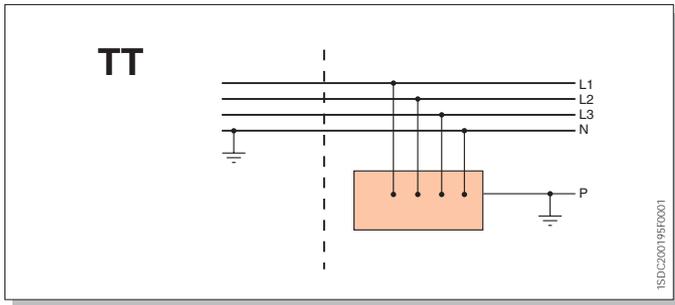
Los umbrales y los tiempos de actuación de la protección se pueden seleccionar en am-

plios intervalos gracias a lo cual es muy fácil realizar la selectividad incluso para este tipo de defecto respecto a los dispositivos de protección instalados aguas abajo; por lo tanto, se asegura la selectividad con relación a los relés diferenciales situados aguas abajo.

La función G de los relés PR121, PR122 y PR123 está dotada con curvas de energía específica pasante constante ( $I^2t = k$ ) y curvas de tiempo de actuación independiente de la corriente ( $t = k$ ).

La figura de la página siguiente muestra un ejemplo de una posible elección de los dispositivos de protección contra los defectos a tierra y de las regulaciones posibles.

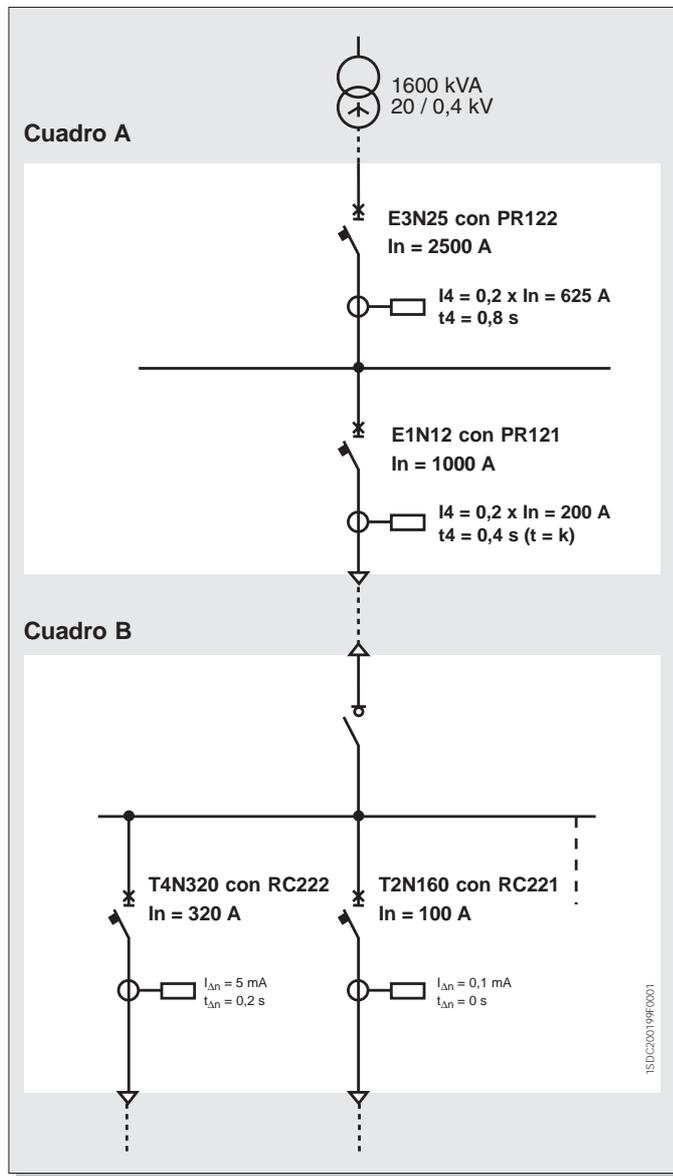
Las funciones de protección "G" de los interruptores automáticos del cuadro principal A intervienen selectivamente entre sí y respecto a las protecciones diferenciales situadas en los servicios de los cuadros de distribución B.



Ausencia de defecto	Defecto	Actuación antes de $t_d$
$I_d = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_N = 0$	$I_d = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_N \neq 0$	$I_d \geq I_d$

6

Ejemplo de selección de las protecciones contra los defectos a tierra y de las regulaciones correspondientes.





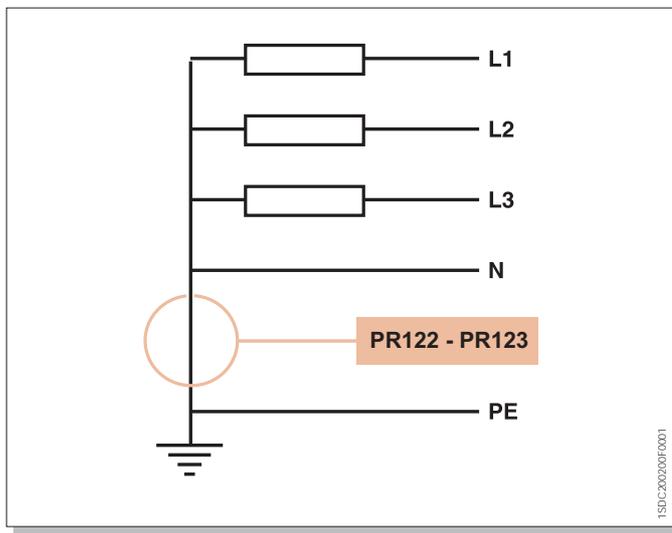
# Protección contra los defectos a tierra

## Uso de toroidal en el centro estrella del transformador

En el caso de interruptores de protección de transformadores MT/BT, se ha previsto la posibilidad de instalar un toroidal en el conductor que conecta a tierra el centro estrella del transformador (aplicación posible con la serie SACE Emax dotada con la gama de relés electrónicos PR122 y PR123). De esta manera, se detecta la corriente de defecto a tierra.

En la figura puesta a lado se indica el principio de funcionamiento del toroidal instalado en el centro estrella del transformador.

El uso de este accesorio permite desvincular el umbral de protección contra defecto a tierra (función G) del tamaño de los transformadores de corriente primarios instalados en las fases del interruptor. Para las principales características de la gama de toroidales, consultar la tabla de pág. 6/24.



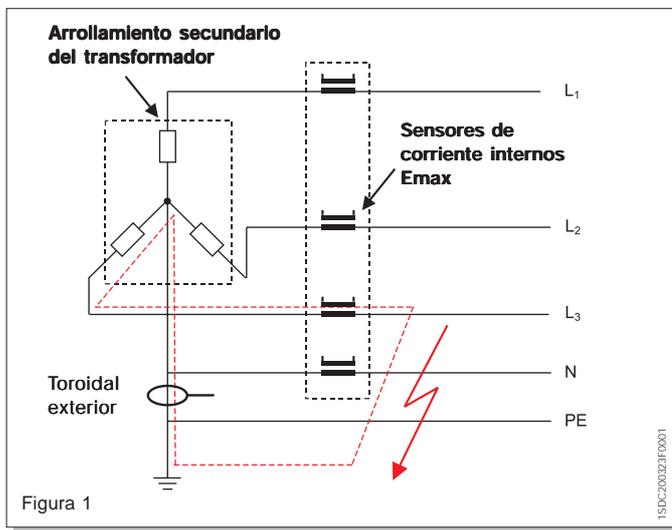
## Doble G

Los interruptores Emax con relé electrónico PR123 permiten disponer de dos curvas independientes para la protección G: una para la protección interna (función G sin toroidal exterior) y una para la protección externa (función G con toroidal exterior, tal y como ha sido descrito en el apartado anterior).

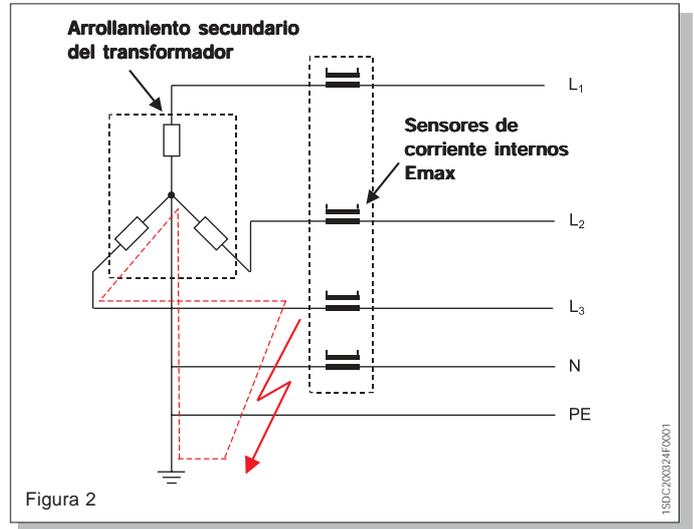
Una aplicación típica de la doble función G consiste en la protección simultánea, tanto contra los defectos a tierra del devanado secundario del transformador y de sus cables de conexión, hasta los terminales del interruptor (protección de tierra restringida), así como contra los defectos a tierra aguas abajo del interruptor (protección de tierra no restringida).

## Ejemplo

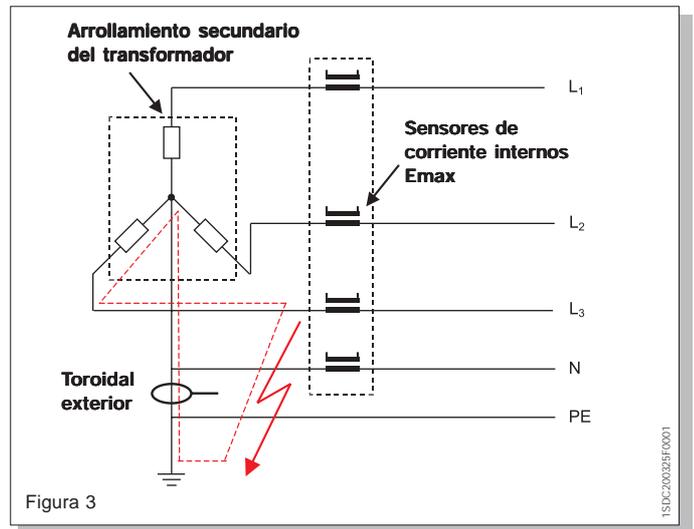
La figura 1 muestra un defecto a tierra aguas abajo de un interruptor Emax: la corriente de defecto recorre sólo una fase y, si la suma vectorial de las corrientes detectadas por los cuatro sensores de corriente (CS) resulta superior al umbral programado, el relé electrónico gobierna la actuación de la función G (haciendo intervenir el interruptor).



Con la misma configuración, un defecto aguas arriba del interruptor (figura 2) no provoca la actuación de la función G, ya que la corriente de defecto no involucra ni el sensor de corriente de la fase ni el del neutro.



El uso de la función "doble G" permite instalar un toroidal exterior, tal y como se indica en la figura 3, de manera de detectar también los defectos a tierra aguas arriba del interruptor Emax. En este caso se explota el contacto de alarma de la segunda G, de manera de gobernar la actuación del interruptor puesto en el primario y garantizar la no alimentación del defecto.





## Protección contra los defectos a tierra

Si, con la misma configuración que se muestra en la figura 3, el defecto se verificara aguas abajo del interruptor Emax, la corriente de defecto involucraría tanto el toroidal como los sensores de corriente en las fases. Para definir el interruptor que debe intervenir (interruptor de MT o de BT), se deberán coordinar los tiempos de actuación: en particular, se deberán configurar los tiempos de forma que la actuación del interruptor para la función G interna sea más rápida que la actualización de la señal de alarma procedente del toroidal exterior.

De esta forma, gracias a la selectividad cronométrica existente entre las dos funciones de protección G, antes de que el interruptor de MT puesto en el primario del transformador reciba el mando de actuación, el interruptor puesto en el lado BT está en condiciones de eliminar el defecto a tierra.

Obviamente, si el defecto resultara aguas arriba del interruptor de BT, se tendría sólo la apertura del interruptor posicionado en el lado MT.

En la tabla se indican las características principales de la gama de toroidales (disponibles sólo en versión cerrada).

### Características gama de toroidales

Corriente asignada	100 A, 250 A, 400 A, 800 A
Dimensiones exteriores del toroidal	
	P = 165 mm
	L = 160 mm
	H = 35 mm
Diámetro interno del toroidal	Ø = 112 mm

### Protección diferencial

Los interruptores automáticos Emax pueden estar equipados con un toroidal montado en la parte trasera del interruptor mismo, de manera de garantizar la protección contra los defectos a tierra.

En particular, los tipos de relés electrónicos capaces de garantizar esta función son:

- PR122/P L - S - I - Rc
- PR122/P L - S - I - G - con "módulo medidas"
- PR123/P L - S - I - G

Dichos relés pueden suministrarse con los siguientes tipos de interruptores automáticos: E2 y E3 (ambos en versión tripolar y tetrapolar) y E4 (sólo en versión tripolar).

Gracias a la amplia gama de configuraciones, estos relés electrónicos con protección diferencial resultan apropiados para aplicaciones en las cuales se desee realizar un sistema de protección diferencial coordinado para los diversos niveles de distribución, desde el cuadro principal hasta el servicio final.

Está especialmente indicado tanto para la protección diferencial de baja sensibilidad, por ejemplo en cadenas selectivas parciales (amperimétrica) o totales (cronométrica), como para aplicaciones de alta sensibilidad para proteger a las personas como protección complementaria contra los contactos directos.

Estos relés electrónicos para protección diferencial son apropiados para el empleo de los mismos en presencia de:

- corrientes de tierra alternas (tipo AC)
- corrientes de tierra alternas o corrientes continuas pulsantes (tipo A).

La tabla siguiente muestra las principales características técnicas de la protección diferencial:

Sensibilidad $I_{\Delta n}$	[A]	0,3-0,5-0,7-1-2-3 (dip en posición 0,1) 3-5-7-10-20-30 (dip en posición 1)
Tiempo de actuación	[s]	0,06-0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,8-1-3-5
Tipo		AC y A

## Uso de los relés diferenciales electrónicos para cuadro SACE RCQ

Los interruptores automáticos de la familia SACE Emax con corriente asignada hasta 2000 A se pueden combinar, si están equipados con relé de apertura, con el relé diferencial del cuadro SACE RCQ con toroidal separado (se tiene que instalar exteriormente en los conductores de línea); permiten detectar corrientes de dispersión hacia tierra para valores comprendidos entre 0,03 y 30 A.

El relé de cuadro SACE RCQ, gracias a su amplia gama de regulaciones, es apropiado para aplicaciones en las cuales se desea realizar un sistema de protección diferencial coordinado con los diferentes niveles de distribución, desde el cuadro principal hasta los servicios finales.

Está especialmente indicado tanto para la protección diferencial de baja sensibilidad, por ejemplo en cadenas selectivas parciales (amperimétrica) o totales (cronométrica), como para aplicaciones de alta sensibilidad para proteger a las personas como protección complementaria contra los contactos directos.

Cuando la tensión de alimentación auxiliar cae, interviene el mando de apertura tras un tiempo mínimo de 100 ms y tras un tiempo programado superior a 100 ms.

El relé SACE RCQ puede usarse en presencia de corriente de tierra únicamente alterna (tipo AC), para corriente alterna o continua pulsante (Tipo A) y es adecuado para realizar la selectividad diferencial.

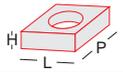
El relé SACE RCQ es de tipo de acción indirecta y actúa en el mecanismo de disparo del interruptor mediante el relé de apertura del interruptor (suministrado bajo demanda) que se debe instalar en el mismo interruptor.

En la tabla siguiente se indican las características principales del relé SACE RCQ.

### Relé diferencial de cuadro SACE RCQ

Tensión de alimentación	AC	[V]	80 ... 500
	DC	[V]	48 ... 125
Regulación del umbral de actuación $I\Delta n$			
- 1ª gama de regulaciones	[A]		0,03 - 0,05 - 0,1 - 0,3 - 0,5
- 2ª gama de regulaciones	[A]		1 - 3 - 5 - 10 - 30
Regulación de los tiempos de actuación 1a gama [s]			0 - 0,05 - 0,1 - 0,25
Regulación de los tiempos de actuación 2a gama [s]			0,5 - 1 - 2,5 - 5
Gama de empleo de los transformadores cerrados			
- Transformador toroidal $\varnothing$ 60mm	[A]		0,03 ... 30
- Transformador toroidal $\varnothing$ 110mm	[A]		0,03 ... 30
Gama de empleo de los transformadores abribles			
- Transformador toroidal $\varnothing$ 110mm	[A]		0,3 ... 30
- Transformador toroidal $\varnothing$ 180mm	[A]		0,1 ... 30
- Transformador toroidal $\varnothing$ 230mm	[A]		0,1 ... 30
Dimensiones L x H x P	[mm]		96 x 96 x 131,5
Taladrado para montaje en la puerta	[mm]		92 x 92

### Dimensiones del toroidal exterior para SACE RCQ

Dimensiones exteriores del toroidal	Cerrado	Partido			
 P [mm]	94	165	166	241	297
L [mm]	118	160	200	236	292
H [mm]	81	40	81	81	81
Diámetro interior $\varnothing$ [mm]	60	110	110	180	230



# Maniobra y protección de los transformadores

## Generalidades

Para la protección del lado BT de los transformadores MT/BT, los interruptores automáticos se tienen que elegir teniendo en cuenta:

- la corriente asignada del transformador protegido, lado BT, del cual dependen la capacidad de corriente del interruptor automático y la regulación de las protecciones;
- la corriente de cortocircuito en el punto de instalación, que determina el poder de corte mínimo del aparato de protección.

## Cabina MT-BT con un sólo transformador

La corriente asignada del transformador, lado BT, se determina mediante la siguiente fórmula

$$I_n = \frac{S_n \times 10^3}{\sqrt{3} \times U_{20}}$$

con

$S_n$  = potencia asignada del transformador, en kVA

$U_{20}$  = tensión asignada secundaria (en vacío) del transformador, en V

$I_n$  = corriente asignada del transformador, lado BT, en A (valor eficaz)

La corriente de cortocircuito trifásica con plena tensión, en los bornes de BT del transformador, se calcula con la siguiente fórmula (con la hipótesis de potencia de cortocircuito infinita en el primario).

$$I_{cc} = \frac{I_n \times 100}{V_{cc}\%}$$

donde:

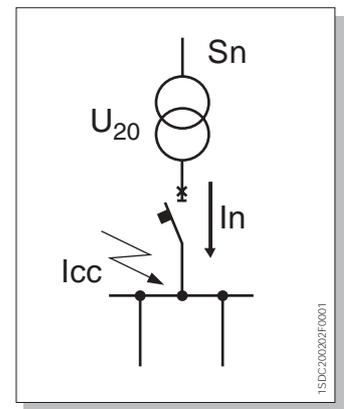
$V_{cc} \%$  = tensión de cortocircuito del transformador en %

$I_n$  = corriente asignada, lado BT, en A (valor eficaz)

$I_{cc}$  = corriente de cortocircuito trifásica, lado BT, en A (valor eficaz)

Si el interruptor automático se encuentra instalado a una cierta distancia del transformador mediante una conexión con cable o barra, la corriente de cortocircuito se reduce, respecto a los valores determinados mediante la fórmula precedente, en función de la impedancia de la conexión.

En la realidad, a diferencia de lo indicado anteriormente, el valor de cortocircuito suministrado por el transformador depende también de la potencia de cortocircuito de la red  $S_c$  a la que se ha conectado el transformador.



1SDC200202F0001

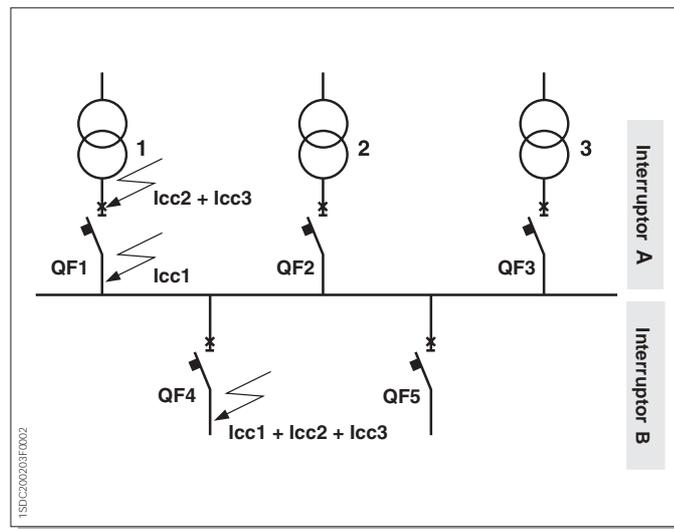
## Cabina MT-BT con diversos transformadores múltiples conectados en paralelo

Para calcular la corriente asignada del transformador vale lo indicado anteriormente.

El poder de corte mínimo de cada interruptor automático de protección lado BT tiene que ser superior al mayor de los siguientes valores (el ejemplo corresponde a la máquina 1 de la figura y vale para las tres máquinas en paralelo):

- $I_{cc1}$  (corriente de cortocircuito del transformador 1) en caso de defecto inmediatamente aguas abajo del interruptor automático QF1;
- $I_{cc2} + I_{cc3}$  ( $I_{cc2}$  e  $I_{cc3}$  = corrientes de cortocircuito de los transformadores 2 y 3) en caso de cortocircuito aguas arriba del interruptor automático QF1.

Los interruptores automáticos QF4 y QF5 en las salidas han de poseer un poder de corte superior a  $I_{cc1} + I_{cc2} + I_{cc3}$ ; naturalmente el aporte a la corriente de cortocircuito de cada transformador depende de la potencia de cortocircuito de la red a la que se ha conectado y de la línea de conexión transformador-interruptor automático (que se debe determinar caso por caso).



# Maniobra y protección de los transformadores

## Maniobra y protección de los transformadores Sc/Pcc=750MVA Un=400V

Diagrama	Potencia del transformador				Interruptor automático A (lado BT)			Interruptor automático B (salida línea servicios)								
	S <sub>r</sub> [kVA]	V <sub>cc</sub> %	Transf. I <sub>r</sub> [A]	Barra I <sub>b</sub> [A]	Salida transf. I <sub>cc</sub> [kA]	Tipo	Relé talla	Barra I <sub>cc</sub> [kA]	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
	1x500	4	722	722	17,7	<b>E1B 800</b>	In=800	17,7	E1B08*							
	1x630	4	909	909	22,3	<b>E1B 1000</b>	In=1000	22,3	E1B08*							
	1x800	5	1155	1155	22,6	<b>E1B 1250</b>	In=1250	22,6	E1B08*							
	1x1000	5	1443	1443	28,1	<b>E1B 1600</b>	In=1600	28,1	E1B08*	E1B10*	E1B12*					
	1x1250	5	1804	1804	34,9	<b>E2B 2000</b>	In=2000	34,9	E1B08*	E1B10*	E1B12*	E1B16*				
	1x1600	6,25	2309	2309	35,7	<b>E3N 2500</b>	In=2500	35,7	E1B08*	E1B10*	E1B12*	E1B16*	E2B20*			
	1x2000	6,25	2887	2887	44,3	<b>E3N 3200</b>	In=3200	44,3	E1N08*	E1N10*	E1N12*	E1N16*	E2N20*	E3N25*		
	1x2500	6,25	3608	3608	54,8	<b>E4S 4000</b>	In=4000	54,8	E2N10*	E2N10*	E2N12*	E2N16*	E2N20*	E3N25*	E3N32*	
	1x3125	6,25	4510	4510	67,7	<b>E6H 5000</b>	In=5000	67,7	E2S08*	E2S10*	E2S12*	E2S16*	E2S20*	E3S25*	E3S32*	E4S40

Diagrama	Potencia del transformador				Interruptor automático A (lado BT)			Interruptor automático B (salida línea servicios)								
	S <sub>r</sub> [kVA]	V <sub>cc</sub> %	Transf. I <sub>r</sub> [A]	Barra I <sub>b</sub> [A]	Salida transf. I <sub>cc</sub> [kA]	Tipo	Relé talla	Barra I <sub>cc</sub> [kA]	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
	2x500	4	722	1444	17,5	<b>E1B 800</b>	In=800	35,9	E1B08*							
	2x630	4	909	1818	21,8	<b>E1B 1000</b>	In=1000	43,6	E1N08*	E1N10*	E1N12*	E1N16*				
	2x800	5	1155	2310	22,1	<b>E1B 1250</b>	In=1250	44,3	E1N08*	E1N10*	E1N12*	E1N16*	E2N20*			
	2x1000	5	1443	2886	27,4	<b>E1B 1600</b>	In=1600	54,8	E2N10*	E2N10*	E2N12*	E2N16*	E2N20*	E3N25*		
	2x1250	5	1804	3608	33,8	<b>E2B 2000</b>	In=2000	67,7	E2S08*	E2S10*	E2S12*	E2S16*	E2S20*	E3S25*	E3S32*	
	2x1600	6,25	2309	4618	34,6	<b>E3N 2500</b>	In=2500	69,2	E2S08*	E2S10*	E2S12*	E2S16*	E2S20*	E3S25*	E3S32*	E4S40
	2x2000	6,25	2887	5774	42,6	<b>E3N 3200</b>	In=3200	85,1	E3H08*	E3H10*	E3H12*	E3H16*	E3H20*	E3H25*	E3H32*	E4H40

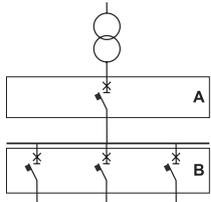
Diagrama	Potencia del transformador				Interruptor automático A (lado BT)			Interruptor automático B (salida línea servicios)								
	S <sub>r</sub> [kVA]	V <sub>cc</sub> %	Transf. I <sub>r</sub> [A]	Barra I <sub>b</sub> [A]	Salida transf. I <sub>cc</sub> [kA]	Tipo	Relé talla	Barra I <sub>cc</sub> [kA]	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
	3x630	4	909	2727	42,8	<b>E1N 1000</b>	In=1000	64,2	E2N10*	E2N10*	E2N12*	E2N16*	E2N20*	E3N25*		
	3x800	5	1155	3465	43,4	<b>E1N 1250</b>	In=1250	65	E2N10*	E2N10*	E2N12*	E2N16*	E2N20*	E3N25*		
	3x1000	5	1443	4329	53,5	<b>E2N 1600</b>	In=1600	80,2	E2S08*	E2S10*	E2S12*	E2S16*	E2S20*	E3H25*	E3H32*	
	3x1250	5	1804	5412	65,6	<b>E2S 2000</b>	In=2000	98,4	E3H08*	E3H10*	E3H12*	E3H16*	E3H20*	E3H25*	E3H32*	E4H40
	3x1600	6,25	2309	6927	67	<b>E3S 2500</b>	In=2500	100,6	E3V08*	E3V12*	E3V12*	E3V16*	E3V20*	E3V25*	E3V32*	E4V40

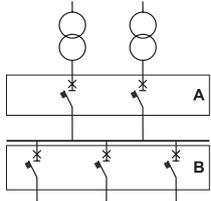
### ¡ATENCIÓN!

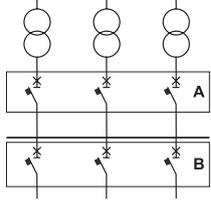
La tabla se refiere a las condiciones especificadas en la página precedente: las indicaciones para la selección de los interruptores automáticos sólo se dan en función de la corriente de utilización y de la corriente prevista de cortocircuito. Para una selección correcta se han de considerar otros factores, como la selectividad, la protección de acompañamiento, la decisión de utilizar interruptores automáticos limitadores, etc. Por lo tanto, es indispensable un control puntual por parte de los proyectistas.

Los tipos de interruptores propuestos son todos de la serie SACE Emax; para las prestaciones marcadas con un asterisco (\*), es posible elegir un modelo de la gama de los interruptores en caja moldeada de la serie Tmax o Isomax. Además, hay que tener presente que las corrientes de cortocircuito indicadas en la tabla se han determinado suponiendo una potencia de 750 MVA aguas arriba de los transformadores y sin tener en cuenta las impedancias de las barras y de las conexiones con los interruptores automáticos.

## Maniobra y protección de los transformadores Sc/Pcc=750MVA Un=690V

	Potencia del transformador				Interruptor automático A (lado BT)			Interruptor automático B (salida línea servicios)										
	$S_r$	$V_{cc}$	Transf. $I_r$	Barra $I_b$	Salida transf. $I_{cc}$	Tipo	Relé	Barra $I_{cc}$										
	[kVA]	%	[A]	[A]	[kA]		talla	[kA]	400A	630A	800A	1000A	1250A	1600A	2000A	2500A	3200A	4000A
1x500	4	418	418	10,3	<b>E1B 800</b>	In=630	10,3	E1B08*										
1x630	4	527	527	12,9	<b>E1B 800</b>	In=630	12,9	E1B08*										
1x800	5	669	669	13,1	<b>E1B 800</b>	In=800	13,1	E1B08* E1B08*										
1x1000	5	837	837	16,3	<b>E1B 1000</b>	In=1000	16,3	E1B08* E1B08* E1B08*										
1x1250	5	1046	1046	20,2	<b>E1B 1250</b>	In=1250	20,2	E1B08* E1B08* E1B08*										
1x1600	6,25	1339	1339	20,7	<b>E1B 1600</b>	In=1600	20,7	E1B08* E1B08* E1B08* E1B10* E1B12*										
1x2000	6,25	1673	1673	25,7	<b>E2B 2000</b>	In=2000	25,7	E1B08* E1B08* E1B08* E1B10* E1B12* E2B16*										
1x2500	6,25	2092	2092	31,8	<b>E3N 2500</b>	In=2500	31,8	E1B08* E1B08* E1B08* E1B10* E1B12* E2B16*										
1x3125	6,25	2615	2615	39,2	<b>E3N 3200</b>	In=3200	39,2	E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B20*										

	Potencia del transformador				Interruptor automático A (lado BT)			Interruptor automático B (salida línea servicios)										
	$S_r$	$V_{cc}$	Transf. $I_r$	Barra $I_b$	Cavo transf. $I_{cc}$	Tipo	Relé	Barra $I_{cc}$										
	[kVA]	%	[A]	[A]	[kA]		talla	[kA]	400A	630A	800A	1000A	1250A	1600A	2000A	2500A	3200A	4000A
2x500	4	418	837	10,1	<b>E1B800</b>	In=630	20,2	E1B08* E1B08*										
2x630	4	527	1054	12,6	<b>E1B800</b>	In=630	25,3	E1B08* E1B08* E1B08*										
2x800	5	669	1339	12,8	<b>E1B800</b>	In=800	25,7	E1B08* E1B08* E1B08* E1B10*										
2x1000	5	837	1673	15,9	<b>E1B1000</b>	In=1000	31,8	E1B08* E1B08* E1B08* E1B10* E1B12*										
2x1250	5	1046	2092	19,6	<b>E1B1250</b>	In=1250	39,2	E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16*										
2x1600	6,25	1339	2678	20,1	<b>E1B1600</b>	In=1600	40,1	E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B20*										
2x2000	6,25	1673	3347	24,7	<b>E2B2000</b>	In=2000	49,3	E2N10* E2N10* E2N10* E2N10* E2N12* E2N16* E2N20* E3N25*										

	Potencia del transformador				Interruptor automático A (lado BT)			Interruptor automático B (salida línea servicios)										
	$S_r$	$V_{cc}$	Transf. $I_r$	Barra $I_b$	Salida transf. $I_{cc}$	Tipo	Relé	Barra $I_{cc}$										
	[kVA]	%	[A]	[A]	[kA]		talla	[kA]	400A	630A	800A	1000A	1250A	1600A	2000A	2500A	3200A	4000A
3x630	4	527	1581	24,8	<b>E1B800</b>	In=630	37,2	E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16*										
3x800	5	669	2008	25,2	<b>E1B800</b>	In=800	37,7	E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16* E2B16*										
3x1000	5	837	2510	31,0	<b>E1B1000</b>	In=1000	46,5	E2N10* E2N10* E2N10* E2N10* E2N12* E2N16* E2N20*										
3x1250	5	1046	3138	38,0	<b>E2B1600</b>	In=1600	57,1	E2S08* E2S08* E2S08 E2S10* E2S12 E2S16 E2S20 E3N25										
3x1600	6,25	1339	4016	38,9	<b>E2B1600</b>	In=1600	58,3	E2S08* E2S08* E2S08 E2S10* E2S12 E2S16 E2S20 E3N25 E3N32										
3x2000	6,25	1673	5020	47,5	<b>E2N2000</b>	In=2000	71,2	E3S10* E3S10* E3S10* E3S10* E3S12 E3S16 E3S20 E3S25 E3S32 E4S40										

### ¡ATENCIÓN!

La tabla se refiere a las condiciones especificadas en la página precedente; las indicaciones para la selección de los interruptores automáticos sólo se dan en función de la corriente de utilización y de la corriente prevista de cortocircuito. Para una selección correcta se han de considerar otros factores, como la selectividad, la protección de acompañamiento, la decisión de utilizar interruptores automáticos limitadores, etc. Por lo tanto, es indispensable un control puntual por parte de los proyectistas.

Los tipos de interruptores propuestos son todos de la serie SACE Emax; para las prestaciones marcadas con un asterisco (\*), es posible elegir un modelo de la gama de los interruptores en caja moldeada de la serie Tmax o Isomax. Además, hay que tener presente que las corrientes de cortocircuito indicadas en la tabla se han determinado suponiendo una potencia de 750 MVA aguas arriba de los transformadores y sin tener en cuenta las impedancias de las barras y de las conexiones con los interruptores automáticos.



# Protección de las líneas

Para seleccionar los interruptores de maniobra y protección de líneas, es necesario conocer los siguientes parámetros:

- la corriente de utilización de la línea  $I_B$
- la capacidad de corriente en régimen permanente de la línea  $I_z$
- la sección  $S$  y el material de aislamiento del cable con correspondiente constante  $K$
- la corriente de cortocircuito  $I_{cc}$  en el punto de instalación del interruptor automático.

El dispositivo de protección seleccionado ha de poseer un poder de corte ( $I_{cu}$  o  $I_{cs}$  a la tensión de instalación) mayor o igual al valor de cortocircuito en el punto de aplicación; además, las características de funcionamiento del dispositivo seleccionado han de respetar las siguientes condiciones:

## Protección contra sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

donde

$I_B$  es la corriente de empleo del circuito;

$I_z$  es la capacidad de corriente en régimen permanente de la línea;

$I_n$  es la corriente asignada regulada del dispositivo de protección;

$I_f$  es la corriente que asegura el funcionamiento efectivo del dispositivo de protección.

Gracias a la amplia gama de configuración de los relés SACE PR121-PR122-PR123 es muy fácil respetar todo lo citado anteriormente.

## Protección contra cortocircuitos

Suponiendo que el calentamiento de los conductores durante el paso de la corriente de cortocircuito sea adiabático, se debe respetar la fórmula siguiente:

$$(I^2t) \leq (K^2S^2)$$

es decir, la energía específica pasante ( $I^2t$ ) del interruptor automático debe ser inferior o igual a la energía específica ( $K^2S^2$ ) soportada por el cable.

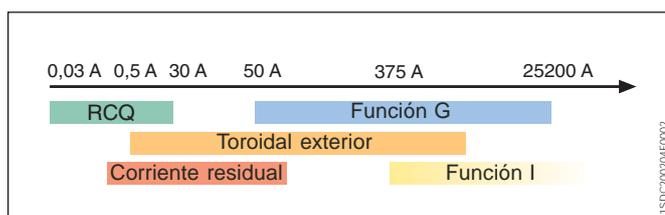
También se ha de controlar que el interruptor automático intervenga dentro de los límites indicados por la normativa internacional para el valor mínimo de la corriente de cortocircuito a final de línea.

Como corriente de cortocircuito mínima se considera la correspondiente a un cortocircuito que se produce entre fase y neutro (o entre fase y fase si el conductor de neutro no está distribuido) en el punto más lejano de la línea.

## Protección contra los contactos indirectos

En caso de defecto que afecte a una fase y una parte de la instalación que normalmente no está bajo tensión, es necesario controlar que el interruptor automático actúe dentro de los tiempos indicados por la normativa internacional para valores de corriente inferiores o iguales a la corriente de defecto.

En función del valor de dicha corriente es posible intervenir utilizando la función I del relé, la función G o, para valores muy bajos, el dispositivo RCQ.



La figura representa la función del relé electrónico o dispositivo que debe utilizarse en función del valor de la corriente de defecto.

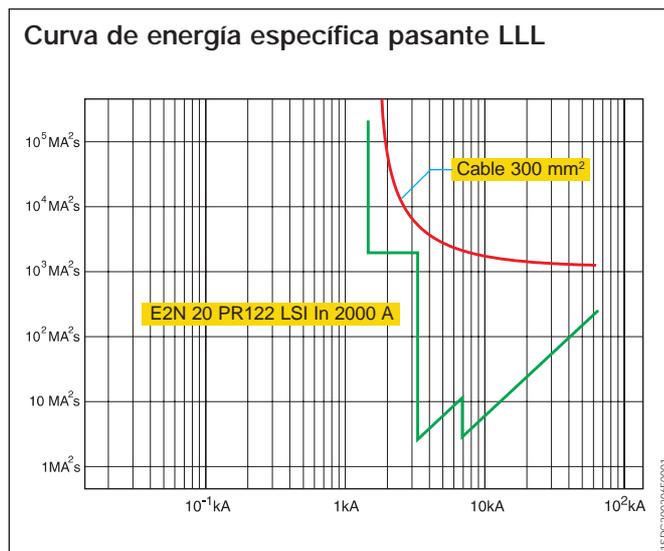
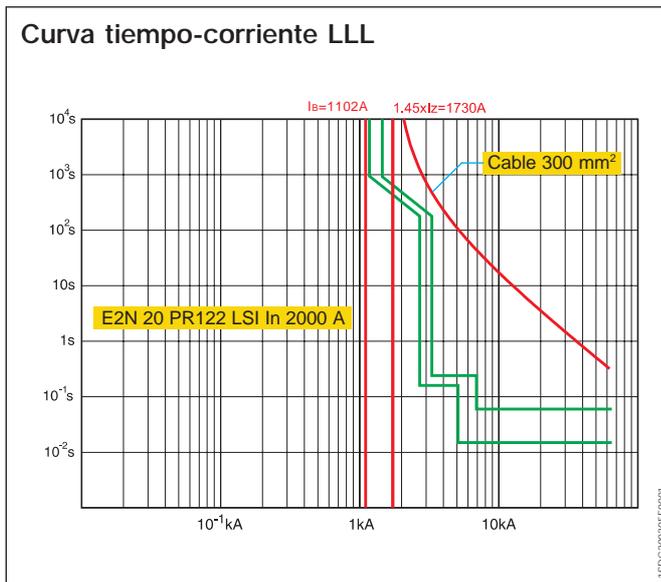
### Nota

En lo referente a lo requerido por las Normas IEC 60364-4-43, según las cuales la protección contra sobrecargas ha de tener una corriente de actuación  $I_z$  que asegure el funcionamiento para un valor inferior a  $1,45 I_z$  ( $I_f < 1,45 I_z$ ), la misma está garantizada siempre ya que los interruptores automáticos SACE Emax son conformes con las Normas CEI EN 60947-2 y dicho valor es  $1,3 I_n$ .

Ejemplo:

En una instalación con  $U_n=400V$  e  $I_{cc}=45kA$ , una carga de  $I_b=1102A$  está alimentada con 4 cables en paralelo y aislados en EPR por  $300mm^2$  e  $I_z=1193A$ .

Mediante las oportunas regulaciones, el interruptor automático E2N2000  $I_n = 2000 A$  equipado con relé electrónico PR122, permite proteger el cable respetando las condiciones anteriormente indicadas, que se muestran en las gráficas siguientes.



#### Nota

Para la protección contra los contactos indirectos puede ser necesario relacionar la regulación de la protección contra cortocircuito con la longitud de la línea protegida: para los procedimientos de cálculo, utilizar el Kit de reglas y el software DOCWin. Se tiene que prestar una atención especial a la coordinación selectiva de los interruptores en serie para limitar al mínimo los inconvenientes en caso de defecto.



## Maniobra y protección de los generadores

Los generadores de baja tensión para los que está indicada la utilización de los interruptores automáticos Emax, se utilizan en las siguientes aplicaciones:

- A - generadores de reserva para servicios esenciales
- B - generadores con funcionamiento aislado
- C - generadores de pequeñas centrales conectados en paralelo con otros generadores y, eventualmente, con la red.

En los casos A y B, el generador no funciona en paralelo con la red: la corriente de cortocircuito depende, por lo tanto, del mismo generador y, eventualmente, de los servicios conectados.

En el caso C, el poder de corte se tiene que determinar mediante la evaluación de la corriente de cortocircuito impuesta por la red en el punto de instalación del interruptor.

Para la protección de los generadores, los puntos principales que se deben controlar son:

- la corriente de cortocircuito suministrada por el generador; dicha evaluación requiere el conocimiento de las reactancias y las constantes de tiempo típicas de la máquina. Se recuerda que, normalmente, se requieren bajas regulaciones de la protección contra cortocircuito ( $2\div 4$  veces  $I_n$ );
- el límite de sobrecarga térmica de la máquina que según la norma IEC 60034-1 se establece en  $1,5 \times I_n$  para un tiempo de 30 segundos.

Para un cálculo preciso, utilizar el programa DOCWin o documentación especializada.

Gracias a la amplia gama de regulación ofrecida por los relés de microprocesador:

PR121 Umbral I (de 1,5 a 15) x  $I_n$  Umbral S (de 1 a 10) x  $I_n$   
PR122 Umbral I (de 1,5 a 15) x  $I_n$  Umbral S (de 0,6 a 10) x  $I_n$   
PR123 Umbral I (de 1,5 a 15) x  $I_n$  Umbral S (de 0,6 a 10) x  $I_n$

los interruptores automáticos SACE Emax están especialmente indicados para la protección de grandes generadores frente a la corriente de cortocircuito y al límite de sobrecarga térmica.

## Tabla de selección de los interruptores automáticos de protección de los generadores

En la tabla se indican las corrientes asignadas de los interruptores automáticos en función de las características eléctricas de los generadores; para seleccionar el interruptor automático hay que definir el poder de corte requerido por la aplicación. Los relés electrónicos de protección disponibles son adecuados para todas las exigencias.

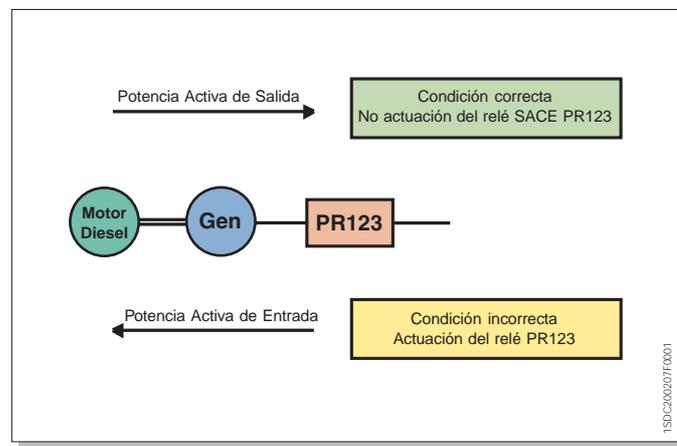
Frecuencia 50 Hz - Tensión 400 V				Frecuencia 60 Hz - Tensión 450 V		
Potencia asignada del generador	Potencia asignada del generador [kVA]	Corriente asignada del interruptor automático [A]	Corriente asignada del generador [A]	Potencia asignada del generador [kVA]	Corriente asignada del interruptor automático [A]	Corriente [A]
	630	909	<b>1000</b>	760	975	<b>1000</b>
	710	1025	<b>1250</b>	850	1091	<b>1250</b>
	800	1155	<b>1250</b>	960	1232	<b>1250</b>
	900	1299	<b>1600</b>	1080	1386	<b>1600</b>
	1000	1443	<b>1600</b>	1200	1540	<b>1600</b>
	1120	1617	<b>2000</b>	1344 - 1350	1724 - 1732	<b>2000</b>
	1250	1804	<b>2000</b>	1500	1925	<b>2000</b>
	1400	2021	<b>2500</b>	1650 - 1680 - 1700	2117 - 2155 - 2181	<b>2500</b>
	1600	2309	<b>2500</b>	1920 - 1900	2463 - 2438	<b>2500</b>
	1800	2598	<b>3200</b>	2160 - 2150	2771 - 2758	<b>3200</b>
	2000	2887	<b>3200</b>	2400	3079	<b>3200</b>
	2250	3248	<b>4000</b>	2700	3464	<b>4000</b>
	2500	3608	<b>4000</b>	3000	3849	<b>4000</b>
	2800	4041	<b>5000</b>	3360	4311	<b>5000</b>
	3150	4547	<b>5000</b>	3780	4850	<b>5000</b>
	3500	5052	<b>6300</b>	4200	5389	<b>6300</b>



# Maniobra y protección de los generadores

## Protección contra inversión de potencia RP

La protección contra inversión de potencia interviene cuando la potencia activa entra en el generador y no sale como en las condiciones normales. El retorno de potencia se produce si se presenta una brusca reducción de la potencia mecánica suministrada por el motor primario que arrastra el generador; en estas condiciones el generador funciona como motor y se pueden producir graves daños a los motores primarios, como recalentamiento de las turbinas de vapor, golpe de vacío de las turbinas hidráulicas o explosiones del gasóleo sin quemar en los motores Diesel.



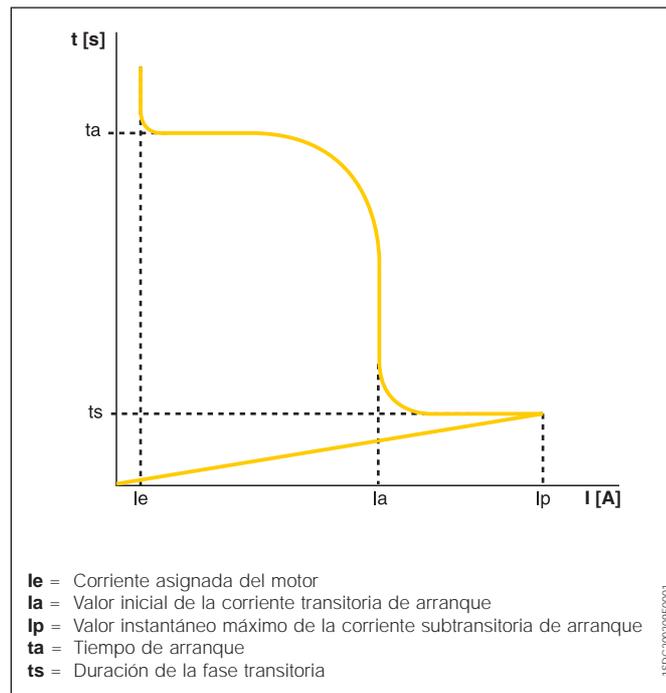
Cuando la potencia medida por el relé pasa a ser menor de cero, el relé PR123 actúa abriendo el interruptor automático y evitando de esta manera que se produzcan daños.



# Maniobra y protección de los motores asíncronos

El interruptor automático de baja tensión, en los circuitos de alimentación de los motores asíncronos trifásicos, puede garantizar las funciones de:

- maniobra
- protección contra sobrecargas
- protección contra cortocircuitos.

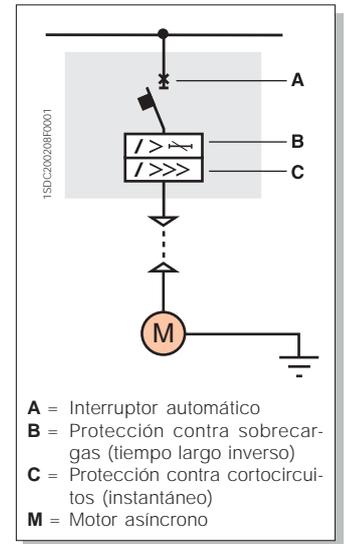


Evolución de los valores de cresta de la corriente durante la fase de arranque de un motor asíncrono trifásico

Esta solución está especialmente indicada si la frecuencia de maniobras no es elevada, como ocurre normalmente para los motores de gran potencia: en este caso, el uso único del interruptor de maniobra y la protección del motor representa una solución que se impone por competitividad económica, fiabilidad, facilidad de instalación y mantenimiento, y dimensiones reducidas.

Los interruptores automáticos de la serie SACE Emax selectivos (no limitadores) pueden realizar funciones de maniobra y de protección de los motores debido a sus elevados poderes de corte y amplias posibilidades de regulación ofrecidas por los relés de microprocesador.

La gama de potencia asignada de los motores para los cuales se indica el uso de los interruptores automáticos SACE Emax va de 355 kW a 630 kW. Para potencias hasta 355 kW se encuentran disponibles los interruptores automáticos en caja moldeada de la serie SACE Isomax y Tmax. Para potencias superiores a 630 kW normalmente, se utiliza la alimentación en media tensión.



Esquema de arranque directo de un motor asíncrono, utilizando sólo un interruptor automático con relé electrónico de sobrecorriente



# Maniobra y protección de los motores asíncronos

En la maniobra de los motores asíncronos trifásicos, la operación de arranque se tiene que considerar con particular atención ya que, en dicha fase, la corriente presenta el desarrollo indicado en la figura, que se ha de tener en cuenta al seleccionar los dispositivos de protección.

Es indispensable evaluar los valores típicos de tiempo y de corriente indicados en la figura para seleccionar correctamente los dispositivos de maniobra y de protección del motor. Normalmente, el fabricante del motor suministra los datos.

Generalmente son válidas las siguientes relaciones:

- $I_a = 6 \div 10 I_e$  ( $I_a$  e  $I_e$ : valores eficaces)
- $I_p = 8 \div 15 I_a$  ( $I_p$  e  $I_a$ : valores eficaces).

La regulación de los relés de protección se ha de realizar de manera que:

- se eviten actuaciones intempestivas durante la fase de arranque del motor
- se asegure la protección de la instalación contra las sobreintensidades que se pueden producir en cualquier punto aguas abajo del interruptor automático (comprendidos los defectos internos del motor).

La protección de tiempo largo inverso y la protección instantánea contra cortocircuito se han de regular lo más cerca posible de la curva de arranque del motor, sin interferir en ella.

## Nota

La norma IEC 60947-4-1 trata de los arrancadores de motor. Por lo que se refiere a la protección contra sobrecargas se han considerado las siguientes clases:

Clase de actuación	Tiempo de actuación t (s) para $I = 7,2 \times I_1$ ( $I_1$ = corriente de regulación de relé)
10A	$2 < t \leq 10$
10	$4 < t \leq 10$
20	$6 < t \leq 20$
30	$9 < t \leq 30$

La tabla especifica que, cuando la corriente que circula por el dispositivo a proteger es 7,2 veces la corriente de regulación del relé (supuesta igual a la corriente asignada del motor), la protección debe intervenir en un tiempo t comprendido en los límites indicados en la clase.

La subdivisión en clases del dispositivo de sobrecarga está relacionada con el tiempo de arranque del motor: por ejemplo, un motor con un tiempo de arranque de 5 segundos necesita una protección de clase 20.

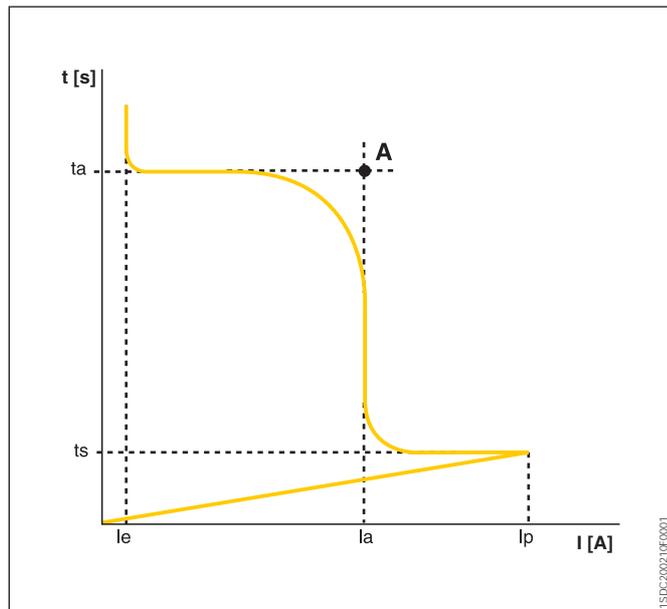
Dicha norma proporciona prescripciones específicas para la protección en caso de funcionamiento trifásico o en ausencia de una fase.

### Atención

Las curvas del motor y de los relés no se pueden comparar directamente ya que ambas indican relaciones tiempo - corriente, pero con significados conceptualmente diferentes:

- la curva de arranque del motor representa los valores asumidos por la corriente de arranque instante por instante;
- la curva del relé representa las corrientes y los correspondientes tiempos de actuación de las protecciones.

La curva de intervención por sobrecarga se regula correctamente si se encuentra inmediatamente por encima del punto A (figura a continuación) que detecta el vértice del rectángulo que tiene, como lados, respectivamente el tiempo de arranque "ta" y la corriente "Ia" térmicamente equivalente a la corriente variable de arranque.



### Funcionamiento trifásico

La protección contra sobrecargas tiene que garantizar que, en frío, la actuación no se cumpla en menos de dos horas con una corriente igual a 1,05 veces la corriente asignada del motor y que, la actuación se cumpla en menos de dos horas con una corriente igual a 1,2 veces la misma corriente asignada según lo indicado en la tabla de la pág. 6/39.



# Maniobra y protección de los motores asíncronos

## Funcionamiento con pérdida de una fase

La norma IEC60947-4-1 impone que un relé, compensado en temperatura y sensible a la pérdida de fase, intervenga:

- en más de dos horas a 20°C cuando una fase lleva el 90% de la  $I_n$  y las otras dos llevan el 100% de la  $I_n$
- en menos de dos horas a 20°C en caso de falta de corriente en una fase y con las otras dos atravesadas por 1,15 veces la corriente asignada.

Con los relés PR122 y PR123, activando la función "desequilibrio", es posible detectar la falta de una fase y respetar las condiciones antes reseñadas.

## Selección de los interruptores automáticos que se han de utilizar para la protección de motores

Las tablas de las páginas siguientes muestran las características del arranque de motores de gran potencia, entre 355 y 630 kW, con interruptores automáticos de la serie SACE Emax, para maniobra y protección de motores con categoría AC-3 - 415/690 V - 50 Hz. Mediante las tablas se pueden elegir los transformadores de corriente que garanticen un valor lo suficientemente alto para regular el umbral de actuación instantáneo (I): en ausencia de datos experimentales, se aconseja controlar que la relación entre el umbral de protección I (I3) y el umbral de protección L (I1) sea:

$$I3/I1 = 12 \dots 15.$$

Los relés electrónicos SACE PR122 y PR123 son conformes a la norma IEC 60947-4-1; en particular, garantizan la protección de motores de clase 10A, 10, 20, 30.

Los relés de protección PR122 y PR123 están compensados en temperatura y el funcionamiento de los mismos no está afectado por la falta de una fase.

## Utilización de la protección contra defectos a tierra G

La protección contra defectos a tierra (G) se aconseja para:

- mejorar la seguridad contra los riesgos de incendio
- mejorar la protección del motor y del personal en caso de defectos de la máquina.

## Utilización de la memoria térmica

En relación con el tipo de servicio se tiene que evaluar la oportunidad de activar la memoria térmica (posibilidad permitida por el relé PR122 y PR123); la inserción de la memoria térmica, que convierte la protección electrónica similar a la protección termomagnética, aumenta el nivel de protección del motor en caso de arranque tras una actuación debida a sobrecarga.

## Protección de mínima tensión

En los sistemas de mando de los motores asíncronos se ha de prestar una particular atención a la protección por mínima tensión; ésta efectúa dos funciones importantes:

- impedir el arranque simultáneo de todos los motores al volver la tensión de alimentación, con el riesgo de dejar fuera de servicio toda la instalación por actuación de la protección de sobrecarga del interruptor principal;
- impedir el arranque no deseado del motor que podría causar una situación de peligro para el personal encargado del mantenimiento o daños al ciclo de trabajo.

Esta protección se puede realizar mediante:

- relé de mínima tensión,
- función de protección UV (tensión mínima) en el relé PR123.

I/In	1.05	1.2	1.5	7.2	Clase de actuación
Ip	> 2h	< 2h	< 120 s	2 < t ≤ 10s	10A
			< 240 s	4 < t ≤ 10s	10
			< 480 s	6 < t ≤ 20s	20
			< 720 s	9 < t ≤ 30s	30

### Arranque directo - Normal - 415V - 50Hz

Motor		Interruptor automático SACE Emax				Relé electrónico	
Pe [kW]	Ie [A]	Maniobras (AC-3) [No.]	Tipo	Icu [kA]	Iu [A]	Tipo	SC (*) [A]
220	368	10000	E1B	42	800	PR122/PR123	630
250	415	10000	E1B	42	800	PR122/PR123	630
315	521	10000	E1B	42	1000	PR122/PR123	800
355	588	10000	E1B	42	1000	PR122/PR123	800
400	665	10000	E1B	42	1250	PR122/PR123	800
450	743	10000	E1B	42	1250	PR122/PR123	1000
500	819	10000	E1B	42	1600	PR122/PR123	1000
560	916	10000	E1B	42	1600	PR122/PR123	1250
630	1022	10000	E1B	42	1600	PR122/PR123	1250
220	368	10000	E1N	50	800	PR122/PR123	630
250	415	10000	E1N	50	800	PR122/PR123	630
315	521	10000	E1N	50	1000	PR122/PR123	800
355	588	10000	E1N	50	1000	PR122/PR123	800
400	665	10000	E1N	50	1250	PR122/PR123	800
450	743	10000	E1N	50	1250	PR122/PR123	1000
500	819	10000	E1N	50	1600	PR122/PR123	1000
560	916	10000	E1N	50	1600	PR122/PR123	1250
630	1022	10000	E1N	50	1600	PR122/PR123	1250
220	368	15000	E2N	65	1000	PR122/PR123	630
250	415	15000	E2N	65	1000	PR122/PR123	630
315	521	15000	E2N	65	1000	PR122/PR123	800
355	588	15000	E2N	65	1250	PR122/PR123	800
400	665	15000	E2N	65	1250	PR122/PR123	800
450	743	15000	E2N	65	1250	PR122/PR123	1000
500	819	12000	E2N	65	1600	PR122/PR123	1000
560	916	12000	E2N	65	1600	PR122/PR123	1250
630	1022	12000	E2N	65	1600	PR122/PR123	1250
220	368	12000	E3H	100	800	PR122/PR123	630
250	415	12000	E3H	100	800	PR122/PR123	630
315	521	12000	E3H	100	1000	PR122/PR123	800
355	588	12000	E3H	100	1000	PR122/PR123	800
400	665	12000	E3H	100	1250	PR122/PR123	800
450	743	12000	E3H	100	1250	PR122/PR123	1000
500	819	10000	E3H	100	1600	PR122/PR123	1000
560	916	10000	E3H	100	1600	PR122/PR123	1250
630	1022	10000	E3H	100	1600	PR122/PR123	1250

(\*) sensor de corriente

# Maniobra y protección de los motores asíncronos

## Arranque directo – Normal – 690V – 50Hz

Motor		Interruptor automático SACE Emax				Relé electrónico	
Pe [kW]	Ie [A]	Maniobras (AC-3) [No.]	Tipo	Icu [kA]	Iu [A]	Tipo	SC (*) [A]
220	221	10000	E1B	36	800	PR122/PR123	630
250	249	10000	E1B	36	800	PR122/PR123	630
315	313	10000	E1B	36	800	PR122/PR123	630
355	354	10000	E1B	36	800	PR122/PR123	630
400	400	10000	E1B	36	800	PR122/PR123	630
450	447	8000	E1B	36	1000	PR122/PR123	800
500	493	8000	E1B	36	1000	PR122/PR123	800
560	551	8000	E1B	36	1250	PR122/PR123	800
630	615	8000	E1B	36	1250	PR122/PR123	800

220	221	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	630
250	249	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	630
315	313	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	630
355	354	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	630
400	400	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	630
450	447	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	800
500	493	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	800
560	551	15000	E2N	55	1000	PR122/PR123	800
630	615	15000	E2N	55	1250	PR122/PR123	800

220	221	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	630
250	249	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	630
315	313	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	630
355	354	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	630
400	400	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	630
450	447	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	800
500	493	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	800
560	551	12000	E3S	75	1000	PR122/PR123	800
630	615	12000	E3S	75	1250	PR122/PR123	800

220	221	12000	E3H	100	800	PR122/PR123	630
250	249	12000	E3H	100	800	PR122/PR123	630
315	313	12000	E3H	100	800	PR122/PR123	630
355	354	12000	E3H	100	800	PR122/PR123	630
400	400	12000	E3H	100	800	PR122/PR123	630
450	447	12000	E3H	100	1000	PR122/PR123	800
500	493	12000	E3H	100	1000	PR122/PR123	800
560	551	12000	E3H	100	1000	PR122/PR123	800
630	615	12000	E3H	100	1250	PR122/PR123	800

(\*) sensor de corriente



## Maniobra y protección de condensadores

### Condiciones de funcionamiento de los interruptores automáticos durante el servicio continuo de las baterías de condensadores

Según las Normas IEC 60831-1 y 60931-1, los condensadores tienen que poder funcionar a pleno régimen con una corriente de valor eficaz hasta 1,3 veces la corriente asignada  $I_{cn}$  del condensador. Dicha prescripción se debe a la posible presencia de armónicos en la tensión de red.

Teniendo en cuenta que se admite una tolerancia del +15% sobre el valor de capacidad correspondiente a su potencia asignada, por lo que los interruptores de maniobra de las baterías de condensadores se tienen que seleccionar de manera que puedan soportar de forma permanente una corriente máxima igual a:

$$I_n = 1,3 \times 1,15 \times I_{cn} = 1,5 \times I_{cn}.$$

### Corriente de inserción de las baterías de condensadores

La inserción de una batería de condensadores se tiene que comparar con un cierre bajo cortocircuito, en el cual la corriente transitoria de cierre  $I_p$  asume valores de cresta elevados sobre todo cuando se introducen baterías de condensadores paralelas a otras que ya están bajo tensión. El valor de  $I_p$  debe calcularse caso por caso, ya que depende de las condiciones del circuito y, en algunos casos, puede asumir incluso unos valores de cresta iguales a 100-200 x  $I_{cn}$ , con una duración de 1-2 ms.

Hay que tener presente este hecho al seleccionar el interruptor, que habrá de poseer un poder de cierre adecuado, y durante la regulación del relé de sobreintensidad, que no tendrá que provocar actuaciones intempestivas en las operaciones de inserción de la batería.

### Selección del interruptor automático

Conociendo los datos asignados de la batería trifásica de condensadores

$Q_n$  = potencia asignada en  $k_{VAR}$

$U_n$  = tensión asignada en V

la corriente asignada de la batería de condensadores se determina de la siguiente manera:

$$I_{cn} = \frac{Q_n \times 10^3}{\sqrt{3} \times U_n}, \text{ en A.}$$

Para el interruptor automático se deben producir las siguientes condiciones:

Corriente asignada  $I_u > 1,5 I_{cn}$

Regulación de la protección contra sobrecargas  $I_1 = 1,5 \times I_{cn}$

Regulación de la protección contra cortocircuitos  $I_3 = \text{OFF}$

Poder de corte  $I_{cu} \geq I_{cc}$ , en el punto de instalación.



## Maniobra y protección de condensadores

### Tabla de selección de los interruptores automáticos de protección y maniobra de condensadores

El poder de corte del interruptor ha de tener en cuenta la corriente de cortocircuito prevista en el punto de instalación; en la tabla se ilustran los tamaños posibles.

Máxima potencia de la batería de condensadores a 50Hz [kvar]				Interruptor automático Tipo	Corriente asignada del sensor de corriente	Corriente asignada de la batería condensadores	Regulación de protección contra sobrecargas	Regulación de protección contra cortocircuitos
400V	440V	500V	690V		$I_n$ [A]	$I_{nc}$ [A]	$I_1$ [A]	$I_3$ [A]
578	636	722	997	E1 - E2 - E3	1250	834	1 x $I_n$	OFF
739	813	924	1275	E1 - E2 - E3	1600	1067	1 x $I_n$	OFF
924	1017	1155	1594	E2 - E3	2000	1334	1 x $I_n$	OFF
1155	1270	1444	1992	E3	2500	1667	1 x $I_n$	OFF
1478	1626	1848	2550	E3 - E4 - E6	3200	2134	1 x $I_n$	OFF

#### Nota

Los interruptores automáticos E2L y E3L no son adecuados para la maniobra de baterías de condensadores.