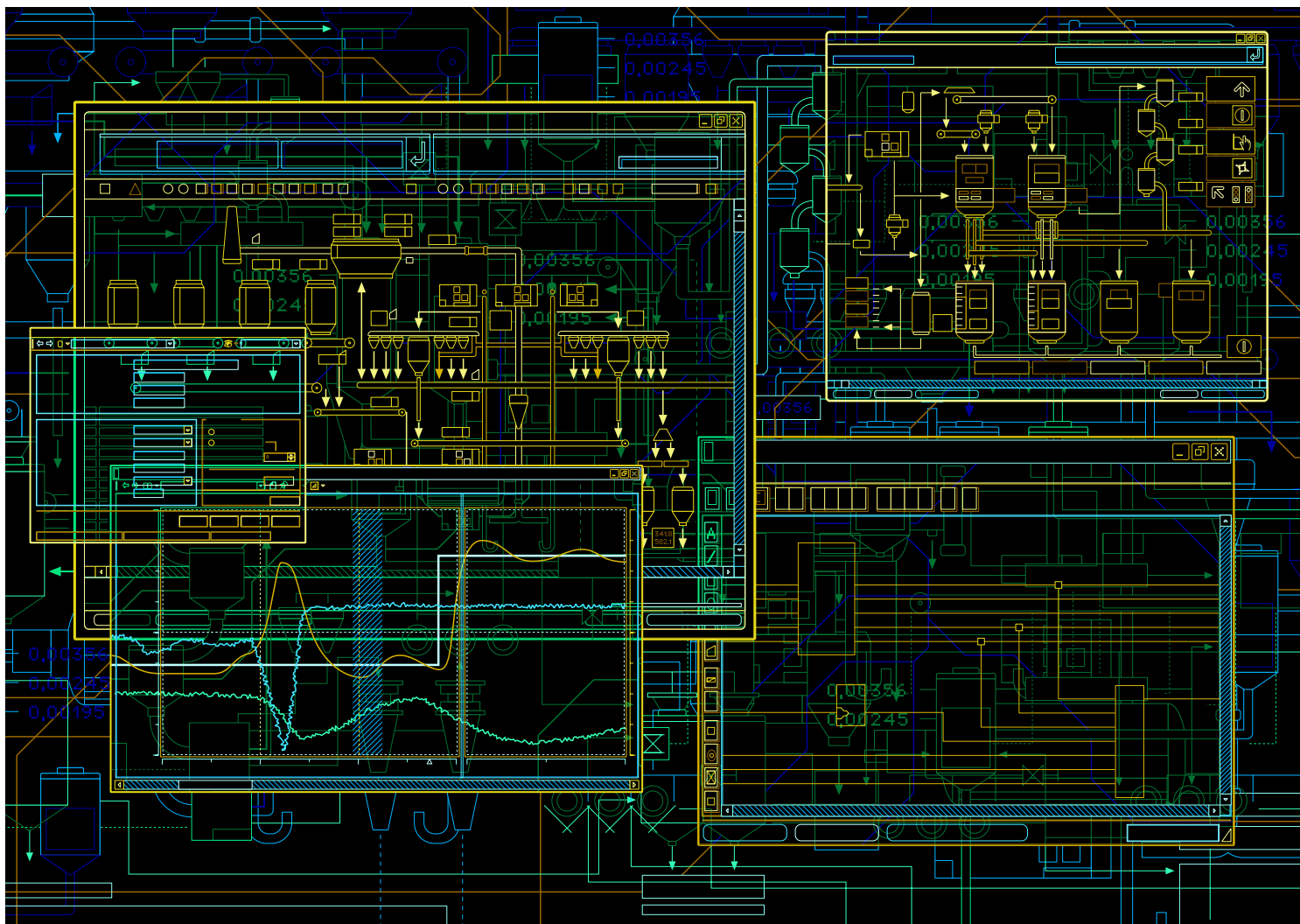




Cuaderno de aplicaciones técnicas nº 1

Selectividad en baja tensión con interruptores automáticos ABB

Selectividad en baja tensión con interruptores automáticos ABB

Índice

Introducción teórica a la selectividad

Introducción	2
--------------------	---

Definiciones principales

Selectividad	3
Selectividad total - Selectividad parcial	3
Zona de sobrecarga – Zona de cortocircuito	4
Intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos	5

Técnicas de selectividad

Selectividad tiempo-corriente	7
Selectividad amperimétrica	8
Selectividad cronométrica	9
Selectividad energética	10
Selectividad de zona	11

Cómo obtener selectividad con interruptores automáticos ABB

Tipos de interruptores automáticos ABB	12
--	----

Interruptores automáticos MCB

S200 Lado de la alimentación / S200 Lado de la carga	13
S290D-S500D Lado de la alimentación / S200 Lado de la carga	13

Selectividad MCCB-MCB

T1-T2-T3-T4 Lado de la alimentación / MCB Lado de la carga	14
T5-T6-T7-S8 Lado de la alimentación / MCB Lado de la carga	15

Selectividad MCCB-MCCB

Selectividad amperimétrica	16
Selectividad cronométrica	17
Selectividad energética	18
Selectividad de zona (T4L-T5L-T6L)	19

Selectividad ACB-MCCB

Solución tradicional	25
Selectividad de zona entre Emax y Tmax	26

Selectividad ACB-ACB

Selectividad amperimétrica	28
Selectividad de zona entre Emax	29
Selectividad amperimétrica direccional	32
Selectividad de zona direccional	34

Anexo A:

Selectividad MT/BT	40
--------------------------	----

Anexo B:

Consideraciones generales sobre la selectividad diferencial	43
---	----

Anexo C:

Ejemplo de estudio de selectividad BT/BT	45
--	----

Anexo D:

Consideraciones adicionales sobre las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos	48
--	----

Glosario	52
----------------	----

Introducción teórica a la selectividad

Problemas y requisitos en la coordinación de las protecciones

La selección del sistema de protección de una instalación eléctrica es un proceso fundamental para garantizar un servicio funcional y económico correcto de toda la instalación y para reducir al mínimo los problemas provocados por condiciones de servicio anómalas o por faltas reales.

Dentro del ámbito de este análisis, se estudia la coordinación entre los diversos dispositivos destinados a la protección de secciones de una instalación o de componentes específicos, con el objetivo de:

- garantizar la seguridad de la instalación y de las personas en todos los casos;
- identificar y excluir rápidamente sólo el área implicada en el problema, sin disparos indiscriminados que reducen la disponibilidad de energía en áreas no implicadas en el defecto;
- reducir los efectos de la falta en otras partes integrales de la instalación (reducción del valor de la tensión y pérdida de estabilidad en máquinas rotatorias);
- reducir la sollicitación mecánica de los componentes y los daños del área implicada;
- garantizar la continuidad del servicio con una tensión de alimentación de buena calidad;
- garantizar un respaldo adecuado en caso de falta de la protección destinada a la apertura;
- proporcionar el personal responsable del mantenimiento y el sistema de gestión la información necesaria para restaurar el servicio al resto de la red lo más rápidamente posible y con las menores interferencias;
- lograr un buen compromiso entre fiabilidad, simplicidad y rentabilidad.

En concreto, un buen sistema de protección debe ser capaz de:

- detectar qué es lo que ha sucedido y dónde, con una buena discriminación entre situaciones anómalas pero tolerables y situaciones de defecto dentro de su ámbito de competencia, así como evitar disparos no deseados que provoquen la detención injustificada de una parte en buenas condiciones de la instalación;
- actuar lo más rápidamente posible para limitar los daños (destrucción, envejecimiento acelerado, etc.), con atención a la continuidad y estabilidad de la alimentación.

Las soluciones se obtienen a partir de un compromiso entre dos requisitos contrapuestos (una identificación precisa de falta y un rápido disparo) y se definen según cuál de ellos se privilegia.

Por ejemplo, en el caso en que sea más importante evitar disparos no deseados, se acostumbra a preferir un sistema de protección indirecta, basado en bloqueos y transmisión de datos entre dispositivos diferentes que miden valores eléctricos localmente, mientras que la velocidad y la limitación de los efectos destructivos del cortocircuito exigen sistemas de acción directa, con relés de protección integrados directamente en los dispositivos. En sistemas de baja tensión para distribución primaria y secundaria se acostumbra a preferir la segunda solución.

Por lo que respecta al Reglamento para Baja Tensión (Real Decreto 842/2002, 2 de Agosto de 2002), en la ITC-BT-19 INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES, en su artículo 2.4 indica:

2.4 Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, a un solo local., para lo cual **los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.**

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo
- facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimiento
- evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado

En consecuencia:

- se recomienda la subdivisión de las instalaciones y **la selectividad entre los dispositivos de protección** de modo que los de cada circuito sean selectivos con los que les precedan. [Art. 2.4]

Cuando se sitúan varios dispositivos de protección en serie, sus características operativas deben seleccionarse de manera que solo desconecten la parte de la instalación en donde se ha producido la falta.

En general, el diseño de una instalación selectiva no significa sólo realizar un proyecto “de vanguardia”, sino también diseñar una buena instalación que responda, realmente, a los requisitos del cliente y no solamente a los aspectos de las normas.

Definiciones principales

Selectividad

La definición de selectividad aparece en la norma IEC 60947-1 "Equipos de baja tensión - Parte 1: reglas generales para equipos de baja tensión"

"Selectividad de disparo (para sobreintensidad) (441-17-15)

La **selectividad de actuación por sobreintensidad** es la coordinación entre las características de funcionamiento de dos o más dispositivos de protección contra sobreintensidad tal que, al verificarse una sobreintensidad dentro de los límites establecidos, actúa sólo el dispositivo destinado a funcionar dentro de esos límites y los demás no intervienen (Norma IEC 60947-1, def. 2.5.23).

Donde se entiende por sobreintensidad una intensidad de valor superior a la intensidad nominal, debida a una causa cualquiera (sobrecarga, cortocircuito, etc.).

Por tanto, existe selectividad entre dos interruptores automáticos en serie cuando, para una sobreintensidad que pasa por ambos, se abre el interruptor del lado de la carga, protegiendo así el circuito, mientras que el interruptor del lado de la alimentación permanece cerrado garantizando la alimentación al resto de la instalación.

Por otro lado, las definiciones de selectividad total y de selectividad parcial se presentan en la Parte 2 de la misma norma IEC 60947-2 "Equipos de baja tensión - Parte 2: interruptores automáticos"

"Selectividad total (2.17.2)

Selectividad en el caso de una sobreintensidad en la cual, en presencia de dos dispositivos de protección de máxima

intensidad, colocados en serie, el dispositivo de protección aguas abajo asegura la protección sin provocar el funcionamiento del otro dispositivo de protección."

"Selectividad parcial (2.17.3)

Selectividad en el caso de una sobreintensidad en la cual, en presencia de dos dispositivos de protección de máxima intensidad colocados en serie, el dispositivo de protección aguas abajo asegura la protección hasta un nivel dado de sobreintensidad sin provocar el funcionamiento del otro dispositivo de protección."

Se habla de **selectividad total** cuando existe selectividad para cualquier valor posible de sobreintensidad en la instalación.

Entre un par de interruptores automáticos se habla de selectividad total cuando existe selectividad hasta el menor de los valores I_{cu} de los dos interruptores, ya que, en cualquier caso, la intensidad de cortocircuito supuesta de la instalación será menor o igual al valor de I_{cu} más pequeño de los dos interruptores.

Se habla de **selectividad parcial** cuando sólo existe selectividad hasta un determinado valor de intensidad **I_s** (límite de selectividad). Si la intensidad supera este valor ya no se garantiza la selectividad entre los dos interruptores automáticos.

Entre un par de interruptores automáticos se habla de selectividad parcial cuando existe selectividad hasta un valor **I_s** determinado, por debajo de los valores **I_{cu}** de ambos interruptores. Si la intensidad de cortocircuito máxima supuesta de la instalación es inferior o igual al límite de selectividad **I_s** , se puede seguir hablando de selectividad total.

Ejemplo

Considérense los dos interruptores automáticos siguientes:

Lado de la alimentación T4N250 PR221 In250 ($I_{cu} = 36$ kA)
Lado de la carga S294 C 100 ($I_{cu} = 15$ kA)

A partir de la publicación "Tablas de coordinación" se puede ver que existe selectividad total (T) entre ambos interruptores automáticos.

Significa que existe selectividad hasta 15 kA, es decir, el menor de los dos valores I_{cu} .

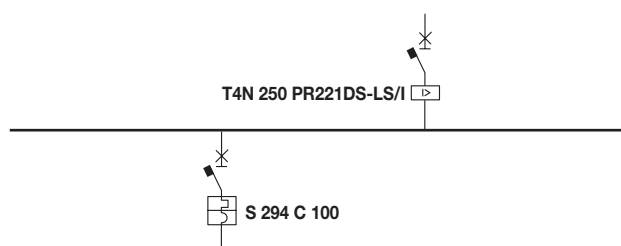
Evidentemente, la intensidad máxima de cortocircuito posible en el punto de la instalación del interruptor S294 C 100 será inferior o igual a 15 kA.

Considérense ahora los dos interruptores automáticos siguientes:

Lado de la alimentación T4N250 PR221 In160 ($I_{cu} = 36$ kA)
Lado de la carga S294 C 100 ($I_{cu} = 15$ kA)

A partir de la publicación "Tablas de coordinación" se puede ver que el límite de selectividad es $I_s = 12$ kA entre ambos interruptores automáticos.

Significa que, si la intensidad de cortocircuito máxima supuesta en el lado de la carga del interruptor S294 C 100 es inferior a 12 kA, existirá selectividad total, mientras que para fallos entre 12 y 15 kA no se garantiza el no disparo del interruptor del lado de la alimentación.



Tmax T4 - S290 a 400/415 V

			Lado aliment.	T4							
			Versión	N, S H, L, V							
			Relé	TM, M						E	
			I _u [A]	250	320		250		320		
Lado carga	Caract.	I _{cu} [kA]	I _n [A]	160	200	250	320	160	250	320	
S290	C-K	15	80	5	11	T	T	T	T	T	
			100	5*	8	T	T	12	T	T	
	125			8*	12	T		T	T		
	80		5	11	T	T	T	T	T		
	100			8	T	T	12	T	T		

* Valor válido con interruptor automático sólo magnético en el lado de la alimentación

Definiciones principales

Zona de sobrecarga – Zona de cortocircuito

A efectos del análisis de selectividad de esta publicación, se introducen a continuación los conceptos de “zona de sobrecarga” y de “zona de cortocircuito”.

Por “**zona de sobrecarga**” se entiende el intervalo de valores de intensidad y, por tanto, la parte correspondiente de las curvas de disparo del interruptor automático, que se sitúa entre la intensidad nominal del interruptor y 8-10 veces este valor.

Es la zona en que normalmente se recurre a la protección térmica para relés termomagnéticos o a protección L para relés electrónicos.

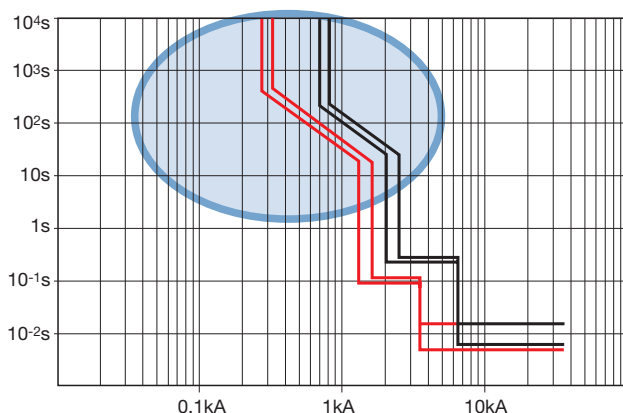
Estas intensidades acostumbran a corresponder a un circuito en que se produce la sobrecarga de alguna carga, evento que puede ocurrir con más frecuencia que una falta real.

Por “**zona de cortocircuito**” se entiende el intervalo de valores de intensidad y, por tanto, la parte correspondiente de las curvas de disparo del interruptor automático, que son superiores a 8-10 veces la intensidad nominal del interruptor.

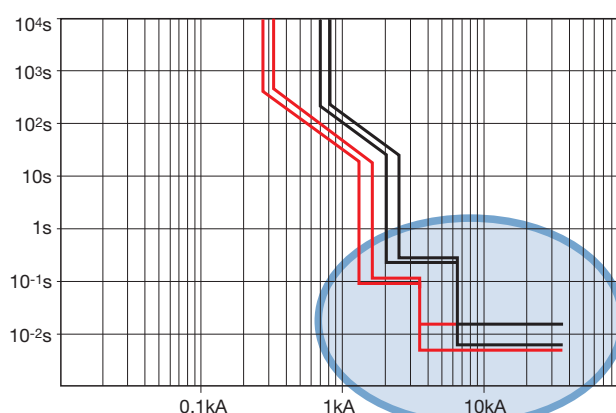
Es la zona en que normalmente se recurre a la protección magnética para relés termomagnéticos o a protecciones S, D e I para relés electrónicos.

Estos valores de intensidad acostumbran a corresponder a una falta en el circuito de alimentación, evento menos probable que una simple sobrecarga.

Zona de sobrecarga = $I_n \div 8-10I_n$



Zona de cortocircuito = $> 8-10I_n$



Intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos

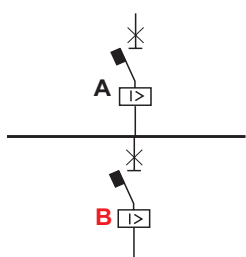
Cuando se comparan curvas tiempo-intensidad de dos interruptores automáticos, a menudo se valoran los tiempos de disparo de los dos dispositivos como si los atravesara la misma intensidad.

Esta consideración sólo es cierta cuando, entre los dos interruptores colocados en serie, no existe ninguna otra derivación; es decir, hay una sola alimentación entrante y una sola saliente en el mismo nodo.

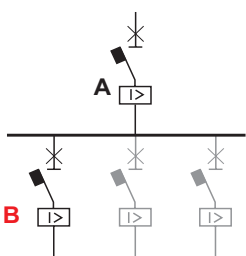
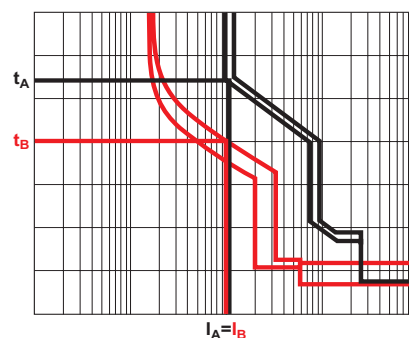
Cuando, por el contrario, existen diversos interruptores automáticos del lado de la alimentación que inciden sobre la misma barra de distribución, o diversos alimentadores en el lado de la carga, las intensidades que atraviesan el aparato pueden ser considerablemente diferentes.

Respecto a las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos, los tres casos principales que pueden considerarse son los siguientes:

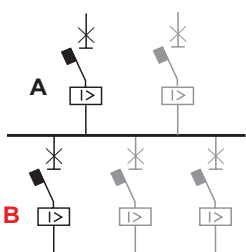
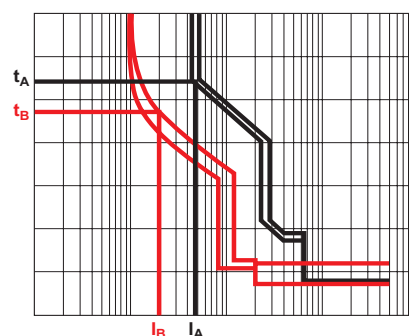
- un solo interruptor automático en el lado de la alimentación y un solo interruptor automático en el lado de la carga (atravesado por la misma intensidad)
- un solo interruptor automático en el lado de la alimentación y diversos interruptores automáticos en el lado de la carga (la intensidad que atraviesa el interruptor del lado de la alimentación es superior a la que atraviesa el del lado de la carga)
- dos o más interruptores automáticos en el lado de la alimentación y diversos interruptores automáticos en el lado de la carga.



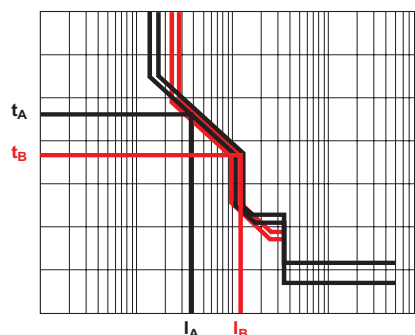
$$I_A = I_B$$



$$I_A = I_B + I_{\text{cargas}}$$



$$I_A = (I_B + I_{\text{cargas}}) / n$$



Donde:

I_B es la sobreintensidad que atraviesa el interruptor automático B

I_A es la sobreintensidad que atraviesa el interruptor automático A

I_{cargas} es el total de las intensidades que consumen las cargas (excepto B) durante el funcionamiento normal y es suministrada por el interruptor automático A del lado de la alimentación. Esta suma puede corregirse, si es necesario, con factores de contemporaneidad y de uso

n es el número de interruptores automáticos situados en paralelo en el lado de la alimentación.

* Estas fórmulas no tienen en cuenta el desplazamiento de fase diferente de las intensidades ni ninguna asimetría del circuito; sin embargo, las dos primeras fórmulas son conservadoras y la tercera es aceptable cuando los dos circuitos de alimentación son iguales.

Técnicas de selectividad

Esta sección describe las diferentes técnicas de selectividad y su ámbito de aplicación.

En la zona de sobrecarga, con las protecciones activas, se acostumbra a usar la selectividad de tipo **tiempo-corriente**.

En la zona de cortocircuito, con las protecciones activas, se pueden utilizar diversas técnicas de selectividad. En concreto, en los párrafos siguientes se ilustrarán las técnicas:

selectividad amperimétrica
selectividad cronométrica
selectividad energética
selectividad de zona.

Tras una descripción teórica inicial de las diferentes técnicas de selectividad, se analizará la técnica que se puede utilizar más adecuadamente para los diferentes tipos de interruptores automáticos.

Selectividad tiempo-corriente en la zona de sobrecarga

En general, las protecciones frente a sobrecargas tienen una característica temporal definida, ya sean originadas mediante un relé térmico o mediante la función L de un relé electrónico.

Una característica temporal definida está diseñada como una característica de disparo cuando, a medida que aumenta la intensidad, el tiempo de disparo del interruptor disminuye.

Cuando existen protecciones con características de este tipo, la técnica de selectividad usada es la de tiempo-corriente.

Este método consigue la selectividad de disparo ajustando las protecciones de tal manera que la protección del lado de la carga, para todos los valores posibles de sobreintensidad, realice el disparo más rápidamente que el interruptor del lado de la alimentación. Cuando se analizan los tiempos de disparo de los dos interruptores automáticos, es necesario considerar:

- las tolerancias sobre los umbrales y los tiempos de disparo
- las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Aspectos operativos

Por lo que respecta a las tolerancias, ABB pone a su disposición las curvas de disparo de sus relés en los catálogos técnicos y en el software DOCWin. En particular, en el Módulo "Curves" del software DOCWin, las curvas de los relés electrónicos y termomagnéticos incluyen las tolerancias. En consecuencia, un disparo de disparo se muestra mediante dos curvas: una indica los tiempos de disparo más altos (curva superior) y la otra los tiempos de disparo más rápidos (curva inferior).

Para un correcto análisis de la selectividad, deben considerarse las peores condiciones, es decir:

- el interruptor automático del lado de la alimentación se desconecta según su propia curva inferior
- el interruptor automático del lado de la carga se desconecta según su propia curva superior

Por lo que respecta a las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos:

- si por ambos interruptores automáticos pasa la misma intensidad, basta con que no haya solapamiento entre la curva del interruptor del lado de la alimentación y la del interruptor del lado de la carga;
- si la corriente que atraviesa los dos interruptores es diferente, debe seleccionarse un conjunto de puntos significativos de las curvas tiempo-corriente y comprobar que los tiempos de disparo de la protección del lado de la alimentación siempre son superiores a los correspondientes de la protección del lado de la carga.

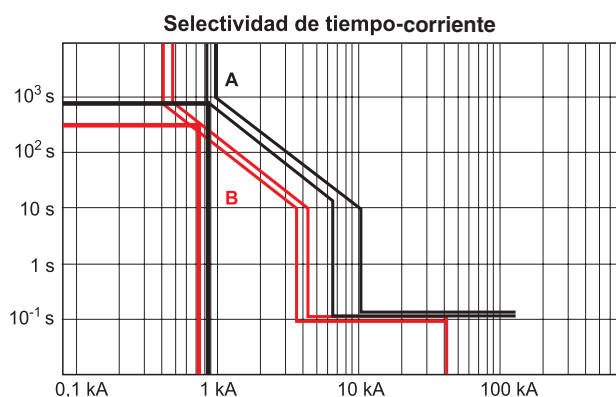
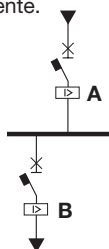
En particular, en el caso de interruptores automáticos equipados con **relés electrónicos**, puesto que la inclinación de las curvas es a $I^2t=const$, para realizar la comprobación correctamente es suficiente con examinar dos valores de intensidad:

- $1,05 \times I_1^1$ del interruptor automático del lado de la alimentación
(valor por debajo del cual la protección del lado de la alimentación no interviene nunca)
- $1,20 \times I_3^2$ del interruptor automático del lado de la carga
(valor por encima del cual la protección del lado de la carga se desconecta con seguridad frente a cortocircuitos)

1,05 x I1 del interruptor automático del lado de la alimentación

Suponiendo $I_A = 1,05 \times I_1$, con referencia a lo comentado sobre las intensidades reales que atraviesan los interruptores automáticos, se obtiene la intensidad I_B en el lado de la carga.

Los tiempos de disparo de ambos dispositivos se obtienen a partir de las curvas tiempo-corriente.



1,20 x I3 (o I2) del interruptor automático del lado de la carga

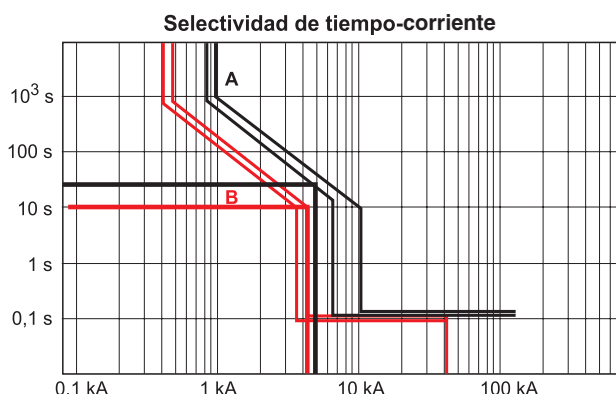
Suponiendo $I_B = 1,20 \times I_3$ (o I_2), la intensidad I_A se obtiene de la misma forma que en el lado de la alimentación y los tiempos de disparo de ambos dispositivos se obtienen a partir de las curvas tiempo-corriente.

Si se cumple lo siguiente para los dos puntos considerados:

$$t_A > t_B$$

la selectividad en la zona de sobrecarga queda garantizada.

En la figura situada al lado se ha asumido una absorción de corriente de otras cargas



1 1,05 es el valor de no intervención definido conforme a la norma (IEC60947-2). En algunos tipos de interruptores automáticos este valor puede ser diferente (véase el catálogo técnico para información adicional).

2 1,2 es el valor de segura intervención definido para protección frente a cortocircuitos conforme a la norma (IEC60947-2). En algunos tipos de interruptores automáticos este valor puede ser inferior (véase el catálogo técnico para información adicional).

Selectividad amperimétrica en la zona de cortocircuito

Este tipo de selectividad se basa en la observación que cuanto más cerca está el punto de defecto de la alimentación, más elevada es la intensidad de cortocircuito. Por tanto, es posible discriminar la zona en que se produce el defecto ajustando las protecciones instantáneas a diferentes valores de intensidad.

Normalmente, la selectividad total se puede lograr en casos concretos sólo cuando la intensidad de defecto no es elevada y cuando existe un componente con una gran impedancia situado entre las dos protecciones (transformador, cable muy largo o cable de sección transversal reducida, etc.) y, en consecuencia, hay una gran diferencia entre los valores de la intensidad de cortocircuito.

Por tanto, este tipo de coordinación se usa principalmente en la terminal de distribución (intensidad nominal y valores

de intensidad de cortocircuito bajos e impedancia de los cables de conexión elevada). Para este estudio se acostumbra a utilizar las curvas de disparo tiempo-corriente de los dispositivos.

Es intrínsecamente rápida (instantánea), de fácil realización y económica.

Sin embargo:

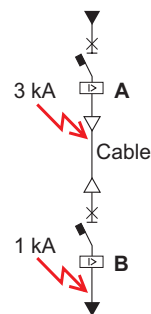
- el límite de selectividad acostumbra a ser bajo y, por tanto, la selectividad a menudo es sólo parcial;
- el valor de ajuste de las protecciones contra sobrecargas crece rápidamente;
- la redundancia de las protecciones, que garantiza la eliminación (rápida) de falta en caso de que una de ellas no esté operativa, no es posible.

Se trata de un tipo de selectividad que también puede obtenerse entre interruptores automáticos del mismo tamaño y sin protección retardada frente a cortocircuitos (S).

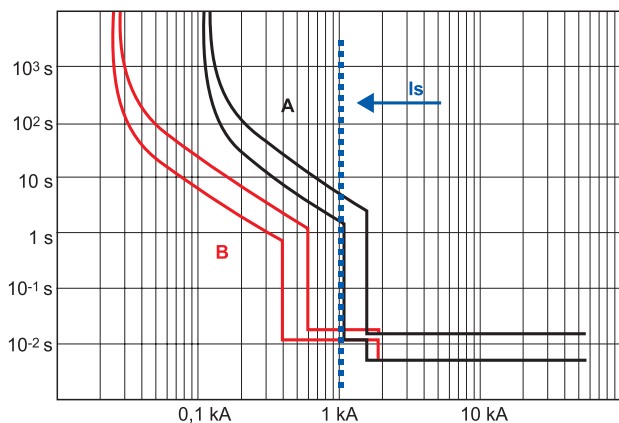
Aspectos operativos

- La protección frente a cortocircuitos del interruptor automático del lado de la alimentación **A** se ajusta a un valor que haga que no provoque disparo para faltas que se producen en el lado de la carga de la protección **B** (en el ejemplo de la figura $I_{3minA} > 1 \text{ kA}$).
- La protección del interruptor automático del lado de la carga **B** se ajusta de forma que provoque disparo para faltas que se producen en su lado de la carga. (en el ejemplo de la figura $I_{3maxB} < 1 \text{ kA}$).

Evidentemente, el ajuste de las protecciones debe tener en consideración las intensidades reales que circulan por los interruptores.



Selectividad amperimétrica



El valor de selectividad final que puede obtenerse es igual al umbral de disparo instantánea de la protección del lado de la alimentación menos cualquier tolerancia.

$$I_s = I_{3minA}$$

Nota

Este límite de selectividad, asociado al umbral magnético del interruptor automático del lado de la alimentación, se supera en todos los casos en que se utilice selectividad energética.

Si se respetan los ajustes indicados para la selectividad energética en las combinaciones de interruptores automáticos con un valor de selectividad energética establecido en las tablas de coordinación publicadas por ABB, el límite de selectividad a considerar es el que aparece en las tablas y no el que se puede obtener mediante la fórmula anterior.

Selectividad cronométrica

Este tipo de selectividad es un desarrollo de la anterior. En este tipo de coordinación, aparte del umbral de disparo en términos de intensidad, se define un tiempo de disparo: un determinado valor de intensidad que hace que las protecciones se disparen tras un retardo definido, adecuado para permitir la disparo de cualquier protección situada más cerca del defecto y excluir el área en donde se ha originado la falta.

Por tanto, la estrategia de ajuste es aumentar progresivamente los umbrales de intensidad y los retardos de desconexión a medida que se acercan las fuentes de alimentación (valor de ajuste directamente correlacionado con el nivel jerárquico).

Los umbrales de disparo retardados deben tener en cuenta las tolerancias de los dos dispositivos de protección y las intensidades efectivas que los atraviesan.

La diferencia entre los retardos ajustados para las protecciones en serie deben tener en cuenta los tiempos de detección y de eliminación de faltas del dispositivo en el lado de la carga, así como el tiempo de inercia (sobre-

impulso) del dispositivo en el lado de la alimentación (intervalo temporal durante el cual la protección puede desconectarse incluso cuando el fenómeno ya ha pasado). Al igual que con la selectividad amperimétrica, el estudio se realiza comparando las curvas de disparo tiempo-corriente de los dispositivos de protección.

En general, este tipo de coordinación:

- es de fácil estudio y realización;
- no es muy costosa por lo que respecta al sistema de protección;
- permite obtener valores límite de selectividad elevados (si I_{cw} es elevada);
- permite la redundancia de las funciones de protección.

Sin embargo:

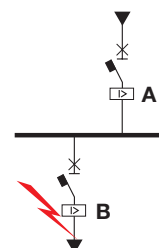
- los tiempos de disparo y los niveles de energía que permiten las protecciones, especialmente las cercanas a las fuentes, son altos.

Se trata de un tipo de selectividad que puede obtenerse inclusive entre interruptores automáticos del mismo tamaño, equipados con relés electrónicos con protección frente a cortocircuitos.

Aspectos operativos

Las protecciones frente a cortocircuitos de los dos interruptores automáticos se ajustan:

- con los umbrales de disparo I_2 frente a cortocircuitos, ajustados de forma que no se cree un solapamiento de disparos y teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que pasan por los interruptores.
- con los tiempos de disparo t_2 ajustados de forma que el interruptor automático del lado de la carga **B** elimine la falta mientras que el interruptor del lado de la alimentación **A**, aún en la fase de temporización, consiga “ver” la eliminación de la corriente y, por tanto, permanezca cerrado.



El límite de selectividad final obtenido es igual a:

- el umbral de disparo instantáneo de la protección del lado de la alimentación, si esta función está activada, menos cualquier tolerancia:

$$I_s = I_{3minA}$$

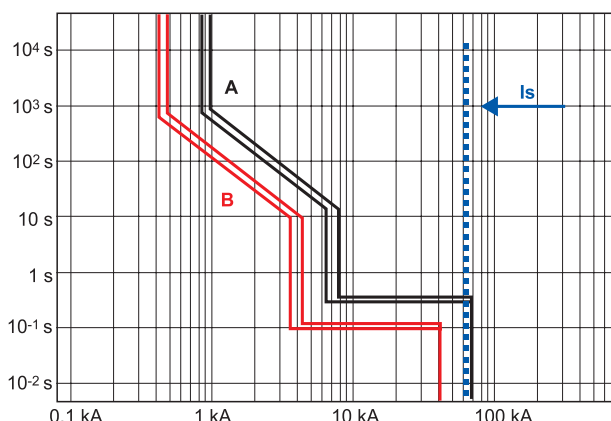
- el valor de I_{cw} para interruptores automáticos de bastidor abierto del lado de la alimentación, cuando la función de protección instantánea está ajustada a OFF.

Nota

Estos límites de selectividad se superan en todos los casos en que se utilice selectividad energética.

Si se respetan los ajustes indicados para la selectividad energética en las combinaciones de interruptores automáticos con un valor de selectividad energética establecido en las tablas de coordinación publicadas por ABB, el límite de selectividad a considerar es el que aparece en las tablas y no el que se puede obtener a partir de las consideraciones anteriores.

Selectividad cronométrica



Selectividad energética

La selectividad energética es un tipo particular de coordinación que aprovecha las características limitadoras de corriente de los interruptores automáticos en caja moldeada. Debe remarcarse que un interruptor automático limitador de corriente es “un interruptor automático con un tiempo de disparo lo suficientemente corto como para evitar que la intensidad de cortocircuito alcance el valor máximo que alcanzaría si este no estuviese” (IEC 60947-2).

En la práctica, todos los interruptores automáticos en caja moldeada de ABB de las series Isomax y Tmax, los interruptores automáticos modulares y los interruptores automáticos de bastidor abierto limitadores E2L E3L presentan unas características limitadoras de corriente más o menos marcadas.

En condiciones de cortocircuito, estos interruptores automáticos son extremadamente rápidos (tiempos de

disparo del orden de unos pocos milisegundos) y se abren cuando existe un componente fuertemente asimétrico. Por tanto, para el estudio de coordinación no es posible utilizar las curvas de disparo de tiempo-corriente de los interruptores, obtenidas con formas de onda sinusoidales simétricas.

Los fenómenos son básicamente dinámicos (y, por tanto, proporcionales al cuadrado del valor de intensidad instantánea) y dependen mucho de la interacción entre los dos aparatos en serie. En consecuencia, el usuario final no puede determinar los valores de la selectividad energética.

Los fabricantes ofrecen tablas, reglas de cálculo y programas de cálculo en donde se presentan los valores de intensidad límite de selectividad I_s bajo cortocircuito y entre diferentes combinaciones de interruptores automáticos. Estos valores se definen teóricamente integrando los resultados de las pruebas realizadas conforme a lo que se indica en el Anexo A de la norma IEC 60947-2.

Aspectos operativos

Las protecciones frente a cortocircuitos de los dos interruptores automáticos deben respetar las condiciones que se detallan a continuación.

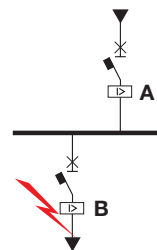
- Relé del lado de la alimentación de tipo termomagnético

los umbrales de disparo magnético deben ser tales que no creen solapamientos de los disparos, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos; el umbral magnético del interruptor automático del lado de la alimentación debe ser igual o superior a $10 \times I_n$ o bien estar ajustado al valor máximo si éste es ajustable.

- Relé del lado de la alimentación de tipo electrónico

cualquier protección S frente a cortocircuitos (I_2) retardada debe ajustarse según las mismas indicaciones que en el caso de selectividad cronométrica;

la función I de protección instantánea de los interruptores del lado de la alimentación debe ajustarse a OFF.

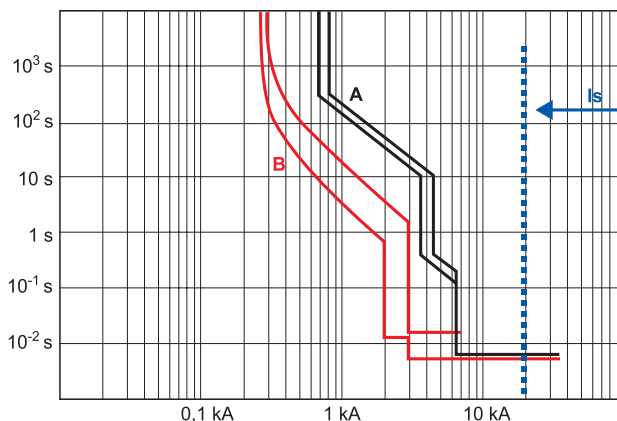


$I_3=OFF$

La intensidad límite de selectividad I_s obtenida es la que se ofrece en las tablas que ABB pone a disposición del cliente.

		Lado aliment.		T5			
				N,S,H,L,W			
				TM		LL	
				400		630	
				400		630	
				63		80	
				100		125	
				160		200	
				250		20	
				63		80	
				100		125	
				160		200	
				250		20	
				63		80	
				100		125	
				160		200	
				250		20	

Selectividad energética



Selectividad de zona

Este tipo de coordinación es un desarrollo de la selectividad cronométrica.

En general, la selectividad de zona se realiza mediante un diálogo entre los dispositivos de medición de corriente que, una vez han detectado que se ha superado el umbral ajustado, permiten identificar correctamente cuál es la zona de falta y cortar la alimentación a dicha zona.

Se puede realizar de dos formas:

- los dispositivos de medición envían la información asociada a la superación del umbral de corriente a un sistema de supervisión, y éste identifica qué protección debe intervenir;
- cuando existen valores de intensidad superiores a su ajuste, cada protección envía una señal de bloqueo mediante una conexión directa o un bus a la protección de nivel jerárquico superior (en el lado de la alimentación respecto a la dirección de flujo de la potencia) y, antes de intervenir, comprueba que no haya llegado una señal de bloqueo similar de la protección del lado de la carga. De esta forma sólo interviene la protección inmediatamente contigua al lado de la alimentación de la falta.

El segundo caso permite unos tiempos de disparo claramente menores. En comparación con la selectividad cronométrica, ya no es necesario aumentar el retardo intencional a medida que uno se desplaza hacia la fuente de alimentación. El retardo puede reducirse al tiempo

necesario para excluir la presencia de una posible señal de bloqueo procedente de la protección del lado de la carga.

Se trata de un tipo de selectividad adecuada para redes radiales y, cuando se asocia con la protección direccional, también es adecuada para redes en malla.

En comparación con la selectividad cronométrica, la selectividad de zona permite:

- reducción de los tiempos de disparo (pueden ser inferiores a cien milisegundos);
- reducción del daño causado por la falta y de las interferencias en el sistema de alimentación;
- reducción de los esfuerzos térmicos y dinámicos en los componentes de la instalación;
- posibilidad de obtener un gran número de niveles de selectividad.

Sin embargo:

- es más onerosa en término de coste y de complejidad de la instalación
- necesita una alimentación auxiliar.

Por tanto, esta solución se utiliza principalmente en sistemas con altos valores de intensidad nominal y de intensidad de cortocircuito, con requisitos de seguridad y continuidad del servicio vinculantes; en particular, se encuentran ejemplos de selectividad de zona en interruptores de distribución primaria, inmediatamente contiguos al lado de la carga de transformadores y generadores.

Aspectos operativos

Este tipo de selectividad se puede obtener:

- entre interruptores automáticos abiertos Emax equipados con relés PR122 y PR123.
El límite de selectividad final que puede obtenerse es igual a la I_{cw}
- entre interruptores automáticos en caja moldeada Tmax T4L, T5L y T6L equipados con relés PR223 EF.
El límite de selectividad final que puede obtenerse es 100 kA

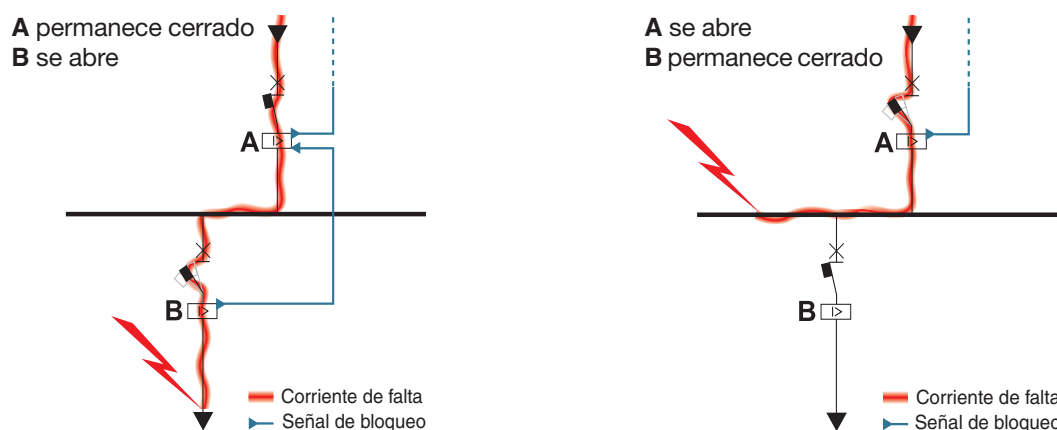
$$I_s = I_{cw}$$

$$I_s = 100 \text{ kA}$$

Por tanto, mediante el módulo adicional **IM210**, es posible realizar una cadena de selectividad de zona entre Tmax y Emax. También es posible obtener una cadena de selectividad incluyendo protecciones de media tensión ABB.

El principio de funcionamiento de la selectividad de zona entre interruptores automáticos **ABB** es el siguiente:

Cuando existen valores de intensidad superiores a su ajuste, cada protección envía una señal de bloqueo mediante una conexión directa o un bus a la protección de nivel jerárquico superior (en el lado de la alimentación respecto a la dirección de flujo de la potencia) y, antes de intervenir, comprueba que no haya llegado una señal de bloqueo similar de la protección del lado de la carga. De esta forma sólo interviene la protección inmediatamente contigua al lado de la alimentación de la falta.



Cómo obtener selectividad con interruptores automáticos ABB

En los siguientes capítulos se analizará detalladamente cómo obtener selectividad con los diferentes tipos de interruptores automáticos de ABB.

Cada capítulo está dedicado a una combinación particular de interruptores automáticos y a los métodos para obtener selectividad entre ellos. Esta publicación facilita indicaciones para una rápida selección de los ajustes de los interruptores para lograr la selectividad.

Estas indicaciones sobre los ajustes de los relés son válidas en general y se usan para una selección rápida de los ajustes.

Para combinaciones específicas de interruptores automáticos y para condiciones de instalación particulares, ABB puede proporcionar indicaciones que no se ajustan a las normas establecidas en este documento.

A continuación se presenta una breve descripción de los diferentes tipos de interruptores automáticos de ABB que se tratan en esta publicación.

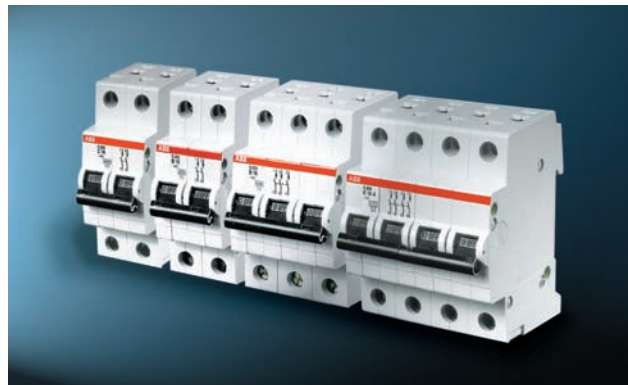
Tipos de interruptores automáticos ABB

MCB

Interruptores automáticos modulares

Es la serie *System Pro-M* de interruptores automáticos. Están equipados con relés termomagnéticos cuyas características de disparo se adecúan a la norma IEC60898 y a la norma DIN VDE 0660.

Estos interruptores automáticos presentan una capacidad de corte (I_{cu}) que cumple con la norma IEC 60947-2 y los límites de selectividad de energía se refieren a esta norma.



MCCB

Interruptores automáticos en caja moldeada

Es la serie Tmax e Isomax de interruptores automáticos. Se pueden equipar con relés termomagnéticos o electrónicos.

El relé electrónico más avanzado de la serie Tmax es el PR223EF, que permite obtener selectividad de zona entre interruptores automáticos en caja moldeada.



ACB

Interruptores automáticos en bastidor abierto

Es la serie Emax de interruptores automáticos. Están equipados con relés electrónicos.

Los relés electrónicos más avanzados de la serie Emax son el PR122/P, que permite obtener selectividad de zona, y el PR123/P que, además de selectividad de zona, también permite obtener selectividad de zona direccional.



Selectividad MCB-MCB

Se trata de interruptores automáticos con un relé termomagnético y, por tanto, no es posible ni selectividad cronométrica ni mucho menos selectividad de zona. Las dos técnicas de selectividad que pueden utilizarse

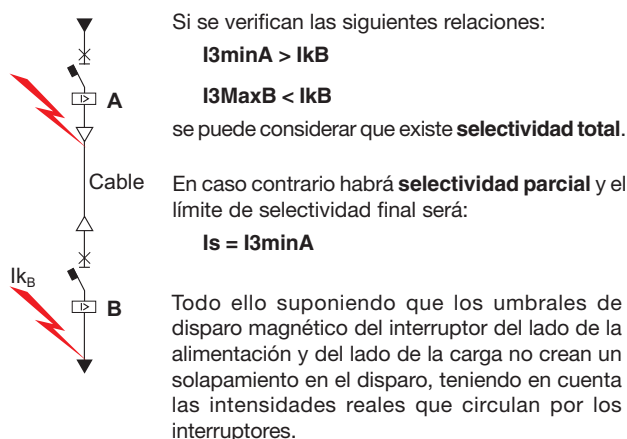
son la selectividad amperimétrica y la energética. En función del tipo de interruptor automático del lado de la alimentación, se puede realizar una u otra.

S200 Lado de la alimentación / S200 Lado de la carga

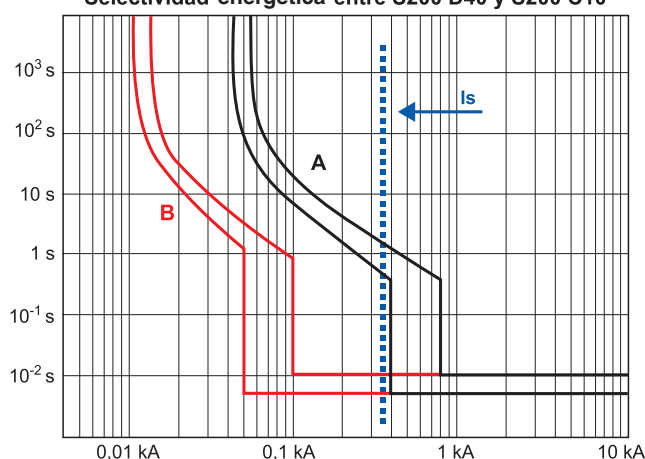
Entre dos interruptores automáticos de la serie S200 sólo se puede obtener selectividad amperimétrica.

En particular, son válidas las siguientes indicaciones:

- En la **zona de sobrecarga** el interruptor del lado de la carga debe desconectarse más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades efectivas que circulan por los interruptores.
- En la **zona de cortocircuito** suponiendo que:
 - I_{3minA}** es el umbral magnético inferior del interruptor del lado de la alimentación **A**
 - I_{3MaxB}** es el umbral magnético superior del interruptor del lado de la carga **B**
 - I_{kB}** es la intensidad de cortocircuito máxima supuesta en el lado de la carga de **B**



Selectividad energética entre S200 D40 y S200 C10

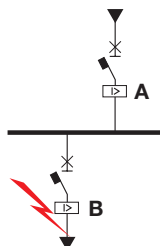


S290D-S500D Lado de la alimentación / S200 Lado de la carga

Entre los interruptores automáticos S500 curva D o S290 curva D en el lado de la alimentación e interruptores de la serie S200 en el lado de la carga, ABB proporciona tablas de selectividad que facilitan los valores de la selectividad energética.

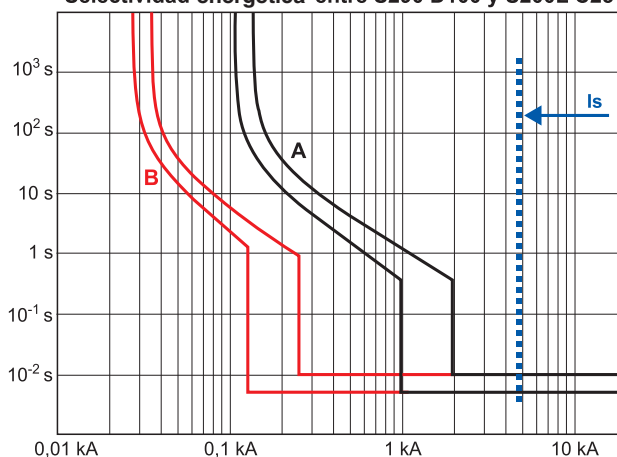
En particular, para que se consideren válidos los valores de las tablas, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- En la **zona de sobrecarga** el interruptor del lado de la carga debe disparar más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores.
- en la **zona de cortocircuito** el umbral inferior de disparo magnético del interruptor del lado de la alimentación y el umbral superior de disparo magnético del interruptor del lado de la carga deben ser tales que no creen un solapamiento en el disparo, teniendo en cuenta las intensidades reales que circulan por los interruptores.



El límite de selectividad final **I_s** obtenido es el que se ofrece en las tablas que ABB pone a disposición del cliente.

Selectividad energética entre S290 D100 y S200L C25



Lado carga	Característica	Lado alimen.	I _{cu} [kA]	S290						S500			
				D		D		D		D			
				15		32		40		50			
				I _n [A]	80	100	32	40	50	63			
S200L	C	6	6-8	5	5	5	1,5	2	2	5,5			
			10	5	5	5	1	1,5	2	3			
			13	4,5	5	5		1,5	2	3			
			16	4,5	5	5			2	3			
			20	3,5	5	5				2,5			
			25	3,5	5	5							
			32		4,5								
			40										

Selectividad MCCB-MCB

En esta sección se analiza el caso en que se busca selectividad entre un interruptor automático en caja moldeada en el lado de la alimentación y un interruptor

automático modular en el lado de la carga, en donde, gracias al diferente tamaño de ambos interruptores, siempre es posible obtener selectividad energética.

T1-T2-T3-T4 Lado de la alimentación / MCB lado de la carga

En la publicación "Tablas de coordinación" se facilitan tablas con interruptores automáticos de las series Tmax T1, T2, T3 y T4 en el lado de la alimentación de los interruptores automáticos modulares de las series S200, S290 y S500. Los valores de selectividad energética presentados son válidos siempre que se verifiquen las condiciones descritas a continuación.

Zona de sobrecarga

En la zona de sobrecarga el interruptor del lado de la carga debe disparar más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores.

Zona de cortocircuito

Interruptor automático del lado de la alimentación de tipo termomagnético

El umbral de disparo magnético debe:

- ser superior o igual a $10 \times I_n$, cuando el umbral magnético es fijo (TMD)
- ajustarse al valor máximo cuando el umbral magnético es ajustable (TMA)
- ser de tal forma que no cree solapamientos en el disparo con el interruptor del lado de la carga, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Interruptor automático del lado de la alimentación de tipo electrónico

La función de protección instantánea **I** debe ajustarse a OFF.

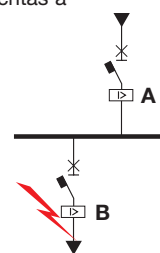
I3=OFF

El umbral de intensidad **I2** de la función **S**, menos cualquier tolerancia, debe ajustarse de forma que no cree solapamientos en el disparo con el umbral magnético superior del interruptor del lado de la carga **I3MaxB**, teniendo en cuenta las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

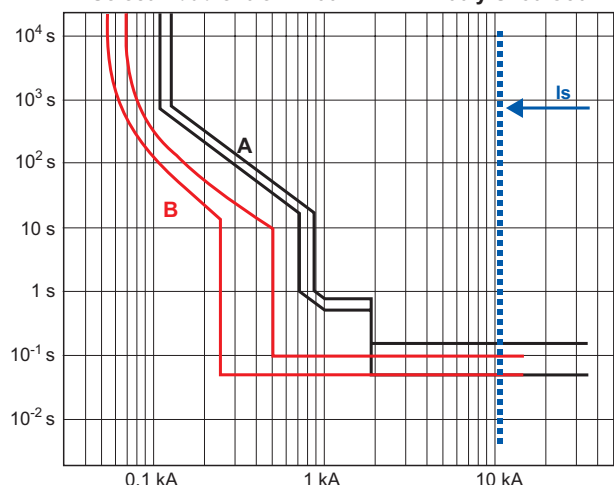
Respecto al tiempo de disparo **t2** de la función **S**:

t2A ≥ 100 ms con **I2t=const** y con **t=const**

El límite de selectividad final **Is** obtenido es el que se facilita en el documento "Tablas de coordinación".



Selectividad entre T2160 PR221 In100 y S280 C50



El límite de selectividad final I_s obtenido es el que se facilita en el documento “Tablas de coordinación”. A																				
		Lado alim.																		
		Versión																		
		Relé																		
		I _u [A]																		
		160																		
		TM,M																		
		EL																		
Lado carga	Caract.	I _{cu} [kA]	I _n [A]	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	10	25	63	100	160
S200P	C	25	" 2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
			3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17	T	T	T	T	T	T	T
			4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17	T	T	T	T	T	T	T
	6		5,5*	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	15	17	T	T		T	T	T	T	
	8				5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	10,5	15	17	T	T		T	T	T	T	
	10				3*	3	3	3	4,5	7,5	8,5	17	T	T		T	T	T	T	
	13				3*		3	3	4,5	7,5	7,5	12	20	T		T	T	T	T	
	16						3*	3	4,5	5	7,5	12	20	T			T	T	T	
	20						3*		3	5	6	10	15	T			T	T	T	
	25							3*	5	6	10	15	T			T	T	T		
	B-C	15	32							3*		6	7,5	12	T			T	T	T
			40									5,5*	7,5	12	T			T	T	
			50									3*	5*	7,5	10,5			10,5	10,5	
			63										5*		10,5				10,5	

B

T5-T6-T7-S8 Lado de la alimentación / MCB Lado de la carga

Con los interruptores automáticos en caja moldeada Tmax T5, T6, T7 e Isomax S8 y los interruptores automáticos modulares en el lado de la carga, siempre existe **selectividad total** si se verifican las condiciones descritas a continuación.

Zona de sobrecarga

En la zona de sobrecarga el interruptor del lado de la carga debe disparar más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores.

Zona de cortocircuito

Interruptor automático del lado de la alimentación de tipo termomagnético

El umbral de disparo magnética debe:

- ser superior o igual a $10 \times I_n$, cuando el umbral magnético es fijo (TMD)
- ajustarse al valor máximo cuando el umbral magnético es ajustable (TMA)
- ser de tal forma que no cree solapamientos en el disparo con el interruptor del lado de la carga, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Interruptor automático del lado de la alimentación de tipo electrónico

La función de protección instantánea **I** debe ajustarse a OFF.

I3=OFF

El umbral de intensidad **I2** de la función **S**, menos cualquier tolerancia, debe ajustarse de forma que no cree solapamientos en el disparo con el umbral magnético superior del interruptor del lado de la carga **I3MaxB**, teniendo en cuenta las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Respecto al tiempo de disparo **t2** de la función **S**:

t2A > 100 ms con **I2t=const** y con **t=const**

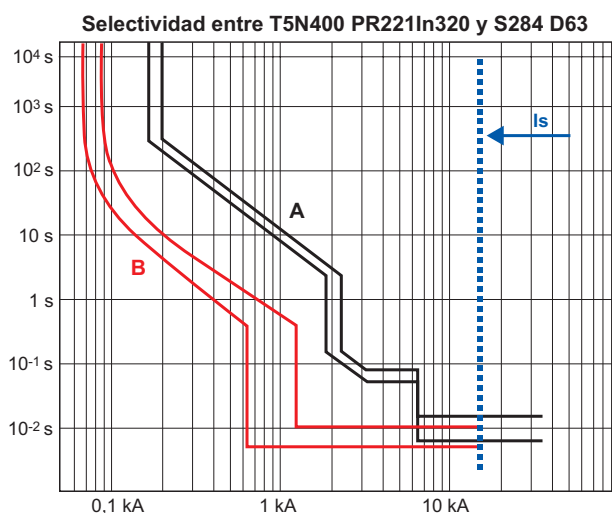
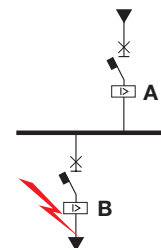
El límite de selectividad **Is** es el menor entre el Poder de Corte del interruptor del lado de la alimentación y el del interruptor del lado de la carga.

Tomando como referencia el ejemplo de la figura superior:

S284D63 **Icu = 15 kA**

T5N400 **Icu = 36 kA**

por tanto **Is = 15 kA**



Selectividad MCCB-MCCB

A continuación se analiza el caso en que se busca selectividad entre dos interruptores automáticos en caja moldeada. En este caso, se pueden utilizar diversas técnicas para obtener la selectividad entre los interruptores:

selectividad amperimétrica

para combinaciones de interruptores automáticos que no tienen un valor de selectividad energética cuando se coloca un elemento de gran impedancia entre ambos

selectividad cronométrica

para combinaciones de interruptores automáticos que no

tienen un valor de selectividad y el interruptor del lado de la alimentación está equipado con un relé electrónico

selectividad energética

para las combinaciones que se presentan en la publicación "Tablas de coordinación"

selectividad de zona

para interruptores automáticos Tmax equipados con relés PR223EF

Selectividad amperimétrica (MCCB-MCCB)

Cuando se dispone de interruptores automáticos del mismo tamaño que no tienen valores de selectividad energética en las tablas, puede ser necesario buscar selectividad amperimétrica entre interruptores automáticos en caja moldeada.

En cualquier caso, sólo pueden obtenerse límites de selectividad bajos, máximo de un orden de 10 veces la intensidad nominal I_n del relé en el lado de la alimentación.

Para obtener la selectividad amperimétrica, deben respetarse las siguientes indicaciones:

En la **zona de sobrecarga** el interruptor del lado de la carga debe disparar más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades efectivas que circulan por los interruptores.

En la **zona de cortocircuito** suponiendo que:

- I_{3minA}** es el umbral magnético inferior del interruptor del lado de la alimentación **A**
- I_{3MaxB}** es el umbral magnético superior del interruptor del lado de la carga **B**
- I_{kB}** es la intensidad de cortocircuito máxima supuesta en el lado de la carga de **B**

Si se verifican las siguientes relaciones:

$$I_{3minA} > I_{kB}$$

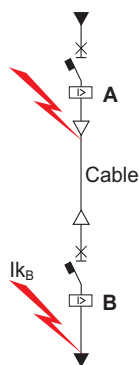
$$I_{3MaxB} < I_{kB}$$

se puede considerar que existe **selectividad total**.

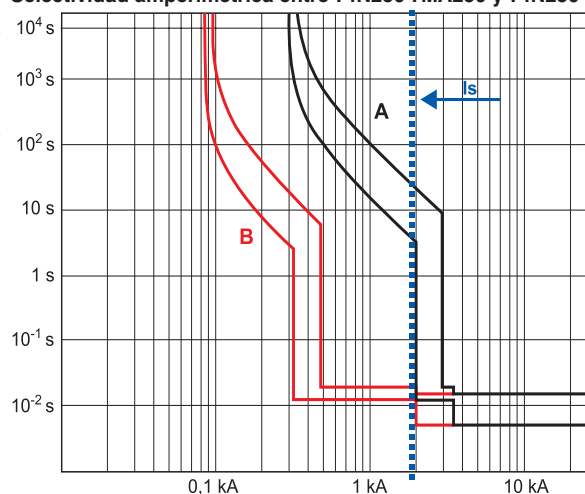
En caso contrario habrá **selectividad parcial** y el límite de selectividad final será:

$$I_s = I_{3minA}$$

Todo ello suponiendo que los umbrales de desconexión magnética del interruptor del lado de la alimentación y del lado de la carga no crean un solapamiento en el disparo, teniendo en cuenta las intensidades reales que circulan por los interruptores.



Selectividad amperimétrica entre T4N250 TMA250 y T4N250 TMA80



Selectividad cronométrica (MCCB-MCCB)

Cuando se dispone de interruptores automáticos del mismo tamaño que no tienen valores de selectividad energética en las tablas y el interruptor del lado de la alimentación está equipado con un relé electrónico con función S (T2-T4-T5-T6-T7-S8), puede ser necesario buscar selectividad cronométrica entre interruptores automáticos en caja moldeada.

En cualquier caso, sólo pueden obtenerse límites de selectividad bajos, máximo de un orden de 10-12 veces la intensidad nominal ininterrumpida I_n del interruptor en el lado de la alimentación.

Para obtener la selectividad cronométrica, deben respetarse las siguientes indicaciones:

En la **zona de sobrecarga** el interruptor del lado de la carga debe disparar más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores.

En la **zona de cortocircuito**

- El umbral de intensidad I_{2A} de la función **S** del interruptor automático del lado de la alimentación debe ajustarse de forma que no cree solapamientos en el disparo con el umbral de intensidad superior de la protección frente a cortocircuitos (I_3 o I_2) del interruptor del lado de la carga, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos
- por lo que respecta al tiempo de disparo t_2 de la función **S**, los ajustes de los MCCB en el lado de la alimentación se indican a continuación en función del ajuste/tipo de MCCB en el lado de la carga:

cuando el umbral I_{2A} del interruptor del lado de la alimentación es superior a una protección instantánea del interruptor del lado de la carga (magnética, $I_3=ON$ o autoprotección) son válidas las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} t_{2A} &> 150 \text{ ms} & \text{si } I_{2t} &= \text{const} \\ t_{2A} &> 100 \text{ ms} & \text{si } t &= \text{const} \end{aligned}$$

cuando el umbral I_{2A} del interruptor del lado de la alimentación sólo es superior al umbral I_{2B} del interruptor del lado de la carga, usando curvas con las mismas características, es válida la relación siguiente:

$$t_{2A} - \text{tolerancia} \geq t_{2B} + \text{tolerancia} + 50 \text{ ms}$$

Debe respetarse esta relación cuando se usan ajustes electrónicos, mediante el diálogo o la unidad PR010T. En el caso más habitual (uso de los ajustes disponibles mediante los DIP switch de los interruptores) deben respetarse los valores que se presentan en las tablas siguientes:

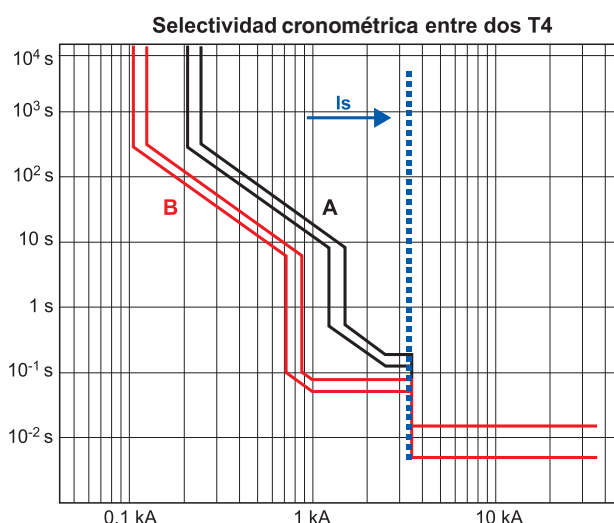
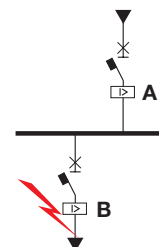
	ajuste de tiempos t_2		
MCCB en el lado de la alimentación	$t_{2A}=250$	$t_{2A}=250$	$t_{2A}=500$
MCCB en el lado de la carga	$t_{2B}=50$	$t_{2B}=100$	$t_{2B}=250$

Nota

Las indicaciones sobre los ajustes de los relés son válidas en general y son útiles para una selección rápida de los ajustes para garantizar la selectividad. Para combinaciones específicas de interruptores automáticos y para condiciones de instalación particulares, ABB puede proporcionar indicaciones que no se ajustan a las normas establecidas en este documento pero que, sin embargo, permiten garantizar la selectividad.

El límite de selectividad final es igual al umbral de disparo instantáneo I_3 del interruptor automático aguas arriba menos la tolerancia

$$I_s = I_{3\min A}$$



Selectividad energética (MCCB-MCCB)

ABB pone a disposición del cliente tablas de selectividad que ofrecen los valores de selectividad energética a 415 V entre las posibles combinaciones de interruptores automáticos en caja moldeada.

Como estos interruptores pueden equiparse con relés termomagnéticos y electrónicos ajustables, es necesario que el usuario realice algunas comprobaciones para obtener selectividad hasta el valor de intensidad de cortocircuito que se ofrece en las tablas.

En la **zona de sobrecarga** el interruptor del lado de la carga debe disparar más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores.

En la **zona de cortocircuito**

Interruptor automático del lado de la alimentación de tipo termomagnético (T1-T2-T3-T4-T5-T6)

El umbral de disparo magnético debe:

- ser superior o igual a $10 \times I_n$, cuando el umbral magnético es fijo (TMD)
- ajustarse al valor máximo cuando el umbral magnético es ajustable (TMA).
- ser de tal forma que no cree solapamientos en el disparo con el interruptor del lado de la carga, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades efectivas que circulan por los interruptores automáticos.

Interruptor automático del lado de la alimentación de tipo electrónico (T2-T4-T5-T6-T7-S8)

- la función de protección instantánea **I** debe ajustarse a OFF **I3=OFF**
- el umbral de disparo **I2A** del interruptor automático del lado de la alimentación debe ajustarse de forma que no cree solapamientos en el disparo con el umbral de disparo frente a cortocircuitos (**I3** o **I2**) del interruptor del lado de la carga, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos
- por lo que respecta al tiempo de disparo **t2** de la función **S**, los ajustes de los MCCB en el lado de la alimentación se indican a continuación en función del ajuste/tipo de MCCB en el lado de la carga:

$$\begin{aligned} t2A &> 150 \text{ ms} & \text{si } I2t = \text{const} \\ t2A &> 100 \text{ ms} & \text{si } t = \text{const} \end{aligned}$$

cuando el umbral **I2A** del interruptor del lado de la alimentación sólo es superior al umbral **I2B** del interruptor del lado de la carga, usando curvas con las mismas características, es válida la relación siguiente:

$$t2A - \text{tolerancia} > t2B + \text{tolerancia} + 50 \text{ ms}$$

Debe respetarse esta relación cuando se usan ajustes electrónicos, mediante el diálogo o la unidad PR010T. En el caso más habitual (uso de los ajustes disponibles mediante los DIP switch de los interruptores) deben respetarse los valores que se presentan en las tablas siguientes:

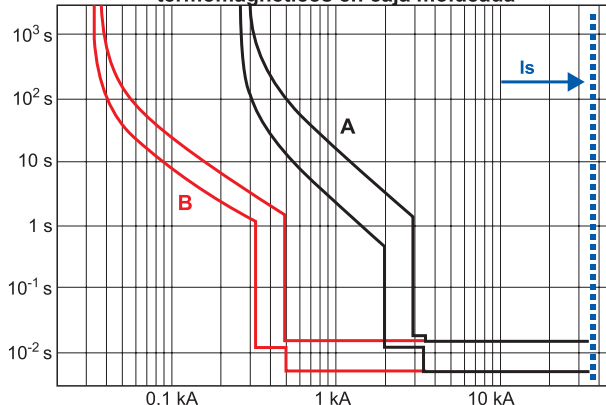
ajuste de tiempos **t2**

MCCB en el lado de la alimentación	$t2_A=250$	$t2_A=250$	$t2_A=500$
MCCB en el lado de la carga	$t2_B=50$	$t2_B=100$	$t2_B=250$

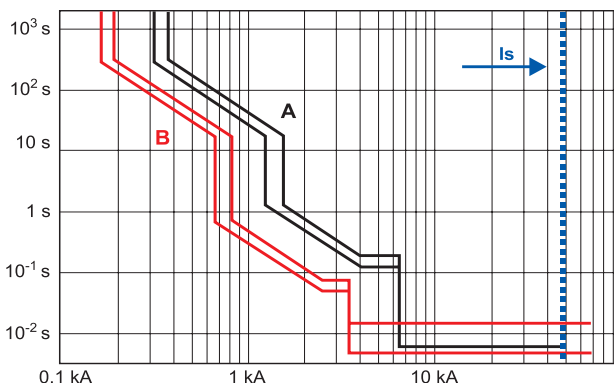
Nota: Las indicaciones sobre los ajustes de los relés son válidas en general y son útiles para una selección rápida de los ajustes para garantizar la selectividad. Para combinaciones específicas de interruptores automáticos y para condiciones de instalación particulares, ABB puede proporcionar indicaciones que no se ajustan a las normas establecidas en este documento pero que, sin embargo, permiten garantizar la selectividad.

El límite de selectividad final **Is** obtenido es el que se ofrece en el documento "Tablas de coordinación".

Selectividad energética entre interruptores automáticos termomagnéticos en caja moldeada



Selectividad energética entre interruptores automáticos electrónicos en caja moldeada



MCCB - Tmax T5 a 400/415 V

Versiones		Lado alim.		T6		T7			
		Relé		N,S,H,L		S,H,L			
Lado carg.			I_u [A]	800		1250		1600	
			I_n [A]	800	800	1000	1250	1600	
T5	N, S, H, L, V	TM	400	320	30	30			
				400	30	30			
			630	500		30			
				630					
		EL	400	320	30	30			
				400	30	30			
	630	630							

Selectividad de zona (T4L-T5L-T6L)

Mediante el nuevo relé electrónico PR223EF se puede obtener selectividad de zona entre interruptores automáticos en caja moldeada de las series Tmax T4L, T5L y T6L.

El PR223EF implementa la nueva función de protección **EF**, capaz de detectar el cortocircuito en su inicio. Ello es posible gracias a la "predicción" de la falta, basada en un análisis de la tendencia de la derivada de la corriente respecto al tiempo, $di(t)/dt$ frente a $i(t)$.

Si la protección **EF** está activada, interviene para faltas de tamaño considerable, sustituyendo a la función de protección **I** frente a cortocircuitos instantáneos cuando existe una fuente de alimentación auxiliar.

Entre los relés **PR223EF** la selectividad de zona se implementa simultáneamente en las funciones S, G y EF. Se lleva a cabo mediante un protocolo de bloqueo (bloqueo, **IL**), garantizado por un par de cables apantallados de par trenzado para Modbus RS485, que conectan los interruptores equipados con el PR223EF (consulte a ABB para información adicional sobre el tipo de cable).

En caso de cortocircuito, el interruptor automático inmediatamente contiguo al lado de la alimentación envía una señal de bloqueo a la protección de nivel jerárquico superior mediante el bus y, antes del disparo, comprueba que no se haya recibido ninguna señal de bloqueo similar desde la protección del lado de la carga.

La integridad del sistema se controla mediante una función de monitorización: en el caso de cortocircuito, si se halla un fallo en el sistema de bloqueo, la función de protección EF provoca un disparo (con tiempos de disparo del orden de decenas de ms), pero no se garantiza la selectividad de zona.

Además, si el interruptor automático del lado de la carga no consigue disparar, pide ayuda al interruptor del lado de la alimentación y éste se abre incluso si no detecta el fallo (función **SOS**).

Para el funcionamiento de la protección EF y la selectividad de zona se necesita una fuente de alimentación auxiliar de 24 V CC.

El límite de selectividad final que puede obtenerse es 100 kA

$$I_s = 100 \text{ kA}$$

Todas las funciones de protección pueden programarse remotamente, utilizando la función de diálogo en el relé, o bien localmente mediante el PR010/T, que puede conectarse a un puerto serie en la parte frontal del PR223EF.

Una de las principales ventajas de usar selectividad de zona entre MCCB es que permite la reducción del tamaño de los interruptores. De hecho, al buscar selectividad entre interruptores automáticos en caja moldeada con las técnicas clásicas, a menudo es necesario aumentar el tamaño de los interruptores del lado de la alimentación para obtener límites de selectividad congruentes con la intensidad de cortocircuito de la instalación.

Mediante relés PR223EF adecuadamente conectados, es posible obtener 100 kA de selectividad, incluso entre dos interruptores automáticos del mismo tamaño.

A continuación se presenta un ejemplo (véanse páginas 22 y 23) de cómo, mediante selectividad de zona entre interruptores automáticos de caja moldeada, es posible una reducción de los tamaños y una reducción considerable en la intensidad máxima y la energía específica que pasa a través de los interruptores, a la vez que se mantiene la selectividad total.

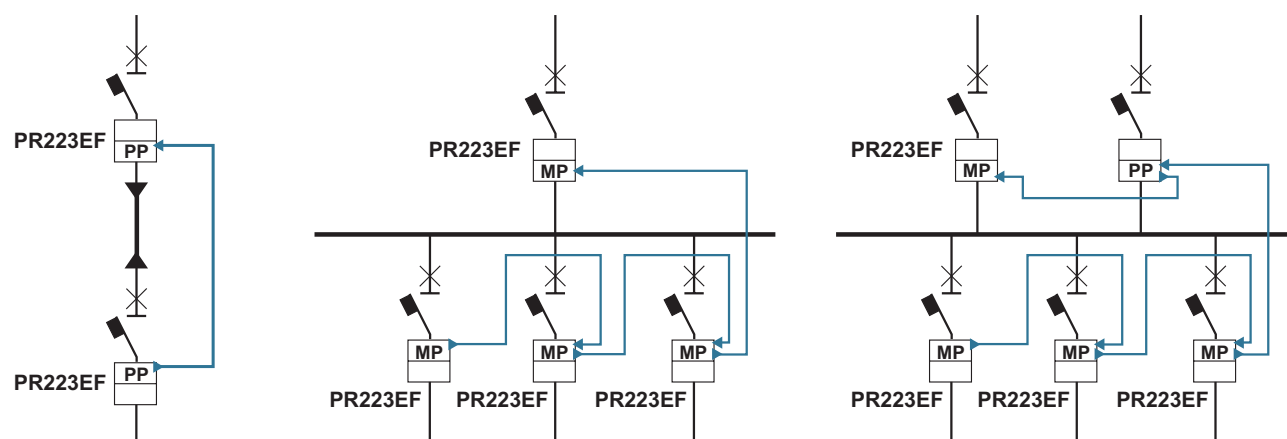
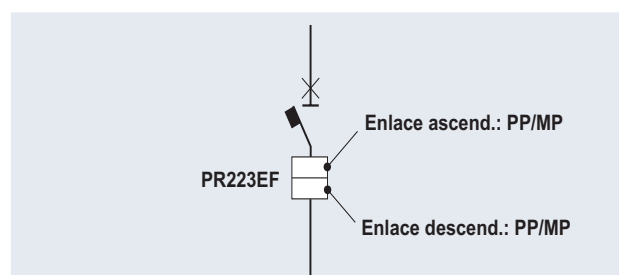
Configuración de bloqueo

Cada relé se caracteriza por:

- una entrada destinada a la conexión con el relé en el lado de la alimentación "**Uplink**" (conexión ascendente)
- una salida destinada a la conexión con el relé en el lado de la carga "**Downlink**" (conexión descendente)

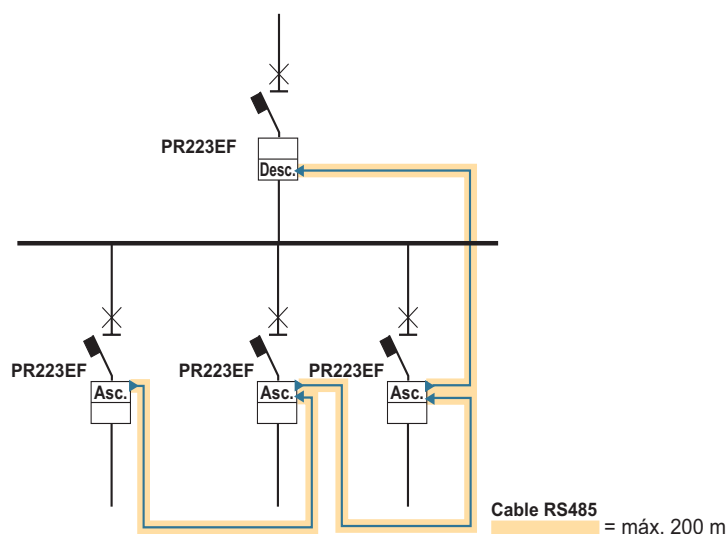
Cada una puede configurarse de dos maneras: **PP** (punto a punto) o **MP** (multipunto), en función de la condición de la instalación en la que se hallan los relés.

A continuación se muestran las configuraciones principales:



Los parámetros principales, característicos del relé, son:

Disparo retardado	Al habilitar este parámetro se introduce un retardo del disparo en el caso en que hayan instalados, en el lado de la carga del relé, interruptores automáticos Tmax o modulares de tamaño pequeño. El objetivo de este parámetro es obtener selectividad con los otros dispositivos aguas abajo no equipados con el PR223EF. Este parámetro sólo está habilitado en los interruptores que tiene el dispositivo fuera de la cadena de selectividad de zona en el lado de la carga.
Habilitar/deshabilitar EF	Habilita o deshabilita la protección EF . Si la protección EF está habilitada: la presencia de Vaux lleva a la exclusión automática de la función I y a la habilitación de la protección EF , la ausencia de Vaux lleva a la exclusión de la protección EF y al retorno a la función I (si está habilitada).
100 kA	Límite de selectividad final que puede obtenerse con el PR223EF adecuadamente conectado y alimentado.
16	Número máximo de relés que pueden conectarse al BUS de un nivel.
200 metros	Longitud máxima global del cable de conexión. El cableado de los diferentes relés se lleva a cabo igual que en la "topología de bus" clásica (véase la figura).



Indicaciones sobre los ajustes

Para obtener selectividad total, tanto en el caso de sobrecarga como en el de cortocircuito, utilizando los relés PR223EF adecuadamente conectados y alimentados, se recomienda establecer las siguientes selecciones y ajustes entre los diversos interruptores automáticos.

Sobrecarga

- Compruebe que no exista solapamiento en el disparo de las funciones de protección **L** (frente a sobrecarga), teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Cortocircuito

- Sin solapamiento en el disparo de los umbrales de intensidad **I₂** de la función **S**, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Tiempo de disparo **t₂**

Ajustado de forma que se obtenga selectividad en tiempo con cualquier interruptor automático aguas abajo situado fuera de la cadena de selectividad de zona.

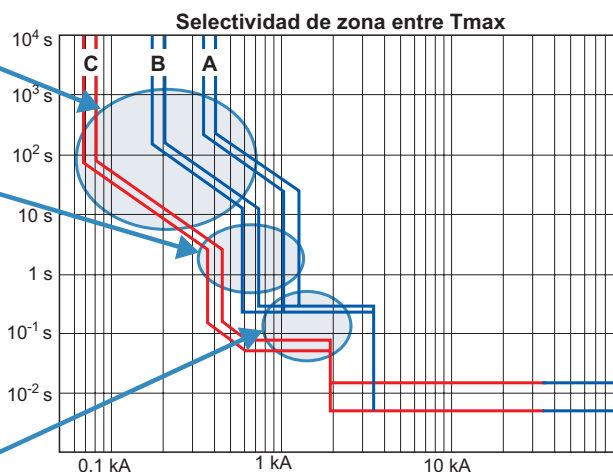
Entre los interruptores automáticos equipados con el PR223EF y con bloqueo mutuo, si A es el interruptor del lado de la alimentación y B el del lado de la carga, debe cumplirse:

$$t_{2A} \geq t_{2B}$$

Siempre que sea posible se recomienda también buscar selectividad cronométrica entre los interruptores con bloqueo, de forma que se garantice la selectividad parcial en caso de pérdida de la alimentación auxiliar.

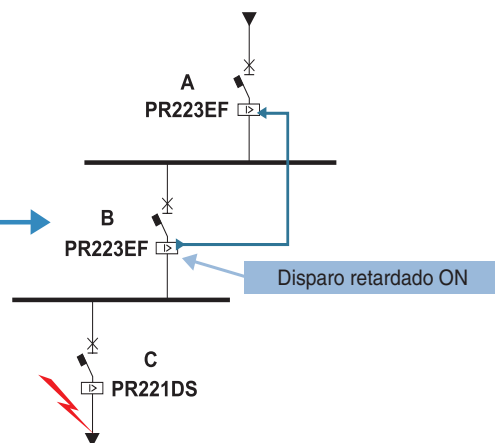
Función de protección instantánea **I**

Esta función de protección se deshabilita automáticamente cuando la función EF está activada y existe una fuente de alimentación auxiliar. Por lo tanto, sus ajustes sólo son relevantes en caso de pérdida de la Vaux.



- Disparo retardado

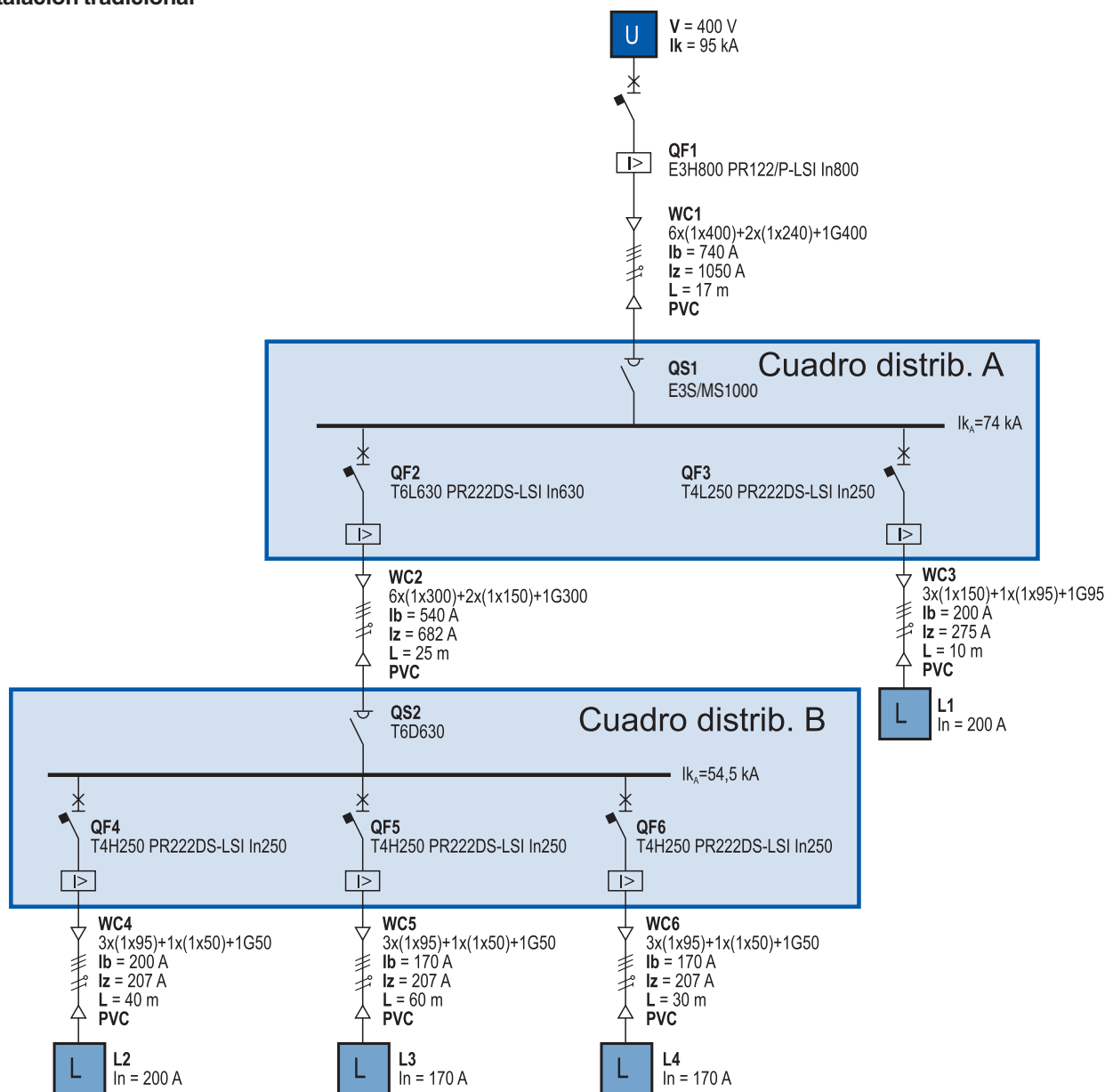
Al habilitar este parámetro en los relés que disponen de un interruptor automático directamente en el lado de la carga no equipado con el PR223EF, la selectividad se obtiene con el Tmax de un tamaño menor o los MCB colocados en el lado de la carga.



Ejemplo de aplicación

En el siguiente ejemplo se muestra una comparación entre una instalación en la que se implementa selectividad con las técnicas tradicionales y la misma instalación con selectividad garantizada por el sistema EFDP.

Instalación tradicional



La elección de los dispositivos de protección debe llevarse a cabo haciendo referencia, por encima de todo, a las corrientes nominales de las cargas y a la intensidad de cortocircuito de las barras de distribución. Además, esta elección resulta condicionada por la búsqueda de selectividad realizada mediante técnicas tradicionales, cuyos valores pueden hallarse en la publicación "Tablas de coordinación".

La intensidad de cortocircuito en las barras de distribución del cuadro de distribución B ($I_{k_B}=54,5$ kA) influye en la elección de los dispositivos de protección e impone el uso de interruptores automáticos T4H 250 en los alimentadores de salida.

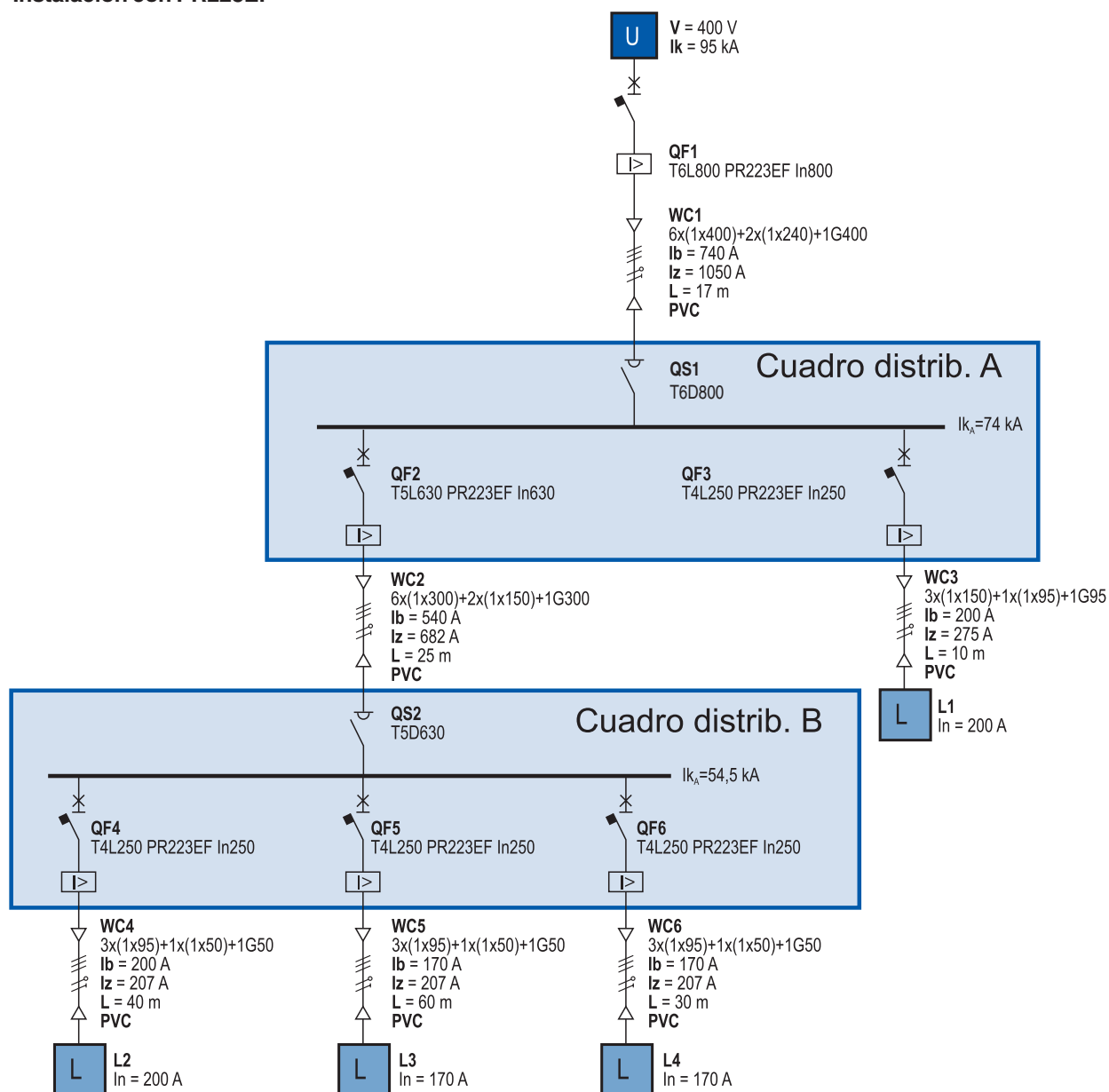
Para garantizar la selectividad, el interruptor automático (QF2) en el lado de la alimentación del cuadro de distribución B e instalado en el cuadro de distribución A debe ser del tipo T6L 630.

La barra de distribución del cuadro de distribución A se caracteriza por un valor de intensidad de cortocircuito $I_{k_A}=74$ kA; ello afecta profundamente a la elección del dispositivo de protección aguas arriba, que, independientemente de la intensidad nominal, debe ser un interruptor automático Emax y, concretamente, un Emax E3H; de esta manera se puede garantizar la selectividad hacia el aparato en el lado de la carga.

Cada cuadro de distribución dispone, como dispositivo principal, de un interruptor-seccionador, que debe protegerse contra cortocircuitos y sobrecargas por parte del interruptor automático aguas arriba. En general, para garantizar la protección es necesario utilizar un interruptor-seccionador en la versión derivada a partir del interruptor automático en el lado de la alimentación.

Por tanto, es evidente que los requisitos de selectividad condicionan profundamente la elección de los dispositivos de protección y la dirigen hacia tamaños diferenciados en función de la ubicación de los interruptores automáticos en la instalación.

Instalación con PR223EF



Considerando que la intensidad nominal y los valores de cortocircuito de la red permanecen inalterados, el uso del nuevo relé de protección PR223EF permite obtener selectividad sin aumentar el tamaño del aparato a utilizar.

En particular, se puede utilizar un T5L630 equipado con el PR223EF como interruptor automático en el lado de la alimentación del cuadro de distribución B (QF2). Como consecuencia, se puede reducir el tamaño del interruptor-seccionador de entrada del cuadro de distribución B. La reducción de tamaño más evidente que puede obtenerse afecta al dispositivo principal de la instalación: gracias al uso del relé PR223EF, se puede elegir un interruptor automático en caja moldeada en lugar de un interruptor automático de bastidor abierto. En este caso específico, se puede utilizar un interruptor automático T6L800 con un interruptor-seccionador aguas abajo del mismo tamaño.

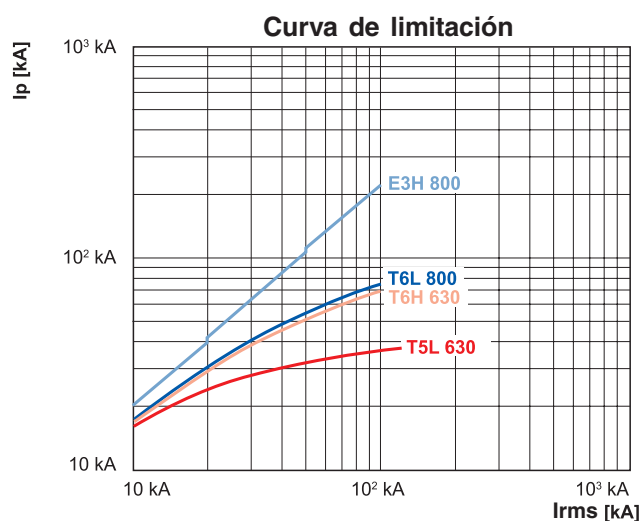
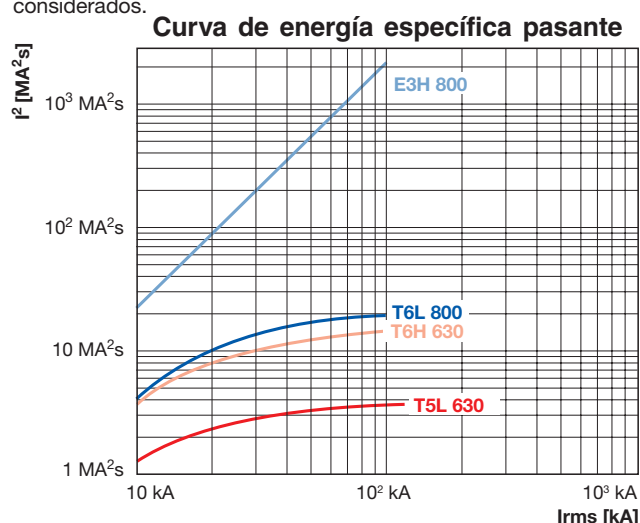
La tabla siguiente resume las ventajas que se derivan del uso del nuevo relé electrónico.

Concretamente, es posible:

- sustituir un interruptor automático en caja moldeada de gran tamaño por uno más pequeño – T5L 630 PR223EF en lugar de T6L630 PR222-LS;
- sustituir un interruptor automático de bastidor abierto de gran tamaño por uno en caja moldeada mucho más pequeño – T6L 800 PR223EF en lugar de E3H800 PR122/P-LSIG;
- sustituir un interruptor-seccionador de gran tamaño por uno más pequeño – T5D630 en lugar de T6D630;
- sustituir un interruptor-seccionador de bastidor abierto con un interruptor-seccionador derivado a partir de un interruptor automático en caja moldeada de tamaño mucho menor – T6D 800 en lugar de E3S/MS1000.

	Solución tradicional	Solución con EFDP
QF1	E3H800 PR122/P	T6L800 PR223EF
QS1	E3S/MS1000	T6D800
QF2	T6L630 PR222DS	T5L630 PR223EF
QS2	T6D630	T5D630

Además de una reducción notable de los tamaños de los interruptores, con las consiguientes ventajas desde un punto de vista dimensional y económico, una instalación equipada con relés PR223EF está sometida a menores tensiones térmicas y electrodinámicas que con una solución tradicional. A continuación se muestran las curvas de energía específica pasante y de limitación de los interruptores automáticos considerados.



A partir de las curvas anteriores cabe destacar que a un valor de intensidad de cortocircuito correspondiente a 55 kA la energía específica permitida por el T7H630 es igual a $1 \text{ MA}^2\text{s}$, mientras que la del T5L630 es igual a $3,5 \text{ MA}^2\text{s}$. Además, los valores máximos disminuyen drásticamente desde los 54 kA del T6H hasta unos 35 kA del T5L630.

De forma parecida, a una intensidad de cortocircuito de 74 kA, la energía específica pasante y la intensidad máxima limitada por el interruptor T6L800 reducen considerablemente las tensiones térmicas y dinámicas en comparación con el interruptor E3H.

En particular, en este caso es posible usar las capacidades limitadoras de intensidad del interruptor automático en caja moldeada para optimizar el dimensionado del sistema de barras de distribución del cuadro de distribución A. De hecho, con un interruptor automático de bastidor abierto en el lado de la alimentación, es necesario adoptar un sistema de barras de distribución dimensionado para una intensidad admisible de corta duración nominal (I_{cw}) igual a 75 kA y, por tanto, con una capacidad de conducción de corriente mucho mayor que la intensidad total que necesita la instalación. Por el contrario, usando un interruptor automático T6L800 en el lado de la alimentación del cuadro de distribución, se puede adoptar un sistema de barras de distribución con una I_{cw} igual a 35 kA, lo que resulta más congruente, desde un punto de vista dimensional, con la intensidad de 800 A, que es la capacidad de conducción requerida por este sistema de barras. En concreto, los valores siguientes corresponden a una intensidad admisible de corta duración nominal del sistema de barras de distribución igual a 35 kA:

- intensidad máxima $I_p = (35 \times 2,1) = 73,5 \text{ kA}$, que resulta superior al máximo de 66 kA permitido por el interruptor automático T6L800 a una intensidad de cortocircuito de 75 kA;
- energía de paso $I^2t = 35^2 \times 1 = 1225 \text{ MA}^2\text{s}$, que resulta superior a la energía de paso de $20 \text{ MA}^2\text{s}$ del interruptor automático T6L800 con un valor de cortocircuito correspondiente a 75kA.

	Solución tradicional	Solución con EFDP
Barras de distrib. cuadro A	$I_{cw} = 75 \text{ kA}$	$I_{cw} = 35 \text{ kA}$

Selectividad ACB-MCCB

En esta sección se analiza el caso en que se busca selectividad entre un interruptor automático de bastidor abierto en el lado de la alimentación y un interruptor automático en caja moldeada en el lado de la carga.

En este caso se pueden seguir dos caminos:

- solución tradicional con selectividad cronométrica/energética;
- selectividad de zona, cuando el interruptor automático del lado de la carga es un Tmax equipado con un relé PR223EF y el Emax en el lado de la alimentación está equipado con un relé PR122/P o PR123/P.

Solución tradicional

En este caso, ABB ofrece una tabla en que se muestran los valores de selectividad entre interruptores automáticos de bastidor abierto en el lado de la alimentación e interruptores automáticos en caja moldeada en el lado de la carga.

Es evidente la necesidad de ajustar adecuadamente los relés para obtener los valores de selectividad que se presentan en la tabla.

Debe cumplirse lo siguiente:

En la **zona de sobrecarga** el interruptor del lado de la carga debe disparar más rápidamente que el del lado de la alimentación, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores.

En la **zona de cortocircuito**

- la función de protección instantánea I debe ajustarse a OFF

I3=OFF

- el umbral de disparo I_{2A} del interruptor automático del lado de la alimentación debe ajustarse de forma que no cree solapamientos en el disparo con el umbral de disparo de la protección frente a cortocircuitos (**I3** o **I2**) del interruptor del lado de la carga, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades efectivas que circulan por los interruptores automáticos

- por lo que respecta al tiempo de disparo t_2 de la función **S**, los ajustes del Emax en el lado de la alimentación se indican a continuación, en función del ajuste/tipo de MCCB en el lado de la carga:

cuando el umbral I_{2A} del interruptor del lado de la alimentación es superior a una protección instantánea del interruptor del lado de la carga (magnética, I3=ON o autoprotección) son válidas las siguientes relaciones:

$t_{2A} \geq 100 \text{ ms}$ si $I_{2t} = \text{const}$ y si $t = \text{const}$

cuando el umbral I_{2A} del interruptor del lado de la alimentación sólo es superior al umbral I_{2B} del interruptor del lado de la carga, usando curvas con las mismas características, es válida la relación siguiente:

$t_{2A} - \text{tolerancia} \geq t_{2B} + \text{tolerancia} + 50 \text{ ms}$

Debe respetarse esta relación cuando se usan ajustes electrónicos, mediante el diálogo o la unidad PR010T. En el caso más habitual (uso de los ajustes disponibles mediante DIP switches) deben respetarse los valores que se presentan en las tablas siguientes:

ajuste de tiempos t_2

ACB en el lado de la alimentación	$t_{2A}=200$	$t_{2A}=200$	$t_{2A}=400$	$t_{2A}=700$
MCCB en el lado de la carga	$t_{2B}=50$	$t_{2B}=100$	$t_{2B}=250$	$t_{2A}=500$

Nota

Las indicaciones sobre los ajustes de los relés son válidas en general y son útiles para una selección rápida que garantice la selectividad. Para combinaciones específicas de interruptores automáticos y para condiciones de instalación particulares, ABB puede proporcionar indicaciones que no se ajustan a las normas establecidas en este documento pero que, sin embargo, permiten garantizar la selectividad.

El límite de selectividad **Is** obtenido es el que se ofrece en el documento "Tablas de coordinación".

ACB - MCCB a 400/415 V

		Lado alim.	E1		E2				E3							
Versión			B	N	B	N	S	L*	N	S	H	V	L*	S		
Lado carga	Relé		EL		EL				EL							
		I _U [A]	800 1000 1250 1600	800 1000 1250 1600	1600 2000	1000 1250 1600 2000	800 1000 1250 1600 2000	1250 1600	2500 3200	1000 1250 1600 2000 2500 3200	800 1000 1250 1600 2000 2500 3200	1000 1250 1600 2000 2500 3200	2000 2500	4000		
T1	B	TM	160													
	C															
	N															
T2	N	TM,EL	160													
	S															
	H							55	65							

Selectividad de zona entre Emax y Tmax

Mediante el módulo de bloqueo IM210 se puede ampliar la selectividad de zona, a partir de los relés PR223EF, al relé PR122/P o PR123/P en el lado de la alimentación.

En la práctica, el dispositivo permite la intercomunicación entre el protocolo IL del PR223EF y la selectividad de zona **ZS** de los dispositivos PR122/P y PR123/P.

Además, al realizar esta cadena de selectividad entre Emax y Tmax, el límite de selectividad será el menor de los dos siguientes:

- la corriente admisible de corta duración del interruptor automático del lado de la alimentación (I_{cw} del Emax)
- el poder de corte del interruptor automático en el lado de la carga (I_{cu} del Tmax en la versión L → 100 kA)

Gestión de dos interruptores automáticos en el lado de la alimentación

Para gestionar diversos interruptores automáticos Emax en el lado de la alimentación de relés PR223EF, se procede como sigue:

- Dos interruptores automáticos del lado de la alimentación sin enlace de barra

En esta configuración de instalación, en caso de sobreintensidad los relés en el lado de la carga deben bloquear los dos interruptores automáticos del lado de la alimentación.

Es necesario el uso de un solo módulo **IM210** para la correcta gestión de la señal de monitorización y para la duplicación de la señal de bloqueo procedente de los interruptores automáticos situados en el lado de la carga.

- Dos interruptores automáticos del lado de la alimentación con enlace de barra

En esta configuración la presencia del enlace de barra permite dividir la instalación en dos partes perfectamente aisladas.

Cuando el enlace de barra está cerrado, en caso de sobreintensidad los relés en el lado de la carga bloquean los dos interruptores automáticos del lado de la alimentación.

Cuando el enlace de barra está abierto, cada relé dispone de un solo interruptor automático en el lado de la alimentación. En este caso, el interruptor del lado de la carga que detecta el fallo debe bloquear sólo la apertura del interruptor que lo detecta en el lado de la alimentación.

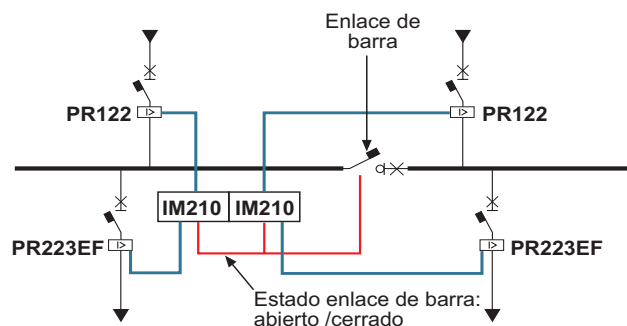
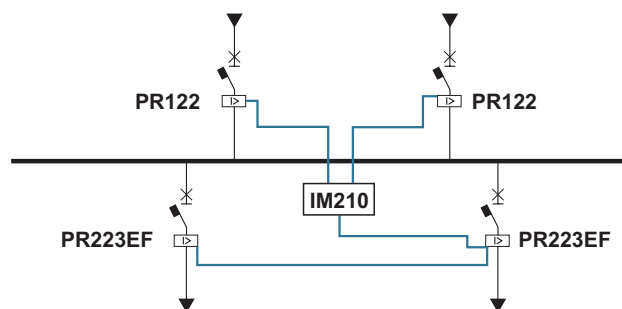
En este caso, es necesario usar **dos** módulos **IM210** interconectados, que recibirán la señal abierto/cerrado desde el enlace de barra.

Si el enlace de barra está abierto:

- las dos líneas permanecerán aisladas; cada **IM210** hará que los dos relés en serie se comuniquen entre sí.

Si, por el contrario, el enlace de barra está cerrado:

- el Sysbus transmitirá la señal de un dispositivo al otro, y la señal de bloqueo siempre se enviará a ambos dispositivos en el lado de la alimentación.



Indicaciones sobre los ajustes

Tal como se ilustrará mejor en el capítulo dedicado a la selectividad de zona si está habilitada la selectividad de zona en la función **S** de un relé PR122 o PR123 del Emax, se pueden producir dos situaciones:

- el relé del Emax **recibe una señal de bloqueo ("lock")**: si se ha superado su umbral **I₂**, provoca un disparo dentro del tiempo **t₂** ajustado en el relé;
- el relé del Emax **no recibe una señal de bloqueo ("lock")**: si se ha superado su umbral **I₂**, provoca un disparo dentro del "**tiempo de selectividad**" ajustado en el relé.

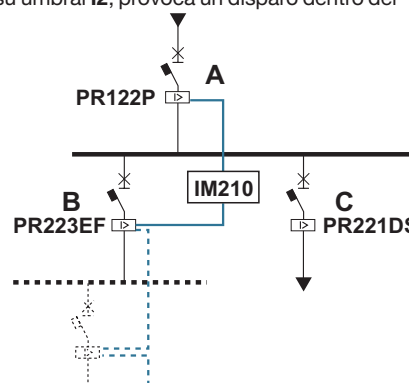
Teniendo en cuenta esto, para obtener selectividad total, tanto en el caso de sobrecarga como en el de cortocircuito, se recomienda realizar las selecciones y ajustes descritos a continuación, donde:

A es el Emax con PR122/P aguas arriba del PR223EF

B es el Tmax con PR223EF

C es un dispositivo exterior a la cadena de selectividad de zona

A y **B** están interconectados mediante el módulo **IM210**



Sobrecarga

- Compruebe que no exista solapamiento de las curvas de disparo de las funciones de protección **L** (frente a sobrecarga), teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Cortocircuito

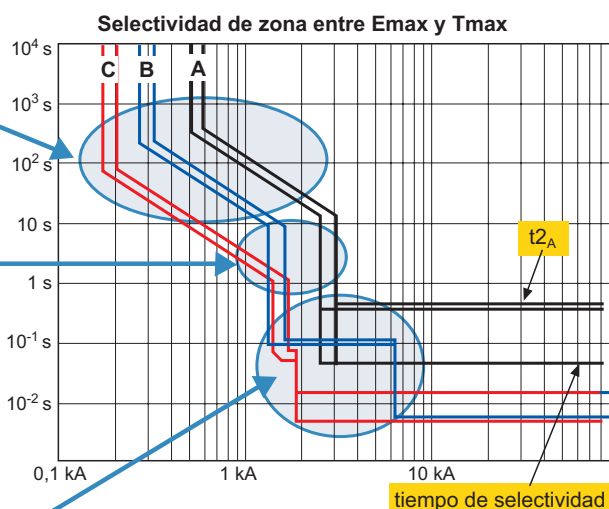
- Compruebe que no exista solapamiento entre las curvas de disparo **I₂** de la función **S**, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.
- Los tiempos de disparo **t_{2A}** y "**tiempo de selectividad**" del Emax en el lado de la alimentación se ajustan de la siguiente forma:

tiempo de selectividad se ajusta de forma que se obtenga selectividad de tiempo-intensidad con el dispositivo **C** en el lado de la carga situado fuera de la cadena de selectividad de zona

t_{2A} (tiempo de la función S) se ajusta de forma que garantice que no dispare el interruptor automático **A** que recibe la señal de bloqueo; es decir, según la relación:

$$t_{2A} > t_{2B} + 70 \text{ ms}^*$$

*Δt mínimo entre los tiempos de disparo de los dos interruptores en serie, con alimentación auxiliar y con curvas a tiempo constante, para garantizar que no se produce disparo de los interruptores en el lado de la alimentación.



La función de protección instantánea frente a cortocircuitos **I** debe ajustarse a OFF:

I3 = OFF

Selectividad ACB-ACB

A continuación se analiza el caso en que se busca selectividad entre dos interruptores automáticos de bastidor abierto. En este caso, se pueden utilizar diversos métodos para obtener la selectividad entre los interruptores:

selectividad cronométrica	para combinaciones de Emax con cualquier tipo de relé
selectividad de zona	para combinaciones de Emax con relés PR122 y PR123
selectividad cronométrica direccional	para combinaciones de Emax con relés PR123
selectividad de zona direccional	para combinaciones de Emax con relés PR123.

Selectividad cronométrica

Para el máximo nivel de selectividad compatible con la estrategia elegida, tanto en el caso de sobrecarga como en el de cortocircuito, se recomienda establecer las siguientes selecciones y ajustes entre los diversos interruptores automáticos:

Sobrecarga

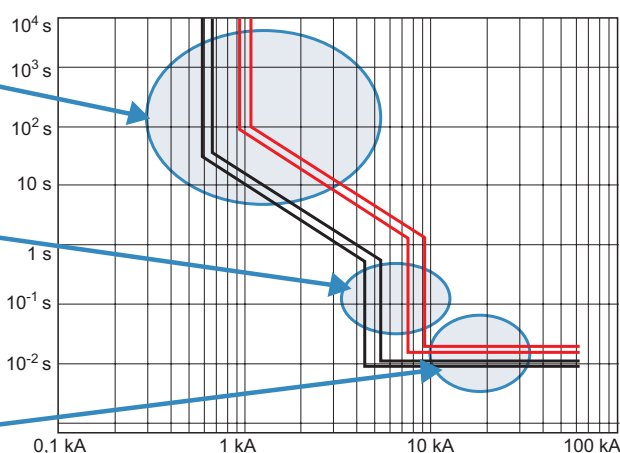
- Compruebe que no exista solapamiento entre las curvas de disparo de las funciones de protección **L** (frente a sobrecarga), teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Cortocircuito

- La función de protección instantánea **I** de los interruptores del lado de la alimentación debe ajustarse a OFF.

I_{3A}=OFF

- compruebe que la curva de disparo **I_{2A}** del interruptor automático aguas arriba no se solape con la curva de disparo de la protección frente a cortocircuitos (**I₃** o **I₂**) del interruptor del lado de la carga, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos
- con respecto a los tiempos de disparo **t₂** de la función **S**, las curvas de disparo no deben solaparse y además hay que respetar las siguientes relaciones:



Diferencia mínima entre los tiempos t₂ de dos interruptores automáticos Emax equipados con PR121, PR122 y PR123

t=const	t _{2A} > t _{2B} + 100 ms	70 ms con alim. aux. o en autoalim. en condiciones estacionarias
I ² t=const	t _{2A} > t _{2B} + 100 ms	t _{2A} < 400 ms
I ² t=const	t _{2A} > t _{2B} + 200 ms	t _{2A} ≥ 400 ms

Nota

Las indicaciones sobre los ajustes de los relés son válidas en general y son útiles para una selección rápida de los ajustes para garantizar la selectividad. Para combinaciones específicas de interruptores automáticos y para condiciones de instalación particulares, ABB puede proporcionar indicaciones que no se ajustan a las normas establecidas en este documento pero que, sin embargo, permiten garantizar la selectividad.

Por lo que respecta al límite de selectividad

- Si la función instantánea **I** está ajustada a ON (**I₃=ON**), el límite de selectividad será el valor del umbral de disparo instantáneo **I₃** del interruptor del lado de la alimentación menos su tolerancia:

$$I_s = I_{3\min A}$$

- Si la función instantánea **I** está ajustada a OFF (**I₃=OFF**), el límite de selectividad es igual al valor **I_{cw}** del interruptor del lado de la alimentación

$$I_s = I_{cw}$$

Selectividad de zona entre Emax

Mediante la selectividad de zona se puede obtener selectividad entre interruptores automáticos Emax, con la que se reducen notablemente los tiempos de disparo y se obtienen curvas más bajas que pueden facilitar la búsqueda de selectividad hacia los interruptores automáticos de media tensión.

Al reducir los tiempos de disparo también se reducen las sollecitaciones térmicas y electrodinámicas en todos los componentes de la instalación durante la falta.

La selectividad de zona entre interruptores Emax, aplicable a las funciones de protección S y G se puede habilitar cuando:

- se ha seleccionado la curva de tiempo fijo para estas protecciones;
- se dispone de una fuente de alimentación auxiliar de 24 V;
- los interruptores automáticos Emax están equipados con relés PR122 o PR123.

El límite de selectividad obtenido es igual a la I_{cw} del interruptor automático del lado de la alimentación si la I3 está ajustada a OFF.

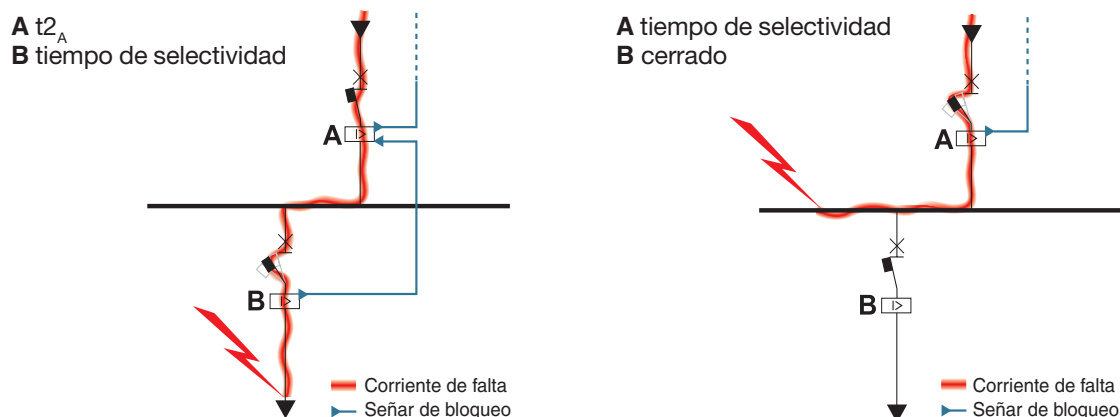
A continuación se describe el principio de funcionamiento de la selectividad de zona entre Emax.

Por zona se entiende la parte de la instalación comprendida entre dos interruptores automáticos en serie. La zona de fallo es la inmediatamente contigua al lado de la carga del interruptor automático que detecta el fallo. Mediante un simple cable de conexión, cada interruptor automático que detecta la falta lo comunica al interruptor en el lado de la alimentación.

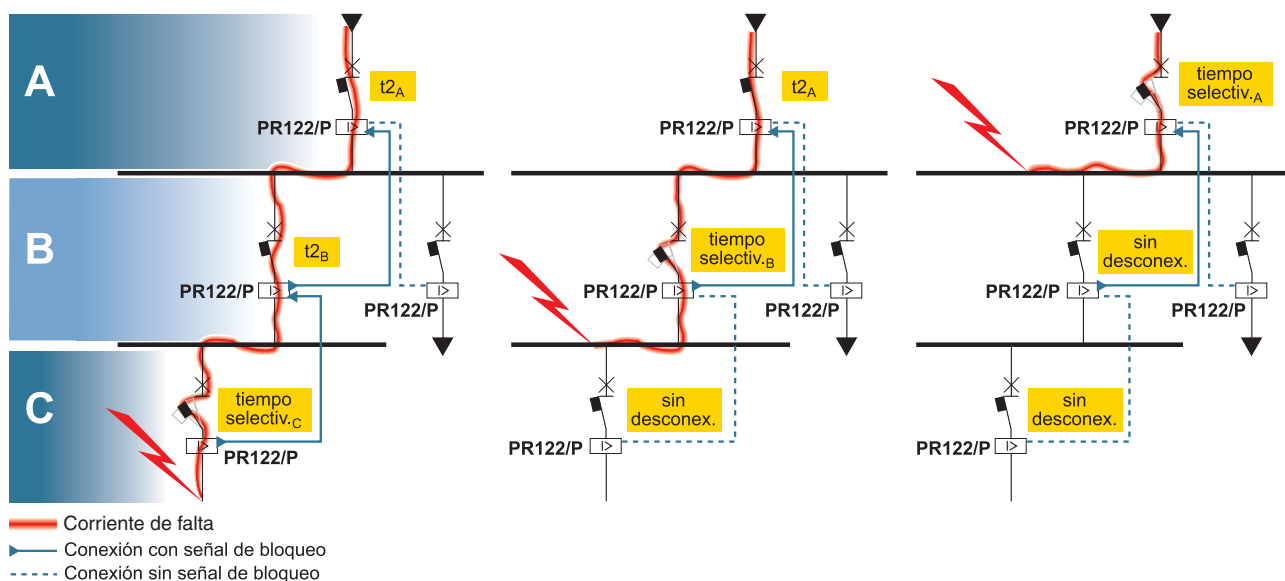
El interruptor automático que no recibe comunicación alguna de los situados en el lado de la carga emitirá una orden de apertura en el **tiempo de selectividad** ajustado, entre 40 y 200 ms.

El objetivo de regular el **tiempo de selectividad** es conseguir selectividad cronométrica con aparatos conectados en el lado de la carga y que están fuera de la cadena de selectividad de zona (aparato no conectado).

Por el contrario, los interruptores automáticos que reciben una señal de bloqueo desde otro relé provocarán un disparo en el tiempo t_2 ajustado de protección **S**.



Como puede verse, si se respetan los ajustes indicados a continuación, en caso de un cortocircuito ningún interruptor automático provoca un disparo en el tiempo t_2 , sino que todos ellos lo hacen dentro del **tiempo de selectividad** ajustado.



Indicaciones sobre los ajustes

Para obtener selectividad total, tanto en el caso de sobrecarga como en el de cortocircuito o como en el de defecto a tierra, utilizando la función “selectividad de zona”, se recomienda establecer las siguientes selecciones y ajustes entre los diversos interruptores automáticos.

Sobrecarga

- Compruebe que no exista solapamiento entre las curvas de disparo de las funciones de protección **L** (frente a sobrecarga), teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Cortocircuito

- Compruebe que no exista solapamiento entre las curvas de disparo **I2** de la función **S**, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

- Los tiempos de disparo **t2** y el “**tiempo de selectividad**” ajustados de la siguiente forma:

tiempo de selectividad ajustado de forma que se obtenga selectividad cronométrica con cualquier dispositivo conectado directamente en el lado de la carga y situado fuera de la cadena de selectividad de zona

t2 (tiempo de la función S) ajustado de forma que garantice que no se desconecte la protección que recibe la señal de bloqueo; es decir, según la relación:

$$t_{2A} > \text{tiempo de selectividad}_B + 70 \text{ ms}^*$$

*Δt mínimo entre los tiempos de disparo de los dos interruptores en serie, con alimentación auxiliar y con curvas a tiempo constante, para garantizar que no se produce disparo de los interruptores en el lado de la alimentación.

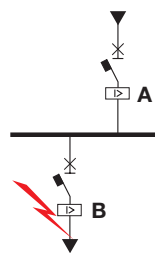
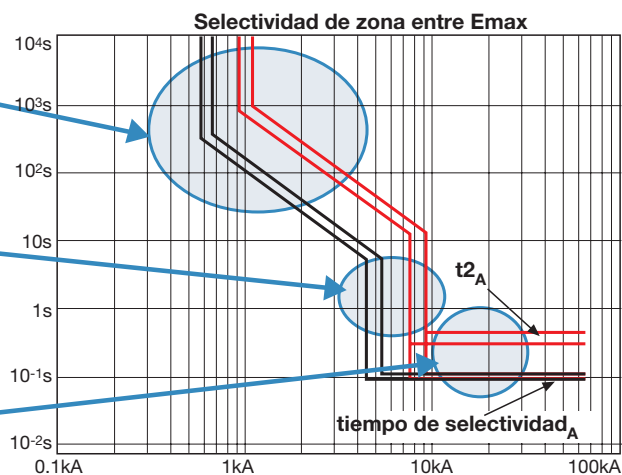
Por lo que respecta al límite de selectividad

- Si la función instantánea **I** está ajustada a ON (**I3=ON**), el límite de selectividad será el valor del umbral de disparo instantáneo **I3** del interruptor del lado de la alimentación menos su tolerancia, si esta función está habilitada:

$$I_s = I_{3\min_A}$$

- Si la función instantánea **I** está ajustada a OFF (**I3=OFF**), el límite de selectividad es igual al valor **Icw** del interruptor del lado de la alimentación:

$$I_s = I_{cw}$$



Indicaciones sobre las conexiones

Para realizar las conexiones se puede utilizar un cable apantallado de dos hilos ($V_n \geq 50$ V; AWG 22; resistencia CC nominal del conductor a $20^\circ\text{C} \leq 15$ ohmios/1000 pies; resistencia CC nominal de la pantalla exterior a $20^\circ\text{C} \leq 3$ ohmios/1000 pies). La pantalla sólo debe conectarse a tierra en el relé del interruptor automático del lado de la alimentación.

La longitud máxima de los cables para la selectividad de zona entre dos unidades es de 300 metros. Este límite puede superarse con mecanismos especiales.

El número máximo de interruptores automáticos que se pueden conectar a las salidas (Z out) de un relé es 20.

La señal de bloqueo del relé es una señal de +24 V.

Repetición de la señal

Tal como se muestra en la tabla, en el caso en que un relé reciba la señal de bloqueo en el lado de la carga, incluso si no ha traspasado el umbral de la función **S**, repetirá la señal de bloqueo en el lado de la alimentación.

Ello es así para evitar cualquier error de ajuste; es decir, que un relé en el lado de la carga no haya traspasado el umbral pero sí un relé en el lado de la alimentación, lo que llevaría a una falta de selectividad.

Selectividad de zona	$I > I_2$	Señal ZSI	Señal ZSO	Tiempo de disparo T
Excluida	NO	0	0	sin disparo
Excluida	NO	1	0	sin disparo
Excluida	SÍ	0	0	t2 programado
Excluida	SÍ	1	0	t2 programado
Insertada	NO	0	0	sin disparo
Insertada	NO	1	1	sin disparo
Insertada	SÍ	0	1	tiempo de selectividad
Insertada	SÍ	1	1	t2 programado

MÓDULO ZSA

En el caso en que diversos interruptores automáticos del lado de la carga tengan que bloquear varios interruptores automáticos del lado de la alimentación, pero de forma diferente, es necesario utilizar el módulo **ZSA** suministrado por **ABB**.

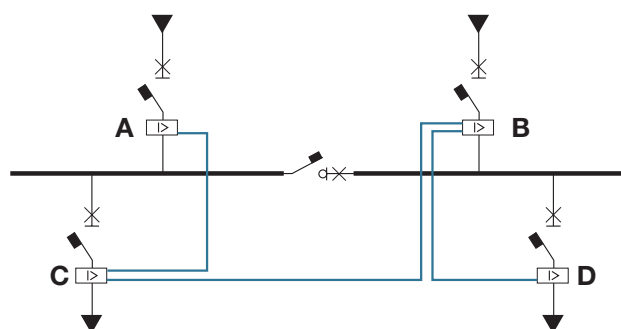
Con referencia a las figuras de la derecha, supóngase, por ejemplo, que:

C debe bloquear **A** y **B**

D sólo debe bloquear **B**.

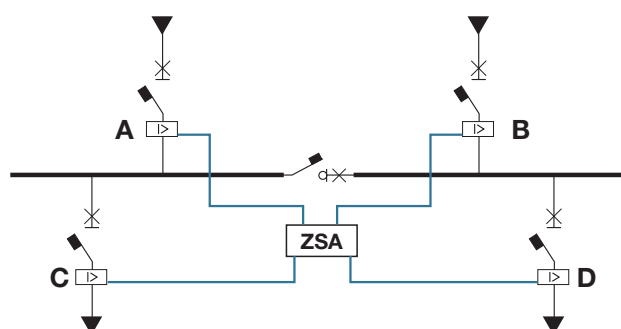
Con las conexiones tal como se muestran en la figura, no se podría obtener la solución deseada.

De hecho, la señal de bloqueo procedente de **D** también se transmitiría a **A** mediante la continuidad eléctrica que se crea entre las diferentes conexiones de bloqueo **B-C** y **C-A**.



Mediante una conexión adecuada del módulo **ZSA** la señal de bloqueo se hace unidireccional, de forma que una señal procedente de **D** y dirigida a **B** no se transmite a **A**.

La figura de la derecha muestra el uso del módulo **ZSA**.



Selectividad cronométrica direccional

Mediante la protección direccional **D** presente en los interruptores automáticos Emax equipados con relés PR123, se puede obtener selectividad cronométrica de tipo direccional.

Este tipo de selectividad tiene todas las ventajas y las limitaciones de la selectividad cronométrica obtenida mediante la función **S**, pero también puede provocar el disparo en diferentes tiempos según la dirección de la corriente de fallo.

Se recomienda especialmente usar este tipo de selectividad en todos los casos en que haya más de una fuente de alimentación. De hecho, gracias a la protección direccional, en caso de producirse un defecto cerca de una fuente, se puede garantizar la continuidad del servicio de las restantes fuentes de alimentación.

Protección direccional

La protección direccional se basa en la posibilidad de correlacionar el comportamiento del interruptor automático con la dirección de la corriente de defecto que lo atraviesa respecto a la dirección de referencia que puede ajustarse en el relé.

En función de la dirección de la corriente, se pueden ajustar dos tiempos de disparo diferentes en el relé PR123:

un tiempo ($t7Fw$) en una dirección concorde (Dir.) con la dirección de referencia ajustada;

un tiempo ($t7Bw$) en una dirección contraria (Inv.) a la dirección de referencia ajustada.

Estos tiempos sólo se habilitan cuando se supera el umbral de intensidad ($I7$) ajustado en el relé PR123.

Si la corriente de defecto es contraria (Inv.) a la dirección de referencia ajustada, la protección provocará el disparo una vez alcanzado el umbral $I7$ en el tiempo $t7Bw$ ajustado (a no ser que las funciones **S** e **I** no estén ajustadas para intervenir antes que **D**).

Si la corriente de defecto es concorde (Dir.) con la dirección de referencia ajustada, la protección provocará el disparo una vez alcanzado el umbral $I7$ en el tiempo $t7Fw$ ajustado (a no ser que las funciones **S** e **I** no estén ajustadas para intervenir antes que **D**).

Además, si está activada la función **I** y la intensidad de cortocircuito supera el valor $I3$ ajustado, el interruptor automático se abrirá instantáneamente, independientemente de la dirección de la corriente.

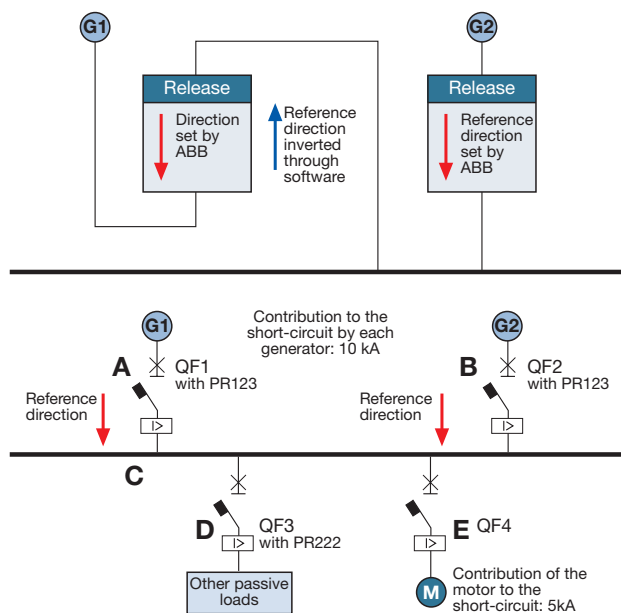
La dirección de referencia por defecto es desde la parte superior del interruptor automático (la zona en que se halla el relé) hacia la parte inferior (de arriba a abajo).

La figura de la derecha muestra la configuración real que tienen dos interruptores automáticos en una instalación.

La dirección de referencia por defecto ajustada en el interruptor automático se indica mediante una flecha roja.

Si la dirección de alimentación del interruptor automático es de arriba a abajo (alimentación procedente de G2), la dirección de referencia sigue siendo la dirección por defecto de ABB.

Si la dirección de alimentación del interruptor automático es de abajo a arriba (alimentación procedente de G1), el nuevo relé electrónico PR123 permite, mediante software, invertir el ajuste de la dirección por defecto (de abajo a arriba).



De esta forma, todos los valores medidos con el relé PR123 se valorarán a medida que pasan realmente por la instalación. Además, en el diagrama unifilar que representa la instalación, la dirección de referencia para realizar un estudio de selectividad y considerar correctamente las direcciones de disparo inversa (Inv.) o directa (Dir.) siempre permanece de aguas arriba a aguas abajo.

En el diagrama unifilar de la derecha, las direcciones de referencia se indican en rojo. Si se considera que los interruptores automáticos reciben la alimentación como en la figura anterior, se cumple: para QF2 es la dirección por defecto, mientras que para QF1 es la dirección invertida mediante software.

Para obtener selectividad cronométrica direccional, es necesario asumir los puntos de defecto significativos y, tras valorar las intensidades de cortocircuito en juego, establecer qué interruptores automáticos deberán provocar el disparo.

Para asegurar que todo funcione como está previsto en caso de defecto, es decir, que los interruptores automáticos siempre disparan con la protección direccional, se recomiendan los siguientes ajustes y selecciones:

- Seleccionar los interruptores automáticos con una intensidad de corta duración admisible superior a la intensidad de cortocircuito máxima supuesta que puede haber en el punto en que se instalan:

$$I_{cw} > I_{k \text{ MAX}}$$

- Ajustar los umbrales de disparo de las protecciones direccionales **D** a un valor inferior que la intensidad de cortocircuito mínima supuesta que puede haber en el punto en que se instala ese relé:

$$I7 < I_{k \text{ min}}$$

- Ajustar los umbrales de disparo de las protecciones **S** e **I** de forma que no se cree solapamiento con el disparo de la función **D**.

También debe recordarse que, en el caso de curvas a tiempo constante, para garantizar el disparo de un interruptor automático de bastidor abierto equipado con PR121/P, PR122/P o PR123/P y sin disparo de otro interruptor automático de bastidor abierto equipado con estos relés, debe mantenerse una diferencia entre los tiempos de disparo igual a:

$\Delta t = 100 \text{ ms}$ (que puede reducirse a 70 ms si existe una fuente de alimentación auxiliar o si se considera que el fallo se produce cuando los relés autoalimentados se hallan en estado estacionario).

Ejemplo de aplicación

Con referencia a la instalación de la figura, se analizan las diferentes condiciones de funcionamiento de los interruptores automáticos respecto a los diferentes puntos de defecto.

Defecto aguas arriba de QF1

Sólo debe desconectarse QF1.

QF1 detecta una intensidad de **15 kA discordante** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7BW_1}

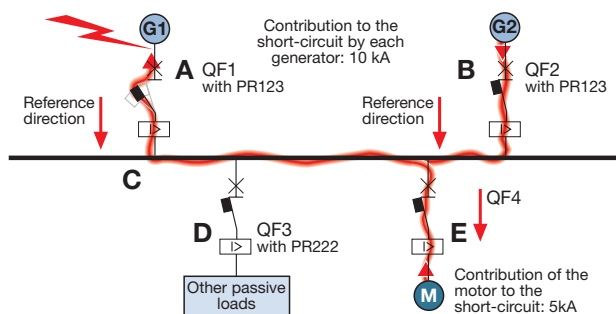
QF2 detecta una intensidad de **10 kA concorde** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_2}

QF3 no detecta ninguna intensidad de defecto

QF4 detecta una intensidad de **5 kA discordante** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7BW_4}

Si: $t_{7FW_2} > t_{7BW_1} + 100 \text{ ms}^*$
 $t_{7BW_4} > t_{7BW_1} + 100 \text{ ms}^*$

por tanto, sólo disparará **QF1**



Defecto aguas arriba de QF2

Sólo debe desconectarse QF2.

QF1 detecta una intensidad de **10 kA concorde** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_1}

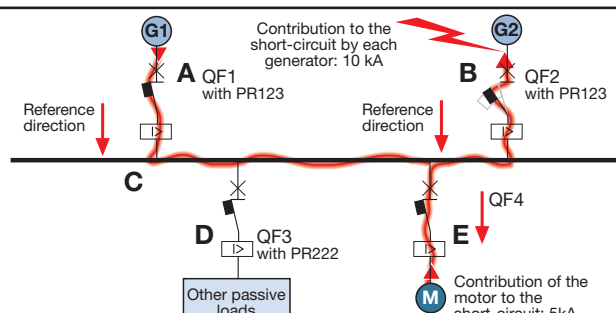
QF2 detecta una intensidad de **15 kA discordante** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7BW_2}

QF3 no detecta ninguna intensidad de defecto

QF4 detecta una intensidad de **5 kA discordante** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_4}

Si: $t_{7FW_1} > t_{7BW_2} + 100 \text{ ms}^*$
 $t_{7BW_4} > t_{7BW_2} + 100 \text{ ms}^*$

por tanto, sólo disparará **QF2**



Defecto aguas abajo de QF3

Sólo debe desconectarse QF3.

QF1 detecta una intensidad de **10 kA concorde** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_1}

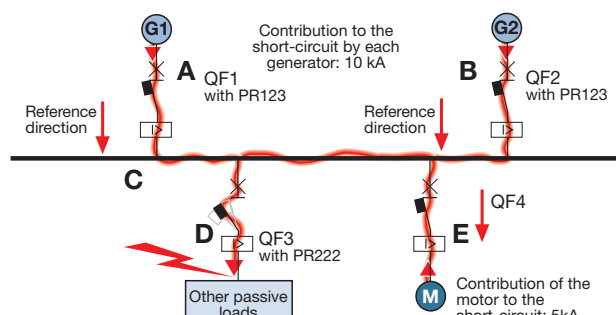
QF2 detecta una intensidad de **10 kA concorde** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_2}

QF3 detecta una intensidad de fallo de **25 kA**

QF4 detecta una intensidad de **5 kA discordante** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7BW_4}

Si: $t_{7FW_1} > t_{7FW_2} + 100 \text{ ms}^*$
 $t_{7FW_2} > t_{7FW_4} + 100 \text{ ms}^*$
 $t_{7BW_4} > t_{7FW_2} + 100 \text{ ms}^*$

por tanto, sólo se desconectará **QF3**



Defecto aguas abajo de QF4

Sólo debe desconectarse QF4.

QF1 detecta una intensidad de **10 kA concorde** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_1}

QF2 detecta una intensidad de **10 kA concorde** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_2}

QF3 no detecta ninguna intensidad de defecto

QF4 detecta una intensidad de **20 kA concorde** con su dirección de referencia y, por tanto, disparará en el tiempo t_{7FW_4}

Si: $t_{7FW_1} > t_{7FW_4} + 100 \text{ ms}^*$
 $t_{7FW_2} > t_{7FW_4} + 100 \text{ ms}^*$

por tanto, sólo disparará **QF4**

**Δt mínimo entre los tiempos de disparo de dos interruptores en serie, sin alimentación auxiliar y en condiciones no estacionarias, para garantizar que no se produce disparo de los interruptores en el lado de la alimentación.*

En resumen, los posibles ajustes respecto a los límites impuestos, son:

Protection functions	S		D			I
CB	I ₂	t ₂	I ₇	t _{7FW}	t _{7BW}	I ₃
QF1		OFF	3kA	300ms	200ms	OFF
QF2		OFF	3kA	300ms	200ms	OFF
QF3	3kA	200ms	-	-	-	OFF
QF4		OFF	3kA	200ms	300ms	OFF

El límite de selectividad que se obtiene es igual a la I_{cw} de los interruptores automáticos si I₃=OFF.

Selectividad de zona direccional

Esta función permite obtener selectividad incluso en redes en malla y en anillo.

En particular, en presencia de un interruptor de barra, gracias a la selectividad de zona direccional, es posible alimentar media barra incluso en caso de fallo en la otra mitad de la barra.

Para poder aplicar selectividad de zona a la función D (selectividad de zona direccional), deben cumplirse unas determinadas condiciones:

- la selectividad de zona S y G debe estar deshabilitada [OFF]
- se dispone de una fuente de alimentación auxiliar de 24 V CC
- los interruptores automáticos Emax están equipados con los relés PR123.

Cada relé dispone de 4 puertos:

- dos entradas (una en dirección concorde y otra en dirección discorde), a través de las cuales el relé recibe la señal de bloqueo procedente de otros relés
- dos salidas (una en dirección concorde y otra en dirección discorde), a través de las cuales el relé envía la señal de bloqueo a otros relés.

A continuación se describe el comportamiento del relé:

Los interruptores automáticos que no reciban una señal de bloqueo (coordinada con la dirección de la corriente) emitirán su propia orden de apertura en un tiempo igual al “tiempo de selectividad”, que puede ajustarse entre 130 y 500 ms.

Los interruptores automáticos que reciban la señal de bloqueo (coordinada con la dirección de la corriente) actuarán según los tiempos t_{7BW} o t_{7FW} , en función de la dirección de la corriente.

Es importante recordar que, si está activada la función I y la intensidad de cortocircuito supera el valor ajustado (I_3), el interruptor automático se abrirá instantáneamente, independientemente de la dirección de la corriente.

De la misma forma, si está activada la función S y la intensidad de cortocircuito supera el valor ajustado (I_2), el interruptor automático se abrirá en el tiempo t_2 , si es inferior a los otros tiempos, independientemente de las direcciones y las señales recibidas.

Al usar selectividad de zona direccional, se puede obtener selectividad incluso en redes en malla hasta un límite de selectividad igual a la I_{cw} de los interruptores automáticos más alejados en el lado de la alimentación (si la $I_3=OFF$).

Igual que en la protección direccional, para asegurar que todo funcione como previsto en caso de fallo, es decir, que los interruptores automáticos siempre provocan el disparo con la protección direccional, se recomiendan los siguientes ajustes y selecciones:

- Seleccionar los interruptores automáticos con una intensidad de corta duración admisible superior a la intensidad de cortocircuito máxima supuesta que puede haber en el punto en que se instalan:

$$I_{cw} > I_k \text{ MAX}$$

- Ajustar los umbrales de disparo de las protecciones direccionales **D** a un valor inferior que la intensidad de cortocircuito mínima supuesta que puede haber en el punto en que se instala ese relé:

$$I_7 < I_{kmin}$$

- Ajustar los umbrales de disparo de las protecciones **S** e **I** de forma que no se cree solapamiento con el disparo de la función **D**.

Mediante estos ajustes está claro que, para cualquier falta previsible en la instalación, los interruptores automáticos provocarán el disparo según los ajustes de la función **D**.

Los tiempos de disparo deben ajustarse teniendo en cuenta que:

tiempo de selectividad es el tiempo de disparo de los interruptores automáticos “desbloqueados” que deben abrirse;
 $t_{7FW/BW}$ es el tiempo de disparo de los interruptores automáticos “bloqueados” que no deben abrirse.

A partir de estas consideraciones:

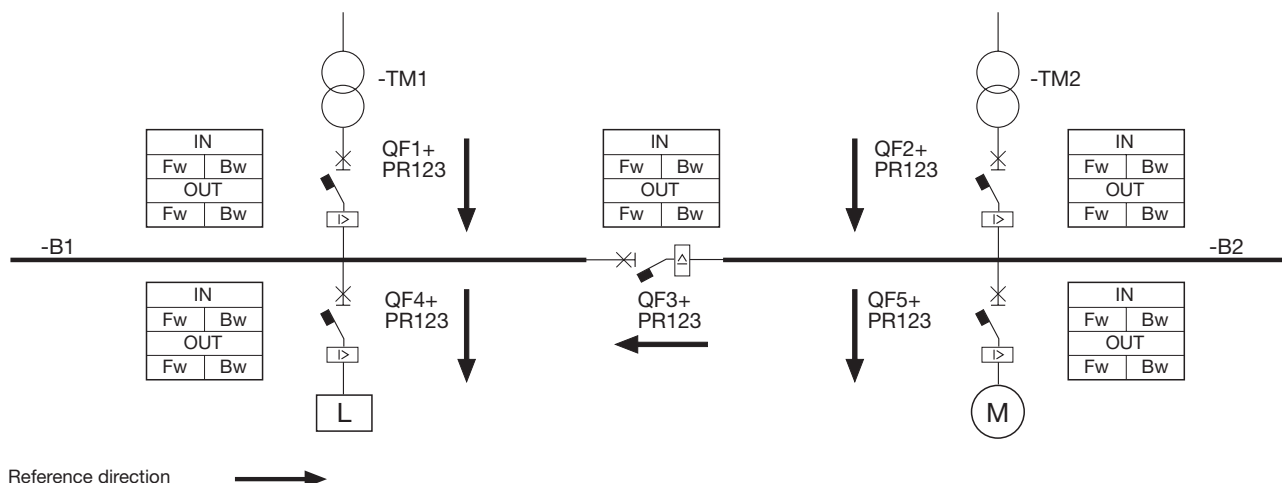
el **tiempo de selectividad** debe ajustarse de forma que se obtenga selectividad cronométrica con cualquier dispositivo conectado directamente en el lado de la carga y situado fuera de la cadena de selectividad de zona

el **$t_{7FW/BW}$** debe ajustarse de forma que garantice que no se desconecte la protección que recibe la señal de bloqueo; es decir, según la relación:

$$t_7 > \text{tiempo de selectividad} + 70 \text{ ms}^*$$

* Δt mínimo entre los tiempos de disparo de dos interruptores en serie, con alimentación auxiliar, para garantizar que no se produce disparo de los interruptores en el lado de la alimentación.

A continuación se ilustra un ejemplo de aplicación de esta técnica de selectividad. Este ejemplo también muestra qué procedimiento debe usarse para determinar las conexiones necesarias entre los diversos relés.



Con referencia a la instalación indicada en la figura, una vez conocidas las intensidades de cortocircuito máxima y mínima en los diferentes puntos de la instalación, es necesario:

- estimar los diversos puntos de falta significativos;
- para la primera falta: establecer qué interruptores automáticos deben aislar la falta; establecer qué interruptores automáticos deben bloquearse y qué debe bloquearlos; tender las conexiones adecuadas;
- repetir la operación para las faltas subsiguientes y así poder determinar todas las conexiones necesarias.

Finalmente, es necesario comprobar que las conexiones realizadas no provocan ningún conflicto.

Ejemplo de aplicación

Las faltas principales que pueden estimarse son:

- falta en B1
- falta en B2
- falta en el lado de la carga de QF4
- falta en el lado de la carga de QF5
- falta en el lado de la alimentación de QF1
- falta en el lado de la alimentación de QF2

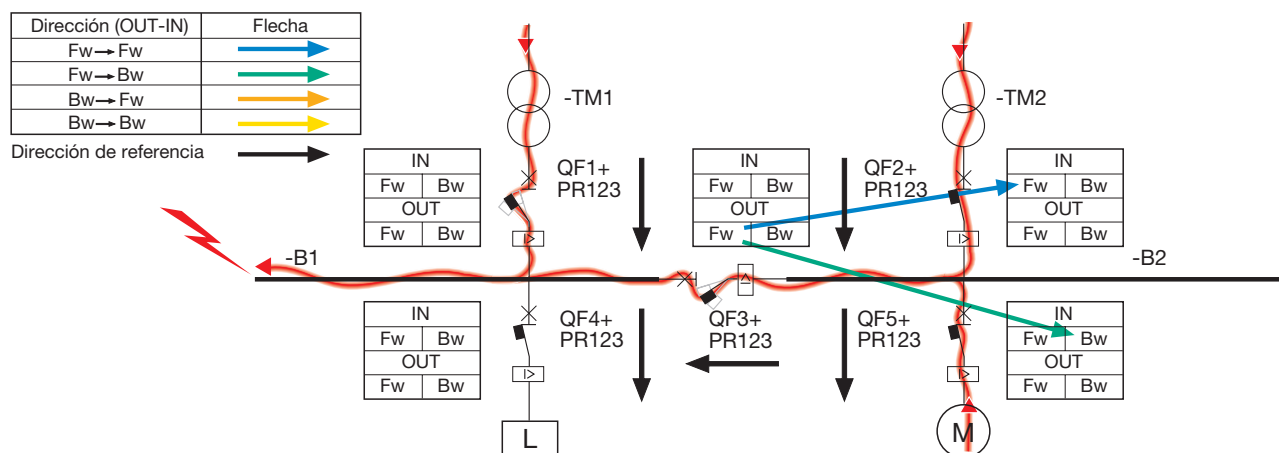
Nota

El interruptor automático QF4 puede equiparse con un relé PR122/P ya que, con una carga pasiva, la intensidad de cortocircuito puede tener una sola dirección y, en consecuencia, la protección direccional resulta innecesaria.

El uso de un relé PR122/P, con selectividad de zona implementada en la protección S, garantiza una entrada y una salida, lo que permite realizar selectividad en el caso de fallo en el lado de la carga de QF4.

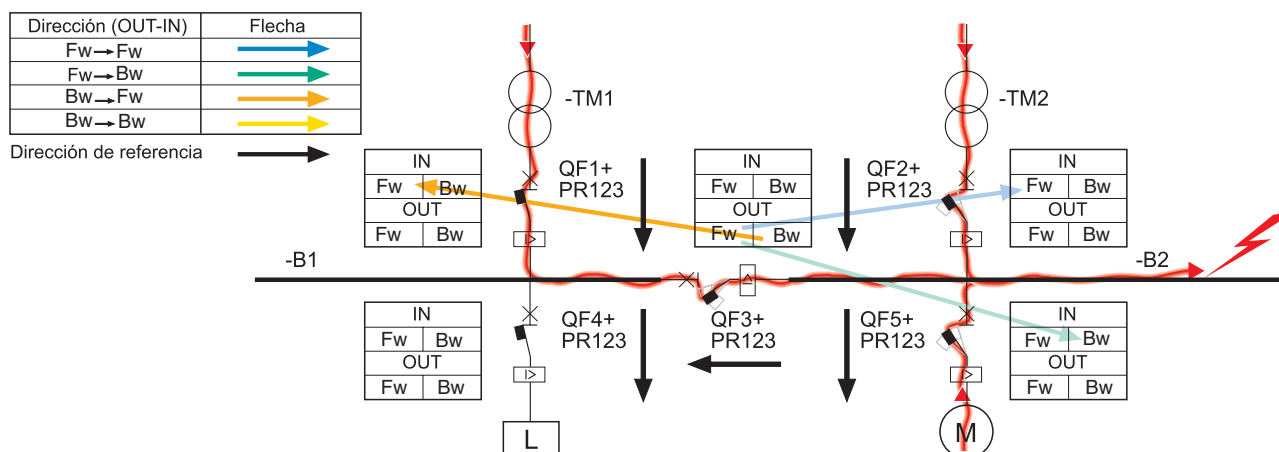
Fallo en B1:

Sólo los interruptores automáticos QF1 y QF3 deben interrumpir la falta: en particular, el interruptor automático QF3 resulta atravesado por una corriente procedente de la barra de distribución B2 (por tanto, en una dirección concordante con la establecida); el Fw OUT de QF3 envía una señal de bloqueo al Fw IN del interruptor automático QF2 (por el que pasa una corriente procedente del transformador TM2 y, por tanto, en una dirección concorde con la establecida) y al Bw IN del interruptor automático QF5 (por el que pasa una corriente procedente del motor y, por tanto, en una dirección discorde a la establecida).



Fallo en B2:

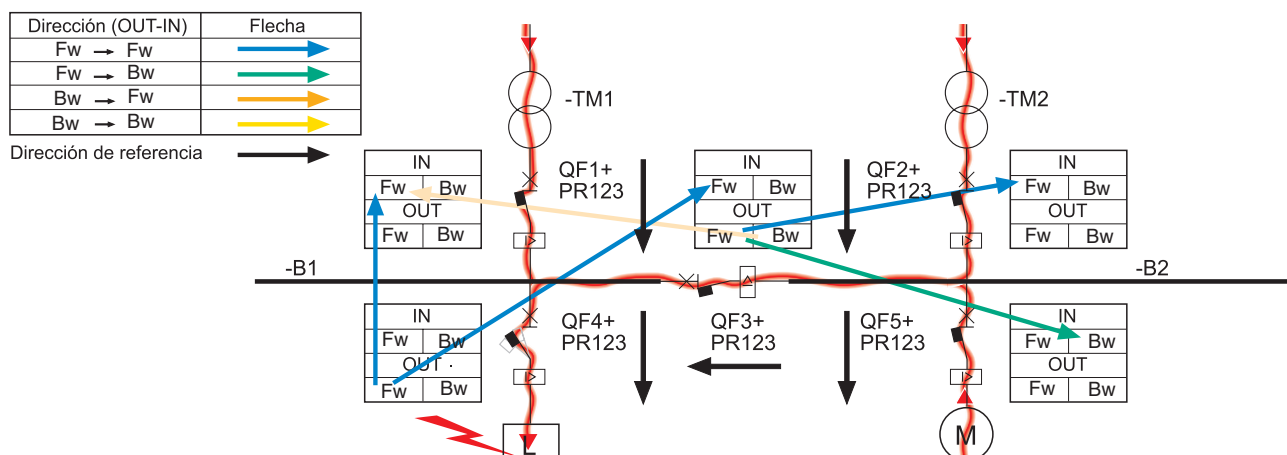
Los interruptores automáticos QF2, QF3 y QF5 deben interrumpir la falta: en particular, el interruptor automático QF3 resulta atravesado por una corriente procedente de la barra de distribución B1 (por tanto, en una dirección discorde con la establecida); Bw OUT envía una señal de bloqueo a Fw IN del interruptor automático QF1 (por el que pasa una corriente procedente del transformador TM1 y, por tanto, en una dirección concorde con la establecida).



Cabling			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
			FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW
IN	QF1	FW						■				
		BW										
	QF2	FW					■					
		BW										
	QF3	FW										
		BW										
	QF4	FW										
		BW										
	QF5	FW					■					
		BW										

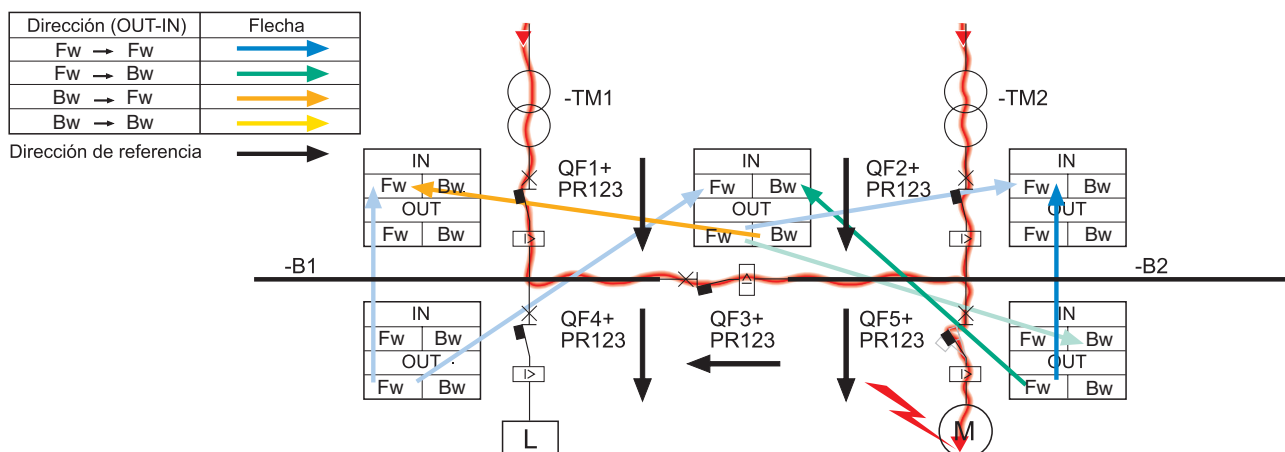
Falta en el lado de la carga de QF4:

Sólo el interruptor automático QF4 debe interrumpir el fallo. El interruptor automático QF4 resulta atravesado por una corriente procedente de la barra de distribución B1 (por tanto, en una dirección concordante con la establecida); Fw OUT envía una señal de bloqueo a la barra Fw IN del interruptor automático QF1 (por el que pasa una corriente procedente del transformador TM1 y, por tanto, en una dirección concorde con la establecida) y a Fw IN del interruptor automático QF3 (por el que pasa una corriente procedente de la barra de distribución B2 y, por tanto, en una dirección concorde con la establecida). Deben realizarse estas dos operaciones de conexión. Entonces el interruptor automático QF3 deberá bloquear los interruptores automáticos que inciden en la barra B2 mediante las conexiones ya realizadas.



Falta en el lado de la carga de QF5:

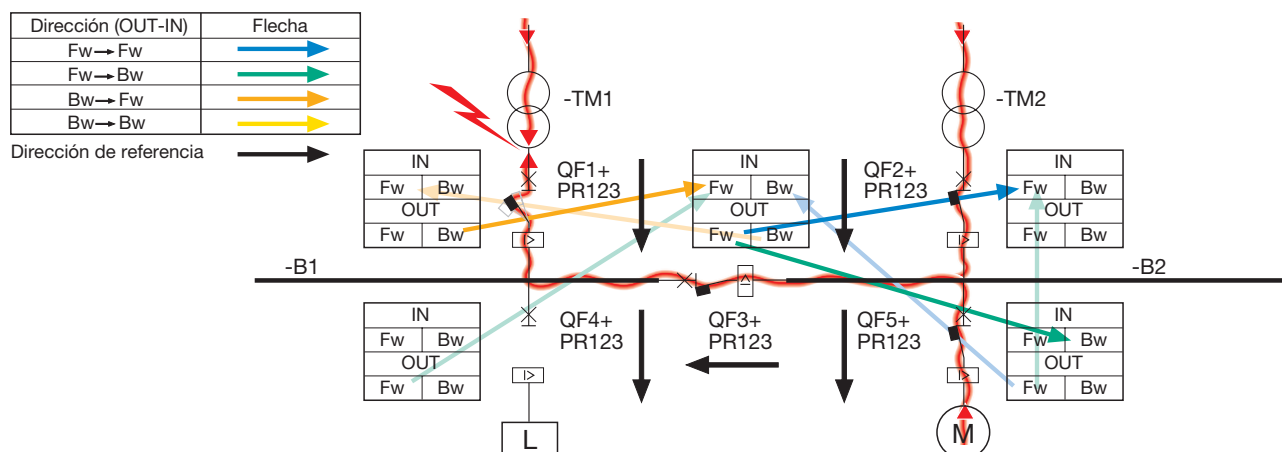
En este caso sólo el interruptor automático QF5 debe interrumpir la falta. El interruptor automático QF5 resulta atravesado por una corriente procedente de las barras de distribución B1 y B2, en una dirección concorde con la establecida; por tanto Fw OUT de QF5 bloquea Fw IN de QF2 (por el que pasa una corriente procedente de TM2 y, por tanto, en una dirección concorde con la establecida) y Bw IN de QF3 (por el que pasa una corriente procedente de TM1 y, por tanto, en una dirección discorde a la establecida). Deben realizarse estas operaciones de conexión. De la misma forma que antes, el interruptor automático QF3 bloquea QF1 con las conexiones ya realizadas.



Cabling			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
			FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW
IN	QF1	FW										
		BW										
	QF2	FW										
		BW										
	QF3	FW										
		BW										
	QF4	FW										
		BW										
	QF5	FW										
		BW										

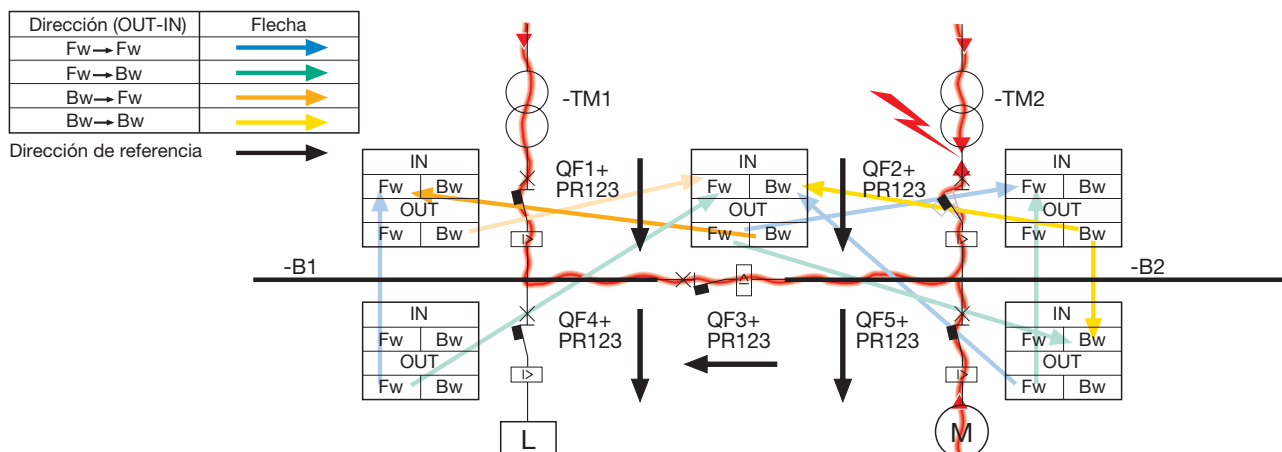
Falta en el lado de la alimentación de QF1:

Sólo el interruptor automático QF1 debe interrumpir el fallo. El interruptor automático QF1 resulta atravesado por una corriente procedente de la barra de distribución B1 (por tanto, en una dirección discorde con la establecida); Bw OUT de QF1 envía una señal de bloqueo a Fw IN del interruptor automático QF3 (por el que pasa una corriente procedente del transformador TM2 y, por tanto, en una dirección concorde con la establecida). Deben realizarse estas conexiones. Entonces el interruptor automático QF3 bloqueará los interruptores automáticos que inciden en la barra B2 mediante las conexiones ya realizadas.



Falta en el lado de la alimentación de QF2:

En este caso sólo el interruptor automático QF2 debe interrumpir el fallo. El interruptor automático QF2 resulta atravesado por una corriente procedente de la barra de distribución B2, en una dirección discorde con la establecida; por tanto Bw OUT de QF2 bloquea Bw IN de QF5 (por el que pasa una corriente procedente del motor y, por tanto, en una dirección discorde con la establecida) y la barra Bw IN de QF3 (por el que pasa una corriente procedente de TM1 y, por tanto, en una dirección discorde a la establecida). Deben realizarse estas operaciones de conexión. De la misma forma que antes, el interruptor automático QF3 bloquea QF1 con las conexiones ya realizadas.



Cabling			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
			FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW
IN	QF1	FW										
		BW										
	QF2	FW										
		BW										
	QF3	FW										
		BW										
	QF4	FW										
		BW										
	QF5	FW										
		BW										

Tras establecer el sistema de conexiones tal como se muestra en la tabla, se muestra un ejemplo de ajustes para la instalación en cuestión:

Protection function	S		D				I
CB	I2	t2	I7	t7FW	t7BW	Selectivity time	I3
QF1	OFF		$<I_{k_{min}}$	350ms	250ms	150ms	OFF
QF2	OFF		$<I_{k_{min}}$	350ms	250ms	150ms	OFF
QF3	OFF		$<I_{k_{min}}$	300ms	300ms	150ms	OFF
QF4	OFF		$<I_{k_{min}}$	250ms	350ms	150ms	OFF
QF5	OFF		$<I_{k_{min}}$	250ms	350ms	150ms	OFF

Además de realizar selectividad de zona direccional con los ajustes indicados, también puede conseguirse selectividad de zona entre los interruptores automáticos QF4 y QF5 hacia los interruptores del lado de la alimentación QF1 y QF2, en caso de pérdida de la alimentación auxiliar.

Indicaciones sobre las conexiones

Para realizar las conexiones se puede utilizar un cable apantallado de dos hilos (no suministrado; pida información a ABB).

La pantalla del cable sólo debe conectarse a tierra en correspondencia con uno de los dos relés. Cuando sea posible hallar un interruptor automático más lejos "en el lado de la alimentación" entre ambos, se recomienda conectar la pantalla a tierra en correspondencia con el relé con que está equipado este interruptor.

La longitud máxima de los cables para la selectividad de zona entre dos unidades es de 300 metros. Este límite puede superarse con mecanismos especiales.

El número máximo de interruptores automáticos que se pueden conectar a las salidas (Z out) de un relé es 20.

La señal de bloqueo del relé es una señal de +24 V.

En el caso de selectividad de zona direccional, se recomienda el uso del módulo **ZSA** descrito en la página 31.

Anexo A:

Selectividad MT/BT

Cuestiones generales

Antes de enfrentarse al problema de la selectividad entre interruptores automáticos de media tensión y de baja tensión, es necesario aclarar las funciones de estos interruptores automáticos:

- la protección de MT en el lado de la alimentación del transformador debe:
 - proteger el transformador contra cortocircuitos
 - proteger el transformador contra defectos en el lado de la alimentación del interruptor automático BT principal (si no se dispone de una protección específica)
 - no intervenir cuando el transformador arranca (corriente de arranque - *in rush*)
 - estar ajustado de forma que satisfaga los límites impuestos por la red pública
 - estar ajustado de forma que sea selectivo con las protecciones en el lado de la alimentación (si es necesario)
- la protección BT en el lado de la carga del transformador debe:
 - proteger el transformador contra cortocircuitos y sobrecargas (*)
 - estar ajustado de forma que sea selectivo con las protecciones en el lado de la carga.

Para realizar el estudio de selectividad entre dos interruptores automáticos de media y baja tensión, los datos que se indican a continuación deben introducirse primero en un diagrama logarítmico (respecto a una sola tensión de referencia):

(*) El uso de un equipo termométrico permite mejorar la protección del transformador frente a sobrecargas.

Ejemplo

Se llevará a cabo el estudio de selectividad para la red representada en la figura:

Datos:

- Red de distribución:
 - tensión nominal $U_n = 15$ kV
 - intensidad de cortocircuito trifásica $I_{k3} = 12,5$ kA
 - corriente de falta a tierra monofásica $I_{k1E} = 50$ A
 - protección de sobreintensidad 51:
 - primer umbral: $I > 250$ A, $t \leq 0,5$ s
 - segundo umbral: $I > 900$ A, $t \leq 0,12$ s
- Transformador 15/0,4 kV:
 - potencia nominal $S_n = 1600$ kVA
 - tensión de cortocircuito $v_k = 8\%$
 - intensidad nominal del primario $I_{t1} = 61,6$ A
 - intensidad nominal del secundario $I_{t2} = 2309,4$ A
 - corriente de arranque $I_{t1} = 9 \cdot I_{t1} = 554,4$ A
 - constante de tiempo de arranque $t_{the} = 0,4$ s
 - tendencia de la corriente de arranque
 - intensidad de cortocircuito $I_{k3LV2} = 28,9$ kA⁽¹⁾
 - intensidad de cortocircuito en las barras de distribución del transformador respecto al primario $I_{k3LV1} = 770$ A⁽¹⁾
 - punto de sobrecarga térmica: 770 A durante 2 s
- Interruptores automáticos de baja tensión⁽²⁾:
 - QF2 E3H 2500 PR121/P-LSI In 2500A
 - QF3 T4H 320 PR222DS/P-LSI In 320A
 - QF4 T2S 160 TMD In 125A

(1) suponiendo que la impedancia de la red de media tensión es nula

(2) suponiendo que todas las protecciones respetan los límites impuestos por las cargas y los cables

1. transformador:

- curva de inserción (*in rush*);
- intensidad nominal;
- intensidad de cortocircuito en las barras de distribución BT;
- punto de sobrecarga térmica máxima en condiciones de cortocircuito;

2. red de distribución:

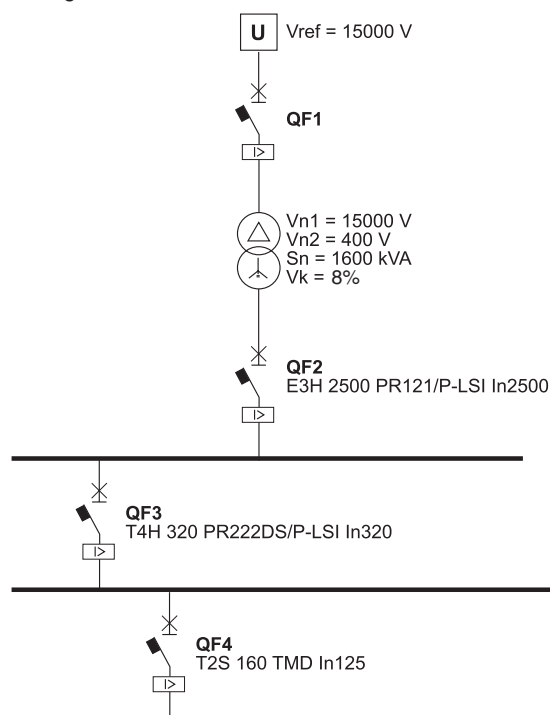
- intensidad máxima y límites de tiempo a que pueden ajustarse para las protecciones necesarias;

A este punto, deben trazarse las curvas de disparo del interruptor automático principal de baja tensión, de forma que:

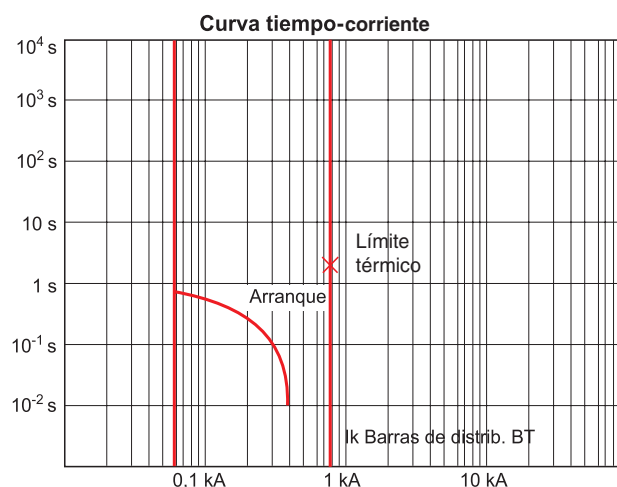
- se verifique la protección del transformador frente a sobrecargas (umbral I1 de la función de protección L cercano a la intensidad nominal del transformador);
- sea selectivo con los otros interruptores automáticos de baja tensión aguas abajo.

Una vez definida la protección BT, debe trazarse la curva de intervención del interruptor automático de media tensión, de forma que:

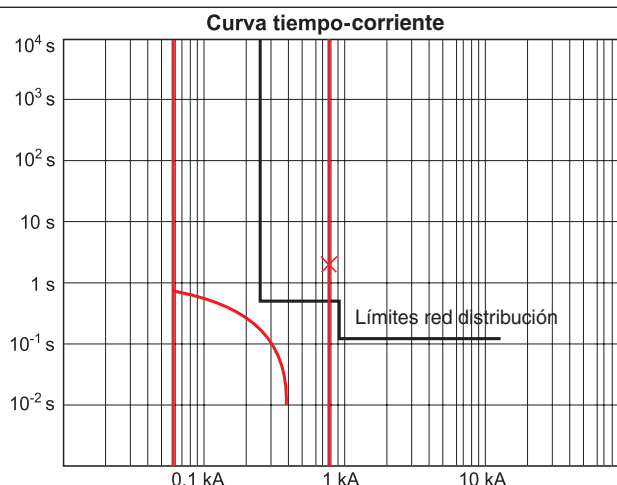
- proteja el transformador frente a sobrecargas (normalmente esta protección está garantizada por el interruptor automático de baja tensión);
- permanezca por encima de las corrientes de arranque del transformador;
- permanezca por debajo del punto representativo de la resistencia térmica (esta protección puede realizarla el interruptor de baja tensión, pero cualquier cortocircuito entre éste y los terminales del transformador quedaría desprotegido);
- permanezca por debajo de los límites establecidos por el ente distribuidor de energía.



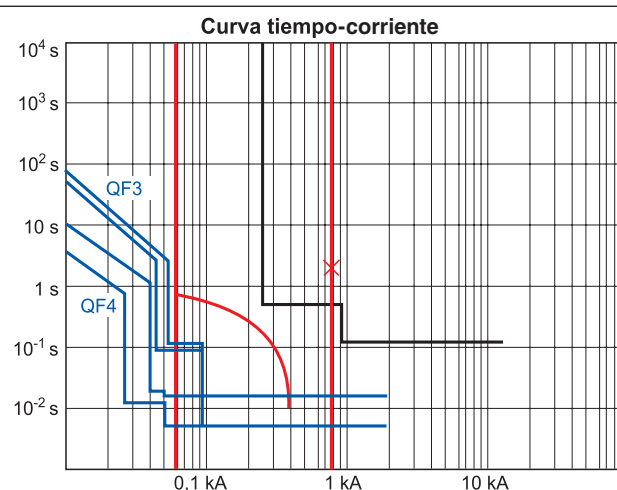
Como se ha descrito anteriormente, en primer lugar se trazan los datos correspondientes al transformador a una tensión de referencia de 15 kV:



Ahora se añaden los datos referentes a los límites establecidos por la red pública de distribución:



Además de proteger el transformador, la curva del interruptor automático principal de baja tensión también debe garantizar la selectividad con los interruptores automáticos de baja tensión. Por tanto, pueden trazarse las curvas de estos interruptores de forma que definan un límite mínimo para la curva del interruptor automático principal:



Para garantizar selectividad entre QF3 y QF4, las funciones L y S de T4 deben ajustarse del modo siguiente:

QF3 T4H 320 PR222DS/P-LSI R320

L:	Ajuste: $0,9 \times 320 = 288 \text{ A}$	Curva: 3 s
S: $t=\text{const}$	Ajuste: $5,8 \times 320 = 1856 \text{ A}$	Curva: 0,1 s
I: OFF		

A este punto, pueden trazarse las curvas de disparo del interruptor automático principal de baja tensión QF2, teniendo en cuenta que:

- función L:
 - el umbral I1 debe ajustarse a un valor lo más próximo posible a la intensidad nominal del transformador para su protección frente a sobrecarga. Como la intensidad nominal del transformador es de 2309,4 A y teniendo en cuenta la incertidumbre del disparo del interruptor para intensidades entre 1,05 y 1,2 (de acuerdo con IEC60947), la intensidad I1 ajustada puede ser:
 $2309,4 / (1,2 \times 2500) = 0,77 \times I_n (1925)^{(1)}$
 - el tiempo t1 debe ser suficientemente superior a la curva de QF3
- función S:
 - el umbral I2 debe ajustarse a un valor superior a 1856 A + 10%, es decir, 2042,2 A
 - es posible ajustar el tiempo t2 a 0,1 s, ajustando I2 por encima del valor de autoprotección del interruptor automático QF3
- función I:
 - el umbral I3 debe ajustarse a un valor superior a la intensidad de cortocircuito que está en correspondencia con QF3. En el caso que se estudia, esta intensidad es la intensidad en las barras de distribución del transformador (se supone que QF2 y QF3 están en el mismo cuadro de distribución y que la impedancia es insignificante).

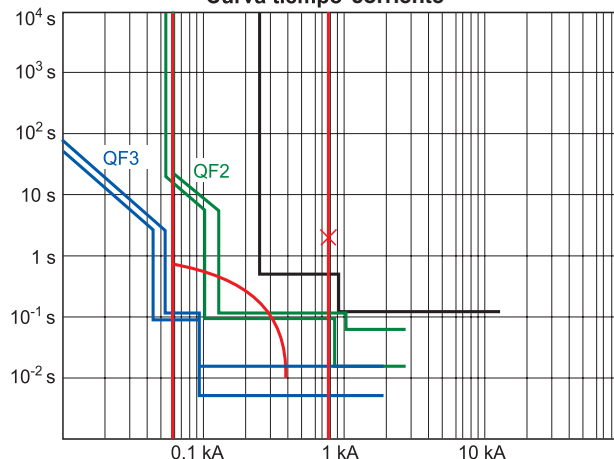
(1) se pueden usar ajustes menos restrictivos cuando se conoce la capacidad de sobrecarga de la máquina.

A continuación se resumen los ajustes de QF2:

QF2 E3H 2500 PR122/P-LSI $I_n=2500A$

L:	Ajuste: $0,77 \times 2500 = 1925 A$	Curva: 3 s
S: t=const	Ajuste: $1,7 \times 2500 = 4250 A$	Curva: 0,10 s
I:	Ajuste: $14 \times 2500 = 35000 A$	

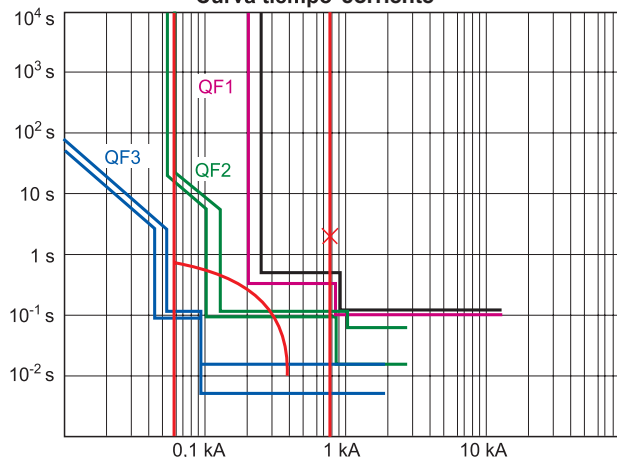
Curva tiempo-corriente



Ahora se definen los ajustes para el relé de media tensión, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- primer umbral:
 - intensidad superior (30÷35% superior que la intensidad en el lado de la carga, según la publicación CEI 11-35 del Comité Electrotécnico Italiano) a la I2 del interruptor automático principal de baja tensión de 125 A (I_2 + tolerancia del 10%, a 15.000 V);
 - retardo tal que sea selectiva pero inferior a la resistencia frente a cortocircuito del transformador y menor que el límite de 0,5 s impuesto por la red pública de distribución
- segundo umbral:
 - intensidad superior a la intensidad de fallo en el lado de BT (si es posible, incrementada en 1,2÷1,6) e inferior al límite de 900 A impuesto por la red pública de distribución;
 - tiempo de disparo instantáneo.

Curva tiempo-corriente



A continuación se resumen los ajustes de QF1:

Primer umbral $I > 200 A$, 0,35 s

Segundo umbral $I > 820 A$, inst.

Anexo B

Consideraciones generales sobre la selectividad entre dispositivos diferenciales

Con sus diversas funciones y tipos, los interruptores diferenciales pueden definirse de la forma siguiente: un dispositivo sensible a las corrientes a tierra, capaz de abrir un circuito eléctrico en un determinado tiempo cuando la corriente a tierra supera un valor predefinido. Se usa para proteger personas y objetos frente a: contactos directos (un dispositivo de alta sensibilidad, es una protección adicional), contactos indirectos o pérdida de aislamiento.

Los reglamentos profesionales para las instalaciones eléctricas siempre obligan (excepto para plantas especiales) a que exista un sistema de puesta a tierra, tanto en edificios residenciales como industriales. Además, la norma IEC 60364 obliga a usar interruptores diferenciales en muchos casos para protección de personas, y ofrece indicaciones referentes al tiempo y a las intensidades de disparo en relación con la tensión de la instalación, con el sistema de distribución existente y con el lugar de instalación.

Una buena protección de la instalación debe proporcionar:

- un interruptor diferencial principal para disponer de protección frente a defectos que pueden producirse entre el interruptor automático principal y la distribución;
- protección individual de cada derivación con un dispositivo diferencial.

De esta forma, es necesario estudiar detalladamente las selecciones de los dispositivos para garantizar la selectividad y evitar que un defecto a tierra en cualquier punto del circuito de distribución provoque el corte del servicio en toda la instalación.

En general dos dispositivos diferenciales son selectivos para cada valor de intensidad si no se solapan sus zonas de disparo. Esta condición se obtiene respetando los puntos siguientes:

- El umbral de disparo de corriente diferencial del dispositivo en el lado de la alimentación debe ser igual o superior al doble del umbral de disparo de corriente diferencial del dispositivo en el lado de la carga:

$$I_{\Delta n_{\text{lado aliment.}}} \geq 2 \times I_{\Delta n_{\text{lado carga}}}$$

Esta relación es necesaria para tener en cuenta el concepto de corriente diferencial nominal sin disparo, que es el valor de la máxima corriente de falta a tierra para la cual el interruptor diferencial no provoca el disparo.

Las normas indican un valor de $I_{\Delta n}/2$, por arriba de este valor el dispositivo diferencial no tiene un compor-

tamiento definido; es decir, puede provocar el disparo o no.

- El tiempo mínimo sin disparo del interruptor automático en el lado de la alimentación, para cada valor de corriente de falta, debe ser superior al tiempo máximo de disparo del interruptor automático del lado de la carga:

$$T_{\text{min alim.}} > T_{\text{tot carga}}$$

Para interruptores equipados de bloques diferenciales que cumplen la norma IEC60947-2, las disposiciones sobre las curvas de disparo diferencial con o sin retardo, se presentan en el anexo B de la norma.

La diferenciación del tiempo de disparo puede simplificarse utilizando la curva diferencial con retardo (Δt = límite de tiempo sin disparo en ms o **S** si $\Delta t = 60$ ms) a tiempo definido o a tiempo inverso donde el disparo puede retardarse según un tiempo seleccionable.

Estos aparatos se acostumbran instalar en el lado de la alimentación de otros dispositivos diferenciales de tipo general, y se recomienda tener una relación de 3 entre los umbrales de disparo.

Función G

Se puede obtener protección frente a defectos a tierra, utilizando la función G presente en los relés electrónicos instalados en los interruptores automáticos en caja moldeada o de bastidor abierto.

Las características de disparo se pueden ajustar en intensidad (de 0,2 a 1 x I_n) y en tiempo, con una curva a tiempo constante o a tiempo inverso, según las diferentes versiones.

Para obtener protección frente a contactos indirectos con este tipo de función se necesita un análisis cuidadoso del sistema de distribución y del valor de la intensidad de defecto a tierra.

Para interruptores automáticos Emax es posible realizar selectividad de zona para la función "G" siguiendo la misma filosofía que la descrita para la función "S".

Ello permite reducir los tiempos de disparo entre dos protecciones diferenciales en serie, lo que aumenta el margen de seguridad para cualquier defecto en el lado de la alimentación ya que el tiempo de disparo del interruptor automático no es tan alto como debería para obtener selectividad hacia el lado de la carga con el método clásico de selectividad en tiempo.

Ejemplo

A continuación se ofrece un ejemplo de una red en que debe obtenerse selectividad entre las protecciones diferenciales a 3 niveles. Considerando los relés diferenciales disponibles

RC221 (Tmax T1-T2-T3)

Umbral de disparo ajustable $I_{\Delta n}$ [A]	0,03 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3
Tiempos de disparo [s]	instantáneo

RC222 (Tmax T1-T2-T3-T4-T5)

Umbral de disparo ajustable $I_{\Delta n}$ [A]	0,03 – 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10
Tiempos de disparo [s]	instantáneo – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,5 – 1 – 2 – 3

RCQ

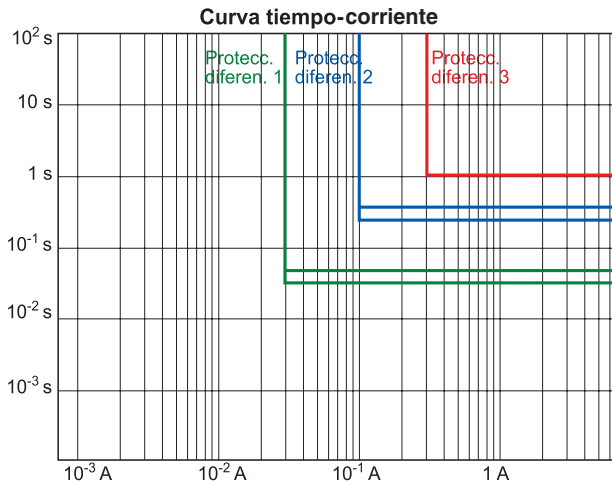
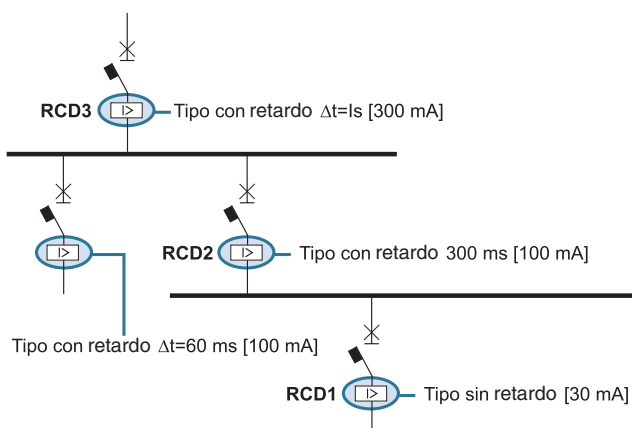
Umbral de disparo ajustable $I_{\Delta n}$ [A]	0,03 – 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 30
Tiempos de disparo [s]	instantáneo – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,5 – 0,7 – 1 – 2 – 3 – 5

Para obtener selectividad puede utilizarse el siguiente dispositivo:

RCD 1 tipo RC221	instalado, por ejemplo, en un	Tmax T1
RCD 2 tipo RC222	instalado, por ejemplo, en un	Tmax T5
RCD 3 tipo RCQ	instalado, por ejemplo, en un	Emax E3

caracterizado por las curvas que se muestran en diagrama tiempo-intensidad adjunto.

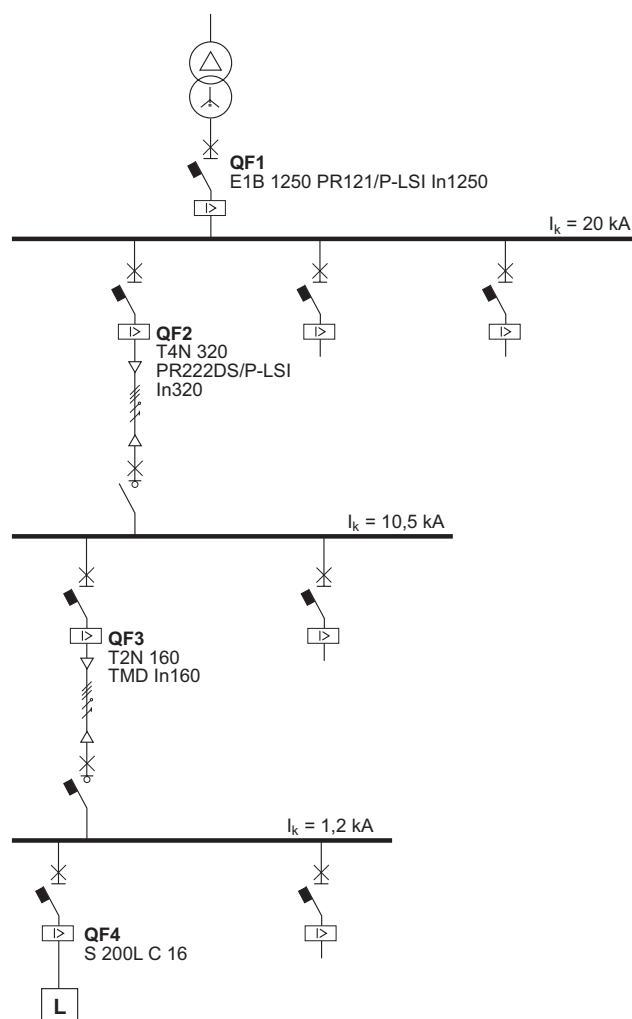
Se puede observar cómo se evita el solapamiento de las curvas de los tres dispositivos, con lo que se obtiene selectividad para defecto a tierra.



Anexo C

Ejemplo de estudio de selectividad en una red de BT

Se llevará a cabo el estudio de selectividad para la instalación representada en la figura y alimentada por un transformador con un bobinado secundario a 400 V:

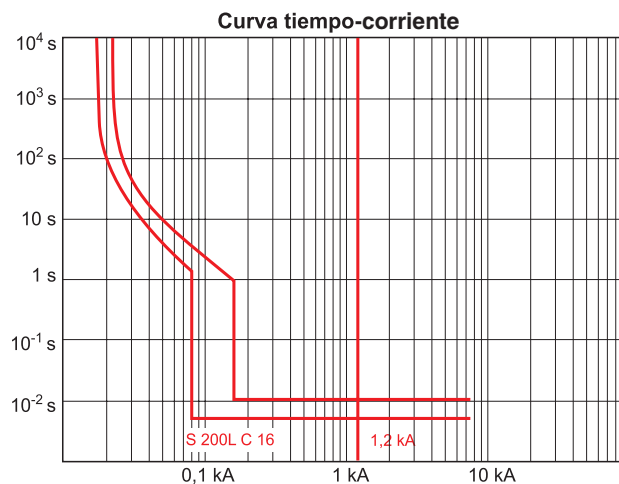


Hay cuatro niveles:

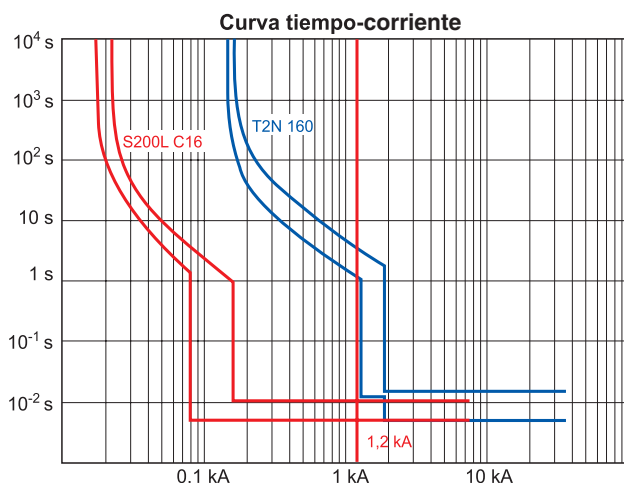
- QF1: E1B 1250 PR121/P-LSI In 1250A
($I_b = I_{ntrafo} = 577 \text{ A}$, $I_z = 700 \text{ A}$)
- QF2: T4N 320 PR222DS/P-LSI In 320A
($I_b = 285 \text{ A}$, $I_z = 300 \text{ A}$)
- QF3: T2N 160 TMD160-1600
($I_b = 120 \text{ A}$, $I_z = 170 \text{ A}$)
- QF4: S200L C16
($I_b = 14 \text{ A}$, $I_z = 25 \text{ A}$)

En el estudio siguiente, se supone que la misma intensidad de defecto atraviesa los interruptores automáticos (se ignoran las intensidades reales que pasan por los interruptores automáticos) y se supone que los interruptores automáticos seleccionados pueden proteger los cables, los interruptores-seccionadores y cualquier otro elemento.

En primer lugar se trazan las curvas del interruptor automático QF4:



Teniendo en cuenta que la intensidad máxima de cortocircuito en el punto en que se instala QF4 es de 1,2 kA, para obtener selectividad total basta que el umbral magnético del interruptor automático del lado de la alimentación QF3 sea superior a este valor, considerando las tolerancias:

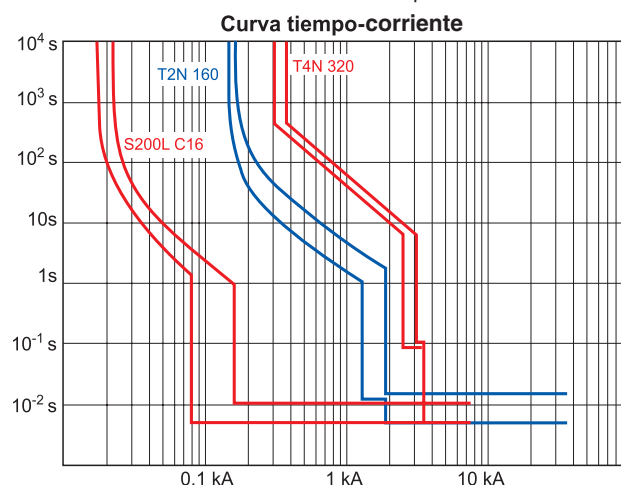


En cualquier caso, en las tablas de coordinación se puede hallar que la selectividad energética es total, es decir, igual a la capacidad de corte del S200L (6 kA). Los ajustes de QF3 serán:

QF3, T2N 160 TMD In160

L:	Ajustes:	136 [A]
I:	Ajustes:	1600 [A]

A continuación se traza la curva del interruptor automático QF2 T4N 320:



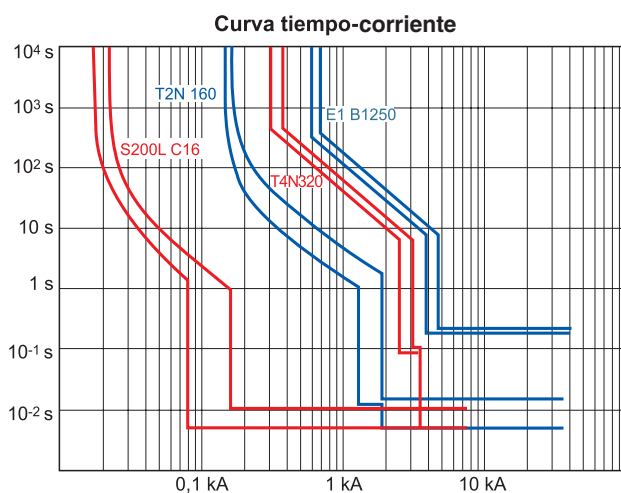
Los ajustes de QF2, según lo comentado en los capítulos anteriores, serán:

QF2, T4N 320 PR222DS/P-LSI In320

L:	Ajustes:	0,9	Curva:	12 s
S: t=const	Ajustes:	8,8	Curva:	0,1 s
I:	OFF			

De esta forma, según las tablas de coordinación, el límite de selectividad será de 25 kA, que, en este caso particular, implica selectividad total.

Finalmente, se traza la curva del interruptor automático QF1 E1B 1250:



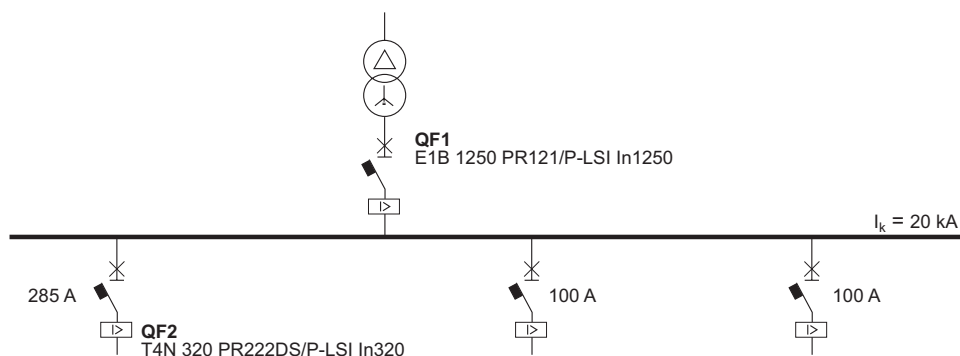
Los ajustes de QF1, según lo comentado en los capítulos anteriores, serán:

QF1, E1B 1250 PR121/P-LSI In1250

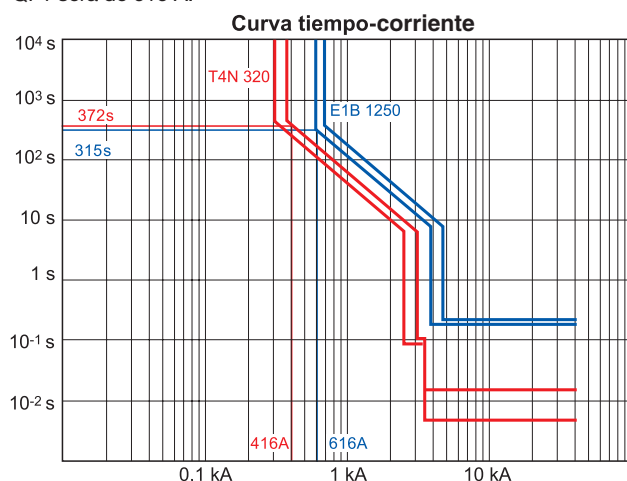
L:	Ajustes:	0,47	Curva:	48 s
S: t=const	Ajustes:	3,5	Curva:	0,2 s
I:	OFF			

Con estos ajustes, de acuerdo a las tablas de coordinación, se obtiene selectividad total, es decir, hasta la capacidad de corte de T4N igual a 36 kA.

Cuando se consideran las intensidades reales que pasan por los interruptores automáticos, deberá recordarse que una intensidad de sobrecarga de un interruptor automático del lado de la carga se detecta en el lado de la alimentación sumada a las corrientes de las otras derivaciones. Para ello, se considerará la instalación anterior suponiendo que existen dos cargas más de 100 A:



Se analiza la condición más crítica, teniendo en cuenta los tiempos de disparo con la tolerancia más baja para el interruptor automático del lado de la alimentación y la más alta para el del lado de la carga: se supone una sobrecarga de 416 A en QF2. La corriente que pasa por QF1 será de 616 A:



En estas condiciones, el interruptor automático del lado de la alimentación QF1 E1B 1250 dispara en un tiempo de 315 s, mientras que el del lado de la carga QF2 T4N 320 lo hace en un tiempo ligeramente más largo, de 372 s. Para este valor de intensidad, no queda garantizada la selectividad en la zona de sobrecarga.

Evidentemente, el interruptor automático del lado de la alimentación no provoca disparo por debajo de 416 A, mientras que para valores lo bastante superiores a 416 A (p. ej. 700 A), su tiempo de disparo es superior al del lado de la carga, ya que la suma de intensidades de las otras cargas supone una contribución menor a la corriente total que los atraviesa.

Finalmente, la valoración de las intensidades que atraviesan efectivamente los interruptores automáticos, puede hacer que la selectividad sea crítica para determinados valores de corriente de sobrecarga y, en tales casos, la solución puede consistir en usar una curva de función L con un $t_{1,}$ más elevado.

Anexo D

Consideraciones adicionales sobre las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos.

Tal como se menciona en la página 5 de este documento, en relación con las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos, se pueden distinguir tres casos:

- un solo interruptor automático en el lado de la alimentación y un solo interruptor automático en el lado de la carga (atravesado por la misma intensidad)
- un solo interruptor automático en el lado de la alimentación y diversos interruptores automáticos en

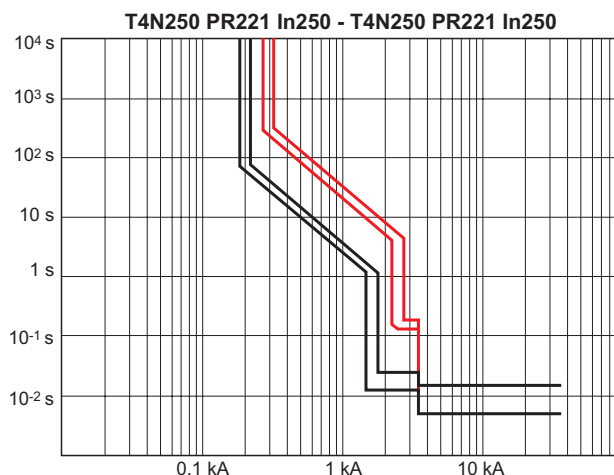
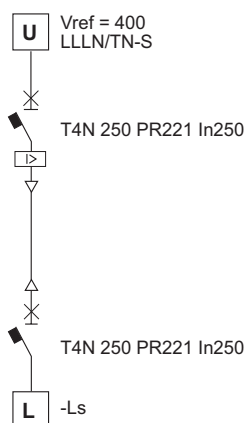
el lado de la carga (la intensidad que atraviesa el interruptor del lado de la alimentación es superior a la que atraviesa los del lado de la carga)

- dos o más interruptores automáticos en el lado de la alimentación y diversos interruptores automáticos en el lado de la carga.

Mediante algunos ejemplos, se muestra cómo una determinación incorrecta de las intensidades reales que circulan por los interruptores, puede provocar una falta de selectividad en la zona de sobrecarga o un sobredimensionado de los interruptores para obtener selectividad en la zona de cortocircuito.

Un interruptor automático en el lado de la alimentación y un interruptor automático en el lado de la carga

En este caso por ambos interruptores automáticos pasa la misma corriente, tanto en condiciones normales como en caso de sobreintensidad. Por tanto, para verificar la selectividad tiempo-corriente en las zonas de sobrecarga y de cortocircuito, basta con comprobar que las curvas de disparo de ambos dispositivos no se intersecan.



Un interruptor automático en el lado de la alimentación y varios interruptores automáticos en el lado de la carga

Esta instalación es la más habitual en la práctica.

Al disponer de más de un interruptor automático en el lado de la carga, habrá diferentes valores de corriente entre el interruptor automático del lado de la alimentación y los del lado de la carga hacia el cual se busca la selectividad.

Por lo tanto, debe compararse el tiempo de disparo del interruptor del lado de la carga provocado por una sobreintensidad con el tiempo de disparo del interruptor del lado de la alimentación, en correspondencia con la suma de todas las corrientes que lo atraviesan.

Ejemplo

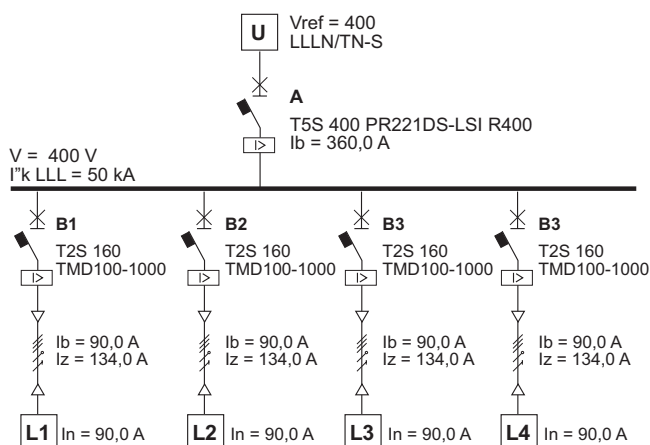
En la instalación de la figura y en condiciones normales, por el interruptor automático del lado de la alimentación pasa una corriente de 360 A, mientras que por cualquier interruptor automático de salida pasan 90 A.

Los posibles ajustes del interruptor automático, en función de sus corrientes de carga son:

CB A: $I_1 = 0,92 \times 400 = 368 \text{ A}$ ($t_1 = 3 \text{ s}$)

CB B: $I_1 = 0,90 \times 100 = 90 \text{ A}$

En la figura se muestran las curvas de los interruptores automáticos con los ajustes anteriores. A partir de un análisis inicial parece que queda garantizada la selectividad de tiempo-corriente entre ambos interruptores automáticos.



Supóngase ahora que existen condiciones de sobrecarga en la carga L1 que absorbe una intensidad de 200 A.

En consecuencia, por el interruptor automático B1 circularán 200 A, mientras que por el A circularán 470 A ($200 + 90 + 90 + 90$).

Con los ajustes supuestos anteriormente, existen las condiciones mostradas en la figura, en donde ambos interruptores automáticos provocan disparo en unos 50 s.

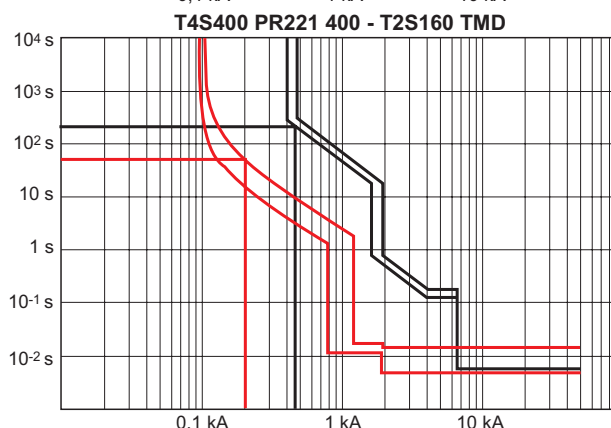
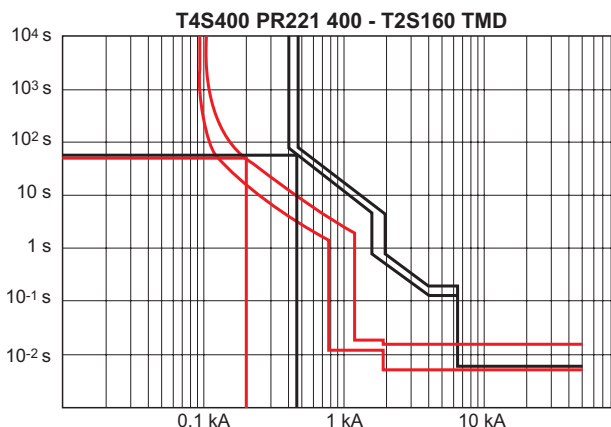
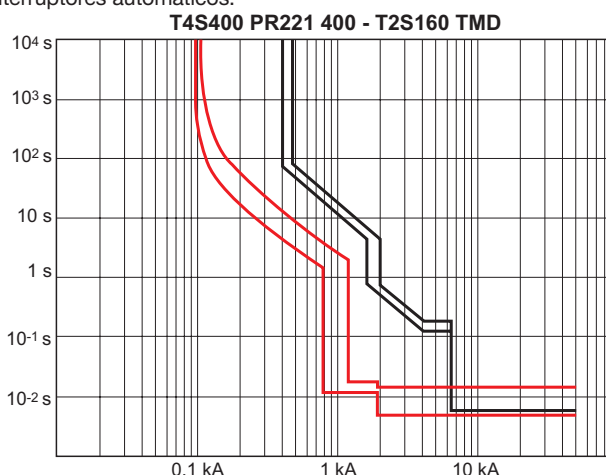
Por tanto, con los ajustes supuestos, en caso de sobrecarga **no habrá selectividad** entre los dos interruptores automáticos considerados.

Modificando los ajustes del interruptor automático del lado de la alimentación, por ejemplo aumentando el tiempo de disparo de la protección L frente a sobrecargas:

CB A: $I_1 = 0,92 \times 400 = 368 \text{ A}$ ($t_1 = 12 \text{ s}$)

se puede obtener selectividad en la zona de sobrecarga, ya que el interruptor automático del lado de la carga B dispara en 50 s, mientras el interruptor automático del lado de la alimentación A dispara en unos 200 s.

En la mayoría de casos, incluso sin realizar este análisis, el tamaño y distribución de la sobrecarga entre los interruptores comporta una diferencia en los tiempos de disparo que permite obtener selectividad tiempo-corriente.



Varios interruptores automáticos en el lado de la alimentación y varios interruptores automáticos en el lado de la carga

Para realizar un análisis simplificado, debe asumirse que el circuito es perfectamente simétrico y que, por tanto, la corriente total absorbida por las cargas se reparte en partes iguales en los tres interruptores automáticos del lado de la alimentación.

Ejemplo

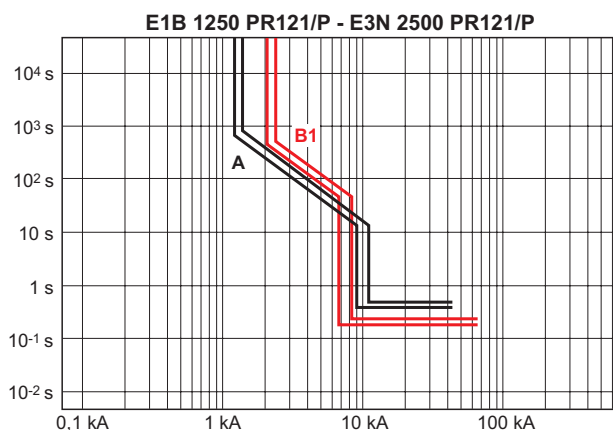
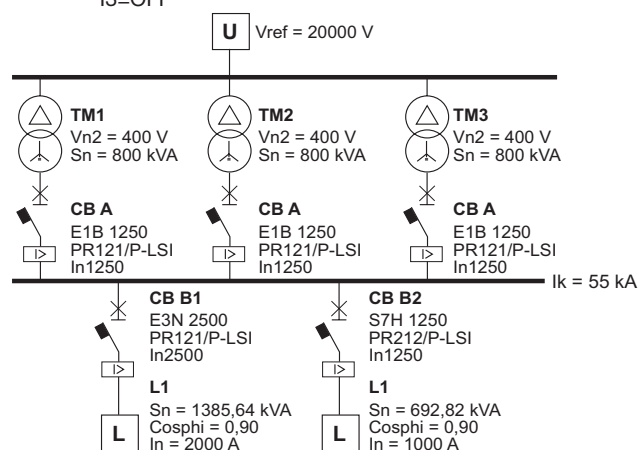
En la instalación de la figura y en condiciones normales, por los interruptores automáticos del lado de la alimentación pasa una corriente de 1000 A, mientras que por los dos alimentadores de salida pasan 1000 A y por el otro 2000 A.

En el análisis que aquí se presenta, se verifica selectividad entre el interruptor automático del lado de la alimentación **A** y el alimentador de salida mayor **B1**.

Los posibles ajustes de los interruptores automáticos, en función de las corrientes que circulan por el aparato, son:

CB A: $I_1 = 0,925 \times 1250 = 1156 \text{ A}$ ($t_1 = 12 \text{ s}$)
 $I_2 = 8 \times 1250 = 10000 \text{ A}$ ($t_2 = 0,4 \text{ s}$)
 $I_3 = \text{OFF}$

CB B1: $I_1 = 0,80 \times 2500 = 2000 \text{ A}$ ($t_1 = 3 \text{ s}$)
 $I_2 = 3 \times 2500 = 7500 \text{ A}$ ($t_1 = 0,2 \text{ s}$)
 $I_3 = \text{OFF}$



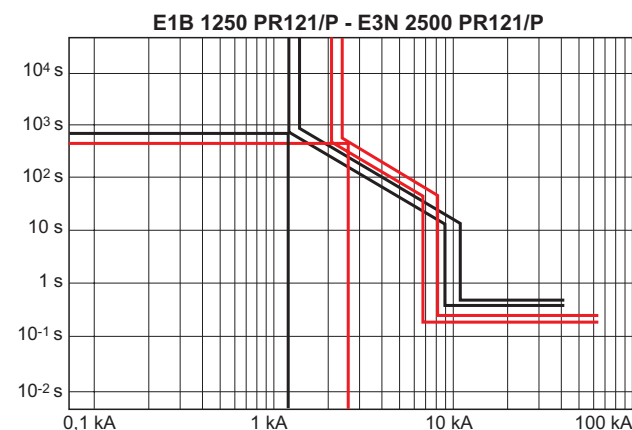
En la figura se muestran las curvas de los dos interruptores automáticos estudiados con los ajustes anteriores.

A primera vista no parece que haya selectividad de tiempo-corriente entre los dos elementos.

Como estos interruptores automáticos están equipados con relés electrónicos, se verifican los tiempos de disparo de ambos dispositivos a las intensidades significativas.

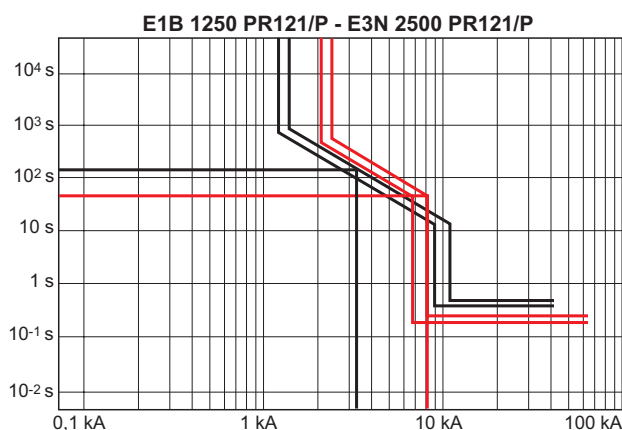
1,05 x I1 del interruptor automático del lado de la alimentación

$I_A = 1156 \times 1,05 = 1214 \text{ A}$ $t_A = 700 \text{ s}$
 que corresponde a una intensidad en B1 de:
 $I_B = (1214 \times 3) - (1000) = 2642 \text{ A}$ $t_B = 450 \text{ s}$



1,1 x I2 del interruptor automático del lado de la carga

$I_B = 7500 \times 1,1 = 8250 \text{ A}$ $t_A = 45 \text{ s}$
 que corresponde a una intensidad en A de:
 $I_A = (8250 + 1000) / 3 = 3083 \text{ A}$ $t_B = 174 \text{ s}$



Como puede observarse, incluso con solapamiento de las curvas, existe selectividad tiempo-corriente en la zona de sobrecarga.

La selección de la I_{cw} también debe tener en consideración las intensidades reales que circulan por el interruptor automático.

Por los interruptores automáticos **A** pasa un máximo de:

36 kA en caso de falta entre el interruptor automático y el transformador

18 kA en caso de falta en la barra de distribución.

Por tanto, deben seleccionarse estos interruptores automáticos con:

$I_{cu} > 36 \text{ kA}$ ya que el poder de corte debe ser superior a la corriente máxima de cortocircuito

$I_{cw} > 18 \text{ kA}$ ya que sólo se busca selectividad con los interruptores **B** aguas abajo.

Para tener selectividad hacia los otros aparatos **A** el interruptor automático **B1** debe cumplir:

$I_{cw} > 55 \text{ kA}$.

Glosario

Is	Intensidad límite de selectividad
Icu	Poder asignado de corte último en cortocircuito
Icw	Intensidad asignada de corta duración
Categoría A	Tipo de interruptor automático sin Icw especificada (indicado para la selectividad energética)
Categoría B	Tipo de interruptor automático con Icw especificada (indicado para la selectividad cronométrica)
In	Corriente nominal del relé (identifica la intensidad nominal del interruptor automático equipado con tal relé)
Iu	Intensidad asignada permanente de un interruptor automático (identifica su “tamaño”)
I₃_{Max} / I₃_{min}	Umbral máximo/mínimo de la protección frente a cortocircuito instantáneo Ejemplo: - para interruptor modular curva C ($I_m=5..10I_n$) $\rightarrow I_{3_{Max}}=10I_n, I_{3_{min}}=5I_n$ - para interruptor automático en caja moldeada con relé TMD ($I_m=10I_n\pm 20\%$ *) $\rightarrow I_{3_{Max}}=12I_n, I_{3_{min}}=8I_n$ - para interruptor automático con relé electrónico (I3 = $10I_n\pm 10\%$ *) $\rightarrow I_{3_{Max}}=11I_n, I_{3_{min}}=9I_n$
Ik	Intensidad de cortocircuito
TMD	Relé termomagnético con umbral térmico ajustable y magnético fijo
TMA	Relé termomagnético con umbral térmico y magnético ajustables
EL	Relé electrónico
Función L	Protección contra sobrecarga a tiempo largo dependiente
Función S	Protección contra cortocircuito con retardo regulable
Función I	Protección contra cortocircuito instantáneo
Función G	Protección contra defecto a tierra con retardo regulable
Función D	Protección contra cortocircuito direccional con retardo regulable
I1	Umbral de disparo de la función L
t1	Tiempo de disparo de la función L
I2	Umbral de disparo de la función S
t2	Tiempo de disparo de la función S
I3	Umbral de disparo de la función I
I4	Umbral de disparo de la función G
t4	Tiempo de disparo de la función G
I7	Umbral de disparo de la función D
t7	Tiempo de disparo de la función D
tiempo de select.	Tiempo de disparo del relé electrónico cuando la selectividad de zona está habilitada y no hay señal de bloqueo de entrada
Autoprotección	Protección del interruptor automático en caja moldeada equipado con un relé electrónico, que permite unos tiempos rápidos de eliminación de faltas para intensidades superiores a 10-12 veces la Iu, incluso cuando la protección instantánea está ajustada a OFF.
ft (foot)	Medida de longitud expresada en pies

* $\pm \dots \%$ = tolerancia de la protección

Contacte con nosotros

Asea Brown Boveri, S.A.
Low Voltage Products
Torrent de l'Olla 220
08012 Barcelona
Tel. 93 484 21 21
Fax 93 484 21 90
www.abb.es/bajatension



1TXA007100G0701 000908