

Por qué elegir un dispositivo diferencial de tipo B para lograr una protección segura y eficiente de las personas

White Paper

por Natacha Lucius, Jean-François Rey, Marc Paupert y Simon Tian

Resumen ejecutivo

El aumento de nuevas aplicaciones de sistemas eléctricos, como las estaciones de carga de vehículos eléctricos (VE) y las instalaciones fotovoltaicas (FV), además del uso generalizado de los variadores de velocidad (VSD) para el control de motores, plantea nuevos retos de protección diferencial. En este documento se analizan los principales tipos de tecnologías de protección diferencial disponibles actualmente en el mercado, y se revisan las normas aplicables, el uso adecuado y las reglas de coordinación referentes a la protección contra descargas eléctricas.

Introducción

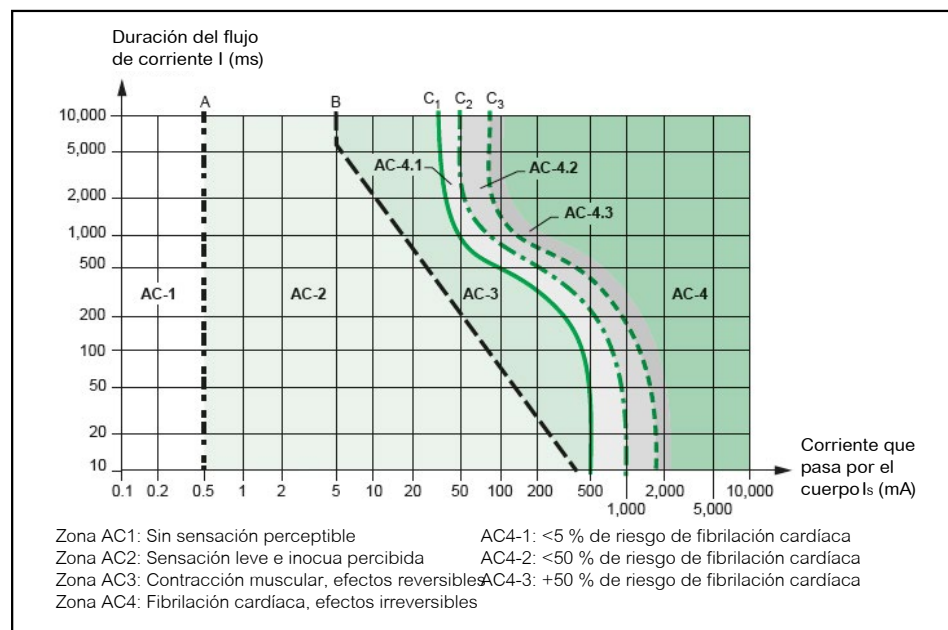
Una descarga eléctrica es el resultado del efecto fisiopatológico del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. El paso de la corriente afecta a las funciones musculares, circulatorias y respiratorias y, en ocasiones, provoca graves quemaduras.

El riesgo de sufrir lesiones para la víctima depende de la magnitud de la corriente, las partes del cuerpo por las que pasa y la duración del flujo de corriente.

La norma IEC 60479-1 define cuatro zonas de corriente-magnitud/tiempo-duración que describen los efectos fisiopatológicos (véase la **Figura 1**) del paso de corriente alterna. Cualquier persona que entre en contacto con partes activas corre el riesgo de sufrir una descarga eléctrica. La curva C1 muestra que una corriente superior a 30 mA que atraviesa el cuerpo humano desde una mano hasta los pies puede causar la muerte, a menos que la corriente se interrumpa en poco tiempo.

Figura 1

Zonas de tiempo/corriente de los efectos de la corriente alterna en el cuerpo humano al pasar de la mano izquierda a los pies (fuente IEC 60479-1).

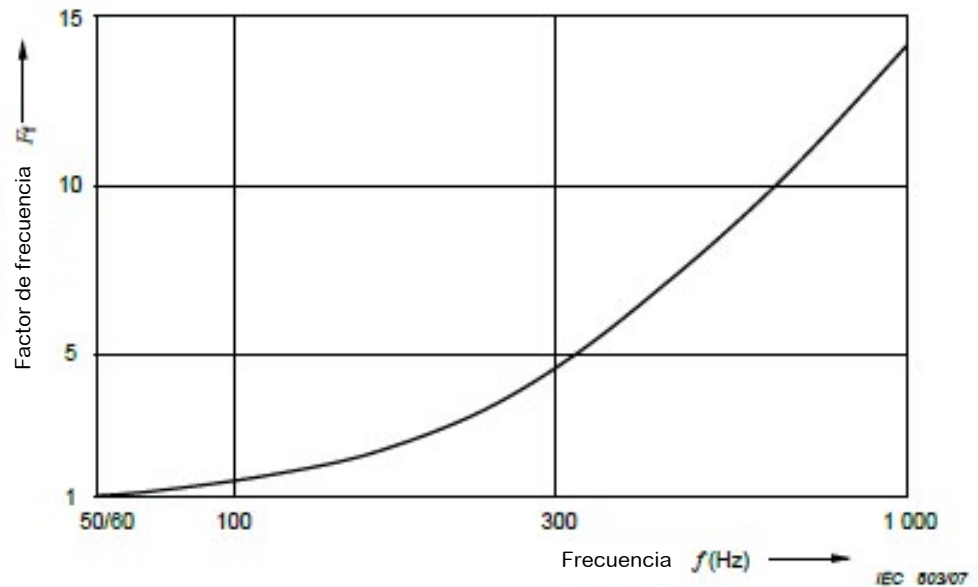


La protección contra las descargas eléctricas en las instalaciones eléctricas debe ajustarse a las normas nacionales correspondientes y a los reglamentos legales, códigos de prácticas, guías y circulares oficiales. Las normas IEC pertinentes son las siguientes: IEC 60364, IEC 60479, IEC 60755, IEC 61008, serie IEC 61009 e IEC 60947-2.

Si la corriente que circula por el cuerpo no es una onda senoidal pura de 50 Hz (por ejemplo, una corriente continua pulsante, una corriente de otras frecuencias o una corriente continua suave), los umbrales definidos en la **Figura 1** se modifican según la información contenida en las normas IEC 60479-1 y 60479-2. Así, por ejemplo, en el caso de frecuencias superiores a 50 Hz, el umbral de fibrilación ventricular se modifica según los valores de la **Figura 2**.

Figura 2

Variación del umbral de fibrilación ventricular dentro del intervalo de frecuencias de 50/60 a 1000 Hz.

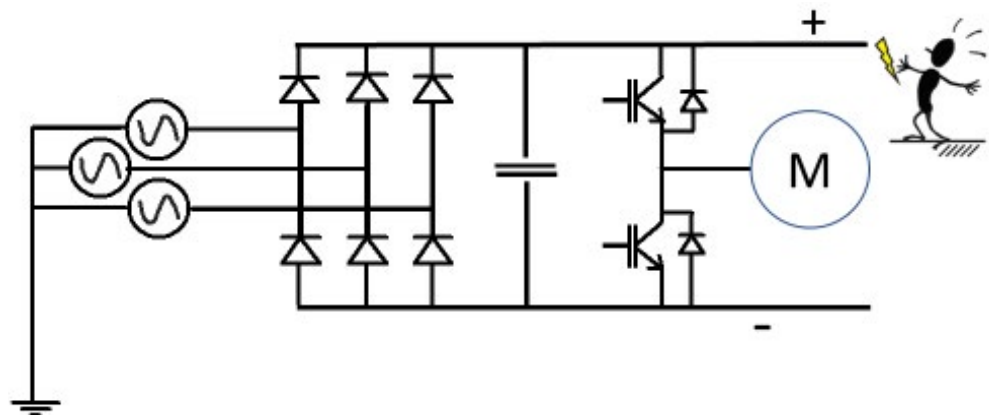


Corriente diferencial continua pura

En algunas aplicaciones, la carga conectada a la instalación eléctrica de CA puede generar corrientes diferenciales más complejas. Así, por ejemplo, incluso en una instalación eléctrica de CA de 50 Hz, la corriente diferencial puede contener una componente de CC suave, o frecuencias superiores a 50 Hz, o una combinación de componentes. Estas aplicaciones pueden consistir, por ejemplo, en motores alimentados por un accionamiento trifásico, equipos de alimentación de vehículos eléctricos (VE) o un inversor fotovoltaico.)

Figura 3

Ejemplo de aplicación con corriente diferencial continua



Estas aplicaciones requieren un dispositivo diferencial (RCD) específico, que garantice la protección en caso de que la corriente diferencial contenga una forma de onda de este tipo. Este RCD en particular se define como RCD de tipo B y cumple con la norma internacional IEC 62423.

Tipos de dispositivos diferenciales (RCD)

“Un RCD cuyo disparo está garantizado para corrientes alternas senoidales diferenciales, ya sean aplicadas repentinamente o que aumenten lentamente”.

Extracto de la norma IEC 60755:2017 Apartado 5.2.10.1, que describe el tipo de CA

La norma internacional IEC 60755 define cuatro tipos de RCD para aplicaciones de CA. Estos tipos, que abordan los distintos tipos de formas de onda de corriente diferencial, se conocen como tipo AC, tipo A, tipo F y tipo B. Todos estos dispositivos están destinados para ser utilizados en los sistemas de alimentación de CA.

Dispositivos diferenciales de tipo AC

En la mayoría de los casos, la corriente diferencial prevista tiene la misma frecuencia y forma de onda que la alimentación (es decir, senoidal de 50 Hz), ya sea porque los defectos solo pueden producirse en los conductores de alimentación, o porque la carga es resistiva o lineal. Los dispositivos diferenciales destinados a detectar corrientes diferenciales senoidales están definidos en las normas IEC como de tipo AC y están marcados con el siguiente símbolo estándar:



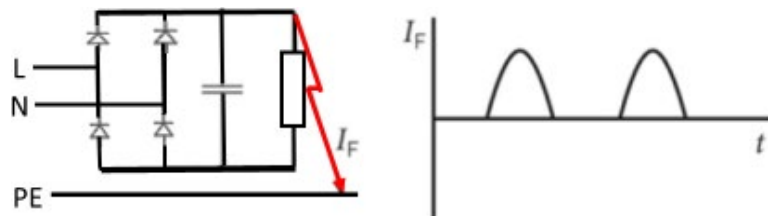
Los RCD de tipo AC se utilizan en muchos países para aplicaciones de uso general.

Dispositivos diferenciales de tipo A

En algunos casos, la corriente de defecto prevista puede contener una forma de onda de CC pulsante, porque fluye a través de un rectificador, como se muestra en la **Figura 4**. Los dispositivos diferenciales capaces de detectar estas formas de onda se conocen como RCD de tipo A.

Figura 4

Ejemplo de aplicación que puede generar una corriente de defecto de tipo A y la forma de onda correspondiente (I_F)



Estos dispositivos son capaces de detectar corrientes diferenciales continuas pulsantes y soportar corrientes continuas diferenciales suaves superpuestas de hasta 6 mA. Además, un RCD de tipo A también es capaz de detectar las corrientes diferenciales senoidales detectadas por un RCD de tipo AC. Los dispositivos de tipo A están definidos en las normas IEC y se identifican con el siguiente símbolo:



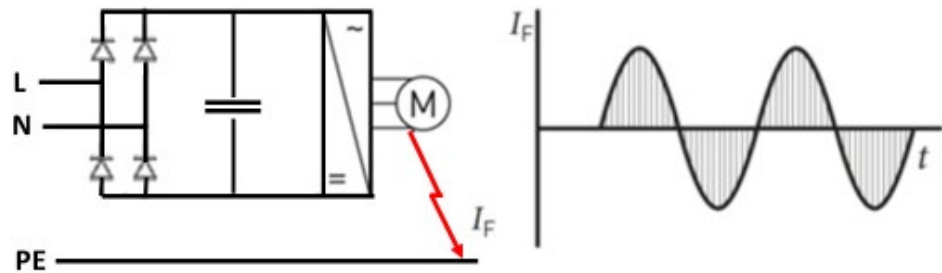
Los RCD de tipo A se utilizan en aplicaciones que generan corrientes diferenciales continuas pulsantes, como por ejemplo, dispositivos monofásicos con un circuito rectificador como las placas de cocina.

Dispositivos diferenciales de tipo F

En otros casos, la corriente de defecto prevista puede contener corrientes diferenciales compuestas, con frecuencias que van desde unos pocos hercios hasta 1000 Hz, como se muestra en la **Figura 5**. En este ejemplo, el RCD alimenta una carga que contiene un accionamiento de motor monofásico y la forma de onda de la corriente diferencial de defecto se define como una corriente diferencial compuesta. Los dispositivos diferenciales capaces de detectar estas formas de onda se conocen como RCD de tipo F.

Figura 5

Ejemplo de aplicación que puede generar una corriente de defecto de tipo F y la forma de onda correspondiente (I_F)



Estos dispositivos también son capaces de soportar una corriente diferencial continua suave de hasta 10 mA superpuesta a la corriente diferencial. Además, un RCD de tipo F también puede detectar todas las corrientes diferenciales detectadas por un RCD de tipo A).

Los dispositivos de corriente diferencial de tipo F están definidos en la norma IEC 62423; se identifican mediante el siguiente símbolo estándar (que también denota que un RCD de tipo F cumple los requisitos del tipo A):



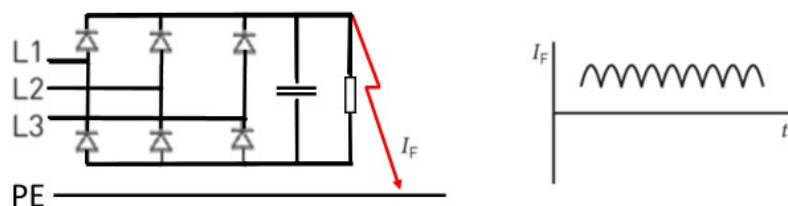
Los RCD de tipo F se utilizan en aplicaciones que pueden generar corrientes diferenciales compuestas, como, por ejemplo, dispositivos monofásicos que contienen un motor controlado por un variador de velocidad, como una bomba de calor o un equipo de aire acondicionado monofásico.

Dispositivos diferenciales de tipo B

a forma de onda de una corriente diferencial también puede presentar características tales como frecuencias superiores a 50 o 60 Hz, formas de onda no senoidales o formas de onda resultantes de circuitos rectificadores con un puente de seis pulsos, como se muestra en la **Figura 6**, o incluso una corriente continua suave. Este es el caso, por ejemplo, de un RCD que alimenta un motor con un variador de velocidad trifásico. Los dispositivos diferenciales capaces de detectar estas formas de onda se conocen como RCD de tipo B.

Figura 6

Ejemplo de aplicación de un puente de 6 pulsos que puede generar una corriente de defecto de tipo B y la forma de onda correspondiente (I_F)



Estos dispositivos son capaces de soportar una corriente diferencial continua suave de 10 mA superpuesta a una corriente diferencial. Además, un RCD de tipo B puede detectar todas las corrientes diferenciales detectadas por un RCD de tipo F.

Los dispositivos diferenciales de tipo B se definen en la norma IEC 62423 de la siguiente manera:

“Un RCD para el que se garantiza el disparo del mismo modo que en los dispositivos de tipo F y, además:

- para corrientes diferenciales alternas senoidales de hasta 1000 Hz;
- para corrientes diferenciales alternas superpuestas a una corriente continua suave de 0,4 veces la corriente diferencial nominal ($I_{\Delta n}$) o de 10 mA, cualquiera que sea el valor más alto;
- para corrientes diferenciales continuas pulsantes superpuestas a una corriente continua suave de 0,4 veces la corriente diferencial nominal ($I_{\Delta n}$) o de 10 mA, cualquiera que sea el valor más alto;
- para corrientes diferenciales continuas que pueden proceder de circuitos rectificadores, es decir
 - la conexión en puente de dos pulsos línea a línea para dispositivos de dos, tres y cuatro polos;
 - la conexión en estrella de tres pulsos o conexión en puente de seis pulsos para dispositivos de tres y cuatro polos;
- para corrientes diferenciales continuas suaves.

Las corrientes diferenciales especificadas anteriormente pueden aplicarse repentinamente o aumentar lentamente, independientemente de la polaridad”.

Los RCD de tipo B se identifican con uno de los siguientes símbolos normalizados:



Los RCD de tipo B se utilizan en aplicaciones que pueden generar corrientes continuas suaves o contener frecuencias superiores a 50 Hz, como, por ejemplo, dispositivos trifásicos que contienen un motor controlado por un variador de velocidad trifásico. Este es el caso de ciertos tipos de bombas o equipos de aire acondicionado trifásicos, alimentación de vehículos eléctricos o equipos médicos que requieren una gran precisión de movimiento.

Figura 7

En este resumen de los tipos de RCD, se puede apreciar que un RCD de tipo B es también de tipo F, A y AC.

Tipo				
	AC	A	F	B
I defecto				
Carga				
	Lineal	Rectificador monofásico	Convertidor de frecuencia monofásico	Rectificador trifásico

Para obtener más información sobre los posibles defectos provocados por diversas cargas, consulta el Anexo A al final de este White Paper.

Funcionamiento de la tecnología de protección diferencial (RCD) de tipo B

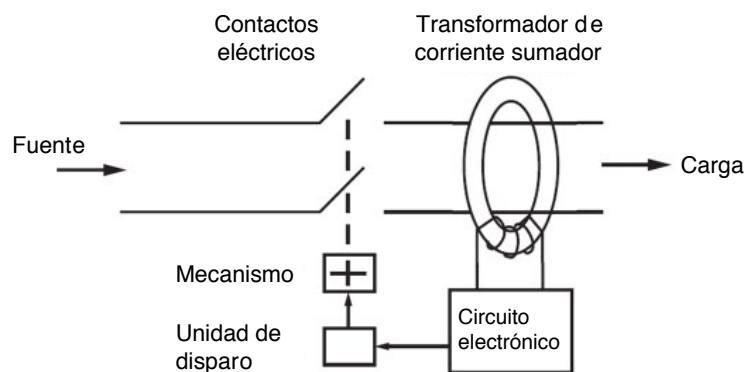
Arquitectura de los RCD de tipo A y de tipo AC

El diseño interno de los RCD de tipo AC o de tipo A está formado normalmente por los siguientes componentes principales (véase la **Figura 8**):

- un transformador de corriente sumador,
- un circuito electrónico para el tratamiento de la señal (filtrado y/o decisión de disparo),
- una unidad de disparo,
- un mecanismo de enclavamiento,
- contactos eléctricos.

Figura 8

Arquitectura de los RCD



La corriente alterna diferencial que fluye por el devanado primario genera una variación de flujo magnético en el transformador de corriente sumador, induciendo así una tensión en el devanado secundario. Cuando la tensión es superior a un umbral definido, se dispara la unidad de disparo que activa el mecanismo de enclavamiento para abrir los contactos y realizar así la protección.

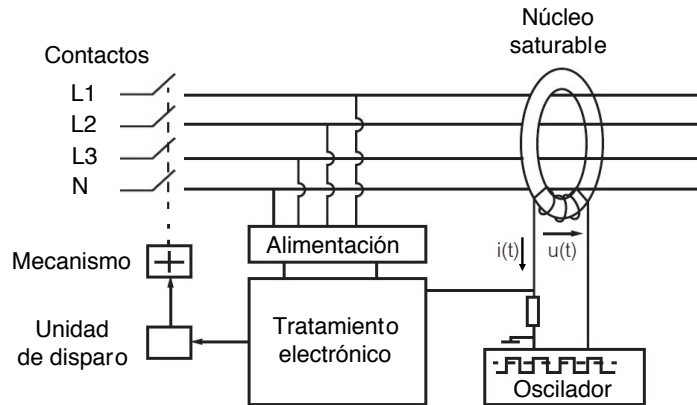
Sin embargo, este conocido diseño tiene ciertas limitaciones. Estos dispositivos no pueden detectar una corriente continua suave porque la corriente continua no genera una variación de flujo magnético.

Principio de la tecnología Fluxgate

Para detectar la corriente continua diferencial se puede utilizar la tecnología “fluxgate” para estimular un núcleo saturable mediante una tensión de onda cuadrada de alta frecuencia $u(t)$ en el devanado secundario (véase la **Figura 9**). Esta tecnología permite detectar la corriente continua y se utiliza habitualmente en los RCD de tipo B.

Figura 9

El principio de la tecnología “fluxgate” para la detección de corriente continua.

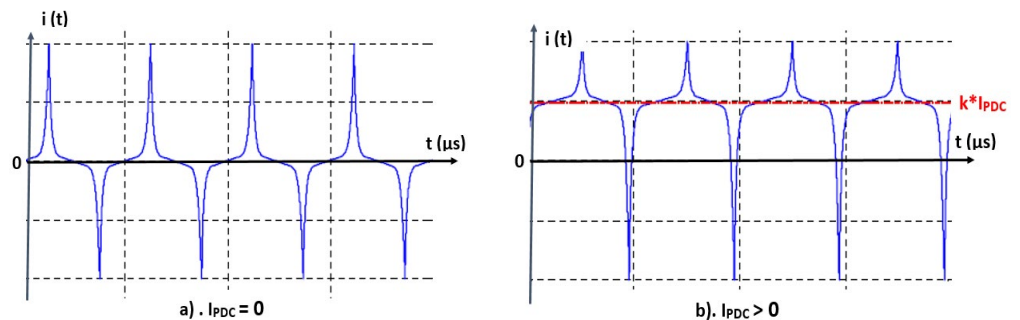


Cuando no hay corriente diferencial primaria, la corriente $i(t)$ en el devanado secundario es simétrica con un valor de pico elevado debido al comportamiento de saturación del núcleo (véase la **Figura 10**, lado izquierdo).

Cuando hay corriente continua diferencial primaria, el estado magnético del núcleo saturable cambia y provoca una modificación de la forma de onda de la corriente secundaria $i(t)$. Como $i(t)$ deja de ser simétrica, el dispositivo presenta una componente de CC proporcional a la corriente continua primaria. Al filtrar y medir la corriente secundaria, se mide la corriente continua diferencial primaria, lo que permite detectar la corriente continua diferencial suave (véase la **Figura 10**, lado derecho).

Figura 10

Formas de onda de la corriente $i(t)$
a) sin corriente continua primaria
b) con corriente continua primaria

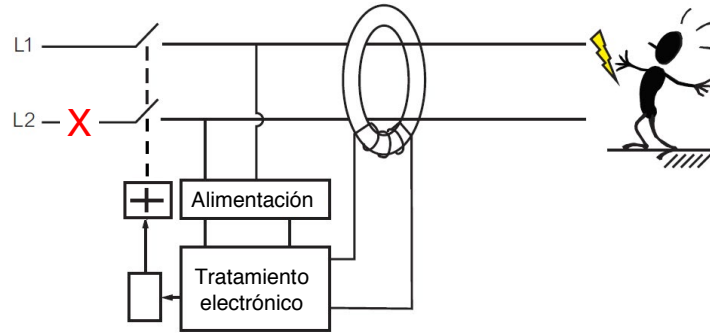


Arquitectura de los RCD de tipo B

Para detectar la corriente continua suave, un circuito electrónico debe estimular el núcleo del transformador sumador y extraer la corriente diferencial primaria. En condiciones normales, el dispositivo electrónico se alimenta de todos los cables de la línea. Sin embargo, si se produce una pérdida de tensión y solo hay una fase disponible, el dispositivo electrónico perderá su alimentación y no podrá garantizarse la detección de corriente diferencial, a pesar del riesgo que ello conlleva para la seguridad (véase la **Figura 11**).

Figura 11

Riesgo de perder la protección cuando se produce una pérdida de tensión en la fase



A fin de reducir este riesgo, la norma EN 62423 exige garantizar la protección de tipo AC y de tipo A mediante una protección diferencial independiente de la tensión.

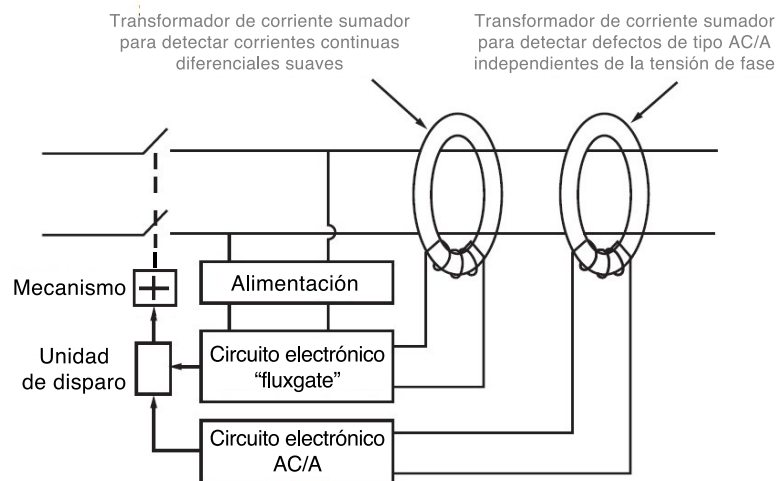
Teniendo en cuenta que las aplicaciones de distribución eléctrica no generan corrientes diferenciales continuas suaves cuando solo se dispone de una fase de alimentación, la protección de tipo AC y de tipo A independiente de la tensión es suficiente para garantizar la protección contra la electrocución en este caso.

Los RCD de tipo B normalmente están diseñados con dos sistemas de detección de corriente diferencial:

- un sistema con tecnología “fluxgate” dependiente de la tensión para la detección de la corriente continua suave,
- un sistema con tecnología independiente de la tensión capaz de detectar defectos de tipo AC y de tipo A. Este segundo sistema garantiza la protección de las personas incluso en caso de pérdida de tensión de la fase (véase la **Figura 12**).

Figura 12

Arquitectura general de los RCD tipo B con 2 sistemas de detección



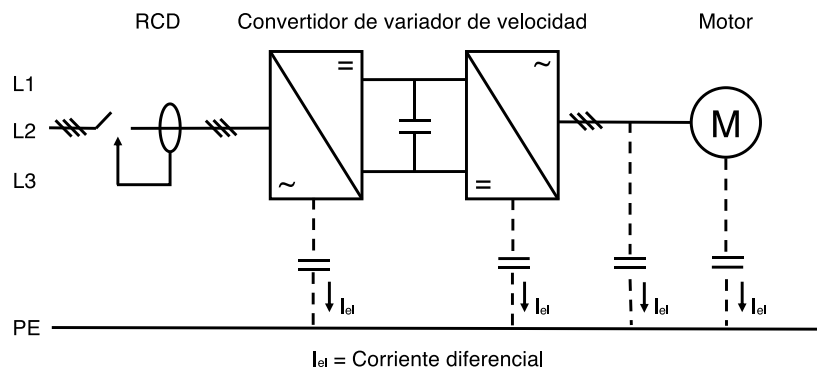
Alta frecuencia: un factor clave para garantizar la continuidad de servicio y la protección

Figura 13

Corriente diferencial
capacitiva con equipos
conmutados

El uso de equipos de potencia conmutados es cada vez más popular dadas las ventajas de compacidad y eficiencia energética que ofrecen. Sin embargo, las implementaciones de fuentes conmutadas generan altos niveles de dv/dt y, por tanto, una importante corriente diferencial de alta frecuencia en los circuitos.

La **Figura 13** muestra un ejemplo de convertidor de variador de velocidad:



En funcionamiento normal, la corriente diferencial de alta frecuencia fluye a través de la capacidad de dispersión de los cables y de los condensadores del filtro CEM del equipo. Dado que la impedancia de los condensadores disminuye con la frecuencia, la corriente diferencial será proporcional a la frecuencia de conmutación del convertidor para el mismo nivel de tensión:

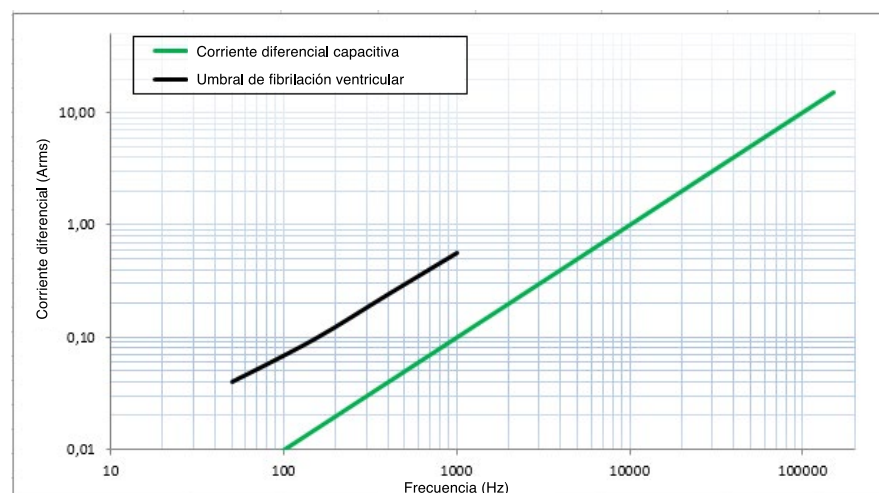
$$I_{el} = 2\pi f * C * U = K * f$$

Esta corriente diferencial capacitiva no es peligrosa porque no es energética, pero podría provocar disparos indeseados de los dispositivos de protección (RCD).

Otro factor que hay que tener en cuenta es la curva de frecuencia del umbral de fibrilación ventricular, como se ilustra en la **Figura 2** de la página 3. Como se aprecia, el cuerpo humano es menos sensible a la corriente de alta frecuencia que a la frecuencia de la red, y el umbral de seguridad aumentará considerablemente a mayor frecuencia. La **Figura 14** ilustra el umbral de fibrilación ventricular y el defecto a tierra capacitivo en el mismo gráfico.

Figura 14

Corriente diferencial
capacitiva con equipos
conmutados

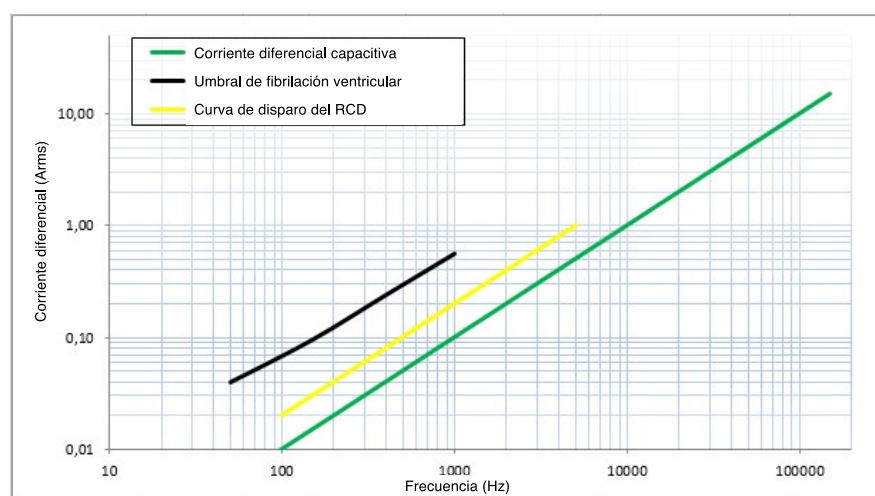


El umbral de disparo de los RCD debe estar por debajo de la curva de seguridad (color negro), tal y como exige la norma IEC 60479-2, para garantizar la protección de las personas, pero debe ser superior a la curva de corriente diferencial capacitiva para evitar cualquier disparo intempestivo.

Es por ello que Schneider Electric ha diseñado un RCD superinmunizado (tipo SI) que consigue un equilibrio entre la curva de seguridad y la curva de disparos intempestivos (véase la **Figura 15**). Este dispositivo es especialmente útil para convertidores conmutados de alta frecuencia, como los utilizados en variadores de velocidad, SAIs, energía fotovoltaica, vehículos eléctricos, equipos médicos, fuentes de alimentación conmutadas (SMPS) e iluminación con balastos electrónicos. El RCD de tipo SI también proporciona protección contra las perturbaciones transitorias de la red, las sobretensiones y las corrientes generadas por los rayos y las ondas de radiofrecuencia (RF).

Figura 15

Curva de disparo de un RCD de tipo SI de Schneider Electric



En la **Figura 16** que se muestra a continuación se resumen las prestaciones del RCD de tipo SI de Schneider Electric.

Figura 16

Pruebas de inmunidad a los disparos intempestivos para los RCD de tipo SI de Schneider Electric

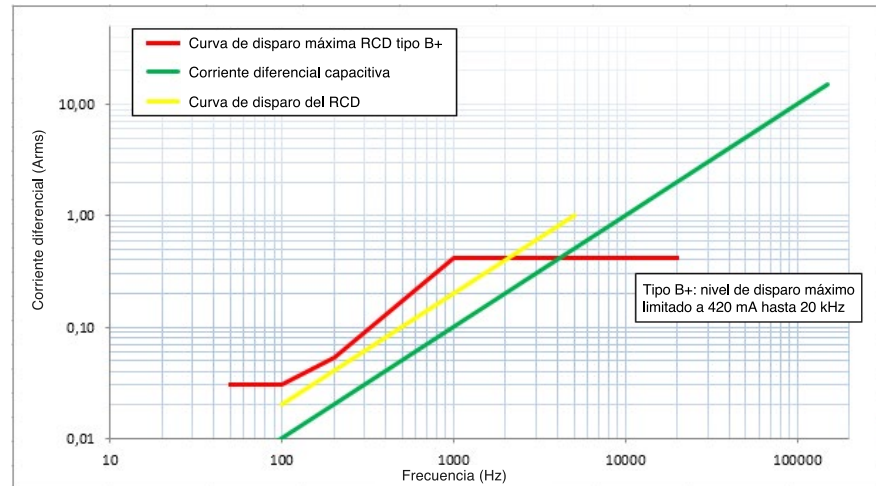
Tipo de perturbación	Onda de test nominales	Inmunidad de tipo SI
Perturbaciones continuas		
Armónicos	a 1 kHz	Corriente diferencial = $8 \times I_{\Delta n}$
Perturbaciones transitorias		
Sobretensión inducida por rayos	Pulso de 1,2/50 μ s (IEC/ EN 61000-4-5)	4,5 kV entre conductores 5,5 kV/tierra
Corriente inducida por rayos	Pulso de 8/20 μ s (IEC/EN 61008)	3 kA pico
Transitorio de conmutación, corrientes de rayos indirectas	0,5 μ s /100 kHz "onda de anillo" (IEC/EN 61008)	400 A pico
Funcionamiento del limitador contra sobretensiones transitorias aguas abajo, carga de capacitancia	0,5 μ s /100 kHz "onda de anillo" (IEC/EN 61008)	500 A
Compatibilidad electromagnética		
Conmutación de cargas inductivas (luces fluorescentes, motores, etc.)	Ráfagas repetidas (IEC 61000-4-4)	5 kV/2,5 kHz 4 kV/400 kHz
Luces fluorescentes, circuitos controlados por tiristores, etc.	Ondas conducidas de RF (nivel 4 IEC 61000-4-6, nivel 3 IEC 61000-4-16)	30 V (150 kHz a 230 MHz) 250 mA (1 kHz a 150 kHz)
Ondas de RF (TV y radio, radiodifusión, telecomunicaciones, etc.)	Ondas de RF radiadas de 80 MHz a 3 GHz (IEC 61000-4-3)	30 V/ m

Nota sobre los RCD de tipo B+

Los RCD de tipo B+ están disponibles en el mercado alemán y han sido diseñados para proteger contra los incendios causados por la corriente diferencial de alta frecuencia. La curva de disparo por frecuencia del tipo B+ de 30 mA se ilustra en la **Figura 17**.

Figura 17

Curva de disparo de los RCD de tipo B+



La curva de disparo por frecuencia del tipo B+ es más sensible a la corriente diferencial capacitiva de alta frecuencia, por lo que no se recomienda el uso de estos dispositivos cuando los circuitos están equipados con convertidores conmutados o en situaciones en las que es necesario evitar disparos intempestivos.

La corriente diferencial de alta frecuencia es el resultado de las capacidades de dispersión o de los condensadores del filtro CEM en condiciones normales de funcionamiento. Las corrientes diferenciales capacitivas no son peligrosas y no pueden generar ningún incendio eléctrico. En el caso de un defecto a tierra, la corriente diferencial no será de una sola frecuencia, sino que estará compuesta por diferentes frecuencias (principalmente frecuencias de red y altas frecuencias procedentes de los equipos conmutados del circuito). La norma IEC 62423 interpreta esta situación de defecto combinado como un RCD de tipo F. Como los RCD de tipo B estándar cumplen los requisitos de los RCD de tipo F, la situación de defecto a tierra para la protección contra incendios suele estar cubierta sin tener que recurrir a un RCD de tipo B+.

Ejemplos de aplicación

A continuación se ilustran tres ejemplos de entornos en los que resulta adecuado utilizar los RCD de tipo B:

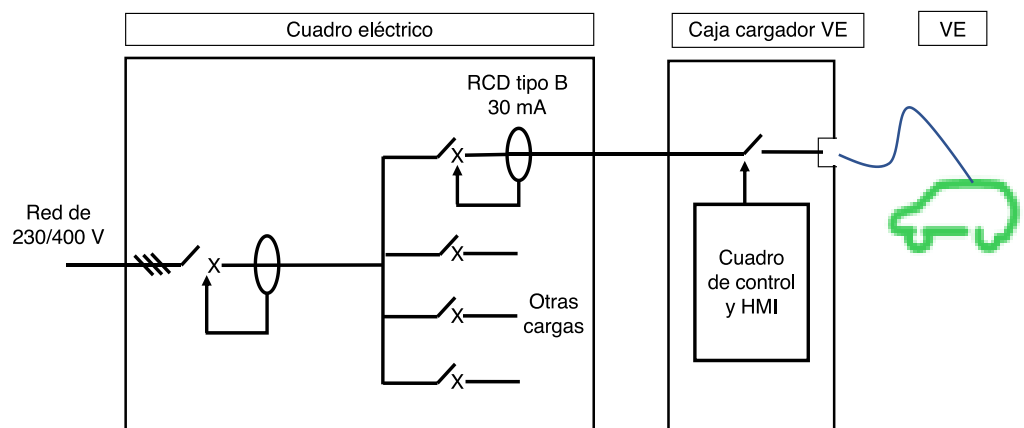
- **Cargadores de vehículos eléctricos (VE):** en un vehículo eléctrico, el proceso de conversión CA/CC garantiza que la carga del vehículo eléctrico se realice dentro de los límites del propio vehículo eléctrico. Los fabricantes de vehículos eléctricos afirman que, cuando se utilizan cargadores trifásicos, pueden producirse corrientes diferenciales continuas. El mismo fenómeno se repite cuando se utilizan cargadores monofásicos con etapa de refuerzo.

El vehículo eléctrico no puede estar totalmente aislado y, por lo tanto, se necesita una protección adecuada contra la corriente continua diferencial en el sistema. La protección puede lograrse con un dispositivo de detección de 6 mA (dispositivo de detección de corriente diferencial continua, RDC-DD) instalado dentro del cargador o con un RCD de tipo B, ya sea instalado dentro del cuadro de distribución o dentro del propio cargador.

El RCD de tipo B garantiza una mejor continuidad de servicio y protección porque detectará la corriente continua y su valor de disparo es mucho mayor que 6 mA CC. La norma IEC 62643 exige que el RCD se dispare para una corriente diferencial continua no superior a 60 mA. Este valor es inferior al umbral de fibrilación ventricular en CC. El RCD de tipo B también detectará la corriente diferencial a frecuencias superiores a 50/60 Hz, lo que no ocurre con los RDC-DD de 6 mA.

Figura 18

Ejemplo de cargador de VE protegido con un RCD de tipo B de 30 mA



- **Sistemas fotovoltaicos:** las aplicaciones fotovoltaicas trifásicas utilizan convertidores CC/CA. Por lo tanto, se recomienda un RCD de tipo B para proteger a las personas contra el riesgo de electrocución en caso de uso de un convertidor (a menos que disponga de un aislamiento doble).
- **Variadores trifásicos:** el uso de variadores 3F+N conlleva el riesgo de que se produzcan defectos a tierra a varias frecuencias, incluida la CC. Por lo tanto, un RCD de tipo B puede proporcionar protección. Una grúa que se alimenta mediante un cuadro de distribución portátil, por ejemplo, necesita contar con la protección de un RCD de tipo B de 30 mA. Otro ejemplo sería un ascensor; si no hay riesgo de contactos directos entre el usuario en su interior y el sistema eléctrico de la maquinaria de elevación, será necesario un RCD de tipo B de 300 mA para la protección del ascensor contra contactos indirectos.

Véase el ejemplo de la página siguiente sobre la instalación de un ascensor en un sistema TT

Figura 19

Ejemplo de ascensor en un sistema TT

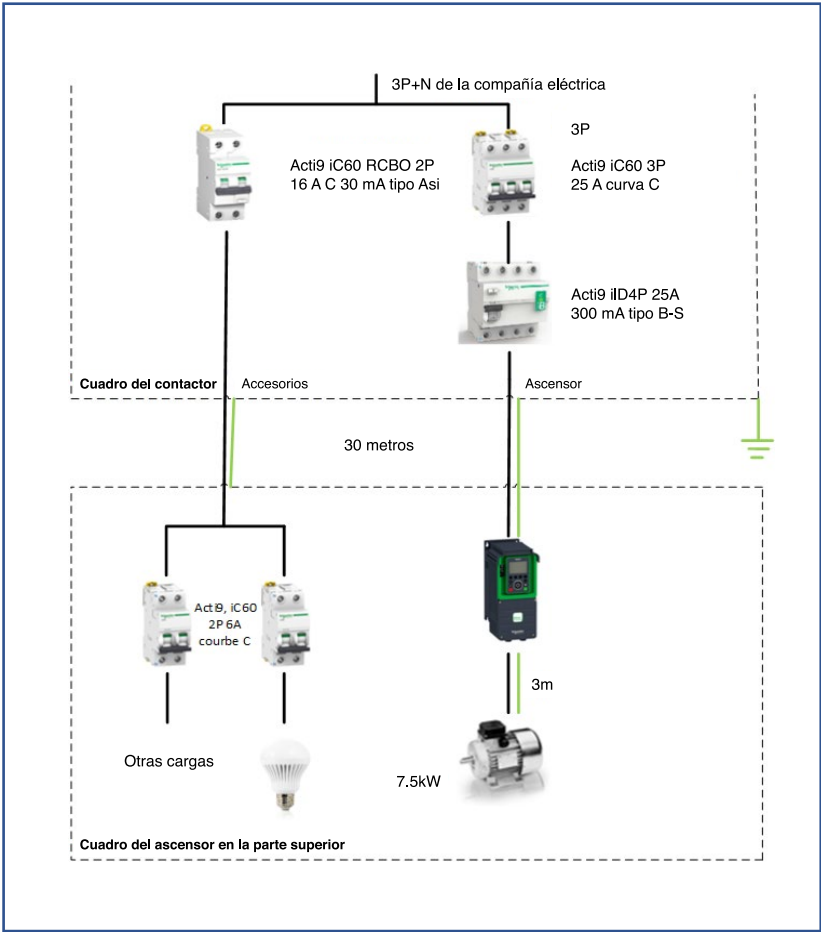


Figura 20

Normas pertinentes para las aplicaciones con RCD

Aplicación		Norma internacional
	Vehículo eléctrico	IEC60364-7-722: RCD de tipo B de 30 mA o RCD de tipo A de 30 mA + detección de 6 mA CC
	Sistemas fotovoltaicos	IEC60364-7-712: RCD de tipo B a menos que el inversor proporcione aislamiento entre el lado de CA y el de CC
	Variadores de velocidad (ej: grúa, ascensor, HVAC, línea de fabricación)	IEC61800-5-1 IEC 62477-1 RCD de tipo B si el variador de velocidad puede generar una corriente diferencial continua
	Hospitales	IEC 60364- 7-710: Se utilizarán RCD de tipo B si la corriente de defecto puede contener corriente diferencial continua
	Red segura/SAI	IEC 62040-1: RCD de tipo B para SAI trifásicos

Coordinación y selectividad

La coordinación del disparo por selectividad se logra mediante el retardo o la subdivisión de los circuitos. Estos enfoques evitan el disparo de cualquier RCD que no sea el dispositivo inmediatamente aguas arriba de un punto de defecto.

La regla general para lograr una coordinación total de disparo selectivo entre dos RCD es la siguiente:

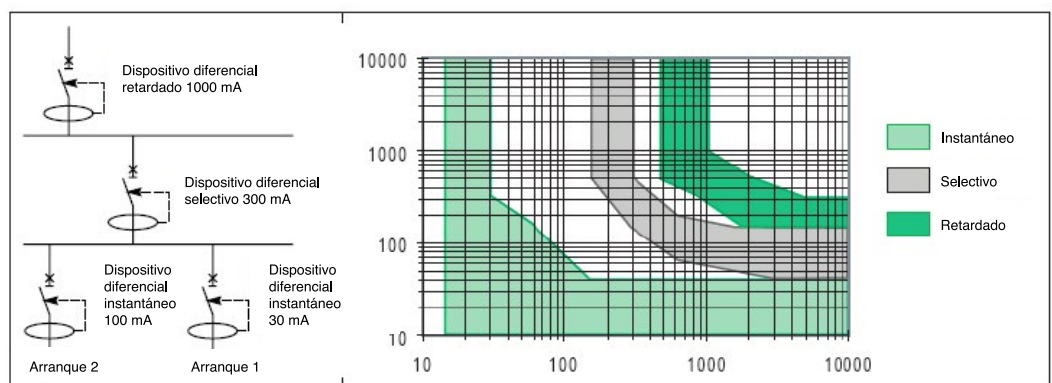
- La relación entre las corrientes diferenciales nominales de funcionamiento debe ser igual o superior a 3
- Retardo del RCD aguas arriba

En el caso de los RCD con corriente diferencial nominal superior a 30 mA, las normas correspondientes definen un RCD selectivo, también conocido como tipo S. Estos dispositivos tienen un retardo y pueden soportar una corriente diferencial durante un tiempo determinado sin disparar. Los dispositivos de corriente diferencial de tipo S son capaces de soportar 2 veces $I_{\Delta n}$ durante 60 ms sin dispararse.

La selectividad se logra mediante los distintos niveles de sensibilidad normalizados: 30 mA, 100 mA, 300 mA y 1 A y los tiempos de disparo correspondientes, como se ilustra en la **Figura 21**.

Figura 21

Ejemplo de cargador de VE protegido con un RCD de tipo B de 30 mA



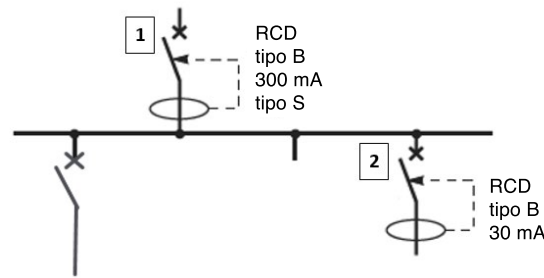
Coordinación de RCD de tipo A y B

Ante una posible corriente continua diferencial, se utilizará un RCD de tipo B para garantizar la protección frente a descargas eléctricas. En este caso, si se produce una corriente diferencial en cualquier otra parte de los circuitos, el RCD situado aguas arriba no deberá quedar cegado por la corriente diferencial continua y deberá garantizar su función de protección normal.

Así, por ejemplo, en el circuito de la **Figura 22**, el RCD de tipo B de 30 mA en el nivel 2 puede tener un umbral de disparo de CC máximo de $2 \times I_{\Delta n}$, según la norma de producto RCD IEC 62423. Por lo tanto, el RCD de tipo B de 30 mA podría dejar pasar casi 60 mA de corriente continua diferencial sin disparar y el RCD ubicado aguas arriba continuaría operativo a pesar de la presencia del elevado nivel de corriente diferencial continua. Por este motivo, a veces se recomienda utilizar un RCD de tipo B en el nivel 1 para evitar cualquier efecto de cegado provocado por la corriente continua, como se muestra en la **Figura 22**.

Figura 22

Coordinación entre los RCD de tipo B

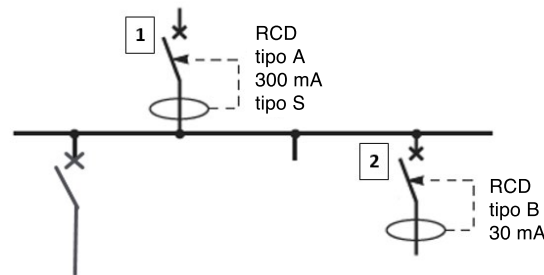


En lo que respecta a los RCD de tipo A, los modelos de Schneider Electric con una sensibilidad igual o superior a 300 mA se clasifican como inmunes a la corriente continua diferencial hasta un nivel de 60 mA. Es el caso de los modelos Acti9 iLD, Acti9 Vigi, NG125 Vigi y NSXm Vigi. Consulta los catálogos de productos para obtener más información.

La **Figura 23** muestra que los RCD de tipo A de 300 mA de Schneider Electric pueden utilizarse aguas arriba de un RCD de tipo B de 30 mA sin riesgo de cegado: la protección de tipo A del dispositivo está garantizada incluso para una corriente continua diferencial suave de 60 mA. Si la corriente continua diferencial suave alcanza el valor de 60 mA, el RCD de tipo B de 30 mA se disparará.

Figura 23

Coordinación entre los RCD de tipo A y de tipo B



Conclusión

La corriente diferencial o corriente de defecto a tierra es la corriente de fuga de una instalación eléctrica hacia tierra. Si la corriente de defecto pasa a través de una persona, provocará lesiones, quemaduras, descargas o la electrocución. Para detectar las corrientes diferenciales y desconectar el circuito de la fuente automáticamente cuando los valores de estas corrientes diferenciales superan los límites predefinidos se utiliza un dispositivo diferencial (RCD).

Dependiendo de la naturaleza de las cargas a proteger, la corriente diferencial puede ser corriente alterna pura a 50/60 Hz o formas de onda más complejas con una combinación de frecuencias e incluso corriente continua. El buen funcionamiento del RCD solo está garantizado si el tipo de RCD se ajusta al tipo de corriente diferencial prevista. La selección del tipo de RCD adecuado debe basarse en el conocimiento de la naturaleza de las corrientes diferenciales que pueden estar presentes en el circuito de CA.

A medida que las instalaciones eléctricas modernas son cada vez más sofisticadas y complejas, y conforme aumenta la presencia de nuevas aplicaciones, como los variadores de velocidad trifásicos, los vehículos eléctricos y la energía fotovoltaica, la importancia de los RCD de tipo B ha aumentado considerablemente. Los RCD de tipo B proporcionan unos niveles de protección óptimos para garantizar tanto la seguridad de las personas como la disponibilidad del sistema en las instalaciones eléctricas modernas.



Sobre los autores

Natacha Lucius es Ingeniera por la ENSTA (Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées) de París. Hace 12 años que trabaja en Schneider Electric en I+D y gestión de proyectos. En la actualidad es Directora de Ofertas de dispositivos de corriente diferencial. Promueve soluciones para mejorar la seguridad de los dispositivos eléctricos y también se encarga de educar a los clientes sobre los posibles peligros eléctricos y las posibles soluciones para fomentar la seguridad.

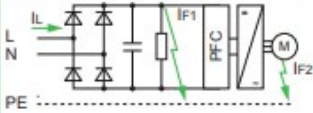
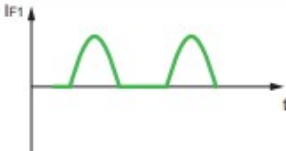
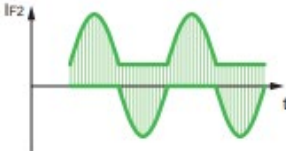
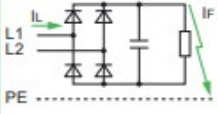
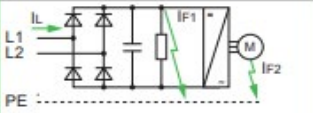
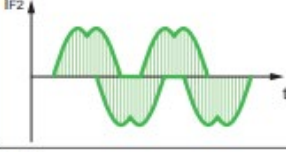
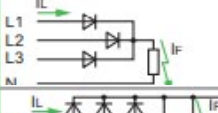
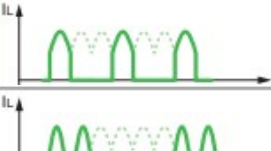
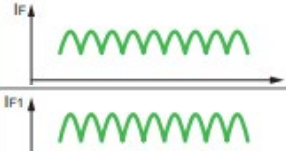
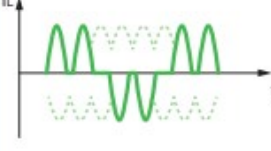
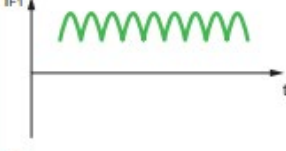
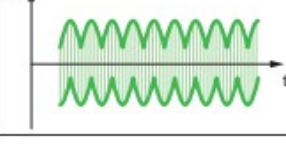
Marc Paupert es Ingeniero Eléctrico por el INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Lyon. Ha trabajado en Schneider Electric durante más de 25 años en I+D para el diseño y la especificación de protecciones contra defectos a tierra para diferentes aplicaciones. Es experto en protección de personas contra descargas eléctricas. Participa en la elaboración de normas de la IEC, centrándose en los efectos fisiológicos de la corriente para las especificaciones de los RCD y la evolución de las normas de instalación.

Jean-François Rey es Ingeniero por la ENSAM (Ecole National Supérieure d'Arts et Métiers) y por la SUPELEC (Ecole Supérieure d'Electricité). Tras 20 años en Investigación y Desarrollo de Dispositivos Electrotécnicos, incluyendo el diseño, las pruebas de laboratorio y la gestión de proyectos, es Director de Normalización y participa en los organismos de normalización de la IEC y del CENELEC, centrándose en las normas de producto y de instalación.

Simon Tian es Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Ecole Normale Supérieure de Cachan, Francia. Ha trabajado en Schneider Electric durante más de 25 años en I+D de protecciones de potencia avanzadas, como protecciones contra defectos a tierra, protecciones contra defectos de arco y dispositivos de supervisión/control conectados. Actualmente es Arquitecto de Ofertas Senior para dispositivos de protección de distribución final.

Anexo A: Posible corriente de defecto en cargas electrónicas y tipos de RCD adecuados

	Diagrama de circuito con localización del defecto	Forma de la corriente de fase	Forma de la corriente de defecto a tierra	Característica disparo RCD
1	Control de fase 			AC, A, F, B
2	Control de ráfaga 			AC, A, F, B
3	Monofásico 			A, F, B
4	Puente de dos pulsos 			A, F, B
5	Puente de dos pulsos, semicontrolado 			A, F, B
6	Inversor de frecuencia con puente de dos pulsos 			F, B
7	Monofásico con suavización 			B

8	Inversor de frecuencia con puente de dos pulsos y PFC			 	B
9	Puente de dos pulsos entre fases				B
10	Inversor de frecuencia con puente de dos pulsos entre fases			 	B
11	Estrella trifásica				B
13	Inversor de frecuencia con puente de seis pulsos			 	B

Anexo B: Normas de referencia

Existen diversas normas que afectan directa o indirectamente a la selección, instalación y mantenimiento de los dispositivos RCD. A continuación se presenta un resumen de las normas aplicables pertinentes:

IEC 60755:2017 ed 1.0 (Publicación de Seguridad de Grupo) - Norma general que define todos los tipos de RCD y que también aborda los requisitos generales de seguridad. Esta norma no puede utilizarse con fines de certificación.

IEC 62423:2009 ed 2.0 - Aborda los RCD de tipo B para aplicaciones domésticas y similares. Esta norma define los requisitos, los criterios de identificación (mediante marcado) y los procedimientos de ensayo para los interruptores automáticos diferenciales (RCCB) de tipo B y los interruptores automáticos diferenciales con protección contra sobreintensidad (RCBO). Esta norma puede utilizarse con fines de certificación.

Nota: La norma IEC 62423 requiere que el RCD cumpla primero la norma IEC 61008 -1 (para RCCB) y/o la norma IEC 61009-1 (para RCBO) para abordar los defectos de tipo AC y de tipo A.

IEC 61543 - Contempla las pruebas de compatibilidad electromagnética (CEM) relativas a la inmunidad y las emisiones y representa la norma general de CEM para los RCD.

Anexo C: Glosario

RCD: dispositivos diferenciales

RCCB: interruptor automático diferencial, también conocido como ID

RCBO: interruptor automático diferencial con protección contra sobreintensidad que combina un MCB y un RCCB en un solo dispositivo