

Guía de protección diferencial Baja Tensión

Merlin Gerin

Guía - Novedad

99/00



Merlin Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Schneider
 **Electric**

Guía de protección diferencial Baja Tensión

Merlin Gerin

1 Objetivos de la protección diferencial



2 Protección contra defectos de aislamiento y regímenes de neutro



3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales



4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales



5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales



6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor



7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial



Guía de protección diferencial Baja Tensión

1 Objetivos de la protección diferencial	7
1.1 Introducción	8
1.2 Los riesgos de la corriente eléctrica	10
2 Protección contra defectos de aislamiento y regímenes de neutro	15
2.1 Las normas de instalación	16
2.2 Esquema TT	17
2.3 Esquema IT	19
2.4 Esquema TN	21
3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales	25
3.1 Captadores	27
3.2 Relés de medida y disparo	30
3.3 Test de buen funcionamiento de los diferenciales	31
3.4 Tecnología superinmunizada multi9	33
4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales	43
4.1 Normas aplicables a cada tipo de diferencial	44
4.2 Evolución de las normas UNE EN 61008 y UNE EN 61009	45
4.3 Principales características de las normas	45
4.4 Principales ensayos normalizados	47
4.5 Ensayos de compatibilidad electromagnética (CEM)	51
5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales	55
5.1 Consejos generales de instalación para protección contra contactos directos e indirectos	56
5.2 Selectividad diferencial vertical	60
5.3 Causas de funcionamientos anómalos	62
5.4 Selectividad diferencial horizontal. Disparos por “simpatía” de los diferenciales	66
5.5 Empleo de diferenciales en redes mixtas y de corriente continua	69
5.6 Consejos particulares de instalación para relés diferenciales con toroidal separado	73
5.7 Coordinación entre interruptores automáticos magnetotérmicos e interruptores diferenciales ID	75
5.8 Longitudes máximas de línea en regímenes TN e IT	78

índice general

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor	89
6.1 Iluminación fluorescente	90
6.2 Iluminación con variación electrónica	91
6.3 Instalaciones con receptores electrónicos: informática y otros	91
6.4 Variadores de velocidad electrónicos para motores	93
6.5 Arranque directo de motores	93
6.6 Redes de B.T. muy extensas y/o con muchos receptores electrónicos	94
6.7 Redes de B.T. en zonas con alto índice queráunico (rayos)	95
6.8 Centros de proceso de datos (CPD)	95
6.9 Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares adosadas	98
6.10 Cálculo de la protección diferencial en una red de alumbrado público .	103
6.11 Esquema de una instalación industrial	106
7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial	109
Tabla de elección	110
7.1 Interruptor automático magnetotérmico diferencial ultraterminal Európoli de Eunea Merlin Gerin	114
7.2 Interruptor diferencial ID multi 9	116
7.3 Interruptores automáticos magnetotérmicos diferenciales DPN Vigi multi 9	122
7.4 Bloques diferenciales adaptables Vigi C60 multi 9	124
7.5 Bloques diferenciales adaptables Vigi NC100/NC125 multi 9	128
7.6 Bloques diferenciales adaptables Vigi C120 multi 9	132
7.7 Bloques diferenciales adaptables Vigi NG125 multi 9	136
7.8 Gama de telemandos y de auxiliares para dispositivos diferenciales residuales multi 9	140
7.9 Gama de relés diferenciales electrónicos Vigirex RH tipo E/A/AP, con toroidal separado	142
7.10 Gama de relés diferenciales electrónicos Vigirex RHU y RMH	146
7.11 Toroidales y accesorios comunes para toda la gama Vigirex	150
7.12 Bloques diferenciales adaptables Vigicompact	152
7.13 Curvas de disparo de los dispositivos diferenciales Schneider Electric	154
7.14 Comportamiento en función de la frecuencia de los dispositivos diferenciales Schneider Electric	157
Vocabulario	160

1

Objetivos de la protección diferencial

- 1.1 Introducción **8**
- 1.2 Los riesgos de la corriente eléctrica **10**



1 Objetivos de la protección diferencial

1

1.1 Introducción

Hoy en día los dispositivos diferenciales están reconocidos en el mundo entero como un medio eficaz para asegurar la protección de personas contra los riesgos de la corriente eléctrica, en baja tensión, como consecuencia de un contacto indirecto o directo.

Para optimizar la elección y la utilización de un dispositivo diferencial es necesario un buen conocimiento de las instalaciones eléctricas y los diversos tipos de receptores, así como de los Esquemas de Conexión a Tierra (ECT), de las tecnologías existentes en protección diferencial y de sus posibilidades.

Todos estos aspectos son tratados en esta Guía Técnica tanto desde el punto de vista teórico como desde el punto de vista práctico, en un intento de clarificar al máximo todos los aspectos relativos a la protección diferencial en las instalaciones de Baja Tensión.

Dominios de aplicación de los Dispositivos Diferenciales Residuales (DDR)

En las instalaciones eléctricas, los contactos directos e indirectos están siempre asociados a una corriente de defecto que no regresa a la fuente de alimentación por los conductores activos debido a que en algún punto de uno de dichos conductores activos ha habido alguna corriente de fuga a tierra. Dichos contactos representan un peligro para las personas y la presencia de dichas corrientes supone también en algunos

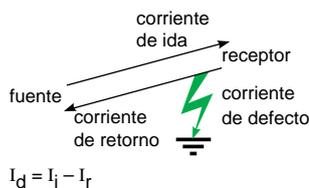
casos un riesgo de deterioro o destrucción para los receptores o las instalaciones. El objetivo fundamental de los Dispositivos Diferenciales Residuales (DDR), será detectar las corrientes de defecto de fuga a tierra anteriores, también denominadas corrientes diferenciales residuales, y actuar interrumpiendo el circuito eléctrico en caso de que dichas corrientes supongan algún peligro para las personas o los bienes (**fig. 1.1**).

Además, los diferenciales vigilan permanentemente el aislamiento de los cables y de los receptores eléctricos, gracias a ello, algún modelo de diferencial, en algún caso se emplea para señalar una bajada del aislamiento, o bien reducir los efectos destructivos de una corriente de defecto.

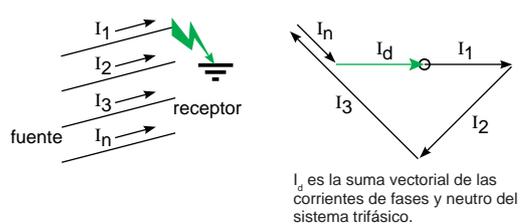
Un Dispositivo Diferencial Residual (DDR), que habitualmente se denomina "diferencial", es un dispositivo de protección asociado a un captador toroidal, por el interior del cual circulan todos los conductores activos de la línea a proteger (fase/s y neutro). Su función es la de detectar una diferencia de corriente o más exactamente una corriente residual. La existencia de una corriente diferencial residual es la consecuencia de un defecto de aislamiento entre un conductor activo y una masa o la tierra. Esta corriente emprende un camino anormal, generalmente la tierra, para retornar a la fuente de alimentación. El diferencial está generalmente asociado a un aparato de corte (interruptor, interruptor automático, contactor), para realizar la apertura automática del circuito con el defecto.

Fig. 1.1. Un defecto de aislamiento se traduce en una corriente diferencial de defecto I_d .

Línea monofásica



Línea trifásica





protección diferencial BT

Los diferenciales, aparatos de protección útiles

El primer factor de influencia en la elección y el empleo de los diferenciales para una instalación, es el Esquema de Conexión a Tierra (ECT) o Régimen de Neutro previsto. En el capítulo 2 se presentan los diferentes ECT.

■ En el ECT TT (neutro puesto a tierra), la protección de las personas contra los contactos indirectos se basa en el empleo de los diferenciales.

■ En los ECT IT y TN los diferenciales de media y baja sensibilidad (MS y BS) se utilizan:

- para limitar los riesgos de incendio de las instalaciones,
- para evitar los efectos destructivos de una fuerte corriente de defecto en los receptores,

□ para la protección de las personas contra los contactos indirectos (salida de gran longitud).

■ En todos los ECT, los diferenciales de alta sensibilidad (AS) son una protección complementaria contra los contactos directos. Son obligatorios en distribución terminal en muchos países.

Su interés se confirma en este fin de siglo por el descenso constatado del número de personas electrocutadas. El resultado de una encuesta CEI de agosto de 1982 realizada en Japón demostró la eficacia de estos dispositivos (**fig. 1.2**).

Número de fallecimientos al año por electrocución

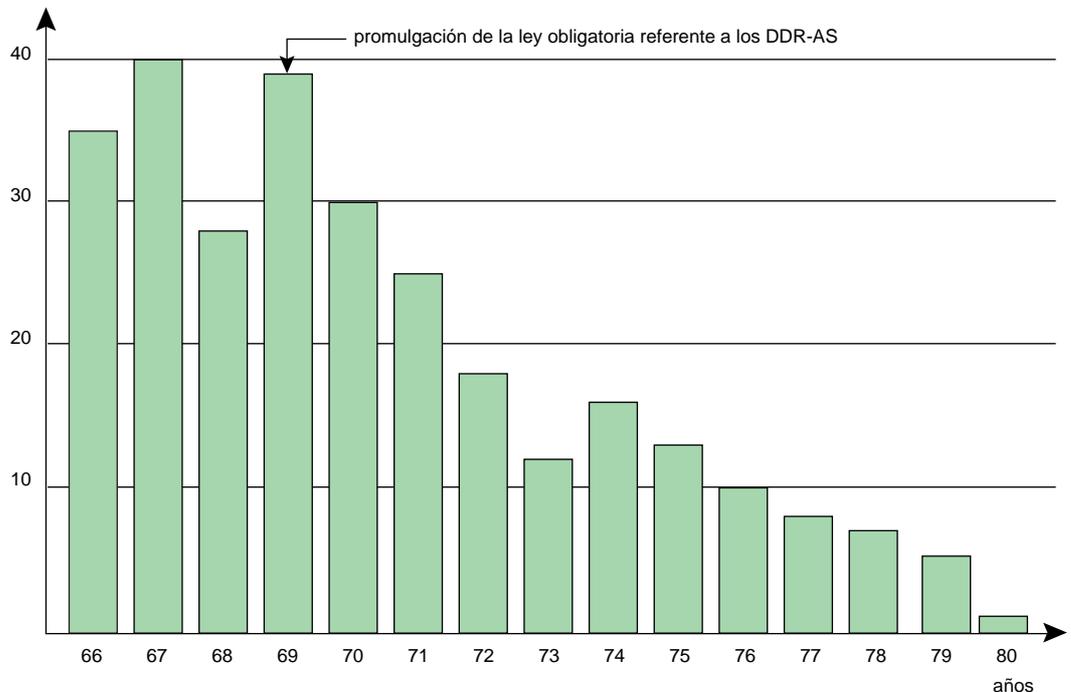


Fig. 1.2. Evolución de los fallecimientos por electrocución, debidos al empleo de herramientas eléctricas portátiles en las empresas japonesas. El descenso empieza en 1970, año en el cual se promulgó una ley que obligaba a usar diferenciales de alta sensibilidad (AS).

1 Objetivos de la protección diferencial

1

1.2 Los riesgos de la corriente eléctrica

La utilización de la corriente eléctrica supone siempre unos riesgos para las personas, las instalaciones eléctricas y los propios receptores eléctricos. Los dispositivos diferenciales residuales o diferenciales se encargan de proteger contra estos riesgos.

Riesgo de incendio

El 30% de los incendios que se producen en los edificios domésticos e industriales son debidos a un defecto eléctrico. El defecto eléctrico más habitual es el que está causado por el deterioro de los aislantes de los cables de la instalación debido entre otras a estas causas:

- Rotura brusca accidental del aislante del conductor.
- Envejecimiento y rotura final del aislante de un conductor.
- Cables mal dimensionados, sometidos periódicamente a sobrecargas de corriente que recalientan excesivamente los cables en los que se acelera su proceso de envejecimiento.

Una corriente de fuga a tierra superior tan sólo a 300 mA, superpuesta a la corriente de carga normal del cable, puede efectivamente generar una sobreintensidad suficiente para que el aislante justo en el punto donde se produce la fuga se caliente, se vaya fundiendo dejando poco a poco el conductor desnudo hasta provocar un accidente: la corriente de fuga que atraviesa el aislante deteriorado crea un arco eléctrico cuyo calor intenso inflama al aislante, y a cualquier material inflamable en contacto con el mismo, provocando así un incendio.

Destrucción de receptores

El aislamiento de algunos receptores se deteriora a lo largo del tiempo debido a las siguientes causas posibles:

- Calor generado por el propio funcionamiento del aparato.
- Sobrecargas periódicas o ocasionales a las que puede estar sometido.
- Agresiones del entorno donde está funcionando el aparato.
- Desgaste del material y pérdidas de estanqueidad en los receptores.

Aparte de la destrucción del propio receptor existe el riesgo de electrocución para las personas e incendio de las instalaciones.

Los efectos de la corriente eléctrica en las personas

Los efectos fisiopatológicos de la corriente eléctrica en las personas (tetanización, quemaduras externas, internas, fibrilación ventricular y paro cardíaco) dependen de diferentes factores: las características fisiológicas del ser humano afectado, el entorno (húmedo o seco, por ejemplo) y también las características de la corriente que atraviesa el cuerpo.

La función principal de los diferenciales es la protección de las personas, y por tanto es evidente que para una perfecta puesta en servicio de estos aparatos es necesario conocer los umbrales de sensibilidad de los seres humanos, y los riesgos a los que están expuestos.

El Comité Electrotécnico Internacional (CEI) ha estudiado el problema con el objetivo de unificar, a nivel mundial, las opiniones o puntos de vista. Muchos investigadores han aportado su colaboración en este campo y han contribuido a clarificar conceptos (Dalziell, Kisslev, Osypka, Bieltgelmeier, Lee, Koeppen, Tolazzi, etc.).

■ La impedancia del cuerpo humano.

En la norma UNE 20572 partes 1 y 2, basada en la norma internacional CEI 479 partes 1 y 2, se tratan en detalle los efectos de la corriente que atraviesa el cuerpo humano.

Los daños sufridos por las personas que son atravesadas por una corriente eléctrica dependen esencialmente de su intensidad y del tiempo de paso. Esta corriente depende de la tensión de contacto que se aplica sobre la persona, así como de la impedancia que encuentra durante su recorrido a través del cuerpo humano. Esta relación no es lineal, pues esta impedancia depende del trayecto a través del cuerpo, de la frecuencia de la corriente y de la tensión de contacto aplicada, así como de la humedad de la piel. A modo orientativo se suelen considerar los siguientes valores medios para la resistencia del cuerpo humano, a la frecuencia normal de 50 Hz:

- 1600 Ω en medio seco,
- 800 Ω en medio húmedo,
- 200 Ω si el cuerpo está sumergido.

■ Los efectos de la corriente alterna en función de la intensidad.

Los efectos de la corriente alterna en función de la intensidad, para frecuencias entre 15 y 100 Hz, se pueden ver resumidos en la **tabla 1.1**. Los umbrales más importantes son los siguientes:

□ **umbral o límite de percepción:** valor mínimo de la corriente que provoca una ligera sensación sobre la persona por la que circula la corriente. Es del orden de 0,5 mA,

□ **umbral de “no soltar” o de agarrotamiento muscular:** valor máximo de la corriente para la cual una persona que sostiene unos electrodos los puede soltar. Es del orden de 10 mA,

□ **umbral de fibrilación ventricular o cardíaca humana:** este umbral depende de la duración del paso de la corriente. Se considera igual a 400 mA para una duración de exposición inferior a 0,1 s.

■ Los efectos en función del tiempo de exposición.

Los riesgos de agarrotamiento muscular, paro respiratorio o fibrilación cardíaca irreversible (ver vocabulario) aumentan

proporcionalmente con el tiempo de exposición del cuerpo humano a la corriente eléctrica (**fig. 1.3**).

En el gráfico de la **fig. 1.3**, en el que se ven los efectos de la intensidad de la corriente alterna de 15 a 100 Hz ante diferentes duraciones de paso, se deben distinguir sobretodo las zonas 3 y 4 en las cuales el peligro es real:

□ **Zona 3** (situada entre las curvas b y c1). Para las personas en esta situación no hay generalmente ningún daño orgánico. Pero existe una probabilidad de contracciones musculares y de dificultades en la respiración, de perturbaciones reversibles, de la formación de impulsos en el corazón y de su propagación. Todos estos fenómenos aumentan con la intensidad de la corriente y el tiempo.

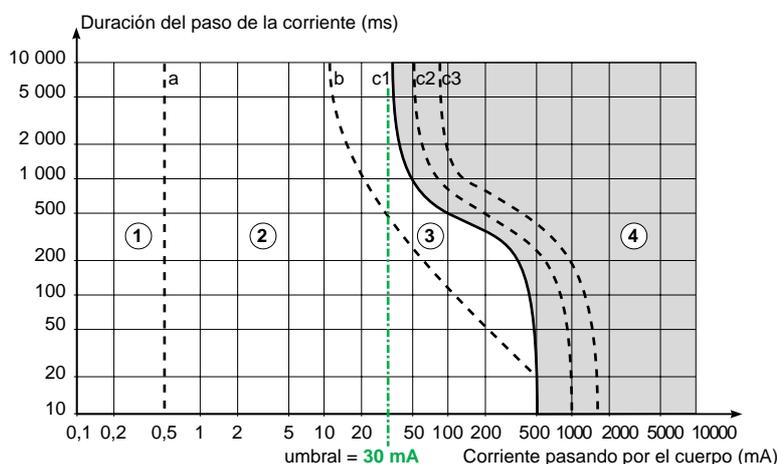
□ **Zona 4** (situada a la derecha de la curva c1). Además de los efectos de la zona 3, la probabilidad de fibrilación ventricular es:

- de alrededor del 5 %, entre las curvas c1 y c2,
- inferior al 50 %, entre las curvas c2 y c3,
- superior al 50 %, más allá de la curva c3.

Efectos (para $t < 10$ s)	Intensidad de corriente (mA)		
	continua	50/60 Hz	10 kHz
ligero cosquilleo, límite de percepción	3,5	0,5	8
choque violento pero sin pérdida del control muscular	41	6	37
nivel de agarrotamiento muscular (tetanización)	51	10	51
fuerte dificultad respiratoria	60	15	61
nivel de parálisis respiratoria		30	
nivel de fibrilación cardíaca irreversible		75	
paro cardíaco		1000	

Tabla 1.1. Efecto de las corrientes eléctricas débiles en los seres humanos.

Fig. 1.3. Duración del paso de la corriente por el cuerpo en función de la intensidad de ésta. En este ábaco los efectos de la corriente alterna (de 15 a 100 Hz) están divididos en cuatro zonas (según UNE 20572-1, equivalente a CEI 479-1).



1 Objetivos de la protección diferencial

1

Los efectos fisiopatológicos, tales como paro cardíaco, paro respiratorio y quemaduras graves, aumentan con el valor de la intensidad y el tiempo de exposición. Por este motivo se admite que el empleo de los diferenciales con funcionamiento instantáneo con un umbral inferior a 30 mA impide alcanzar esta situación y evita estos riesgos. Efectuando una aproximación más general, la norma UNE 20460 (basada en la norma CEI 364) prescribe los tiempos de funcionamiento para los Dispositivos Diferenciales Residuales en función de la tensión de contacto; se recuerdan en la **tabla 1.2**.

Tensión límite de seguridad (U_L)

Según las condiciones del entorno, particularmente en presencia o no de agua, la tensión límite de seguridad U_L (tensión por debajo de la cual no hay riesgo para las personas, según la norma UNE 20460) es, en alterna, de:

- 50 V para los locales secos.
- 25 V para los locales húmedos.
- 12 V para los locales mojados, por ejemplo, para las obras en el exterior.

Contactos directos

Este tipo de contactos se produce cuando una persona entra en contacto directamente con elementos normalmente en tensión, son peligrosos para tensiones superiores a U_L y las principales protecciones a considerar son el distanciamiento y el aislamiento.

Para cualquier Esquema de Conexión de Tierra, en distribución terminal, se recomienda utilizar un diferencial que pueda detectar una corriente de defecto que atraviese una persona como una protección complementaria. Su umbral de funcionamiento, según la **tabla 1.1** de la página anterior, debe ser inferior o igual a 30 mA y, además, su funcionamiento debe ser instantáneo puesto que el valor de la corriente de defecto, función de las condiciones de exposición, puede rebasar 1 A.

Contactos indirectos

Cuando se produce un contacto con una masa puesta accidentalmente en tensión, el umbral de peligro viene determinado por la tensión límite de seguridad U_L . Para que no exista peligro cuando la tensión de red es superior a U_L , la tensión de contacto debe ser inferior a U_L .

En el esquema de la **figura 1.4** cuando el neutro de la instalación está puesto a tierra (esquema TT), con:

R_A = resistencia de puesta a tierra de las masas de la instalación,

R_B = resistencia de puesta a tierra del neutro, hay que elegir un umbral de funcionamiento ($I\Delta n$) del diferencial tal que:

$$U_C = R_A \cdot I_d \leq U_L$$

en este caso $I_d = I\Delta n$

$$\text{por lo que } I\Delta n \leq \frac{U_L}{R_A}$$

El tiempo de funcionamiento de la protección debe elegirse en función de la tensión de contacto U_C :

$$U_C = \frac{R_A}{R_A + R_B} \cdot U$$

U = tensión fase-neutro (ver **tabla 1.2**).

tensión de contacto U_C (V)	Tiempo de corte máximo del dispositivo de protección (s)	
	corr. alterna	corr. continua

■ locales o emplazamientos secos: $U_L \leq 50$ V

< 50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10

■ locales o emplazamientos húmedos: $U_L \leq 25$ V

25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,10	0,25
220	0,05	0,06
280	0,02	0,02

Tabla 1.2. Tiempo máximo que es posible mantener la tensión de contacto según la norma UNE 20460 (o CEI 364).

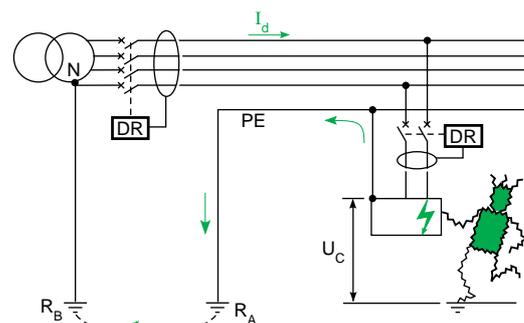


Fig. 1.4. Principio de generación de la tensión de contacto U_C .

Los datos de la tabla 1.2 pueden representarse en forma de curvas (ver **fig. 1.5**), que relacionan la tensión eficaz de contacto indirecto U_c con el tiempo máximo de corte de la protección, para CA y CC, en lugares secos (BB1), húmedos (BB2) o mojados (BB3). Las asíntotas verticales de dichas curvas son las tensiones límite de seguridad U_L vistas anteriormente: 50 V, 25 V y 12 V, respectivamente.

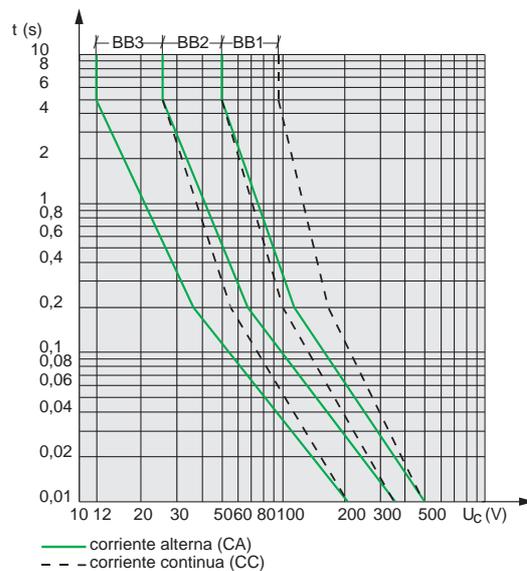


Fig. 1.5. Curva del tiempo de contacto máximo (t) en función de la tensión de contacto (U_c), de acuerdo a UNE 20460.

Los efectos de la corriente en función de la frecuencia

La norma UNE 20572 partes 1 y 2 (basada en la norma internacional CEI 479 partes 1 y 2), trata sobre los efectos de la corriente alterna a diferentes frecuencias: la corriente continua, la corriente alterna hasta frecuencias de más de 10 kHz, las corrientes con formas de onda especiales y las corrientes impulsionales. A continuación se resumen los aspectos más destacados:

■ Efectos de la corriente alterna de frecuencias superiores a 100 Hz.

Cuanto más aumenta la frecuencia de la corriente, más disminuyen los riesgos de fibrilación ventricular; no obstante aumentan los riesgos de quemaduras. La impedancia del cuerpo humano disminuye al aumentar la frecuencia.

Generalmente se considera que las condiciones de protección contra los contactos indirectos son idénticas a 400 Hz que a 50 o 60 Hz, es decir, se pueden emplear los mismos dispositivos diferenciales a ambas frecuencias ya que aunque aumente el umbral de disparo del diferencial también disminuye la peligrosidad de la corriente, es decir, se necesita más corriente para hacer el mismo daño. Por ejemplo, un diferencial de 30 mA nominales a 50 Hz sigue siendo igual de seguro si se emplea en una red a 400 Hz aunque dispare a una intensidad muy superior a 30 mA.

La norma indica que el **factor de frecuencia**, que es la relación entre la corriente a la frecuencia f y la corriente a la frecuencia de 50/60 Hz para un mismo efecto fisiológico considerado, aumenta con la frecuencia.

La corriente produce un daño máximo a la frecuencia de 50/60 Hz. Por ejemplo, la intensidad de tetanización, que es de 10 mA a 50 Hz, pasa a 90 mA en corriente continua y a 80 mA a 5kHz.

Por otro lado, se ha constatado que de 10 a 100 kHz el umbral de percepción aumenta aproximadamente de 10 mA a 100 mA en valor eficaz.

Las normas aún no imponen una regla de funcionamiento particular aunque Merlin Gerin, consciente de los riesgos potenciales que representan estas corrientes, vigila que los umbrales de los aparatos de protección que propone estén por debajo de la curva de fibrilación ventricular definida por la norma UNE 20572-2 de la **figura 1.6**.

■ Efectos de la corriente continua.

La corriente continua es menos peligrosa que la alterna. Es más fácil de soltar la mano de objetos en tensión continua que de objetos en tensión alterna. En corriente continua, el umbral de fibrilación ventricular es mucho más elevado.

■ Efectos de las corrientes con formas de onda especiales.

El desarrollo de la electrónica de mando, hace que se puedan crear, en caso de defecto de aislamiento, corrientes cuya forma se componga de corriente alterna a la cual se superponga una componente continua. Los efectos de estas corrientes sobre el cuerpo humano son intermedios entre los de la corriente alterna y los de la corriente continua.

1 Objetivos de la protección diferencial

■ Efectos de las corrientes de impulsión única de corta duración.

Proviene de las descargas de condensadores y pueden presentar ciertos peligros para las personas en caso de defecto de aislamiento. El factor principal que puede provocar una fibrilación ventricular es el valor de la cantidad de electricidad ($I t$) o de energía ($I^2 t$) para duraciones de choque inferiores a 10 ms. El umbral de dolor depende de la carga del impulso y de su valor de cresta. De una forma general, es del orden de 50 a $100 \cdot 10^6 \text{ A}^2\text{s}$

■ Riesgos de quemaduras.

Otro riesgo importante ligado a la electricidad son las quemaduras. Estas son muy frecuentes cuando se producen accidentes domésticos y sobretodo industriales (estos últimos suponen más del 80 % de las quemaduras provocadas por accidentes eléctricos).

Existen dos tipos de quemaduras:

- la quemadura por arco, que es una quemadura térmica debida a la intensa radiación calórica del arco eléctrico,
- la quemadura electotérmica, es la única verdadera quemadura eléctrica, que es debida al paso de la corriente a través del organismo.

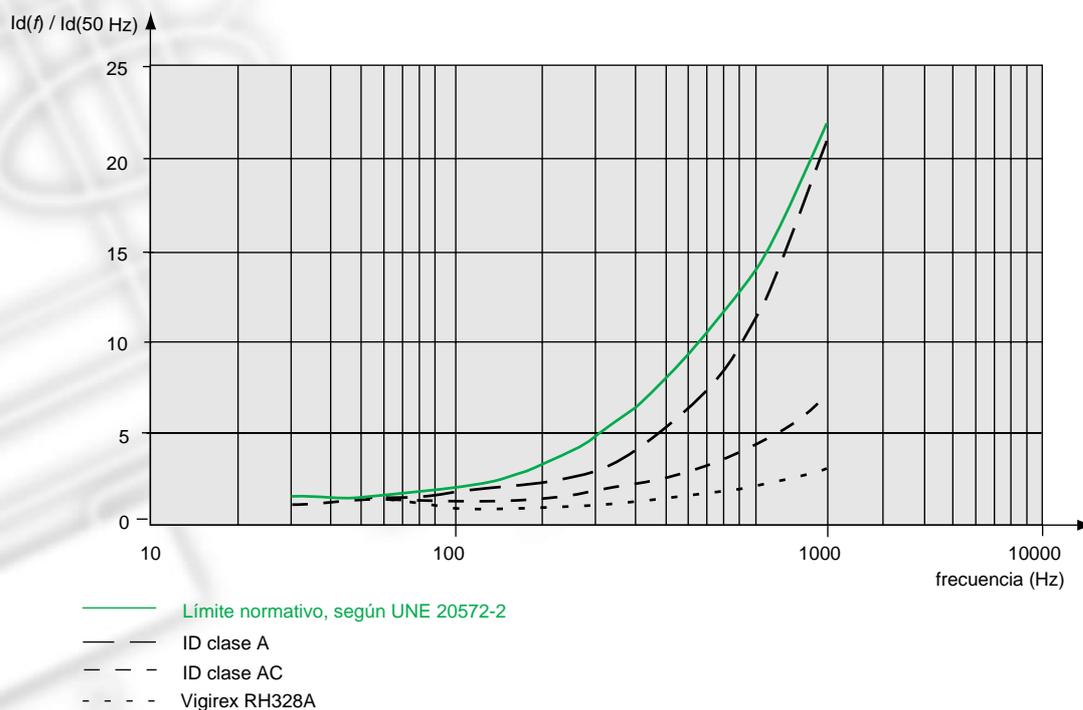


Fig. 1.6. Variaciones del umbral de fibrilación ventricular (según UNE 20572-2) y de los umbrales de los diferentes diferenciales Merlin Gerin regulados a 30 mA, para las frecuencias comprendidas entre 50/60 Hz y 2 kHz.

2

Protección contra defectos de aislamiento y regímenes de neutro

- 2.1 Las normas de instalación **16**
- 2.2 Esquema TT **17**
- 2.3 Esquema IT **19**
- 2.4 Esquema TN **21**



2 Protección contra defectos de aislamiento y regímenes de neutro

2.1 Las normas de instalación

Los dispositivos diferenciales residuales (DDR) se emplean en instalaciones eléctricas domésticas, terciarias e industriales. En el Reglamento de Baja Tensión (MIE-BT-008) y en la Norma Internacional CEI 364 (en España tiene su equivalente en la UNE 20460), se especifican las reglas de instalación de los diferenciales. Aquí se establecen tres Esquemas de Conexión a Tierra (ECT) básicos, también denominados Regímenes de Neutro:

- Esquema TT.
- Esquema IT.
- Esquema TN.

La utilización de uno u otro es función de varios aspectos: el país, la continuidad de servicio necesaria, flexibilidad de ampliación de la instalación, mantenimiento de la instalación, etc.

Para cada uno de estos esquemas se definirá a continuación de forma más detallada, en su apartado correspondiente, cómo hay que emplear los diferenciales, pues el riesgo eléctrico depende de la elección del ECT.

La norma prevé también una serie de precauciones básicas que en las condiciones normales de explotación reducen considerablemente los riesgos eléctricos, por ejemplo:

- alejamiento y obstáculos,
- aislamiento - aparatos con aislamiento clase II - y transformadores de seguridad,
- puesta a tierra de las masas,
- equipotencialidad.

Reglas generales

Cualquiera que sea el ECT existente en una instalación, las normas exigen que:

- Cada masa esté conectada a una toma de tierra a través del conductor de protección.
- Las masas simultáneamente accesibles estén conectadas a una misma toma de tierra.
- Un dispositivo de corte desconecte automáticamente toda parte de la instalación donde se pueda generar una tensión de contacto peligrosa.
- El tiempo de corte de este dispositivo sea inferior al tiempo máximo definido.

El riesgo de contacto directo

Cualquiera que sea el ECT, el riesgo que implica un contacto directo es idéntico para las personas. Las protecciones previstas por las normas son idénticas y aprovechan las posibilidades de los diferenciales de alta sensibilidad.

En efecto:

Una persona en contacto con un conductor bajo tensión se ve atravesada por la corriente de defecto y estará, por tanto, expuesta a los riesgos fisiopatológicos expuestos en el capítulo 1 (**fig.2.1**).

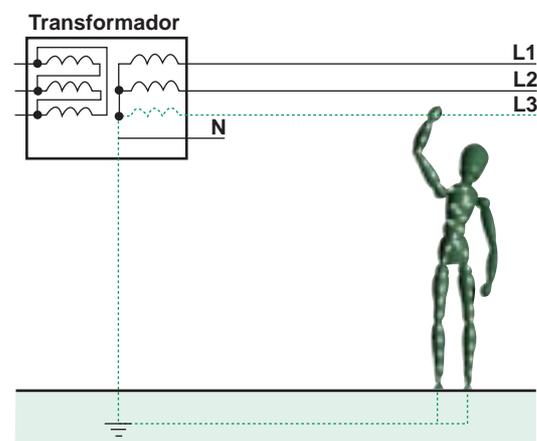


Fig. 2.1.

- Un diferencial colocado aguas arriba del punto de contacto puede medir la intensidad que atraviesa a la persona e interrumpirla si ésta es peligrosa (**fig. 2.2**).

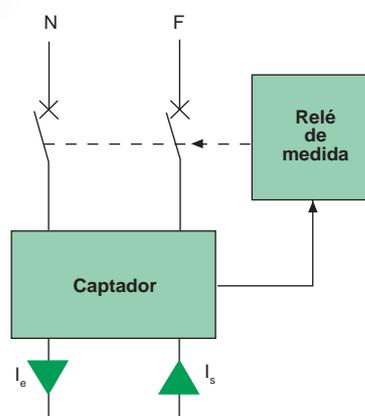


Fig. 2.2. Componentes básicos de un diferencial.



protección diferencial BT

La normativa reconoce como medida de protección complementaria el empleo de los diferenciales de alta sensibilidad (30mA), o muy alta sensibilidad (menor a 30mA), cuando el riesgo de contacto directo es debido al entorno, a la instalación o a las personas (UNE 20460). Este riesgo existe además cuando el conductor de protección se corta o es inexistente (apartamento portátil). En este caso el empleo de los diferenciales de alta sensibilidad es obligatorio. Así la UNE 20460, precisa que los diferenciales de sensibilidad menor o igual a 30 mA deben proteger los circuitos que alimentan las tomas de corriente cuando:

- Están situadas en locales mojados o en instalaciones provisionales.
- Son de calibre menor o igual a 32 A para las demás instalaciones.

Nota

La norma UNE 20572 indica que la resistencia del cuerpo humano es igual o superior a 1000Ω para el 95% de las personas expuestas a una tensión de contacto de 230 V, en este caso la corriente que atravesará su cuerpo es de 0,23 A.

La protección contra incendios

Para la protección contra incendios, para cualquier régimen de neutro, deberán emplearse dispositivos diferenciales de sensibilidad menor o igual a 300 mA, ya que está probado que una corriente de 300 mA puede calentar hasta la incandescencia dos piezas metálicas en contacto puntual (superficie de contacto muy reducida), y si se tienen materiales inflamables en contacto se puede originar un incendio.

2.2 Esquema TT

Este tipo de esquema es el más utilizado en la actualidad. En España se emplea en todas las instalaciones domésticas y la mayoría del resto de instalaciones, llegando al 95% de las instalaciones aproximadamente.

Este esquema de conexión a tierra corresponde a las instalaciones alimentadas directamente por una red de

distribución en B.T. en las que el neutro del transformador de alimentación está conectado directamente a tierra, y las partes metálicas de los receptores están unidas a otra toma de tierra (**fig.2.3**).

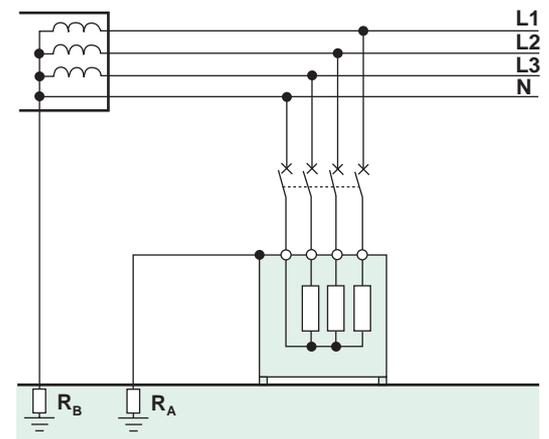


Fig. 2.3.

La protección de personas contra los contactos indirectos

En este caso, un defecto de aislamiento fase-masa (ver **fig.2.4**) provoca la circulación de una corriente de fuga a tierra I_d que únicamente está limitada por las resistencias de las tomas de tierra (R_A y R_B) y la resistencia del defecto de aislamiento (R_d):

$$I_d = \frac{U}{R_A + R_B + R_d} < U_L$$

Donde U_L es la tensión de contacto máxima admisible por el cuerpo humano, en un entorno determinado. Según el tipo de local, se definen tres valores de tensión de seguridad, que no deben rebasarse, (**12 V, 25 V o 50 V**)

- 50 V para los locales secos.
- 25 V para los locales húmedos.
- 12 V para los locales mojados (por ej.: para las obras en el exterior).

Estas tensiones, consideradas como no peligrosas, provocan la circulación, por el cuerpo humano, de una corriente inferior a **25-30 mA** (límite en el que se tiene posibilidad de parálisis respiratoria), ver **tabla 1.1**, capítulo 1.

2 Protección contra defectos de aislamiento y regímenes de neutro

Como la peligrosidad de la corriente eléctrica va directamente asociada al tiempo de circulación, se establecen tres curvas de seguridad que dan el tiempo máximo de paso de la corriente en función de la **tensión de contacto** (ver **tabla 1.2** y **figura 1.5** del capítulo 1). Así pues, los tiempos de respuesta de los dispositivos diferenciales residuales vienen impuestos por estas curvas de seguridad para las personas.

La tensión de contacto U_c se define como el potencial que puede alcanzar una masa metálica de un receptor, debido a un defecto de aislamiento en el mismo, respecto a otro punto simultáneamente accesible por una persona, generalmente la tierra.

Tendremos que en este régimen TT la **tensión de contacto** es igual a:

$$U_c = I_d \times R_A$$

$$\text{es decir } U_c = \frac{R_A}{R_A + R_B} \cdot U$$

Donde U es la tensión fase-neutro, y se ha despreciado R_d . Así, la carcasa del receptor puede alcanzar una U_c peligrosa. A través del siguiente ejemplo veremos que en TT la intensidad de defecto correspondiente es del orden de algunos amperios y se alcanza una U_c elevada. La desconexión será pues obligatoria.

Ejemplo (fig. 2.4)

Con $U = 230 \text{ V}$, $R_A = R_B = 10 \Omega$ y $R_d = 0$. La intensidad de defecto (I_d), será:

$$I_d = \frac{U}{R_A + R_B + R_d}$$

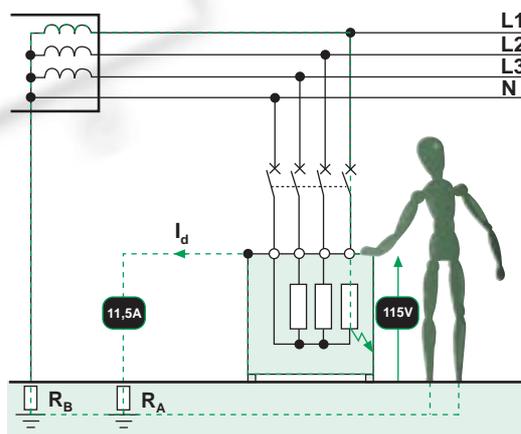


Fig. 2.4.

$$I_d = \frac{230}{(10 + 10 + 0)} = 11,5 \text{ A}$$

con lo que la tensión de contacto (U_c) que se generará, será de $U_c = I_d \cdot R_A$;

$$U_c = 11,5 \text{ A} \times 10 \Omega = 115 \text{ V.}$$

Dicha tensión es muy superior a la tensión límite U_L y presenta peligro para las personas si éstas se exponen durante más de 0,2 s en un entorno seco y durante más de 0,08 s en un entorno húmedo.

La corriente I_d de 11,5 A es asimilable a una corriente de cortocircuito, pero es a la vez débil y fuerte; débil porque no dispara ninguna protección convencional del tipo interruptor automático magnetotérmico, y fuerte porque pone en peligro a las personas. Por consiguiente, es preciso añadir al menos un dispositivo diferencial residual (DDR) en cabecera de la instalación.

La sensibilidad del diferencial que debe utilizarse debe ser tal que la tensión de contacto U_c sea inferior a la tensión límite convencional U_L , a saber:

$$I\Delta n \leq U_L / R_A$$

La protección de los receptores eléctricos y de los circuitos

El nivel del umbral de disparo de los diferenciales necesario para la protección de personas en los esquemas TT es más bajo que el necesario para proteger los circuitos magnéticos de las máquinas (motor) o para proteger contra incendios. Los DDR también pueden evitar, por lo tanto, los daños en receptores motivados por defectos de aislamiento. Simplemente habrá que tener la precaución, tal como se ha dicho antes, de utilizar diferenciales de 300 mA o menores.

Incidencia del esquema TT en el conductor neutro

■ **Caso de una instalación bajo tensión**
El esquema TT no tiene ningún efecto sobre la protección y el corte del neutro, ya que la corriente de defecto de aislamiento no atraviesa el conductor neutro (**fig. 2.4**).

protección diferencial BT

■ Caso de una instalación sin tensión

El seccionamiento del neutro es obligatorio. En efecto, en caso de sobretensión en la MT (fallo o descarga eléctrica del transformador), el potencial del neutro se eleva y por tanto aparece un potencial muy peligroso de varios cientos de voltios aproximadamente, entre el neutro y la tierra de utilización.

Por este motivo, una persona que opere en la máquina puede estar en contacto directo con el conductor de neutro a dicha tensión elevada, lo que conlleva el máximo riesgo (fig. 2.5).

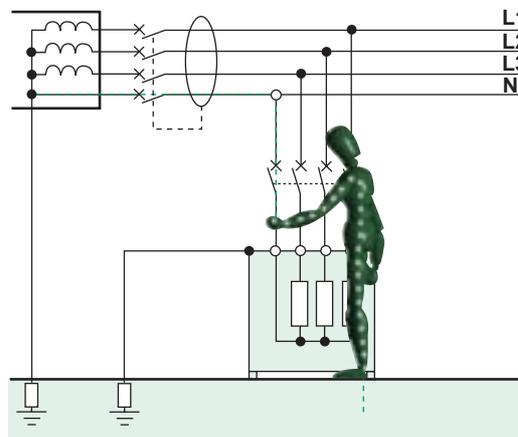


Fig. 2.5.

■ Las normas de instalación

Concretamente la norma UNE 20460, tiene en cuenta este riesgo al imponer un seccionamiento sin tensión del conductor neutro. Si este seccionamiento queda garantizado a través de una función de corte omnipolar, que realiza al mismo tiempo el seccionamiento de las fases y el neutro, entonces aumenta la seguridad de las intervenciones sin tensión.

Es por tanto necesario garantizar el seccionamiento. Un interruptor automático tetrapolar que permita realizar el corte omnipolar y el seccionamiento cumple naturalmente todos los requisitos de la norma UNE 20460.

Utilización del régimen TT

Este es el esquema de conexión a tierra más utilizado en España. En distribución pública está obligado por el REBT. Las ventajas que presenta son: no precisa de un servicio de mantenimiento de las instalaciones, permite ampliar sin complicaciones especiales las instalaciones y en muchas ocasiones los dispositivos de protección diferencial para este régimen resultan más económicos.

2.3 Esquema IT (Neutro aislado o impedante)

En este esquema nos encontramos que el neutro está aislado y no conectado a tierra, mientras que las masas están normalmente conectadas a la tierra de la instalación (fig.2.6).

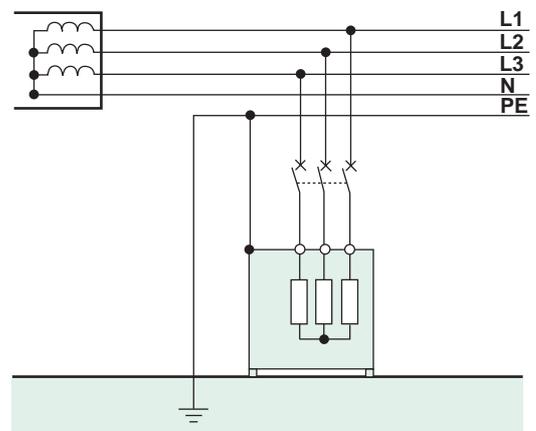


Fig. 2.6.

Este tipo de esquema se puede aplicar a instalaciones de Baja Tensión (B.T.) completas alimentadas por un transformador M.T./ B.T., o bien de forma parcial a zonas o "islotos" reducidos dentro de una red de B.T., alimentadas por un transformador de aislamiento separador. Puede además estar prescrito o recomendado por reglamentos oficiales (por ej.: en salas de operación o de anestesia está recomendado por el REBT en la instrucción 25).

2 Protección contra defectos de aislamiento y regímenes de neutro

La protección de personas contra los contactos indirectos

En funcionamiento normal (sin fallos de aislamiento), la red se conecta a tierra a través de la impedancia de fuga de la red (**fig. 2.7**). Para un cable trifásico, por ejemplo, esta impedancia se caracteriza por los siguientes valores típicos de capacidad (C) y resistencia (R) de aislamiento:

$$C = 0,3 \mu\text{F} / \text{km} \text{ y } R = 10 \text{ M}\Omega/\text{km} \text{ a } 50 \text{ Hz}$$

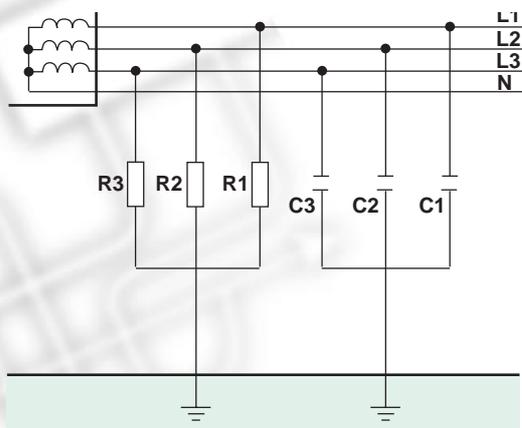


Fig. 2.7.

Tendremos pues una impedancia total de línea formada por dos impedancias (resistiva y capacitiva). Puesto que la resultante de las impedancias en paralelo es prácticamente capacitiva, podemos aproximarla a:

$$Z_c = X_c = \frac{1}{C \cdot \omega}, \text{ con } \omega = 2\pi f$$

En caso de fallo de aislamiento (**fig. 2.8**) y para una tensión de 230 V suponiendo que $R_A = R_B = 10 \Omega$, la corriente de defecto I_d será de:

$$I_d = \frac{U_0}{(Z_c + R_A + R_B)} = \frac{230}{(3.450 + 10 + 10)} = 60 \text{ mA}$$

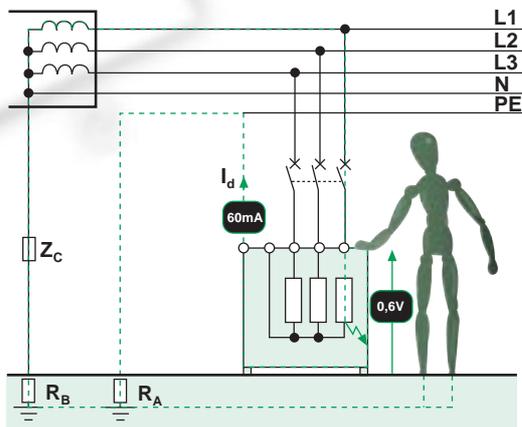


Fig. 2.8.

Por lo tanto, no hay riesgo de incendio. La tensión de contacto U_c de la masa del receptor a tierra será equivalente a:

$$U_c = I_d \cdot R_A = 0,06 \times 10 = 0,6 \text{ V.}$$

Por lo tanto no hay peligro para las personas.

No obstante, si se produce un segundo defecto de aislamiento fase-tierra en una fase distinta a la del primer defecto sin haber eliminado el primer defecto, el comportamiento de este esquema de conexión a tierra será análogo al de un esquema TN: es equivalente a un cortocircuito entre fases. El interruptor automático magnetotérmico de aguas arriba disparará. También se pueden originar sobretensiones en algunos receptores si las cargas afectadas por el defecto no están equilibradas, actuando como un "divisor de tensión".

Puesto que la corriente de defecto depende de la longitud de las líneas, es necesario comprobar que esta corriente sea superior al umbral de funcionamiento de la protección magnetotérmica (**fig. 2.9**).

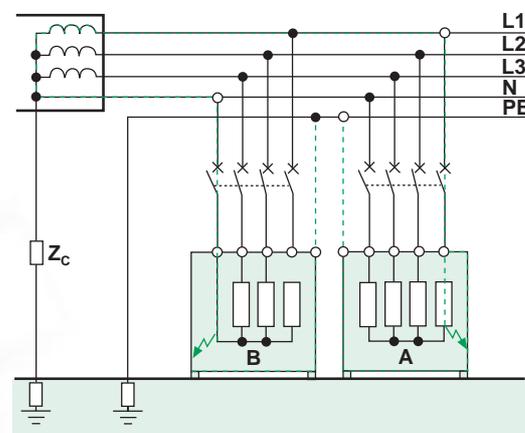


Fig. 2.9.

Al igual que para el esquema TN, si la longitud de los circuitos es superior a L_{max} es necesario disminuirla, o bien aumentar la sección del conductor de protección (S_{PE}), o bien instalar un diferencial de baja sensibilidad (de 1 a 30 A) para asegurar el disparo instantáneo. Ver tablas en el capítulo 5 con las longitudes máximas de cable L_{MAX} admisibles para los diferentes interruptores automáticos magnetotérmicos **Merlin Gerin**.



protección diferencial BT

Para garantizar la continuidad de servicio, es por tanto obligatorio, por el reglamento y por norma, detectar y señalar el primer fallo mediante aparatos específicos denominados Controladores Permanentes de Aislamiento (CPI), como el sistema Vigilohm de Merlin Gerin, que además permite efectuar la búsqueda del defecto bajo tensión.

Utilización del régimen IT

El régimen IT en España se emplea en un reducido número de instalaciones. Este régimen posee la ventaja de que permite garantizar la máxima continuidad de servicio y seguridad para las personas, aunque requiere la presencia de personal de mantenimiento y un cálculo preciso de longitudes máximas de líneas que nos permita decidir si hay que utilizar o no un diferencial para efectuar la correcta protección en caso de segundo defecto.

2.4 Esquema TN

En este esquema el neutro del transformador está conectado a tierra y las masas metálicas de los receptores están conectadas al neutro. Existen tres variantes de régimen de neutro diferenciadas por una tercera letra (**fig. 2.10**):

Esquema TN-C: El conductor de neutro y el de protección PE son el mismo conductor.

Esquema TN-S: El conductor de neutro y el conductor de protección PE están separados.

Esquema TN-C-S: Mixto, el esquema TN-C debe situarse siempre aguas arriba del esquema TN-S.

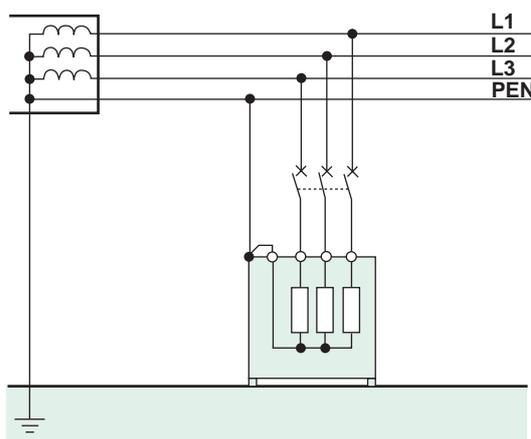


Fig. 2.10.

En el **esquema TN-S**, la corriente de fuga no circula por el suelo sino por el cable PE con resistencia R_{PE} . En el ejemplo de la **fig. 2.11**, el conductor de fase y el conductor PE son de cobre y tienen una longitud de 50 m y una sección de 35 mm². Calculemos la corriente de defecto:

$$I_d = \frac{U_0}{(R_F + R_{PE})}$$

donde R_F = resistencia del conductor de fase, y R_{PE} = resistencia del conductor de protección.

$$R_F = R_{PE} = \rho \times \frac{L}{S} = 0,025 \times 50/35 = 32,14 \text{ m}\Omega$$

$$I_d = 230 / (2 \times 0,03214) = 3578 \text{ A}$$

Esta corriente de defecto genera una tensión de contacto:

$$U_C = R_{PE} \times I_d = 3578 \times 0,03214 = 115 \text{ V}$$

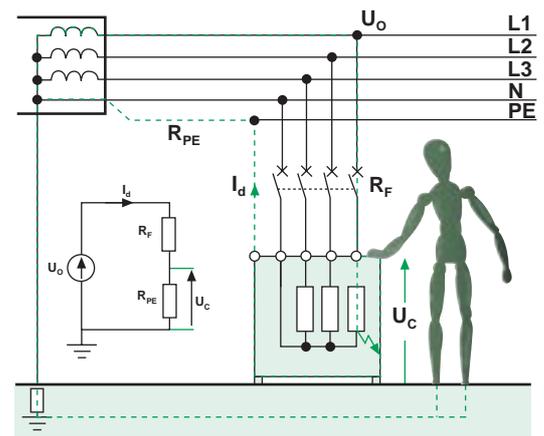


Fig. 2.11.

Esta tensión es claramente superior a la tensión de seguridad U_L . Por lo tanto, es preciso cortar obligatoriamente (**fig. 2.12**).

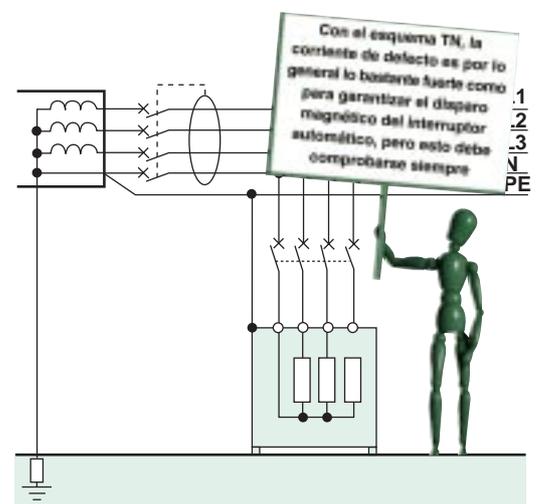


Fig. 2.12.

2 Protección contra defectos de aislamiento y regímenes de neutro

En la práctica, todo se desarrolla como si se produjera un cortocircuito entre fase y neutro; el interruptor automático situado aguas arriba dispara.

Puesto que la corriente de defecto depende de la longitud de las líneas, es necesario comprobar que ésta sea superior al umbral de funcionamiento de la protección magnetotérmica.

En caso contrario, es necesario añadir un diferencial en cabecera de la instalación.

La protección de las personas contra los contactos indirectos

Tal como hemos visto, la corriente de defecto depende de la impedancia del bucle de defecto, la protección está así asegurada por las protecciones de sobreintensidad (cálculo/medidas de impedancia de bucle).

Si la impedancia es muy grande y no permite a la corriente de defecto disparar las protecciones de sobreintensidad (cables de gran longitud) una solución es la utilización de los diferenciales de baja sensibilidad ($I\Delta n \geq 1 \text{ A}$).

Por otra parte, este esquema no puede ser aplicado cuando, por ejemplo, la alimentación se hace a través de un transformador cuya impedancia homopolar es muy importante (acoplamiento estrella-estrella).

La protección de los receptores eléctricos y de los circuitos

En este esquema, los defectos de aislamiento son el origen de fuertes corrientes de defecto equivalentes a las corrientes de cortocircuito. El paso de estas corrientes tiene como consecuencia importantes daños, como por ejemplo la perforación de las chapas del circuito magnético de un motor, lo que conduce a la necesidad de cambiar el motor en lugar de ser rebobinado. Estos daños pueden ser considerablemente limitados con la utilización de diferenciales instantáneos de baja sensibilidad (3 A por ejemplo), que son capaces de reaccionar antes de que la corriente alcance un valor importante.

Resaltar que esta protección es tanto más importante a medida que aumenta la tensión de servicio pues la energía disipada en el punto de defecto es proporcional al cuadrado de la tensión.

Las consecuencias económicas de tales

destrucciones eventuales deben ser estimadas pues es un criterio a tener en cuenta al elegir el ECT.

Detección de defectos de aislamiento entre el neutro y el conductor de protección (PE) o masas del edificio

Este tipo de defecto transforma el esquema TN-S en TN-C. Una parte de la corriente del neutro (incrementada por la suma de las corrientes armónicas de rango 3 y múltiplos de 3) pasa permanentemente por el PE y por las estructuras metálicas del edificio con dos consecuencias:

- La equipotencialidad del PE ya no estará asegurada (unos pocos voltios pueden perturbar el funcionamiento de los sistemas informáticos enlazados por bus que deben tener la misma referencia de potencial).

- La circulación de una corriente por el interior de las estructuras aumenta el riesgo de incendio.

Los diferenciales permiten detectar este tipo de defecto.

Detección de defecto de aislamiento sin disparo y protección de bienes

En un esquema TN-S, ninguna regla de seguridad impone la vigilancia del aislamiento como para el esquema IT. Pero, todo disparo consecuencia de un defecto de aislamiento produce pérdidas de continuidad de servicio y muy frecuentemente costosas reparaciones antes de restablecer la tensión.

Es por eso que cada vez más frecuentemente las explotaciones solicitan dispositivos de prevención con el fin de intervenir antes de que la pérdida de aislamiento se transforme en un cortocircuito. Una respuesta a esta necesidad es el empleo de señalización, en TN-S, en las salidas críticas, mediante diferenciales con umbrales del orden de 0,5 a algunos amperios que pueden detectar bajadas de aislamiento (sobre las fases o el neutro) y alertar a los responsables de la explotación. Una gama especialmente diseñada para llevar a cabo esta función, entre otras, es el nuevo relé diferencial electrónico con toroidal separado **Vigirex RHU** y **RMH** de **Merlin Gerin**, que incorpora una pantalla para la visualización permanente de la intensidad de fuga a tierra



protección diferencial BT

y varios umbrales de alarma y disparo. Toda la información, además, la puede comunicar vía Bus a un sistema informático supervisor de la instalación. En cambio los riesgos de incendio de origen eléctrico son reducidos, y se evita la destrucción de materiales empleando diferenciales con disparo para $\Delta n \leq 300$ mA.

Incidencia del esquema TN-C en el conductor neutro (ver fig. 2.13)

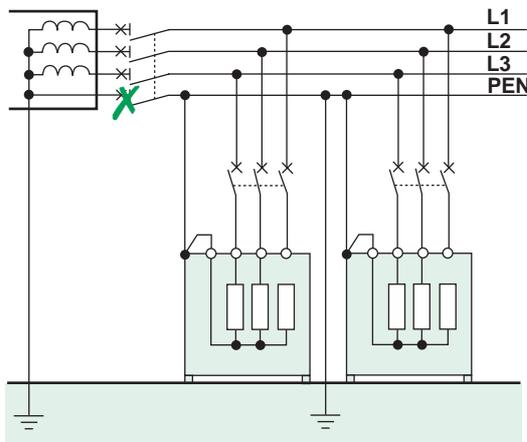


Fig. 2.13.

■ Caso de una instalación bajo tensión:

La protección y el corte del PEN (neutro y PE confundidos) no se puede realizar ya que, como conductor de protección PE, debe soportar todas las corrientes de defecto.

■ Caso de una instalación sin tensión:

No es posible realizar el seccionamiento del PEN. Ello obliga a realizar una conexión a tierra sistemática y múltiple del conductor PEN para garantizar que se conserva la equipotencialidad.

Utilización del régimen TN

El régimen TN, en España se emplea en un reducido número de instalaciones. La ventaja de este régimen es que los interruptores automáticos magnetotérmicos aseguran la protección, no solo contra sobrecargas y cortocircuitos, sino también contra defectos de aislamiento. El inconveniente es que para realizar cualquier ampliación de la instalación, es obligatorio calcular para la nueva longitud de línea si los dispositivos magnetotérmicos actuales garantizan la protección en caso de fuga a tierra, si no es así será necesario añadir protección diferencial.

Ver en las tablas del capítulo 5 las longitudes de cable máximas admisibles L_{MAX} en régimen TN para garantizar la protección ante defectos de aislamiento, utilizando interruptores automáticos magnetotérmicos **Merlin Gerin**.

A continuación vemos el método convencional teórico de cálculo de las longitudes máximas L_{MAX} de cable en régimen TN para garantizar el funcionamiento instantáneo de la protección magnetotérmica.

Se aplica la ley de Ohm a la salida de nuestra instalación afectada por el defecto de aislamiento tomando como hipótesis que la tensión entre la fase en defecto y el PE o PEN siempre es superior al 80 % de la tensión simple nominal. Este coeficiente tiene en cuenta el conjunto de impedancias de aguas arriba.

En BT, cuando el conductor de protección circula junto a los conductores de fase correspondientes, es posible despreciar las reactancias de los conductores frente a su resistencia; esta aproximación es admisible hasta secciones de 120 mm². Para secciones mayores se sobredimensionará la resistencia según se ve en la tabla de la **figura 2.14**.

sección (mm ²)	resistencia
150	R + 15 %
185	R + 20 %
240	R + 25 %

Fig. 2.14.

La longitud máxima de un circuito en régimen TN viene dada por la fórmula siguiente:

$$L_{MAX} = \frac{0,8 \times U_o \times S_f}{\rho \times (1 + m) \times I_a}$$

En la cual:

- L_{MAX} : longitud máxima en metros,
- U_o : tensión simple, 230 V en redes 230/240 V,
- ρ : resistividad a la temperatura de funcionamiento normal:
 - para el cobre: $22,5 \times 10^3 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$,
 - para el aluminio: $36 \times 10^3 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$.
- I_a es la corriente (A) de disparo magnético del interruptor automático,
- m : S_f/S_{PE} ,
- S_f : sección de las fases en mm²,
- S_{PE} : sección del conductor de protección en mm².

3

Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

- 3.1 Captadores **27**
- 3.2 Relés de medida y disparo **30**
- 3.3 Test de buen funcionamiento de los diferenciales **31**
- 3.4 Tecnología **superinmunizada multi9** **33**



3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

Los Dispositivos Diferenciales Residuales (DDR) están constituidos por varios elementos: el captador, el bloque de tratamiento de la señal, el relé de medida y disparo y el dispositivo de maniobra.

■ **El captador.** Suministra una señal eléctrica útil en el momento que la suma de las corrientes que circulan por los conductores activos es diferente de cero.

■ **Bloque de tratamiento de la señal.** La señal eléctrica leída por el captador debe ser siempre tratada electrónicamente en mayor o menor grado para lograr el correcto funcionamiento del relé de medida y disparo, evitando al mismo tiempo funcionamientos o disparos no deseados del dispositivo diferencial. La señal tratada se envía al relé de medida y disparo.

■ **El relé de medida y disparo.** Compara la señal eléctrica suministrada por el captador y una vez tratada, con un valor de referencia y da, con un posible retardo intencionado, la orden de apertura al aparato de corte asociado o dispositivo de maniobra.

■ **El dispositivo de maniobra** de apertura del aparato (interruptor o interruptor automático), situado aguas arriba del circuito eléctrico controlado por el diferencial, se denomina disparador o accionador.

Merlin Gerin ha desarrollado varios tipos de dispositivos de protección diferencial para Baja Tensión que se incluyen dentro de las diferentes gamas que se pueden encontrar en el capítulo 7 de esta Guía. Las diferentes formas de construir estos Dispositivos Diferenciales Residuales (DDR) se diferencian por los criterios siguientes:

El captador

Puede estar incorporado dentro del propio diferencial:

- interruptores diferenciales ID multi 9,
- interruptores automáticos combinados magnetotérmicos y diferenciales DPN Vigi multi 9,
- bloques diferenciales Vigi multi 9 y Vigicompact,
- interruptores automáticos magnetotérmicos y diferenciales ultraterminales **Eunea Merlin Gerin** serie Európoli.

O bien separado del diferencial:

- relés diferenciales con toroidal separado Vigirex.

El relé de medida y disparo

Puede ser electrónico:

- relés diferenciales con toroidal separado Vigirex. Precisan alimentación auxiliar,
- bloques diferenciales Vigicompact. No necesitan alimentación auxiliar.

O bien electromecánico:

- el resto de gamas (multi 9 y Európoli). No necesitan alimentación auxiliar.

El dispositivo de maniobra

Existen diferenciales que incorporan en el mismo aparato el interruptor que abre el circuito controlado:

- interruptores diferenciales ID multi 9,
- interruptores automáticos combinados magnetotérmicos y diferenciales DPN Vigi multi 9,
- interruptores automáticos magnetotérmicos y diferenciales ultraterminales **Eunea Merlin Gerin** serie Európoli.

Existen otros diferenciales que necesitan de un dispositivo de disparo externo específico con el que se unen **mecánicamente**:

- bloques diferenciales Vigi multi 9 y Vigicompact que deben acoplarse obligatoriamente a un interruptor automático multi 9 o Compact respectivamente.

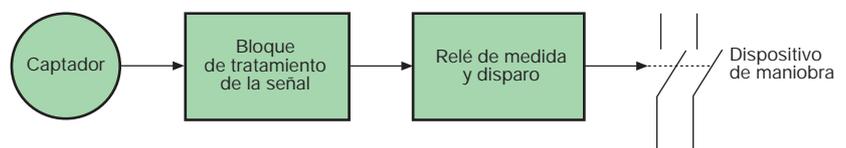
Y un tercer tipo de diferencial que necesita de un dispositivo de disparo externo con el que se une **eléctricamente**:

- relés diferenciales con toroidal separado Vigirex, que se conectan eléctricamente con un interruptor automático (a través de una bobina de disparo).

Como ejemplos de dos de los diferenciales más habitualmente utilizados en Baja tensión se puede ver:

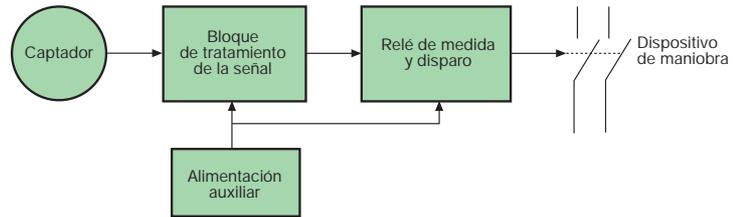
- En la **fig. 3.1**, el esquema tipo funcional de un diferencial electromecánico tipo “**multi 9**” a propia corriente, es decir, que no precisa de fuente de alimentación auxiliar.

Fig. 3.1. Esquema funcional de un diferencial electromecánico “a propia corriente” (tipo multi 9).



protección diferencial BT

Fig. 3.2. Esquema funcional de un DDR electrónico con "alimentación auxiliar" (tipo Vigirex).



■ En la **fig. 3.2**, el esquema tipo funcional de un diferencial electrónico tipo "Vigirex" que precisa de fuente de alimentación auxiliar.

A continuación se dará una visión general del funcionamiento y utilización de los diferentes captadores y de los relés de medida y disparo existentes. Posteriormente se profundizará en aspectos particulares de la tecnología empleada en los dispositivos diferenciales **multi 9** de **Merlin Gerin**.

3.1 Captadores

En los circuitos de corriente alterna se pueden utilizar dos tipos de captadores:

■ **El transformador toroidal.** Es el tipo de captador más utilizado para medir las corrientes de fuga.

■ **Los transformadores de intensidad (TI).** Utilizados en AT y MT y en algunos casos en BT.

El transformador toroidal

Este envuelve la totalidad de los conductores activos y de este modo es excitado por el campo magnético residual correspondiente a la suma vectorial de las corrientes que circulan por las fases y el neutro.

La inducción en el toroidal y la señal eléctrica disponible en bornes del arrollamiento secundario del transformador es, por tanto, la imagen de la corriente diferencial residual.

Este tipo de captador permite detectar las corrientes diferenciales desde algunos miliamperios hasta algunas decenas de amperios. En el apartado 3.4 se verá el funcionamiento exacto de los diferentes transformadores toroidales.

Los transformadores de intensidad (TI)

Para medir la corriente diferencial de un circuito eléctrico trifásico sin neutro se deben instalar tres transformadores de intensidad según la **fig. 3.3**. Este montaje se denomina de Nicholson.

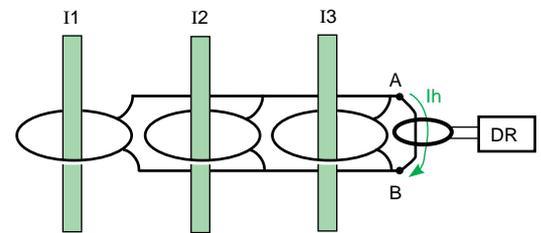


Fig. 3.3. Montaje de Nicholson. La suma vectorial de las corrientes de fase da la corriente diferencial.

Los tres TI son generadores de corriente conectados en paralelo. Hacen circular entre A y B una corriente que es la suma vectorial de las tres corrientes, la cual es la corriente diferencial residual. Esta corriente diferencial se medirá con un transformador toroidal conectado a un relé diferencial DR (tipo **Vigirex**).

Este montaje, denominado de Nicholson, se utiliza normalmente en MT y AT cuando la corriente de defecto a tierra puede alcanzar varias decenas o centenas de amperios. Para su empleo, se debe considerar la clase de precisión de los TI: con TI de clase 5 % no se permite efectuar una regulación de protección de tierra por debajo del 10 % de su corriente nominal.

3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

Utilización de transformadores toroidales separados. Casos particulares

Alimentación de fuerte potencia.

El montaje de Nicholson de los TI, que será útil en BT cuando los conductores son pletinas o cables de gran sección para transportar fuertes intensidades, no permite, incluso utilizando TI exactamente iguales, regulaciones compatibles con la protección de las personas ($I_{\Delta n} \leq U_L/R_A$). Existen varias soluciones:

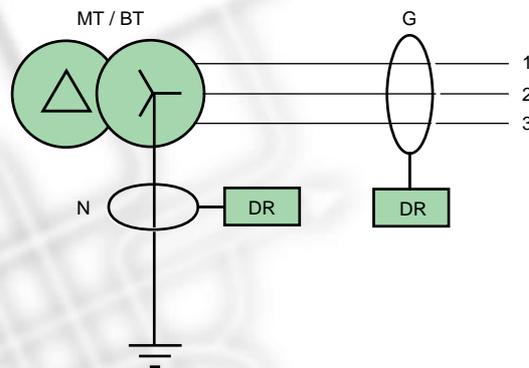


Fig. 3.4. El toro N proporciona la misma información que el toro G.

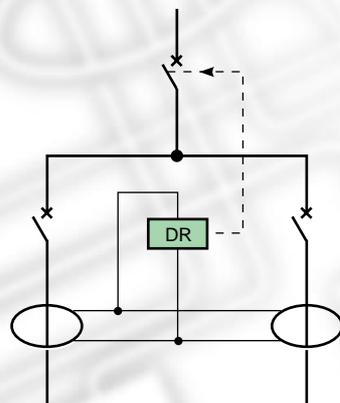


Fig. 3.5. Instalación de un toroidal en cada salida, todos conectados en paralelo a un solo relé. Solución cuando es imposible colocar un sólo transformador toroidal en la línea de alimentación principal.

si la dificultad se presenta en un cuadro general justo a la salida del transformador, es deseable:

– la puesta en servicio de un transformador toroidal en cabecera de instalación sobre la conexión a tierra del neutro BT del transformador (fig. 3.4). En efecto, según la ley de nudos de Kirchhoff, la corriente diferencial vista por (N) es estrictamente la misma que aquella vista por (G) para un defecto que se produzca en la distribución BT, o

– la instalación de un toroidal en cada salida, todos conectados en paralelo a un solo relé (fig. 3.5). Efectivamente, con esta conexión, cuando el relé de medida (generalmente electrónico tipo **Vigirex**) para funcionar necesita tan sólo una señal eléctrica de valor muy débil, es posible hacer trabajar los toroidales como “generadores de corriente”. Dispuestos en paralelo, suministran la imagen de la suma vectorial de las corrientes primarias.

Este montaje está previsto por las normas de instalación. De todas formas, por razones de selectividad es preferible utilizar un diferencial por salida.

si la dificultad se presenta con varios cables en paralelo por fase que no pueden atravesar todos un toroidal.

Es posible situar un toroidal sobre cada cable (que transporte todos los conductores activos) y disponer todos los toroidales en paralelo (fig. 3.6).

Siempre se debe observar:

- que cada toroidal ve n espiras en cortocircuito (3 en la figura) que pueden disminuir la sensibilidad,
- si las conexiones presentan diferencias de impedancia, cada toroidal señalará una falsa corriente homopolar. Un cableado correcto limita bastante estas falsas corrientes homopolares,
- que este montaje implica para cada toroidal que los bornes de salida S1-S2 se marquen en función del sentido de circulación de la energía. Esta solución requiere el acuerdo del fabricante del diferencial.

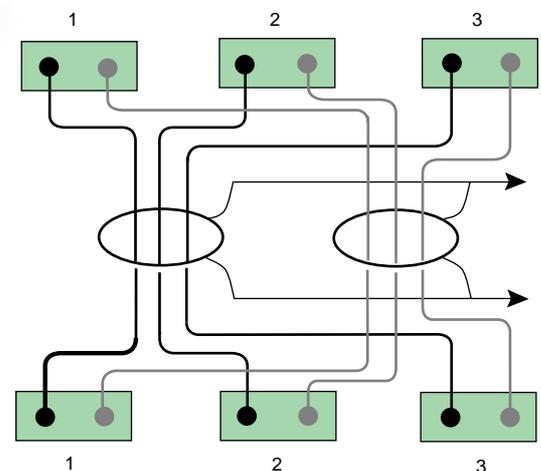


Fig. 3.6. Disposición de los toros sobre los cables unifilares en paralelo de gran sección.

■ Salida de fuerte potencia.

Para que la "respuesta" del toroidal sea fiel y lineal, se deben situar los conductores activos en el toroidal lo más próximos posible de su centro para que sus acciones magnéticas se compensen perfectamente en ausencia de corriente residual. En efecto, el campo magnético desarrollado por un conductor disminuye proporcionalmente con la distancia; según la **fig. 3.7**, en la que se tiene un mal centrado de los conductores, la fase 3 provoca en el punto A una saturación magnética local y no tiene, por tanto, una acción proporcional. Ello puede ser causa de disparos intempestivos. Es el mismo caso que si el toroidal se sitúa en la proximidad o en el mismo codo de los cables que envuelve (**fig. 3.8**). La aparición de una inducción residual parásita va a provocar, para las intensidades importantes, la aparición en el secundario del toroidal de una señal que puede ocasionar un disparo intempestivo. El riesgo es tanto más importante cuando el umbral del diferencial es débil en relación a las corrientes de fase, particularmente durante un cortocircuito.

En los casos difíciles (si $I_{\text{fase máx.}} / I_{\Delta n}$, es elevado) dos soluciones permiten evitar el riesgo de disparo intempestivo:

□ utilizar un toroidal más grande que el necesario, por ejemplo de un diámetro doble al que justamente conviene para el paso de los conductores,

□ situar una plancha en el toroidal. Esta plancha debe ser de material magnético para homogeneizar el campo magnético, ver **fig. 3.9**. Se debe situar entre el toroidal y los conductores; reduce el riesgo de disparos intempestivos debido a los efectos magnéticos de las puntas de corriente.

Cuando se han tomado todas estas precauciones:

- centrado de los conductores,
 - toroidal de gran dimensión,
 - y plancha magnética,
- la relación

$\frac{I_{\text{fase máx.}}}{I_{\Delta n}}$

puede alcanzar un valor de hasta 50.000.

Utilización de diferenciales con toroidal incorporado

Se debe destacar que los diferenciales con toroidal incorporado, tipo multi 9 o Vigicomact, por ejemplo, aportan una óptima solución a los instaladores y usuarios puesto que es el fabricante quien estudia y pone en servicio las respuestas técnicas:

■ Domina el problema del centrado de los conductores activos, y para las intensidades débiles puede prever y repartir varias espiras primarias alrededor del toroidal.

■ Puede hacer "trabajar" el toroidal con una inducción más elevada para maximizar la energía captada y minimizar la sensibilidad a las inducciones parásitas (debidas a las fuertes corrientes).

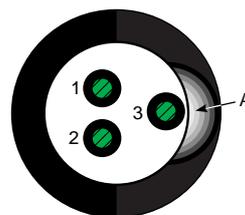


Fig. 3.7.

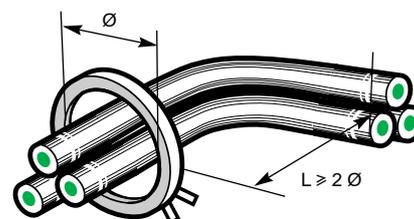


Fig. 3.8.

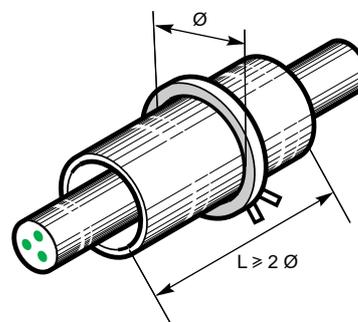


Fig. 3.9.

3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

3.2 Relés de medida y disparo

Por lo que se refiere al relé de medida y disparo, los diferenciales se pueden clasificar en tres categorías tanto según su modo de alimentación cómo según su tecnología.

Según su modo de alimentación “A propia corriente”

Este es un aparato en el que la energía de disparo la suministra la propia corriente de defecto. Este modo de alimentación está considerado por la mayoría de especialistas como el más seguro. En numerosos países, y particularmente en Europa, esta categoría de diferenciales se prescribe para las instalaciones domésticas y análogas (normas UNE EN 61008 y 61009). Dentro de este tipo se engloban todos los dispositivos diferenciales **multi 9** de **Merlin Gerin**.

“Con alimentación auxiliar”

Este es un aparato en el que la energía de disparo necesita de un aporte de energía independiente de la corriente de defecto. Estos aparatos (generalmente de concepción electrónica) no pueden provocar el disparo salvo si esta alimentación auxiliar está disponible en el momento de la aparición de la corriente de defecto. Dentro de este tipo se incluyen los relés diferenciales con toroidal separado **Vigirex**.

“A propia tensión”

Este es un aparato con “alimentación auxiliar” pero donde la fuente es el circuito controlado. De este modo cuando el circuito está en tensión el diferencial está alimentado, y en ausencia de tensión, el diferencial no está activo pero tampoco existe peligro. Estos aparatos aportan una seguridad adicional ya que están concebidos para funcionar correctamente con bajadas de tensión hasta los 50 V (tensión de seguridad).

Este es el caso de los bloque **Vigi**, asociados a los interruptores automáticos **“Compact”** de **Merlin Gerin**.

También se realiza una distinción complementaria entre los diferenciales según si su funcionamiento es o no de **“seguridad positiva”**.

Se consideran como dispositivos de seguridad positiva dos tipos de aparatos:

■ Aquellos en los que el disparo depende de la corriente de defecto: todos los aparatos a propia corriente (tipo **multi 9**) son de seguridad positiva.

■ Aquellos, más raramente utilizados, en los que el disparo no únicamente depende de la corriente de defecto sino que se sitúan automáticamente en posición de disparo (posición de seguridad) cuando ya no se reúnen las condiciones para garantizar el disparo en presencia de la corriente de defecto (por ejemplo, una bajada de tensión hasta los 25 V, o bien, que un diferencial con alimentación auxiliar tipo **Vigirex** pierda su tensión de alimentación).

Según su tecnología

“Dispositivos electromagnéticos” (fig. 3.10)

Estos dispositivos son del tipo “a propia corriente”. Utilizan el principio del enclavamiento magnético. Una muy débil potencia eléctrica ($100 \mu\text{VA}$ para algunos) es suficiente para vencer la fuerza de enclavamiento y provocar mediante un amplificador mecánico la apertura de los contactos.

Están muy extendidos (son “de seguridad positiva”) y son particularmente aptos para la construcción de diferenciales con una única sensibilidad. La tecnología empleada en los diferenciales **multi 9** es de este tipo.

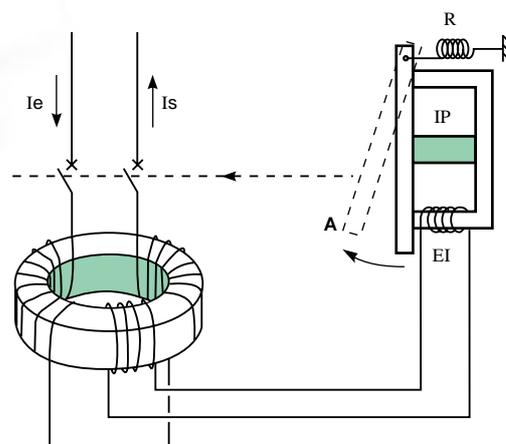


Fig. 3.10. La corriente de defecto, a través del toroidal, suministra la energía a un electroimán (EI) cuya parte móvil (la paleta A) se mantiene “pegada” por la atracción del imán permanente (IP). Cuando se alcanza el umbral de funcionamiento el electroimán anula la fuerza de atracción del imán permanente, la paleta móvil A, ayudada por un resorte R que acelera su rotación, abre entonces el circuito magnético y da la orden mecánica de apertura del interruptor del circuito controlado.



protección diferencial BT

“Dispositivos electrónicos”

Se utilizan sobre todo en el dominio industrial puesto que la electrónica permite:

- Tener una potencia de adquisición muy débil.
- Tener unos umbrales y temporizaciones precisas y regulables (lo que permite realizar de forma óptima la selectividad del disparo).

En razón de estas dos características están todos indicados para la realización de:

- Diferenciales con toroidales separados (del tipo **Vigirex**), los cuales se asocian a interruptores automáticos de fuerte calibre y a contactores.
- Diferenciales asociados a interruptores automáticos industriales hasta 630 A (tipo **Vigicomact**).

La electrónica para funcionar necesita una cierta energía, a menudo muy débil. Los diferenciales con dispositivos electrónicos existen, pues, con diferentes modos de alimentación antes presentados bien “a propia tensión”, bien con “alimentación auxiliar”.

“Dispositivos mixtos” (a propia corriente)

Esta solución consiste en intercalar entre el toroidal y el relé electromagnético un dispositivo de tratamiento de la señal. Esto permite:

- La obtención de un umbral de funcionamiento preciso y fiel.
- Obtener una gran inmunidad a las perturbaciones o parásitos y a los transitorios de corriente, respetando un tiempo de funcionamiento compatible con las curvas de seguridad. A título de ejemplo, los diferenciales **multi 9** del tipo **superinmunizado** (“si”) de **Merlin Gerin** son dispositivos mixtos.

- Realizar diferenciales retardados. Un principio similar se utiliza en MT. En efecto, hace varios años que en los centros de suministro de energía eléctrica (centro MT/BT) el disparo necesitaba de una batería de acumuladores, origen de muchos problemas. La asociación de un dispositivo electrónico a propia corriente y de un relé electromecánico con enclavamiento magnético ha ofrecido una solución satisfactoria a nivel de costes y de fiabilidad con la supresión de la batería.

Prescripciones de empleo

La UNE 20460, 531-2-2-2 indica para los dispositivos con alimentación auxiliar que no son de seguridad positiva: “se permite su utilización si están instalados en explotaciones vigiladas por personas formadas o cualificadas”.

3.3 Test de buen funcionamiento de los diferenciales

Un diferencial es un aparato de seguridad. Ya sea electromagnético, electrónico o mixto, es muy importante que disponga de un dispositivo de test.

Aunque los dispositivos a propia corriente sean los más seguros, la incorporación de la seguridad positiva en los dispositivos a “propia tensión” o con “alimentación auxiliar” confiere a los diferenciales una mayor seguridad que no evita la realización del test periódicamente.

■ Realizar el test periódico de los diferenciales.

De hecho, la seguridad positiva perfecta, particularmente a nivel de defecto interno, no existe. Es por este motivo que los diferenciales que utilizan una alimentación auxiliar se aconsejan para las instalaciones industriales y gran terciario, y los diferenciales a propia corriente para las instalaciones domésticas y análogas; decisión tomada de acuerdo con sus posibilidades intrínsecas mencionadas anteriormente.

En todos los casos, el test periódico se recomienda para detectar un posible defecto interno.

■ La forma de realizar el test es importante.

Debe tener en cuenta el hecho de que existen siempre en una instalación eléctrica corrientes de fuga capacitivas a tierra y, a menudo, corrientes de fuga resistivas, resultado de un aislamiento degradado. La suma vectorial de todas estas corrientes de fuga (I_d) se detecta mediante el captador toroidal y puede perturbar el funcionamiento del test; esto es posible cuando el circuito de test es similar al mostrado en la **fig. 3.11**. A pesar de esto, este principio de test está muy extendido puesto que verifica el conjunto toroidal-relé-aparato de corte.

3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

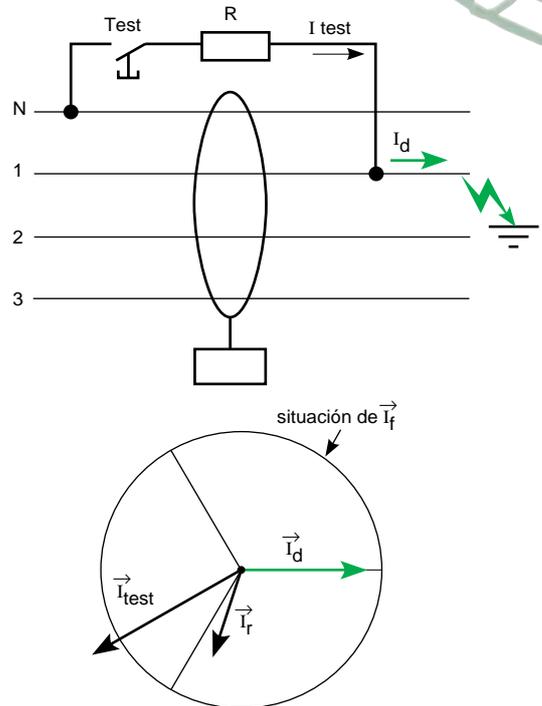
Las normas de fabricación limitan la corriente de test, ello puede explicar un cierto número de no funcionamientos de los diferenciales al realizar el test, como demuestra la suma vectorial (**fig. 3.11**) de la corriente de fuga (I_d) y de la corriente de test (I_{test}).

Por ejemplo, las normas UNE EN 61008 y UNE EN 61009 indican que la corriente de test no debe ser superior a $2,5 \Delta n$ para un diferencial utilizado a la tensión máxima de su rango de funcionamiento (por ejemplo 400 V, si el rango es 230 a 400 V) y $1,15 \Delta n$ si está alimentado a la tensión mínima (en el ejemplo, a 230 V - 20 %).

El principio de test mencionado anteriormente se utiliza para las tomas de corriente diferenciales (**Európoli de Eunea Merlin Gerin**) y para los interruptores e interruptores automáticos diferenciales (**multi 9 y Compact de Merlin Gerin**). Respecto a los relés diferenciales con toroidal separado, se aplica el mismo principio, siendo el instalador quien debe realizar el circuito de test. En todo caso existen relés, por ejemplo de la gama **Vigirex de Merlin Gerin**, que tienen integrada la función "test" y que, además, controlan permanentemente la continuidad del circuito de detección (conexión toroidal-relé y bobinado del toroidal).

■ La verificación del umbral de funcionamiento.

Aún con mayor motivo que antes para el test, la verificación del umbral de disparo del diferencial se debe realizar teniendo presentes las corrientes de fuga "naturales" o no del circuito aguas abajo que puedan atravesar el captador. Una buena medida se realizará siempre con todos los circuitos de aguas abajo desconectados.



$$\vec{I}_r = \vec{I}_d + \vec{I}_{test}$$

Fig. 3.11. Ciertas instalaciones pueden perturbar el correcto funcionamiento del circuito de test. Puede que no se produzca el disparo si se tienen débiles corrientes de defecto I_d con un ángulo determinado. Solamente se producirá el disparo si I_r es mayor que la intensidad de disparo I_r .

3.4 La tecnología superinmunizada multi 9

A continuación se presenta la nueva gama de protección diferencial de **Merlin Gerin** incluida dentro de su familia **multi 9** que mejora ampliamente la calidad de la respuesta de los dispositivos diferenciales tradicionales a “propia corriente” gracias a la incorporación de la “tecnología superinmunizada” exclusiva de Merlin Gerin. Para poder comprender mejor la evolución que supone la nueva tecnología superinmunizada se analizará el funcionamiento de los diferentes componentes de los dispositivos diferenciales desde el más básico, el dispositivo clase AC, pasando por el clase A tradicional, hasta llegar al más avanzado, el clase A superinmunizado.

En la **figura 3.12** se observa que existen tres tipos de dispositivos diferenciales. Los tres tipos comparten una estructura funcional común que consta de tres bloques bien diferenciados:

- a) Bloque de captación de señal. El transformador toroidal.
- b) Bloque de filtrado electrónico.
- c) Bloque de relé de disparo.

Las diferencias entre ellos son básicamente las siguientes:

- los clase AC, son los dispositivos estándar y los más habitualmente utilizados,
- los clase A estándar, se diferencian de los AC en que utilizan un toroidal mejorado, más energético, e incluyen un bloque electrónico de detección de corrientes rectificadas o pulsantes,
- los clase A superinmunizados “si”, se diferencian de los clase A estándar en que poseen un toroidal aún más mejorado y un bloque de filtrado electrónico muy enriquecido.

a) Bloque de captación de señal. El transformador toroidal

La detección de la corriente de defecto diferencial se efectúa mediante un transformador de corriente toroidal, compuesto por un núcleo de material ferromagnético y un bobinado primario constituido por la(s) fase(s) y el neutro del circuito a proteger. En la **figura 3.13** se puede observar la representación vectorial de intensidades en una red trifásica con neutro equilibrada (para una red desequilibrada sería análogo, incluyendo en

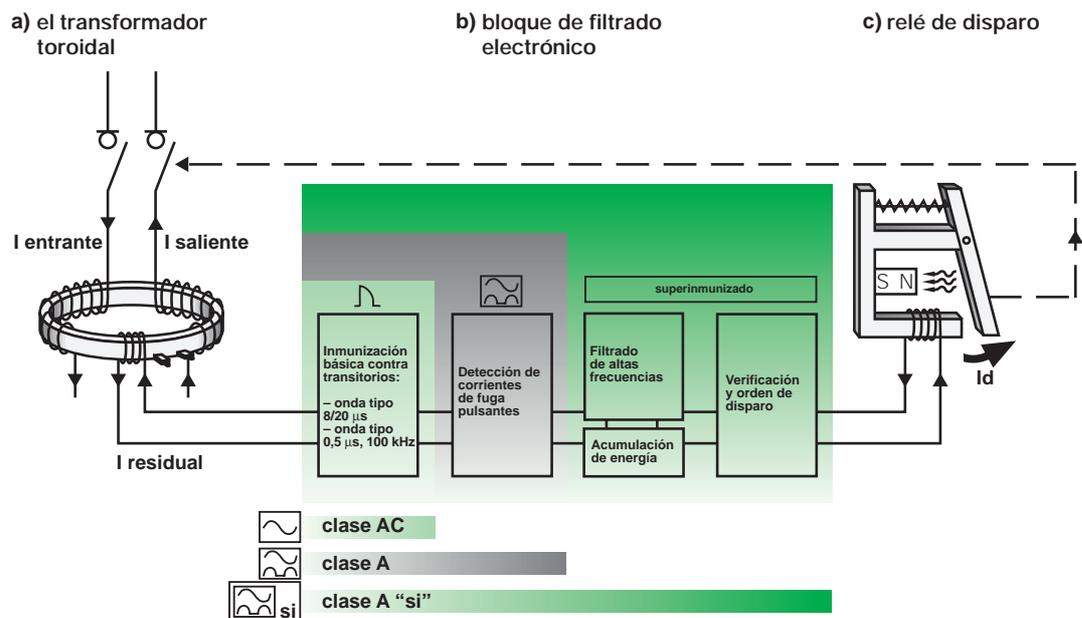


Fig. 3.12. La tecnología superinmunizada multi 9.

3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

cada caso la corriente del neutro): si no hay defecto de fuga a tierra, la suma vectorial de todas las corrientes de dicho circuito es nula, pero cuando existe defecto de fuga de corriente de una fase hacia tierra, la suma vectorial de las corrientes es igual a dicha corriente de fuga I_f .

En caso de existir una fuga I_f , las corrientes de las fases y el neutro inducen en el transformador toroidal, flujos magnéticos ϕ desequilibrados, cuya resultante no será cero, e inducirá en el secundario del transformador toroidal una tensión E_s que generará una corriente I_r , que dependiendo de su valor eficaz, puede provocar el disparo del relé de apertura de los contactos del dispositivo diferencial. En las **figuras 3.14** y **3.15** se puede seguir paso a paso, para un circuito monofásico,

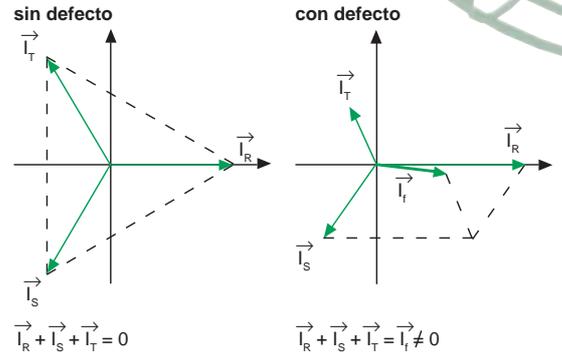
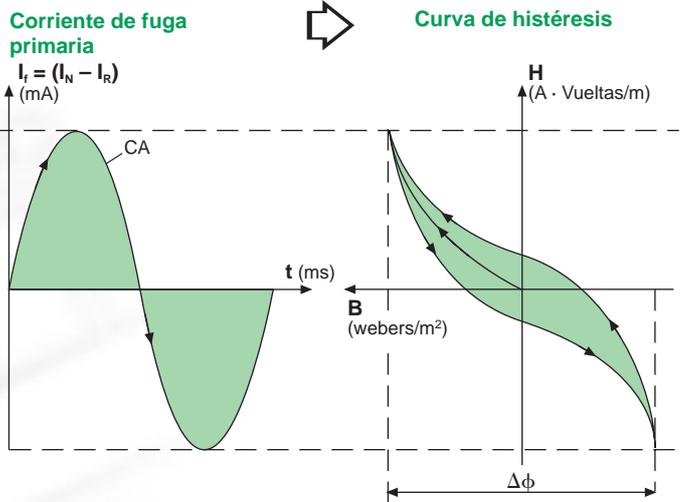
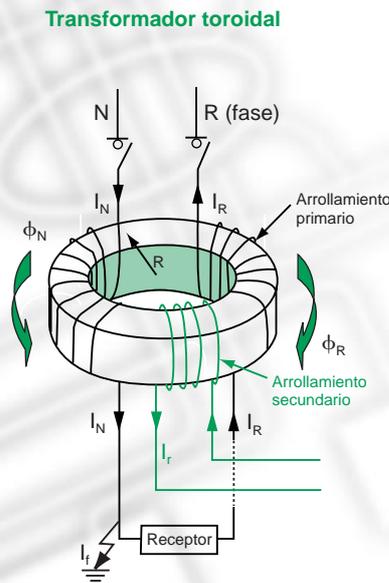


Fig. 3.13.

el proceso de generación de la corriente residual (I_r) en el secundario a partir de una corriente de fuga a tierra (I_f) que circule por el primario (es decir, por el circuito que estamos protegiendo en nuestra instalación eléctrica).

3



Circuito eléctrico primario

Si se produce una fuga de corriente a tierra I_f en el primario ($I_N \neq I_R$), ésta genera un campo magnético H no nulo que a su vez crea un flujo magnético en el interior del núcleo ferromagnético.

En el caso trifásico I_f sería la suma vectorial de las tres fases y el neutro:
 $\vec{I}_f = \vec{I}_R + \vec{I}_S + \vec{I}_T + \vec{I}_N$

Circuito magnético primario

$$H = \frac{N \cdot I_f}{2 \cdot \pi \cdot R} \text{ (campo magnético)}$$

↓
 (N = n.º de espiras primario)
 (R = radio medio toroidal)

$$B = \mu \cdot H \text{ (inducción magnética)}$$

↓
 (μ = permeabilidad magnética)

$$\phi = B \cdot S \text{ (flujo magnético)}$$

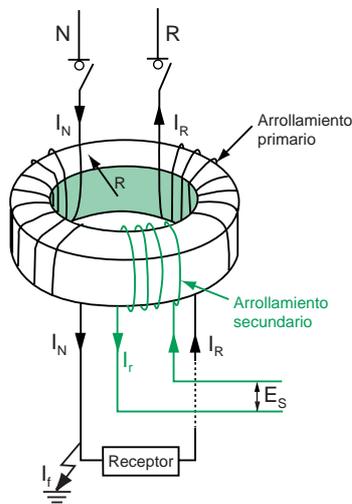
(S = sección transversal núcleo toroidal)

En este caso (monofásico)
 $\phi = \phi_N - \phi_R$

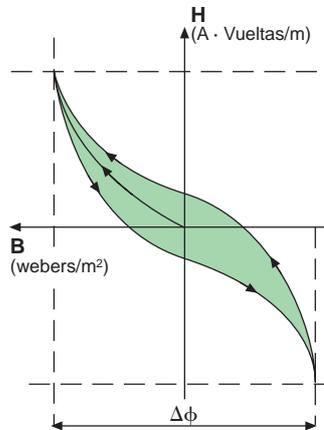
Fig. 3.14. Generación del flujo magnético en el núcleo toroidal de un diferencial monofásico a partir de la circulación de una corriente de fuga I_f en el primario del toroidal. Curva de histéresis.

protección diferencial BT

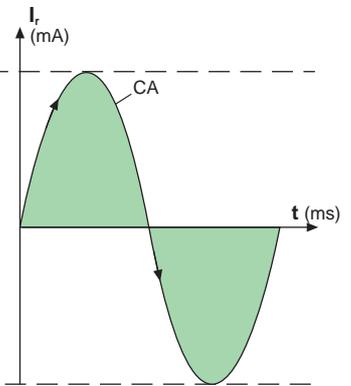
Transformador toroidal



Curva de histéresis



Corriente residual secundaria



Circuito magnético secundario

$\phi = B \cdot S$ (flujo magnético creado por el primario)
 (S = sección transversal núcleo toroidal)
 Por la Ley de Faraday en el arrollamiento secundario se inducirá una fuerza electromotriz:

$$E_s = \frac{-N \cdot d\phi}{dt}$$

Circuito eléctrico secundario

La fuerza electromotriz E_s hará que circule una corriente I_r en el bobinado secundario cuyo valor dependerá de la impedancia de la totalidad del circuito eléctrico secundario. Esta I_r , convenientemente filtrada, llegará al relé de disparo donde será comparada con la sensibilidad $I\Delta n$ del dispositivo. Si es mayor que $I\Delta n$ disparará.

Fig. 3.15. Generación de la corriente residual I_r a partir del flujo magnético generado en el núcleo toroidal.

El valor del flujo magnético generado ϕ , dependerá del tipo de curva de histéresis que proporcione el material magnético que constituye el toroidal.

Las curvas de histéresis son la representación de la energía que puede ser inducida en un material por la corriente diferencial residual I_r . Cada material tiene una curva de histéresis distinta.

La evolución de los materiales necesarios para fabricar diferenciales clase AC, clase A estándar o clase A superinmunizada, es en definitiva la evolución hacia materiales mas energéticos, que son fundamentales para poder mantener un óptimo nivel de

protección de las instalaciones eléctricas que están experimentando actualmente un gran aumento en su complejidad. A continuación se puede ver cómo es la curva de histéresis del material empleado para elaborar cada tipo de diferencial.

■ Toroidales clase AC:

Son utilizados por los diferenciales clásicos. Permiten tan sólo la detección de corrientes de fuga a tierra de tipo alterna. Son insensibles a las corrientes rectificadas (corrientes pulsantes), con o sin una componente continua.

Es muy conveniente que un diferencial sea capaz de detectar estas corrientes ya que

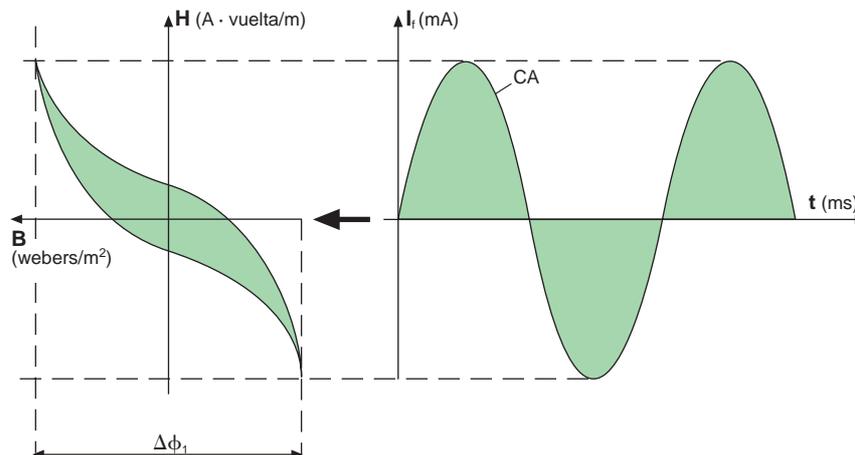


Fig. 3.16. Toroidal clase AC y corriente de fuga alterna.

3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

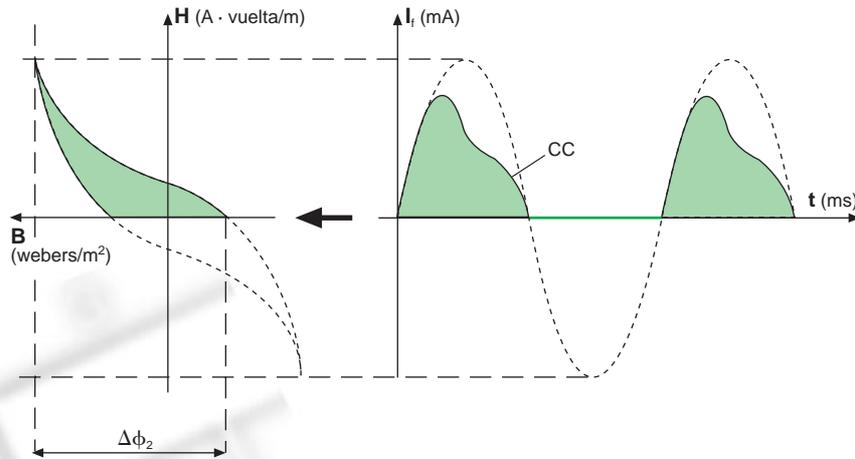


Fig. 3.17. Toroidal clase AC y corriente de fuga rectificadora pulsante.

son tan peligrosas como las alternas pues poseen la misma frecuencia y generan prácticamente la misma tensión de contacto.

Según se observa en el ejemplo de la **figura 3.16**, una fuga de corriente alterna (CA) genera una variación $\Delta\phi_1$, que posteriormente será capaz de crear una corriente residual I_r suficiente en el secundario que provocará el disparo del relé. Una fuga de corriente continua (CC) rectificadora, o corriente continua pulsante, no posee componente negativa, ver **figura 3.17**. En este caso el ciclo de histéresis del toro no es completo, solo se trabaja sobre una mitad del mismo, y el $\Delta\phi_2$ generado es demasiado débil como para crear una corriente residual I_r suficiente que pueda disparar el relé.

■ **Toroidales clase A estándar:**

Permiten resolver el problema anterior de no actuación cuando se tienen fugas de corriente de tipo pulsante. Según se ve en la **figura 3.18**, la utilización de un núcleo

magnético toroidal con la curva de histéresis estrecha y más larga permite aumentar $\Delta\phi_2$; en este caso se generará una corriente residual I_r suficiente para provocar el disparo del relé. El núcleo toroidal que posee este tipo de curva de histéresis está formado por una aleación ferromagnética de mayor calidad que la utilizada en los clase AC, es un material más energético, con pocas pérdidas y débil inducción remanente. Este toroidal es capaz de generar un campo magnético suficiente para provocar el disparo del relé ante defectos diferenciales cuya amplitud de onda (diferencia entre su valor máximo y mínimo), presente variaciones menores que las necesarias para disparar los clase AC. Es en definitiva más sensible a la intensidad de defecto que los clase AC ya que es capaz de disparar ante tres tipos de corriente:

- Corrientes de tipo alterno.
- Corrientes continuas rectificadas o continuas pulsantes.

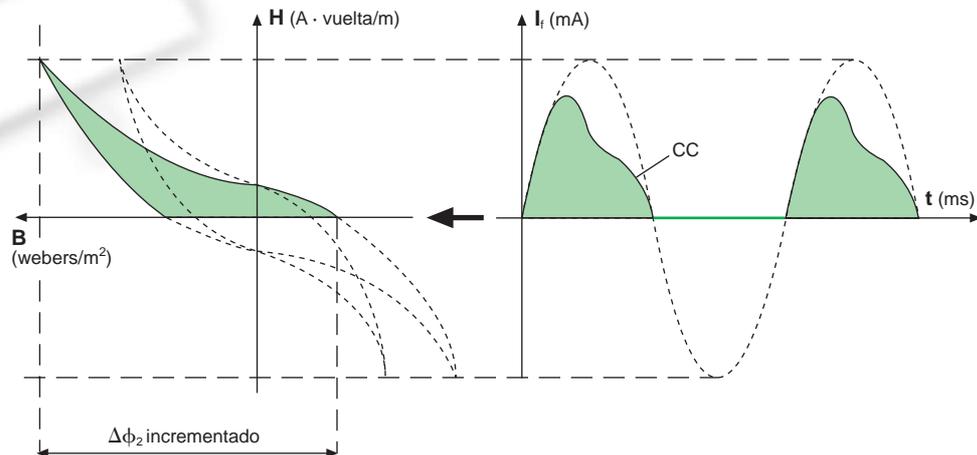


Fig. 3.18. Toroidal clase A y corriente de fuga rectificadora pulsante.

□ Corrientes continuas rectificadas o continuas pulsantes con corriente superpuesta de tipo continuo alisada de hasta 6 mA.

■ **Toroidales clase A superinmunizados:**

El material magnético del núcleo toroidal mejora las propiedades de los clase A estándar descritos anteriormente. Al material empleado para fabricar este tipo de toroidales le bastan variaciones de corriente diferencial aún menores que en los clase A estándar para inducir la misma energía necesaria para disparar el relé. Ello es debido a que posee una curva de histéresis aún más estrecha y de mayor longitud, con lo cual se acentúa todavía más el fenómeno descrito en la figura 3.18 para los clase A estándar, con todavía menos pérdidas. En la **figura 3.19** se comparan las curvas de histéresis de los 3 tipos de toroidales: AC, A estándar y A superinmunizado. Se puede apreciar que generan flujos magnéticos crecientes que a su vez inducen tensiones residuales E en el secundario también crecientes en función del tipo de toroidal.

b) Bloque de filtrado electrónico

Los sistemas de filtrado electrónico para el tratamiento de la señal eléctrica que proporciona el secundario del transformador toroidal, es la parte que más ha evolucionado en la nueva gama de dispositivos diferenciales clase A superinmunizados de Merlin Gerin.

Tal como se observa en la **figura 3.12**, los diferenciales clase AC tan sólo poseen un circuito de inmunización básico contra transitorios. En su momento, para obtener un diferencial clase A a partir de un clase

AC estándar se le incorporó un **bloque de detección de corrientes de fuga continuas pulsantes**, que aportaba una importante mejora al diferencial:

□ **Mayor seguridad para las personas.**

Ahora además, se ha añadido dentro del bloque de filtrado electrónico un nuevo bloque de superinmunización compuesto por un **circuito de acumulación de energía** y un **filtro de altas frecuencias**, que aportan respectivamente claras mejoras respecto a los clase AC y a los clase A estándar en los aspectos siguientes:

□ **Mayor autoprotección contra la influencia de las sobretensiones transitorias.**

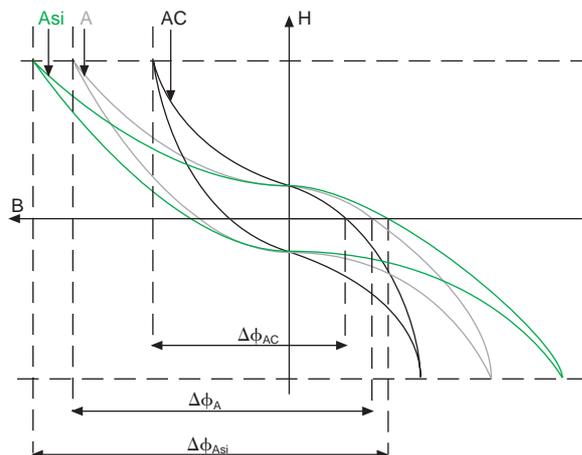
□ **Autoprotección contra la influencia de las fugas de alta frecuencia.**

Veamos a continuación cada uno de los bloques por separado:

■ **Bloque de detección de corrientes de fuga continuas pulsantes.**

Este circuito electrónico es el complemento necesario para los toroidales clase A, que en el apartado anterior se han descrito como los transformadores toroidales adecuados para hacer posible la detección de corrientes de fuga no sólo alternas sino también continuas pulsantes.

En los diferenciales clase A, además de un toroidal de un material especial, más energético, capaz de detectar corrientes con menor nivel de ondulación que los toroidales clase AC, se debe emplear un circuito electrónico que trate la corriente a la salida del secundario del toroidal. El tratamiento que efectúa este circuito es de



Donde:

$$\Delta\phi_{AC} < \Delta\phi_A < \Delta\phi_{A si}$$

↓

$$E = -N \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

↓

$$E_{AC} < E_A < E_{A si}$$

Fig. 3.19. Curvas de histéresis de los 3 tipos de toroidales: clase AC, clase A y clase A si.

3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

rectificación de la corriente, obliga a que el sentido de la misma sea siempre el mismo y adecuado para que el relé de disparo trabaje siempre en el sentido correcto. Es decir que la corriente que llegue al relé de disparo siempre tienda a abrir el relé y nunca a cerrarlo.

Mediante este circuito se alcanza un seguridad que evita un posible efecto secundario de las corrientes pulsantes sobre un diferencial clase AC: aparte de que este dispositivo no es capaz de detectarlas o si lo hace es con una energía insuficiente para poder provocar disparo, con el peligro para las personas que ello supone, puede ocurrir que la corriente llegue al relé de disparo y tenga la polaridad inversa a la necesaria para provocar la apertura del relé, es decir, tiende a cerrar el relé en lugar de a abrirlo, con lo cual se produce el efecto de bloqueo ante otras corrientes de defecto (alternas) que se puedan producir simultáneamente. En este caso no se produce el disparo ante ninguna de las dos corrientes de defecto, ni la rectificada ni la alterna, quedando en definitiva bloqueado ante cualquier tipo de defecto.

Por todo ello es evidente la importancia de este circuito para la seguridad de las personas, no sólo en los diferenciales clase A estándar, sino también en los diferenciales clase A superinmunizados.

■ Autoprotección contra la influencia de las sobretensiones transitorias.

Todos los diferenciales **Merlin Gerin** de la familia **multi 9**, tanto los clase AC como los clase A estándar, poseen un **bloque de inmunización o autoprotección básica** contra las sobretensiones transitorias tal como se exige en las normas de protección diferencial correspondientes, la UNE EN 61008 para los Interruptores Diferenciales y la UNE EN 61009 para los Interruptores Automáticos Diferenciales (magnetotérmicos con protección diferencial incorporada o con bloque diferencial adaptable tipo Vigi). Además, en la norma CEl 1543 sobre compatibilidad electromagnética para dispositivos diferenciales, también se hace referencia a los ensayos de inmunidad que deben superar los diferenciales. Todas estas normas determinan que los aparatos superen sin disparo, entre otros, los ensayos siguientes:

□ **sobreintensidad oscilatoria amortiguada normalizada tipo 0,5 μ s/ 100 kHz**, que corresponde de forma muy aproximada a la forma de la corriente que se fuga a tierra de forma transitoria a través de las capacidades de aislamiento de la instalación durante las sobretensiones que se producen siempre cuando hay maniobras de conexión/desconexión de circuitos capacitivos (todo circuito de una instalación eléctrica BT tiene una cierta capacidad de aislamiento entre fases y tierra). Ver la forma de esta onda en la **figura 3.20**. En las normas anteriores se indica que para la primera cresta de la onda el nivel mínimo a superar durante el ensayo es de 200 A y no debe producirse disparo.

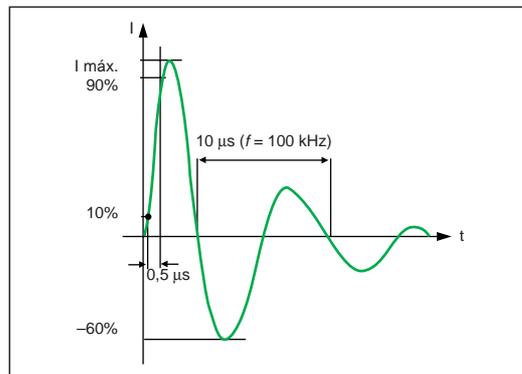


Fig. 3.20. Onda de sobreintensidad de conexión normalizada tipo 0,5 μ s/100 kHz.

□ **el ensayo ante onda de corriente de choque normalizada tipo 8/20 μ s**, que es consecuencia de sobretensiones provocadas por el rayo del tipo 1,2/50 μ s. Concretamente los aparatos clases AC y A estándar instantáneos superan sin disparo el ensayo ante picos de corriente de 250 A tipo 8/20 μ s, y los selectivos de 3000 A. En la **figura 3.21** se puede ver la forma de esta

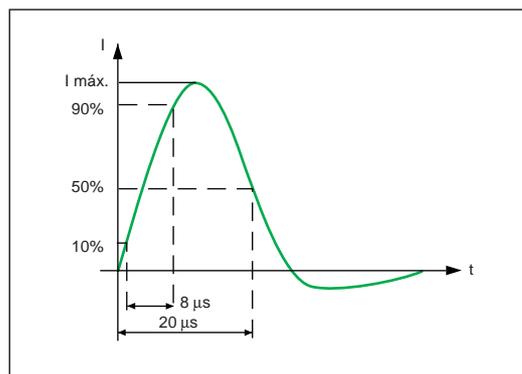


Fig. 3.21. Onda de corriente de choque normalizada tipo 8/20 μ s.

protección diferencial BT

onda tal como se define en la norma. Este ensayo es, en realidad, mucho más exigente para los dispositivos diferenciales que el anterior ya que esta onda transmite mucha más energía que la onda $0,5 \mu\text{s}/100 \text{ kHz}$, ya que dicha energía es equivalente al área encerrada entre la curva de la onda y el eje horizontal. Por ello el ensayo $8/20 \mu\text{s}$ se suele tomar de referencia mucho más habitualmente que el $0,5 \mu\text{s}/100 \text{ kHz}$.

La nueva gama **superinmunizada multi 9** va más allá de los niveles mínimos anteriores exigidos en las diferentes normas e incrementa de forma muy importante los valores de protección obtenidos mediante el bloque de inmunización básico anterior. La nueva gama superinmunizada posee un **circuito de acumulación** de energía, gracias al cual los nuevos diferenciales instantáneos de la gama superinmunizada ven incrementada la protección de 250 A hasta 3000 A según onda tipo $8/20 \mu\text{s}$, y en el caso de las versiones selectivas aumenta de 3000 A hasta 5000 A, lo cual permite superar sin disparo la gran mayoría de sobretensiones transitorias provocadas por **descargas atmosféricas**. Este circuito de acumulación de energía también permite evitar el tipo de disparo intempestivo más habitual: “el disparo por simpatía” o disparo simultáneo en cadena de varios diferenciales, que será tratado en detalle más adelante en esta misma Guía, y que es debido a las sobretensiones transitorias oscilatorias amortiguadas del tipo $0,5 \mu\text{s}/100 \text{ kHz}$ visto anteriormente, provocadas por **maniobras de la red** y transmitidas como las anteriores por las capacidades de las propias líneas conductoras y por los filtros capacitivos unidos a tierra de los receptores electrónicos.

■ Autoprotección contra la influencia de las fugas de alta frecuencia.

En las redes eléctricas de baja tensión, cada vez se emplean más receptores que

incorporan circuitos electrónicos que generan corrientes de alta frecuencia (del orden de varios kHz), para ser utilizadas por el propio receptor. Para evitar que sean reinyectadas al resto de la red de baja tensión este tipo de receptores suele incorporar filtros capacitivos que envían hacia tierra una parte importante de la corriente no utilizada de alta frecuencia. Así, gracias a estos filtros, estos receptores son conformes con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (CEM) de obligado cumplimiento. Algunos de los receptores que tienen este comportamiento son, por ejemplo, las reactancias electrónicas para iluminación fluorescente, variadores de velocidad para motores, variadores electrónicos de intensidad luminosa, etc. El comportamiento de estos receptores será analizado detalladamente más adelante en el capítulo 6 de aplicaciones de esta Guía.

Al ser dirigidas hacia tierra estas corrientes de alta frecuencia son captadas por los diferenciales, como cualquier otra fuga que se produzca en las líneas por debajo de un diferencial, y pueden llegar a afectar a la respuesta del relé de disparo de los diferenciales clase AC o clase A estándar de dos formas diferentes, dependiendo de la intensidad eficaz de dicha señal de alta frecuencia, es decir, de la cantidad de emisores de alta frecuencia acumulados por debajo de cada diferencial:

- **disparos intempestivos, o**
- **riesgo de no disparo del diferencial.**

El **filtro de altas frecuencias** que incorpora la nueva **gama superinmunizada** evita estos problemas sobre el relé de disparo. Para las altas frecuencias, este filtro actúa como un filtro “pasa-bajos”, asimilándose su comportamiento a un circuito abierto cuanto mayor es la frecuencia, es decir, no se transmite la corriente de alta frecuencia hacia el relé de disparo (ver la **figura 3.22**).

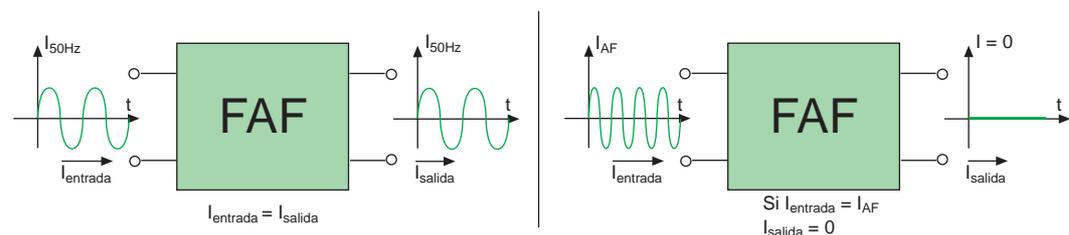


Fig. 3.22. Comportamiento del Filtro de Altas Frecuencias (FAF).

3 Principio de funcionamiento de los dispositivos diferenciales

No obstante, sigue siendo capaz de transmitir hacia el relé de disparo la corriente a frecuencia industrial de 50 Hz generada por un posible defecto de fuga a tierra verdadero que se produzca simultáneamente a la perturbación de alta frecuencia. Así se garantiza en todo momento la protección para las personas y se minimizan al mismo tiempo los comportamientos incorrectos del diferencial.

El comportamiento de este filtro se ajusta a las prescripciones de la norma UNE 20572-2, presentada en el primer capítulo de esta Guía, donde se especifican los efectos sobre las personas de la corriente alterna a frecuencias superiores a 100 Hz. En ningún caso la atenuación de las corrientes de fuga a frecuencias superiores a 50 Hz realizada por el filtro, es superior al que sería admisible según esta norma. En dicha norma se puede ver como aumentan los niveles de corriente que se pueden considerar peligrosos para las personas al aumentar la frecuencia. Las corrientes necesarias para disparar un diferencial superinmunizado son siempre ligeramente inferiores a las consideradas peligrosas para las personas en cada frecuencia según la norma. Es decir, se garantiza la seguridad para las personas en todas las frecuencias, acercándose al máximo al límite admitido por la norma. La frecuencia a partir de la cual el filtro de alta frecuencia produce un bloqueo prácticamente total a la transmisión de corriente hacia el relé de disparo es de 10 kHz. Veamos a continuación cómo y hasta qué nivel actúa este filtro de altas frecuencias, para evitar los dos problemas mencionados:

Disparos intempestivos:

La atenuación de las corrientes de fuga a frecuencias superiores a 50 Hz pero que no alcanzan el nivel de kHz, es decir de frecuencias que se pueden considerar “intermedias”, hace que un diferencial superinmunizado se comporte mejor que un diferencial clase AC o un clase A estándar, en las redes con presencia importante de **corrientes armónicas**. Tal como se verá en el capítulo 5 de esta Guía las corrientes armónicas hacen que sean mayores las corrientes de fuga capacitivas permanentes propias de toda red, aumentando el número de disparos intempestivos de los diferenciales estándar por esta causa.

Con la gama superinmunizada se disminuye el nº de disparos hasta el nivel tolerado por la norma UNE 20572-2. Es decir, no se puede evitar al 100% que un diferencial dispare ante fugas de corriente con componentes armónicos de, por ejemplo, orden 3 (150 Hz), o orden 5 (250 Hz), ya que a estas frecuencias la corriente todavía es peligrosa para las personas, según la norma.

Riesgo de no disparo o cegado del diferencial:

La capacidad de actuación o de disparo del relé de un dispositivo diferencial residual tradicional se ve influida por la frecuencia de la señal. Es decir, la respuesta del relé de disparo depende de la frecuencia de la corriente de fuga detectada por el toroidal. Al aumentar la frecuencia de la corriente se intensifica el fenómeno de bloqueo o “cegado” del relé de disparo. Depende del tipo de diferencial, según se observa en la **figura 3.23**.

Tipo de diferencial	50 Hz	> 1 kHz	> 10 kHz	< 100 kHz
ID, 30 mA, clase AC	OK	Bloqueado	Bloqueado	Bloqueado
ID, 30 mA, clase A, “si”	OK	OK	OK	OK

Fig. 3.23. Comportamiento de un diferencial **multi 9** en función de la frecuencia.

En dicha tabla se ve que a partir de 1 kHz un diferencial estándar clase AC tiene riesgo de no disparo por bloqueo del relé de disparo. Es decir, existe riesgo de no disparo si simultáneamente a la corriente de alta frecuencia se tiene una fuga a la frecuencia normal de 50 Hz. En la misma situación un diferencial **superinmunizado Merlin Gerin** mantiene invariable su respuesta ante un posible defecto a 50 Hz con corrientes superpuestas de hasta 100 kHz.

El origen del bloqueo o cegado es el siguiente:

Cuando el relé de disparo de un diferencial estándar recibe una corriente de alta frecuencia, la fuerza magnética creada por la corriente de alta frecuencia, varía de sentido con una rapidez tan alta que el mecanismo de disparo (paleta+muelle), no la puede seguir debido a su propia inercia mecánica que requiere que la corriente que tiene el sentido adecuado para abrir la paleta esté presente al menos un tiempo determinado.



El resultado es que queda “pegada” la paleta y no es capaz de responder (disparar) no sólo ante las fugas de corriente de alta frecuencia, que ya nos conviene pues no son peligrosas, sino tampoco ante fugas simultáneas de corriente a 50 Hz que sí son peligrosas. Durante el bloqueo, en según qué condiciones, se puede llegar a percibir incluso una pequeña vibración producida por este “equilibrio” de fuerzas. En la gama **superinmunizada** se ha hecho lo más adecuado para evitar este problema en el relé de disparo: no permitir que la corriente de alta frecuencia llegue hasta el mismo interponiendo un filtro de altas frecuencias.

c) Bloque de relé de disparo

En los diferenciales convencionales clase AC y clase A estándar el relé de disparo recibe señal eléctrica desde el toroidal de forma permanente. Esto puede producir los problemas siguientes:

- disparos intempestivos debidos a una presensibilización originada por las pequeñas fugas permanentes de corriente a 50 Hz, que siempre existen,
- riesgo de bloqueo si esta señal fuera de alta frecuencia,
- y sólo en el caso de los diferenciales clase AC, también se podría producir bloqueo si la señal fuera una corriente pulsante.

En la gama **superinmunizada**, gracias al **circuito de verificación y disparo**, sólo llegará señal al relé en el caso de que la

totalidad de filtros descritos antes “autoricen” el disparo, y haya que realizar el disparo del diferencial. Si la energía de la corriente a la salida de todos los circuitos anteriores es demasiado reducida, el circuito de verificación y disparo no dará la señal de apertura al relé. Este circuito efectúa la gestión final del disparo. La intensidad de salida del circuito de verificación y disparo, llega al arrollamiento **del relé de disparo**, ver **fig. 3.24**, originando una intensidad de campo magnético (H), el cual a su vez, en función de la permeabilidad magnética del material que constituye el núcleo férreo del relé de disparo (μ), provoca una inducción del campo magnético (B). Esta inducción, en función de la sección del relé de disparo, se convierte en un flujo magnético (ϕ) en el interior del núcleo ferromagnético, que creará una fuerza magnetomotriz F_{ϕ_d} que puede ser suficiente para vencer la fuerza de atracción magnética F_{ϕ_A} ejercida sobre la paleta por un imán permanente (que tiende a atraer la paleta, es decir, a mantener cerrado el diferencial), originando finalmente la separación de la paleta que se verá ayudada por la fuerza de un muelle F_k que permite acelerar su rotación. Dicho movimiento de la paleta abrirá los contactos del diferencial. En la **figura 3.24** se puede observar el estado del relé en caso de no tener defecto y en caso de que exista un defecto suficiente para provocar el disparo.

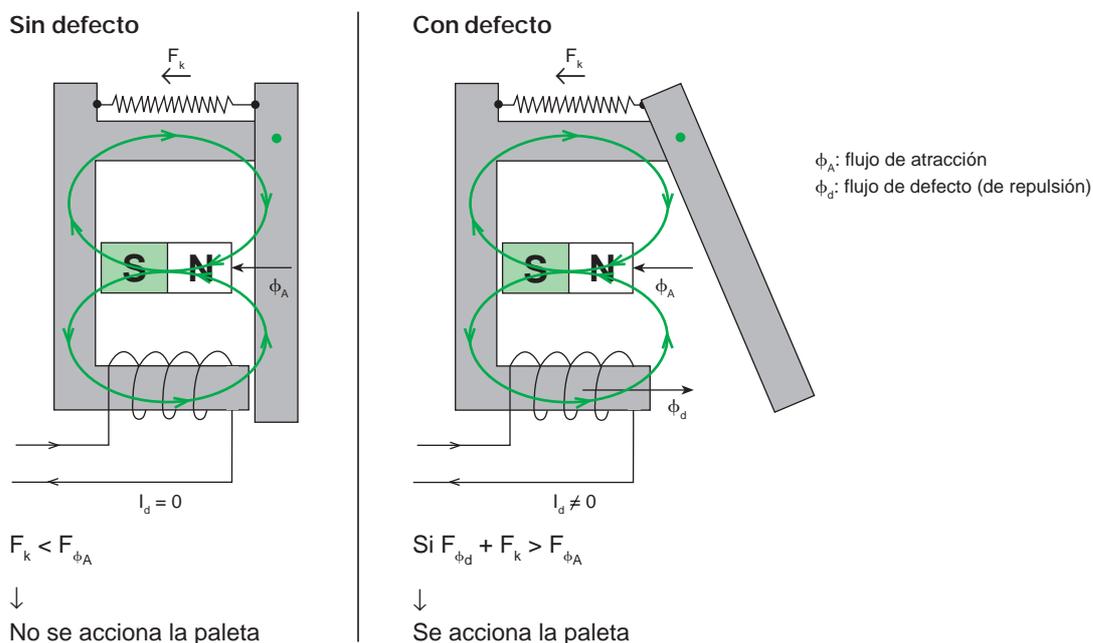


Fig. 3.24. Funcionamiento del relé de disparo.

4

Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales

- 4.1 Normas aplicables a cada tipo de diferencial **44**
- 4.2 Evolución de las normas UNE EN 61008 y UNE EN 61009 **45**
- 4.3 Principales características de las normas **45**
- 4.4 Principales ensayos normalizados **47**
- 4.5 Ensayos de compatibilidad electromagnética (CEM) **51**



4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales

Actualmente, a nivel mundial las normas son emitidas por la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y son examinadas en Europa por el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC). Desde 1989 los dispositivos de protección diferencial se fabrican según las normas específicas de producto. Estas normas continuaron su evolución con el fin de homogeneizar la legislación en los diferentes países.

En este capítulo serán descritas las principales características de los diferenciales definidas por estas normas, así como alguno de los ensayos más significativos, incluyendo específicamente los relativos a compatibilidad electromagnética (CEM).

4.1 Normas aplicables a cada tipo de diferencial

Existen varias normas de fabricación de los dispositivos diferenciales residuales, dependiendo de su tecnología y su aplicación. Estas normas establecen los parámetros de fabricación y características técnicas (ensayos, etc.) que deben cumplir los aparatos, en función de su sector de aplicación, prestaciones deseadas, etc. A continuación, en la **figura 4.1**, se presenta una tabla donde se resume qué Norma de referencia se sigue para la fabricación de cada tipo de Dispositivo Diferencial Residual (DDR):

Tabla resumen de Normas de referencia para la fabricación de los Dispositivos Diferenciales Residuales (DDR)

Tipo de DDR	Normas de referencia actualmente en vigor	Título de la Norma
Interruptor magnetotérmico y diferencial terminal 	UNE EN 61009	Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, con dispositivo de protección contra sobrecorrientes incorporado, para usos domésticos y análogos.
Interruptor diferencial ID de carril DIN 	UNE EN 61008	Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, sin dispositivo de protección contra sobrecorrientes, para usos domésticos y análogos.
Interruptor automático magnetotérmico y diferencial monobloque de carril DIN 	UNE EN 61009	Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, con dispositivo de protección contra sobrecorrientes incorporado, para usos domésticos y análogos.
Bloque diferencial adaptable a interruptor magnetotérmico de carril DIN ≤ 125 A 	UNE EN 61009	Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, con dispositivo de protección contra sobrecorrientes incorporado, para usos domésticos y análogos.
Bloque diferencial adaptable a interruptor magnetotérmico de carril DIN de potencia 	UNE EN 60947-2 Anexo B (Normativo)	Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
Relé diferencial con toro separado 	UNE EN 60947-2 Anexo B (Normativo)	Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
Bloque diferencial adaptable para interruptores automáticos de caja moldeada 	UNE EN 60947-2 Anexo B (Normativo)	Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.

Fig. 4.1.

4.2 Evolución de las normas UNE EN 61008 y UNE EN 61009

En 1989 se creó la norma europea CEE27 (basada en la antigua norma doméstica para las protecciones diferenciales) ver **fig. 4.2**. En 1993 se adoptaron las normas CEI 1008 y CEI 1009 para el resto del mundo. Las normas CEI 1008 y CEI 1009 constituyen la base de trabajo, en el ámbito europeo CENELEC, para la preparación de las nuevas normas que tratan sobre los interruptores diferenciales ID (CEI 1008) e interruptores automáticos diferenciales (CEI 1009), que responden a las exigencias de utilización (doméstico y similar) específicas de cada país europeo. El CENELEC aprobó las dos normas en marzo de 1994 fijando las siguientes fechas límite:

- Fecha límite de publicación de una norma nacional idéntica 01.07.1996.

- Fecha límite de retirada de las normas nacionales divergentes 01.07.2000.

En España ambas normas fueron publicadas por Aenor en 1996, antes de la fecha límite, denominándose UNE EN 61008 y UNE EN 61009, respectivamente. La conformidad de los productos con las especificaciones de estas normas garantiza la conformidad con los requisitos esenciales de la Directiva 73/23/CEE (Directiva de Baja Tensión) y con su modificación 93/68/CEE.

Estas dos normas pese a ser aplicables en toda Europa, difieren en algún punto en algunos países. En la **figura 4.3** se indica alguna de estas diferencias.

4.3 Principales características de las normas

Todas las normas de fabricación mencionadas al inicio del capítulo definen las clases, valores de umbrales o sensibilidades, así como curvas de disparo para los diferenciales.

Diferenciales de clase AC, A o B a elegir en función de la corriente a detectar

La corriente que circula en las redes eléctricas es cada vez menos senoidal, por lo que la norma general de protección diferencial CEI 755 ha definido tres tipos de diferenciales: los de clases AC, A y B, según la corriente diferencial a detectar (ver **fig. 4.4**).

- El clase AC, para las corrientes alternas senoidales.

- El clase A, para las corrientes alternas senoidales, continuas pulsantes, o continuas pulsantes con una componente continua de 6 mA, con o sin control del ángulo de fase, que estén aplicadas bruscamente o que aumenten lentamente.

País	Características específicas
Alemania Suiza Bélgica	Sólo acepta dispositivos clase A.
Holanda Bélgica	Autoriza tecnología con fuente auxiliar de alimentación. No considera el interruptor diferencial como un aparato de corte.
Irlanda Reino Unido	Acepta dispositivos sin corte del neutro hasta 01/07/2010.

Fig. 4.3.

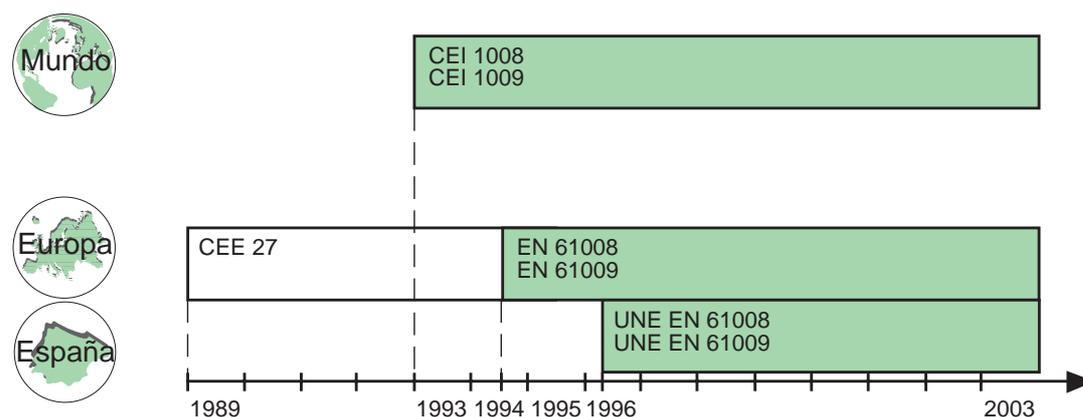


Fig. 4.2.

4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales

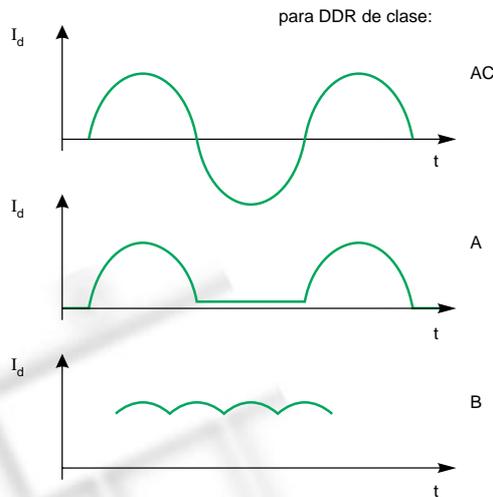


Fig. 4.4. Corrientes de defecto detectables por cada DDR previstas por las normas de construcción de los diferenciales.

- El clase B, para las mismas corrientes que la clase A pero, además, para las procedentes de rectificadores:
 - de simple alternancia con una carga capacitiva que produce una corriente continua alisada,
 - trifásicos de alternancia simple o doble.

Sensibilidades ($I_{\Delta n}$)

Las sensibilidades o corrientes diferenciales de funcionamiento asignadas ($I_{\Delta n}$) están normalizadas por la CEI:

- Alta sensibilidad AS: 6-10-30 mA.
- Media sensibilidad MS: 100-300 y 500 mA.
- Baja sensibilidad BS: 1-3-5-10 y 20 mA.

Es evidente que la AS se utiliza con más frecuencia en protección contra los contactos directos, mientras que las otras sensibilidades (MS y BS) se utilizan para todas las otras necesidades de protección, contra los contactos indirectos (esquema TT), riesgos de incendio y de destrucción de las máquinas.

En todas las normas de protección diferencial se indica que el valor mínimo admitido de la corriente diferencial de no funcionamiento ($I_{\Delta no}$) es $0,5 I_{\Delta n}$. Es decir que las normas admiten como margen correcto de disparo de un diferencial a los valores comprendidos entre $I_{\Delta n}$ y $0,5$ veces $I_{\Delta n}$.

Curvas de disparo

Tienen en cuenta los estudios mundiales realizados sobre el riesgo eléctrico, UNE 20572 o CEI 479, (ver capítulo 1 de esta Guía), y en particular:

- Los efectos de la corriente en el caso de la protección contra los contactos directos.
- La tensión límite de seguridad en el caso de la protección contra los contactos indirectos.

En el campo doméstico y análogo, las normas UNE EN 61008 (interruptores diferenciales) y UNE EN 61009 (interruptores automáticos diferenciales) definen valores normalizados de los tiempos de funcionamiento (ver **tabla 4.1** que corresponde a las curvas de funcionamiento general instantáneo (G) y selectivos (S) de la **fig. 4.5**):

- La curva G para los diferenciales **instantáneos**.

- La curva S para los diferenciales **selectivos** del nivel de la temporización más baja.

Para los interruptores automáticos diferenciales de potencia, los tiempos de disparo figuran en el anexo B de la norma UNE EN 60947-2. Ver **tabla 4.2**.

Todas estas normas definen el tiempo máximo de funcionamiento en función de la relación $I_d / I_{\Delta n}$ para los diferenciales con tiempo de respuesta dependiente (habitualmente electromagnéticos).

Los diferenciales electrónicos, utilizados sobre todo en la industria y el gran terciario, tienen generalmente un umbral y una

Tabla 4.1. Valores normalizados del tiempo máximo de funcionamiento y del tiempo de no funcionamiento de un diferencial según normas UNE EN 61008 y UNE EN 61009.

Tipo	I_n (A)	$I_{\Delta n}$ (A)	Valor normalizado (en segundos) a:				
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$500 A$	
General o instantáneo (G)	Todos los valores	Todos los valores	0,3	0,15	0,04	0,04	Tiempo máximo de funcionamiento
Selectivo (S)	> 25	> 0,030	0,5	0,2	0,15	0,15	Tiempo máximo de funcionamiento
			0,13	0,06	0,05	0,04	Tiempo mínimo de no respuesta

protección diferencial BT

Tipo	$I\Delta n$ (A)	Valor normalizado (en segundos) a:			
		$I\Delta n$	$2 I\Delta n$	$5 I\Delta n$	$10 A$
No temporizado (instantáneo)	Todos los valores	0,3	0,15	0,04	0,04
Temporizado (1)	$> 0,03$	0,5	0,2	0,15	0,15

Tabla 4.2. Valores normalizados del tiempo máximo de funcionamiento de un diferencial según norma UNE EN 60947-2.

(1): Valores suponiendo un tiempo mínimo de no respuesta (0,06 s).

– El tiempo de no respuesta se define a $2 I\Delta n$ y el valor mínimo admitido es de 0,06 s y el máximo de 1 s (para protección contra contactos indirectos).

– Los valores preferenciales de tiempos de no respuesta a $2 I\Delta n$ son: 0,06 - 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5 - 1 s.

– En caso de tiempo de no respuesta $> 0,06$ s, el fabricante debe comunicar la característica corriente diferencial - tiempo de disparo correspondiente.

temporización regulables y su tiempo de respuesta es independiente de la corriente de defecto a excepción de la nueva gama de diferenciales electrónicos con toroidal separado **Vigirex RHU** de **Merlin Gerin** que son a tiempo inverso (a mayor corriente de fuga menor tiempo de respuesta).

Es necesario recordar que la UNE 20460 prevé los tiempos máximos de corte en los circuitos terminales para los esquemas TN e IT. Para el esquema TT, el tiempo de funcionamiento de los diferenciales se elige en función de la tensión de contacto, en la práctica, los diferenciales de tipo instantáneo (G) y selectivos (S) son adecuados en los circuitos terminales para tensiones de red $\leq 230/440$ V. La norma precisa también que un tiempo de 1 s está admitido en esquema TT para los circuitos de distribución, con el fin de establecer los niveles de selectividad adecuados para asegurar la continuidad de servicio.

Además de las características de la función diferencial mencionadas más arriba, las normas de productos fijan también:

- La resistencia a los choques mecánicos y a las sacudidas.
- La temperatura ambiente y la humedad.
- La endurancia mecánica y eléctrica.
- La tensión de aislamiento, resistencia a la onda de choque.

■ Los límites CEM.

Prevén también unos ensayos de tipo y comprobaciones periódicas de calidad y de las prestaciones realizadas, bien por el fabricante, bien por organismos homologados. Algunos de los ensayos realizados por el fabricante se pueden ver en el apartado siguiente. De este modo se garantiza al utilizador la calidad de los productos y la seguridad de las personas. Los diferenciales pueden llevar también marcas de calidad, por ejemplo: N de Aenor en España.

4.4 Principales ensayos normalizados

Ensayos sobre ID e interruptores automáticos diferenciales

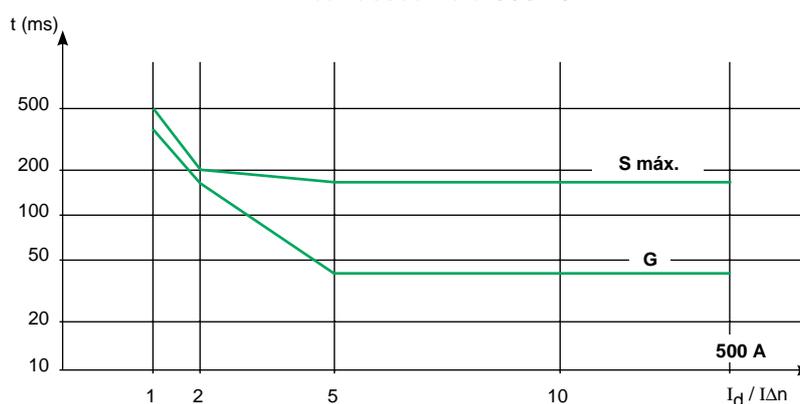
Los principales ensayos de las normas UNE EN 61008 y UNE EN 61009 se detallan a continuación:

■ Envoltente

Este ensayo consiste en comprobar la resistencia al fuego de la envoltente plástica del DDR. (Ver a continuación ensayo de “Resistencia al calor y al fuego”).

□ La envoltente debe resistir un hilo incandescente a 960 °C.

Fig. 4.5. Curvas de tiempo máximo de funcionamiento para interruptores diferenciales e interruptores automáticos diferenciales para uso general instantáneo G y selectivos (S), según UNE EN 61008 y UNE EN 61009.



4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales

■ Ensayo diferencial

Este ensayo consiste en comprobar el disparo del diferencial con una corriente de I_n , $2 I_n$ y después 500 A, simultáneas al defecto diferencial.

□ Este ensayo sirve para comprobar si el diferencial dispara con fuga a tierra y sobrecarga simultáneas en la red (ej.: en un motor trifásico se produce una fuga a tierra, resultando una sobrecarga en las otras fases).

■ Poder de cierre y de corte diferencial asignado $I\Delta m$

Este ensayo consiste en abrir o cerrar un circuito con una corriente de fuga residual $I\Delta m$ igual a $10 I_n$ con un mínimo de 500 A.

Fig. 4.6.

□ $I\Delta m$ es un valor asignado, definido por el fabricante, y aparece en el producto o en la documentación del producto.

□ Este ensayo está realizado sin protección aguas arriba. El diferencial debe ser apto para funcionar en condiciones normales al finalizar el ensayo.

□ Después del disparo por fuga a tierra, el diferencial no puede volver a cerrarse si el defecto no ha sido eliminado.

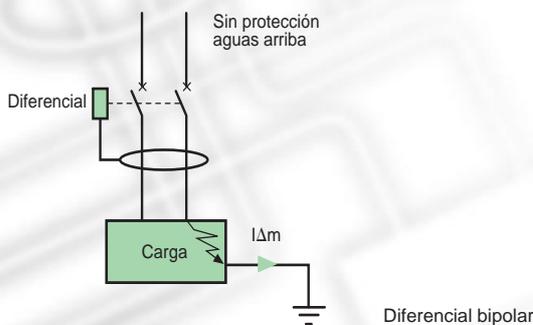


Fig. 4.6.

■ Poder de cierre y de corte asignado I_m

Este ensayo consiste en alimentar el diferencial a una corriente I_m igual a $10 I_n$ con 500 A, como mínimo. Fig. 4.7.

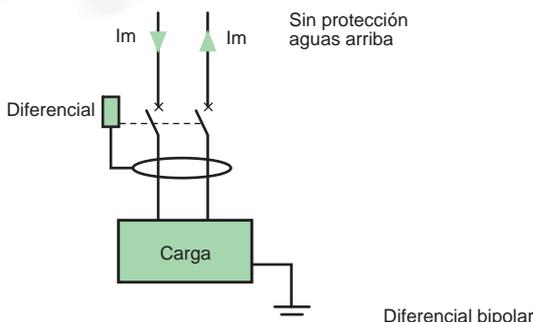


Fig. 4.7.

□ I_m es un valor asignado, definido por el fabricante, y aparece en el producto o en la documentación sobre el producto.

□ Este ensayo está realizado sin protección aguas arriba. El diferencial debe ser apto para funcionar en condiciones normales al finalizar el ensayo.

■ Corriente condicional asignada de cortocircuito I_{nc} (sólo para ID, UNE EN 61008)

Este ensayo consiste en comprobar el comportamiento del diferencial con una corriente de cortocircuito I_{nc} y verificar la asociación del diferencial con una protección (magnetotérmico o fusible), aguas arriba. Fig. 4.8.

□ I_{nc} es un valor definido por el fabricante.

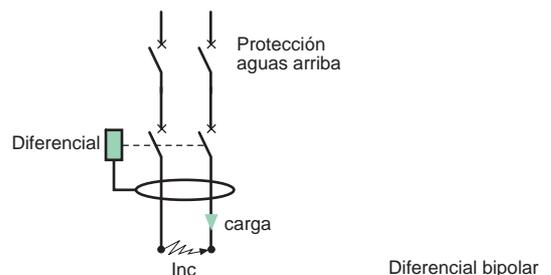


Fig. 4.8.

■ Corriente diferencial asignada condicional de cortocircuito $I\Delta c$ (sólo para ID, UNE EN 61008)

Esta prueba consiste en comprobar el comportamiento del diferencial con una corriente residual de cortocircuito $I\Delta c$.

Fig. 4.9.

□ $I\Delta c$ es un valor definido por el fabricante.

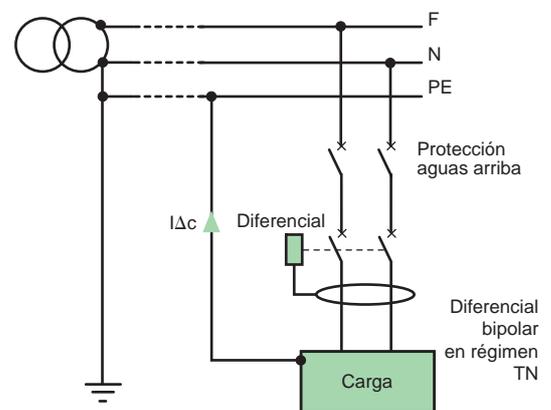


Fig. 4.9.

protección diferencial BT

■ Condiciones de ensayo

Este ensayo consiste en comprobar, durante las secuencias de ensayo ($I\Delta m$, $I\Delta c$, I_{nc} , etc.), que ningún fenómeno externo (químico, térmico, mecánico, eléctrico, etc.) pondrá en peligro a los usuarios del diferencial en condiciones normales de utilización. **Fig. 4.10.**

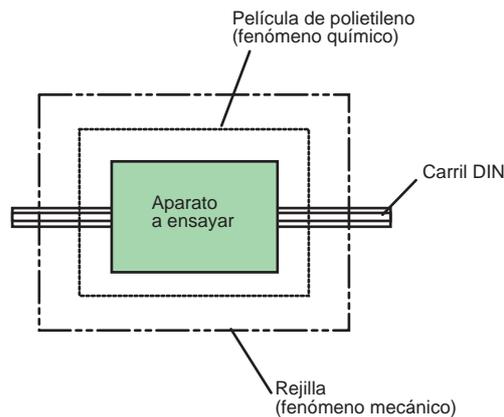


Fig. 4.10.

■ Resistencia a las perturbaciones electromagnéticas

Este ensayo consiste en comprobar la capacidad del diferencial para limitar los disparos intempestivos debidos a sobretensiones transitorias, armónicos presentes en la red, sobretensiones de maniobra, etc.

- El diferencial debe resistir la onda impulsional $0,5 \mu s/100 \text{ kHz}$.
- Los diferenciales de Schneider también resisten la onda impulsional de corriente $8/20 \mu s$.
- El impulso $0,5 \mu s/100 \text{ kHz}$ es un impulso oscilatorio amortiguado muy semejante a las perturbaciones electromagnéticas que se producen habitualmente en las redes de baja tensión durante las conmutaciones y que circulan por las capacidades de la red. Ver apartado 4.5 de este capítulo para más detalles sobre estos ensayos de compatibilidad electromagnética (CEM) y otros.

■ Propiedades dieléctricas

a) Nivel de aislamiento

Este ensayo garantiza el nivel de aislamiento entre las partes activas entre sí y entre las partes activas y tierra. Consiste en verificar que, en caso de sobretensiones transitorias de tipo $1,2/50 \mu s$, el diferencial tiene un cierto nivel de aislamiento que garantiza a los usuarios y a los operadores la seguridad de la instalación.

Nivel de aislamiento mínimo requerido:

- Entre partes activas: 6 kV máx.
- Entre las partes activas y la tierra: 8 kV máx.

b) Rigidez dieléctrica

Este ensayo consiste en aplicar 2000 V ($= 2 U_i + 1000$), suministrando una corriente mínima de $0,2 \text{ A}$ entre los terminales de aguas arriba y aguas abajo del diferencial, en la posición de abierto. El ensayo demuestra que el diferencial se comporta como un aparato seccionador que garantiza el aislamiento entre los bornes aguas arriba y aguas abajo.

■ Tipo S o selectivos

Las normas UNE EN 61008 y 61009 armonizan las características específicas de los diferenciales tipo S o selectivos. Para este tipo de diferencial se realizan dos ensayos adicionales:

- Un ensayo que garantiza la resistencia a los disparos intempestivos de origen transitorio (ej.: sobretensiones de origen atmosférico, sobretensiones debidas a maniobras, etc.). Este ensayo se lleva a cabo con la onda impulsional de corriente de $8/20 \mu s$ con un valor mínimo de 3 kA cresta.
- Un ensayo para normalizar el tiempo de no respuesta del diferencial, tipo S, con una corriente diferencial $I\Delta n$, $2 I\Delta n$ y 500 A . El propósito de este ensayo es asegurar que los diferenciales de tipo S garanticen un nivel de selectividad de corriente diferencial con los diferenciales instantáneos colocados aguas abajo para cualquier corriente diferencial $I\Delta n$. Ej.: a $I\Delta n$ el tiempo de no respuesta es igual a 130 ms , a 500 A el tiempo de no respuesta es igual a 40 ms .

■ Ensayo a $-25 \text{ }^\circ\text{C}$

Este ensayo garantiza que el diferencial, sometido a bajas temperaturas ($\leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$), mantiene las mismas prestaciones sin modificar sus características nominales. Se aplica a los clase A.

■ Resistencia térmica

Este ensayo comprueba el comportamiento de los diferenciales asociados a dispositivos de protección magnetotérmicos aguas arriba. Este ensayo define el esfuerzo térmico máximo resistido por el diferencial a su corriente máxima I_n y a una sobrecarga determinada. También define el esfuerzo térmico máximo resistido cuando se produce un cortocircuito y está asociado con una protección magnética.

■ Fijación sobre el carril

Este ensayo asegura que el diferencial instalado sobre un carril simétrico de

4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales

35 mm resiste una fuerza de 50 N que se produce durante la apertura o cierre manual del diferencial, así como las fuerzas que se dan al conectar los cables en el diferencial.

■ Resistencia al calor anormal y al fuego

Las normas prevén una prueba (ya adoptada por los interruptores automáticos magnetotérmicos y, más en general, por muchos aparatos de baja tensión), cuyo objetivo es definir la calidad del material aislante utilizado en la construcción del diferencial, verificando su comportamiento ante el fuego. En particular, se exige la prueba del hilo incandescente prevista en la Norma CEI 695-2-1 (capítulos 4 a 10) bajo las siguientes condiciones:

□ Para las partes exteriores en material aislante de los ID necesarias para mantener en su posición las partes que transportan la corriente y las partes del circuito de protección, por el ensayo realizado a la temperatura de $960\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

□ Para todas las otras partes exteriores en material aislante, por el ensayo realizado a la temperatura de $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El ensayo al hilo incandescente se realiza para asegurar que un hilo de ensayo calentado eléctricamente en las condiciones de ensayo definidas no inflamará las partes aislantes, o que una parte de material aislante que se pueda inflamar en las condiciones definidas, a causa del hilo de ensayo calentado, quema durante un tiempo limitado, sin propagar el fuego por llama o partes inflamadas o por gotas caídas de la parte en ensayo.

El aparato supera la prueba si se verifica una de las siguientes condiciones:

□ No hay ninguna llama visible o incandescencia prolongada.

□ La llama o incandescencia se extingue espontáneamente antes de 30 s desde la retirada del hilo incandescente.

■ Fiabilidad con severidad de 28 días de prueba

Es una prueba que sirve para verificar el correcto funcionamiento del diferencial al término de 28 ciclos diarios de calor y humedad que simulan condiciones ambientales especialmente extremas, correspondiente a las sollicitaciones medias por año de los aparatos. La prueba se basa sobre lo previsto en la Norma CEI 68-2-30. Después de la ejecución de los 28 ciclos diarios a valores variables prefijados de

temperatura y humedad, precedido de una condición inicial y seguido de un período de restablecimiento de la condición inicial, el interruptor diferencial se verifica su tiempo de disparo ante una corriente diferencial y una carga de $1,25\text{ }I_n$. El objetivo de esta prueba es la de verificar la fiabilidad del aparato en su función más delicada (disparo diferencial), cuando pueda encontrarse en condiciones ambientales previstas o predecibles a lo largo de su vida media. El instalador debe garantizar el correcto funcionamiento del aparato durante su funcionamiento instalándolo en condiciones razonablemente similares a aquellas previstas en la Norma (grado de protección adecuado, protección de temperatura y/o humedad no prevista, etc.). Además el usuario final debe verificar periódicamente el funcionamiento mediante el botón de prueba, el cual resulta útil para la conservación del mecanismo de disparo.

■ Interruptor diferencial con disparo por sobreintensidad incorporado, montado por el instalador (dispositivo diferencial adaptable)

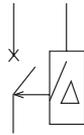
Esto se trata en el Apéndice G de la Norma UNE EN 61009-1; aquí se dan prescripciones adicionales referentes al marcaje, la construcción y la compatibilidad eléctrica y mecánica entre el bloque diferencial y el interruptor automático al cual va asociado. En particular, el Apéndice G se aplica a los interruptores automáticos diferenciales constituidos de un interruptor automático conforme a las prescripciones de la UNE EN 60898 y de un dispositivo diferencial conforme a las prescripciones de la Norma UNE EN 61009 proyectado para ser montado en el lugar de utilización, según las instrucciones del fabricante. El dispositivo diferencial adaptable realiza simultáneamente la función de captación de la corriente diferencial y comparación del valor de esta corriente con el valor de la corriente diferencial de disparo (sensibilidad, $I_{\Delta n}$) e incorpora un dispositivo mecánico para accionar el mecanismo de disparo del interruptor automático con el cual está asociado.

Además de indicarse las principales prestaciones y características, en el dispositivo diferencial deben estar indicadas:

□ La corriente nominal máxima del interruptor automático con el que puede asociarse.



□ El símbolo:



Por seguridad y para evitar modificaciones inoportunas en el transcurso de la vida del aparato, en la norma se pide que:

- Debe ser posible montar el bloque diferencial tan sólo una vez.
 - Cada vez que se desmonte debe dejar evidencia de daño permanente. Ejemplo: mediante rotura de alguna parte de la tapa cubrebornes en los dispositivos Vigi **multi 9**.
- Además, el interruptor automático y el dispositivo diferencial deben adaptarse fácilmente y de manera correcta y el diseño debe ser tal que sea imposible un montaje incorrecto. Es deber del fabricante dar las instrucciones adecuadas para la instalación y el funcionamiento de cada bloque diferencial. El Apéndice G define cuáles son las pruebas adicionales que el dispositivo diferencial debe superar para garantizar la conformidad con todas las prescripciones de la Norma. Naturalmente el interruptor automático y el dispositivo diferencial al cual se acopla, según la norma UNE EN 61009-1, debe llevar escrito el nombre del fabricante o la marca de fábrica.

■ Comportamiento de los interruptores automáticos diferenciales en condiciones de cortocircuito

Un interruptor automático diferencial, según UNE EN 61009, equivale al correspondiente interruptor automático (con iguales I_n , I_{cn} y I_{cs}), respecto al comportamiento en condiciones de cortocircuito. Sobre este aspecto, los valores preferenciales de poder de corte nominal son los siguientes: 1500 A - 3000 A - 4500 A - 6000 A - 10000 A - 15000 A - 20000 A - 25000 A análogamente a lo especificado para los interruptores automáticos magnetotérmicos en la Norma UNE EN 60898.

Al final del presente capítulo se pueden ver las tablas resumen 4.3 y 4.4 con los principales ensayos normativos.

4.5 Ensayos de compatibilidad electromagnética (CEM)

La Directiva Europea sobre CEM (compatibilidad electromagnética) obliga a controlar los parásitos eléctricos y sus efectos: un aparato no puede ser perturbado ni perturbar a su entorno. En efecto, los fabricantes de todo equipo eléctrico deben cumplir ciertas normas de CEM. Los DDR se ensayan en términos de compatibilidad electromagnética (emisión y susceptibilidad), según la Directiva Europea que prescribe el respeto a un cierto número de normas. Concretamente, en las normas UNE EN 61008 y 61009 se prescribe el cumplimiento de la norma CEI 1543 titulada "Compatibilidad Electromagnética para DDR para usos domésticos y análogos". En todo caso, las instalaciones eléctricas generan o transmiten perturbaciones, que pueden afectar en mayor o menor medida a los diferenciales, y contra las cuales éstos se deben inmunizar, cumpliendo así las normas respectivas. Estas perturbaciones pueden ser permanentes o transitorias, alternas o impulsionales, de baja o de alta frecuencia. Pueden ser conducidas o inducidas, de modo común o diferencial, de origen interno o externo a los edificios. Una de las perturbaciones más importantes son las sobretensiones transitorias.

Comportamiento ante sobretensiones transitorias

Los diferenciales pueden ser sensibles a la caída de rayos, en particular sobre las redes aéreas ya que están más sujetas a perturbaciones atmosféricas. En efecto, según la distancia del elemento generador, una red BT puede verse sometida a:

- Una sobretensión que aparezca entre los conductores activos y tierra, con la perturbación fugándose aguas arriba de los diferenciales (fig. 4.11 c).
- Una sobreintensidad de la cual una parte se fuga aguas abajo de los diferenciales a través de las capacidades parásitas (fig. 4.11 a).
- Una sobreintensidad que detecta el diferencial y que se debe a una sobretensión del tipo anterior 4.11 c (fig. 4.11 b).

Se conocen las soluciones técnicas para estos efectos y son utilizadas por los

4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales

fabricantes de diferenciales, como por ejemplo:

■ Para los relés electromagnéticos, la disposición de un filtro contra transitorios sobre el circuito de excitación del relé de disparo.

■ Para los relés electrónicos, la utilización de un filtro pasa bajos al nivel de la entrada de la señal.

Los DDR inmunizados contra estas corrientes parásitas están previstos por las normas de fabricación y se denominan diferenciales de tipo S o selectivos ($I_{\Delta n} \geq 300$ mA). Pero **Merlin Gerin** propone aparatos de alta sensibilidad e inmunidad reforzada, como los diferenciales de la gama **multi 9** del tipo **superinmunizado** (con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA), o de la gama Vigirex con toro separado **RHU** o **RMH**.

Habiendo resuelto esta dificultad, la calidad de servicio de la instalación depende en este caso tan sólo de la correcta elección de los aparatos.

Influencia de la elección durante la concepción de instalaciones

Los prescriptores e instaladores pueden influir durante la concepción de la instalación en la consecución de una correcta compatibilidad electromagnética, especialmente durante la elección del régimen de neutro. Por ejemplo, deben saber que en esquema TN varios tipos de corriente son la causa de las perturbaciones por radiación en los materiales sensibles:

■ Durante un defecto de aislamiento, corrientes importantes circulan por el PE, por las masas de los aparatos y por las estructuras.

■ En esquema TN-C, son las corrientes de desequilibrio de las cargas las que circulan de forma permanente por las estructuras metálicas de los edificios.

■ En esquema TN-S, esas corrientes de desequilibrio aparecen también durante un defecto de aislamiento entre el neutro y el conductor de protección. Además, este defecto, no detectable por las protecciones de sobrecorriente, cambia, de forma no deseada, el esquema TN-S a TN-C.

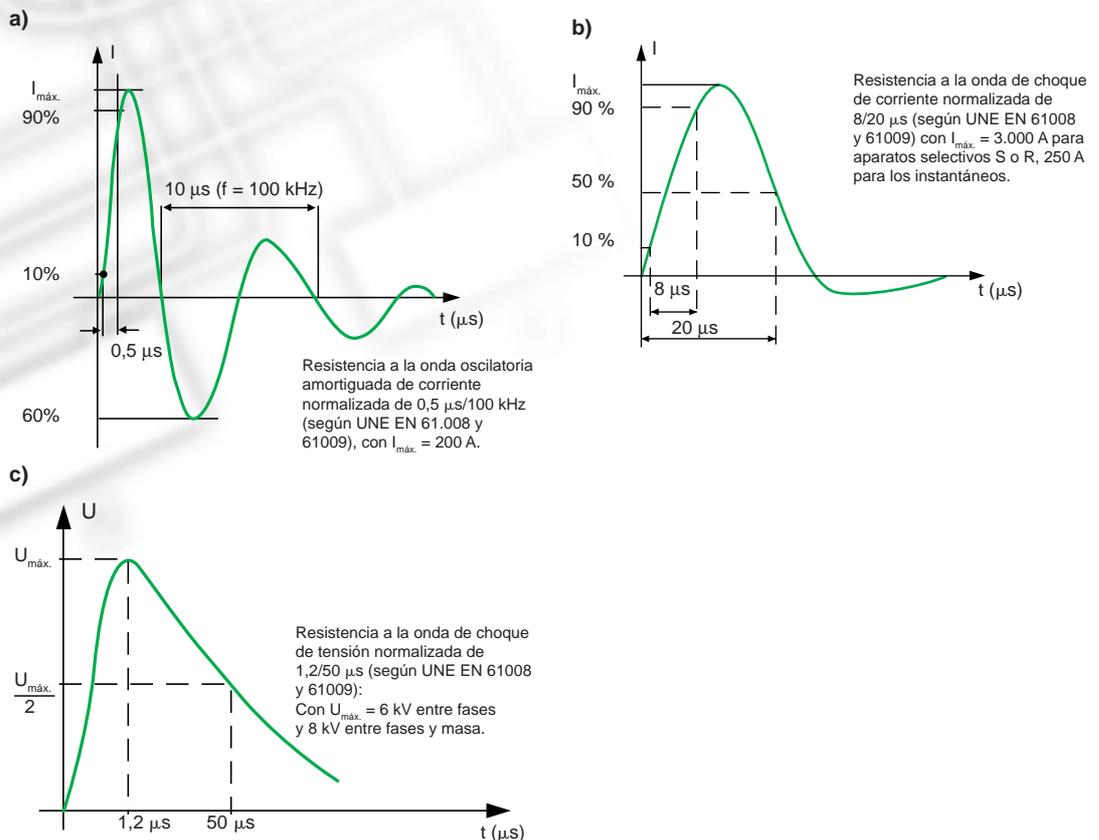


Fig. 4.11. Ondas de choque normalizadas de tensión y corriente.

Resumen de los principales ensayos normalizados por UNE EN 61008 y UNE EN 61009

Aspecto normalizado	Descripción del ensayo	CEE 27(*)	Valor aportado
Envolvente	Resistencia al calor y a la llama mediante el ensayo del hilo incandescente (960 °C).	Ninguno	Seguridad de las instalaciones
Ensayos diferenciales	Medidas más importantes. Ensayos a I_n , $2 I_n$,..., 500 A.	Ninguno	Seguridad de las instalaciones
Poder de cierre y de corte diferencial asignado $I_{\Delta m}$	Operación a $I_{\Delta m}$. Valor fijado por el fabricante. Ensayo realizado sin dispositivo de protección asociado.	Ninguno	Ejecución de funciones
Poder de cierre y de corte asignado I_m	Valor de I_{nc} definido por el fabricante con un mínimo de $10 I_n$ o 500 A si $10 I_n$ es inferior.	Ensayo simple a $10 I_n$	Ejecución de funciones
Poder de corte en el caso de cortocircuito I_{nc} (sólo UNE EN 61008)	Valor de I_{nc} fijado por el fabricante. Este ensayo está realizado con un dispositivo de protección asociado que puede ser un fusible o un interruptor. Posición de Schneider $I_{nc} = I_{\Delta c} = 10 \text{ kA}$ con un fusible de 100 A. Se está haciendo una tabla de valores de I_{nc} en función de DPCC.	Ensayo de ejecución con hilo de plata normalizado	Ejecución de funciones
Poder de corte en el caso de cortocircuito diferencial $I_{\Delta c}$ (sólo UNE EN 61008)	Valor de $I_{\Delta c}$ fijado por el fabricante. Este ensayo se realiza asociado con una protección que puede ser un fusible o un interruptor.	Ninguno	Ejecución de funciones
Condiciones de ensayo	Para controlar las manifestaciones exteriores de los ensayos de cortocircuito, una película de polietileno y una rejilla se colocan próximas al aparato. La película sirve para apreciar las manifestaciones térmicas y químicas, y la rejilla para las eléctricas.	Ninguno	Seguridad de las instalaciones
Resistencia a perturbaciones electromagnéticas	Ensayo con la onda impulsional $0,5 \mu\text{s}$ 100 kHz.	Ninguno	Limitar los disparos intempestivos
Propiedades dieléctricas	Control de nivel de aislamiento y rigidez dieléctrica. Nivel de aislamiento 6 kV entre neutro y fases conectadas, 8 kV entre fases y masa. Rigidez dieléctrica: 2 kV.	Ninguno	Seguridad de las instalaciones
Seccionador	El dispositivo está considerado como un aparato seccionador. Actualmente no está definido ningún proyecto de normalización, pero está en estudio.	Ninguno	Aislamiento de funciones
Tipo S	Se realizan ensayos adicionales. Onda 8/20 μs a 3 kA cresta. Normalización del tiempo de no respuesta.	Ninguno	Selectividad entre diferenciales
Ensayo a -25 °C	Ensayo de funcionamiento a baja temperatura.	Ninguno	Adaptación al ambiente
Resistencia térmica	Ejecuciones normalizadas cumpliendo con la VDE 0664 y BS 4293.	Ninguno	Seguridad de las instalaciones.
Fijación sobre carril	El aparato montado sobre el carril debe resistir una fuerza de 50 N.	Ninguno	Resistencia del cuadro de distribución

Tabla 4.3.
(*) CEE 27: Norma antigua aplicada anteriormente. Aquí se especifica hasta qué nivel se ensayaba en ella cada aspecto.

4 Normas de fabricación de los dispositivos diferenciales

Resumen de los principales ensayos normativos para relés diferenciales electrónicos con toro separado Vigirex

La norma de fabricación que especifica los ensayos a efectuar sobre los relés diferenciales con toro separado es la UNE EN 60947-2. En la **tabla 4.4** se pueden ver qué ensayos se efectúan realmente sobre los relés **Vigirex** de **Merlin Gerin**.

Ensayos	Cant.	Norma de referencia	Descripción / Resultado
mecánicos			
Choque IK		EN 50102	No existe modificación de la cara delantera, ni de la caja de test.
Choques en la caja		Manual de ensayo n.º 1073646. Cap. 7.3	No existe modificación de la caja ni de la fabricación del diferencial.
Vibraciones		68-2-6 ensayo Fc LLOYD'S ensayo 1 VERITAS	No existe modificación de la fabricación del VIGIREX y ningún cambio en sus componentes internos.
climáticos			
Func. a límites	3	CEI 359. Variación simple -5 °C/+55 °C	Cuantificar las desviaciones en relación a la medida inicial del ambiente del laboratorio.
aislamiento			
Onda de choque	1	Tensión asignada: 4 kV/alim. - 6 kV/relés.	Cara delantera de doble aislamiento: -7,3 kV/alim. - 9,8 kV/relés. Primer TC simple aislamiento / alim. y contacto de salida 9,8 kV. Alimentación simple de aislamiento/Contacto de salida 7,3 kV.
IP		CEI 529	Sin ensayo ya que la caja no ha sido modificada.
Dieléctrico 50 Hz y Resistencia de aislamiento		VERITAS	Sin ensayo ya que las materias no han sido modificadas y las distancias han sido validadas por las ondas de choque.
esfuerzos eléctricos			
Calentamiento	1	Manual de ensayo n.º 1073646. Cap. 11	Configuración de relés la más desfavorable. Medida en el ambiente del laboratorio del calentamiento de los componentes sensibles: relés, regulador, transistores y diodos de potencia, etc.
Micro-cortes	1	48 VCA	Cuantificar la resistencia de la seguridad positiva. Objeto de resistencia, 60 ms.
CEM			
Transitorios rápidos	1	CEI 1000-4-4	Nivel 3, 2 kV en modo común sobre la alimentación y relés. (Diferencial alimentado a 48 VCA)
Onda oscilatoria amortiguada	1	CEI 255-22-1	Clase 3, 1 kV en MD y 25 kV en MC sobre la alimentación y relés. (Diferencial alimentado a 48 VCA)
Onda de choque	1	CEI 1000-4-5. Nivel 3	Nivel 3, 1 kV Fase/Fase y 2 kV Fase/Tierra sobre alimentación. (Diferencial alimentado a 48 VCA)
Perturbaciones R.F. Radiados DES Emisión			Sin ensayo ya que las modificaciones no son susceptibles de modificar los resultados obtenidos.
actuaciones térmicas			
Umbrales	1		Sin modificación de las características existentes.
Temporizaciones	1		
Detección de corte de toro	1		
seguridad de funcionamiento			
Fiabilidad	10	Ensayo interno	RHA o RHE después de los ensayos de calentamiento. 1000 h a 120 VCC + tolerancia a +55 °C.

Tabla 4.4.

5

Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

- 5.1 Consejos generales de instalación para protección contra contactos directos e indirectos **56**
- 5.2 Selectividad diferencial vertical **60**
- 5.3 Causas de funcionamientos anómalos **62**
- 5.4 Selectividad diferencial horizontal. Disparos por “simpatía” de los diferenciales **66**
- 5.5 Empleo de los diferenciales en redes mixtas y de corriente continua **69**
- 5.6 Consejos particulares de instalación para relés diferenciales con toroidal separado **73**
- 5.7 Coordinación entre interruptores automáticos magnetotérmicos e interruptores diferenciales ID **75**
- 5.8 Longitudes máximas de línea en regímenes TN e IT **78**



5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

En este capítulo se abordarán diversos aspectos sobre la utilización práctica de los diferenciales. Desde los consejos básicos de instalación, hasta las causas de los funcionamientos anómalos que pueden presentar, para llegar a las recomendaciones que permiten evitar estos problemas.

5.1 Consejos generales de instalación para protección contra contactos directos e indirectos

A continuación se presentan una serie de consejos de instalación que ayudarán a disminuir los riesgos que suponen los contactos directos e indirectos con la corriente eléctrica.

Consejos de instalación para mejorar la protección contra contactos indirectos

1. Tomas de tierra, conductores de protección y aislamiento de la red

■ **Se debe asegurar una buena puesta a tierra**, tal que garantice la mayor continuidad de la corriente en caso de defecto a tierra. El valor máximo admitido por el actual Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión es de 37Ω cuando el sistema de corte usado es mediante interruptor diferencial (MIE-BT-023/4.1).

Para la conexión del cable de la red de tierra del edificio con la pica de puesta a tierra se recomienda utilizar el método de soldadura autógena (por ejemplo: aluminotérmica), ya que gracias a la aleación metal-pólvora que incorpora, se obtiene una gran continuidad y mayor ciclo de vida (**fig. 5.1**). También se recomienda la utilización de conectores tipo “ampact” para la conexión cable-pica, cable-cable.

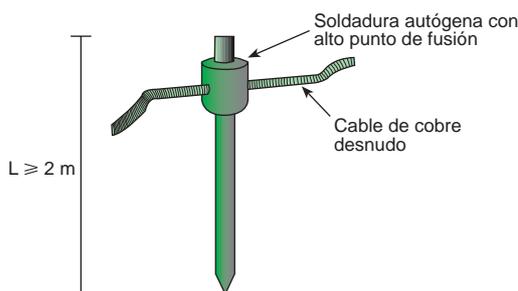


Fig. 5.1. Conexión a la pica de tierra.

■ Para garantizar la continuidad de la intensidad de defecto debe **distribuirse una línea de tierra de sección suficiente**, entre determinados elementos o partes de una instalación y uno o varios electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalación no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, sea posible el paso a tierra de las corrientes de defecto con el menor recorrido posible. En la **figura 5.2** se observa la distribución recomendada por el Reglamento Electrotécnico Baja Tensión en el que los conductores de protección de los circuitos son siempre derivaciones en paralelo de una línea principal, así se consigue una resistencia al paso de la corriente de fuga a tierra mínima.

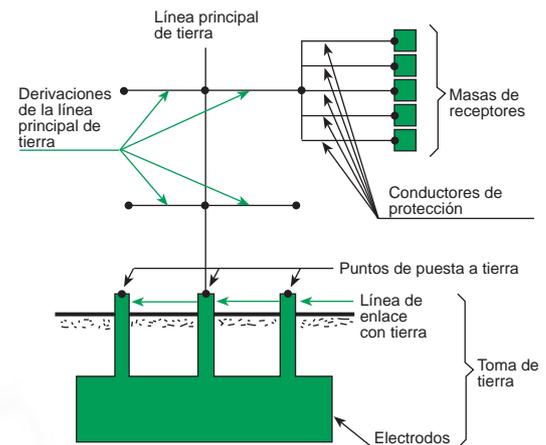


Fig. 5.2. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.

Recordamos las secciones mínimas de obligado cumplimiento por el R.E.B.T. (MIE-BT-023 /3) en las diversas partes de la instalación de la línea de tierra, o conductor de protección:

□ Línea de enlace con tierra (conexión a electrodos):

- Mín. 35 mm^2 Cu desnudo.
- Mín. 95 mm^2 Al desnudo.

□ Línea principal de tierras:

- Si $S_{\text{Fase}} > 35 \text{ mm}^2$; $S_{\text{PE}} = \frac{S_{\text{Fase}}}{2}$, pero con $S_{\text{PE}} > 16 \text{ mm}^2$.

□ Derivaciones de la línea principal de tierras (MIE-BT-017/ 2.2) **fig. 5.3.:**

protección diferencial BT

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S / 2

(*) Con un mínimo de:

■ 2,5 mm²: si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.

■ 4 mm²: si los conductores de protección no forman parte de la canalización y no tienen una protección mecánica.

Fig. 5.3.

■ **Evitar la instalación de longitudes largas de cable**, dentro de lo posible, bajo un sólo diferencial con lo que al disminuir longitudes disminuimos las capacidades de aislamiento de las líneas reduciendo así las intensidades de fuga a tierra capacitivas existentes en la instalación que pueden ser de tipo transitorio o bien permanentes de alta frecuencia. Así pues, reducimos el riesgo de cegado o bloqueo de los diferenciales y de disparos intempestivos que pudieran surgir.

■ **Mantener un aislamiento correcto**. Es igualmente importante el disponer en los cables de la instalación, de un buen aislamiento ya que este es un parámetro que también define la capacidad y resistencia de aislamiento de estas líneas. Según el R.E.B.T., (MIE-BT-017/2.8) se establece un valor mínimo de la resistencia de aislamiento de $1.000 \times U$ (Ω), siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 Ohmios.

■ **El aseguramiento de una buena conexión del conductor de tierra a la masa del receptor es de vital importancia**

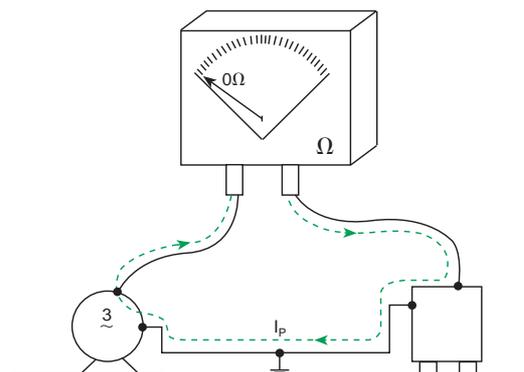


Fig. 5.4. Medida del aislamiento del bucle de tierras.

para garantizar bucle o continuidad de la intensidad de defecto y conseguir así que cualquier masa no estará sometida a tensiones peligrosas para las personas. Deberá mantenerse esta conexión en emplazamientos secos o que no presenten exceso de humedad para la buena continuidad. A la toma de tierra se conectará todo el sistema de tuberías metálicas accesibles, cualquier masa metálica de los receptores, bandejas metálicas de tendido de cables, etc.

■ **Es necesario el aseguramiento de la continuidad del bucle de cables de tierra**, prestando especial interés en las conexiones de los receptores al circuito de tierras. Ver **fig. 5.4**. Debe comprobarse mediante ohmímetro el grado de continuidad que presenta el circuito de tierras y sus conexiones a las masas metálicas, deben efectuarse mediciones periódicas anotándose el valor de la resistencia observando su evolución en el tiempo. En caso de que aumente excesivamente deben tomarse las medidas correctoras necesarias.

2. Dispositivos de protección diferencial

La protección contra los contactos indirectos se realiza mediante dispositivos diferenciales, manteniendo las condiciones siguientes según se vió en el capítulo 1 de esta Guía: En ambientes BB1 (secos):

$$I\Delta n = \frac{50 \text{ V}}{R_A}$$

Valores de las resistencias de puestas a tierra máximas en función de la sensibilidad y la tensión máxima de contacto (U_L)

Sensibilidad $I\Delta n$	Resistencia máxima de la puesta a tierra	
	BB1 ($U_L = 50 \text{ V}$)	BB2 ($U_L = 25 \text{ V}$)
3 A	16 Ω	8 Ω
1 A	50 Ω	25 Ω
500 mA	100 Ω	50 Ω
300 mA	166 Ω	83 Ω
30 mA	1660 Ω	833 Ω

Fig. 5.5. Tabla de los límites superiores de la resistencia de la toma de tierra de las masas y que no se debe superar en función del ambiente (U_L) y la sensibilidad del interruptor diferencial ($I\Delta n$).

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

En ambientes BB2 (húmedos):

$$I\Delta n = \frac{25 V}{R_A}$$

En ambientes BB3 (mojados):

$$I\Delta n = \frac{12 V}{R_A}$$

La elección de la sensibilidad del diferencial es función del ambiente y de la puesta a tierra.

■ Protección de circuitos de distribución

Podemos obtener de las tablas del capítulo 1 de esta Guía los tiempos máximos de contacto en función de la tensión de contacto U_c y organizar una desconexión escalonada (selectividad por tiempo); y en función de la intensidad de fuga una selectividad amperimétrica. Ver apartado 5.2 de este capítulo.

Si situamos interruptores diferenciales en el ejemplo de la **fig. 5.6.**:

- en A situaremos un diferencial de media sensibilidad temporizado o selectivo.
- en B situaremos diferenciales de media sensibilidad o alta sensibilidad instantáneos.

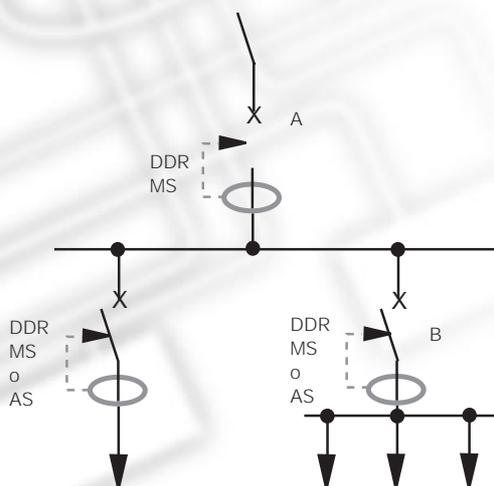


Fig. 5.6. Circuitos de distribución.

■ Protección de circuitos con grupos de masas unidos a tomas de tierra separadas

Protección contra los contactos indirectos con diferenciales en cabecera de cada grupo de masas unidas a una misma tierra. Ver **fig. 5.7.**

La sensibilidad debe ser adaptada a la resistencia de cada puesta de tierra independiente R_{A2} .

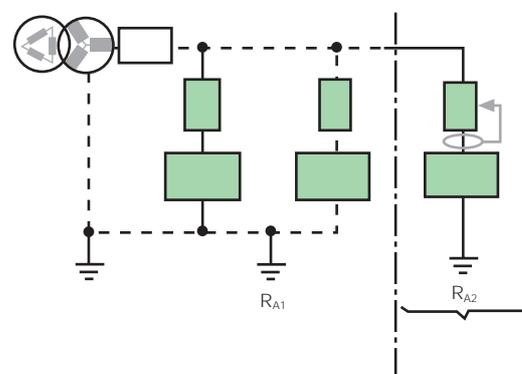


Fig. 5.7. Tomas de tierra separadas.

■ Protección mediante diferenciales de alta sensibilidad (AS)

Dónde se deben colocar los dispositivos diferenciales de AS ($I\Delta n \leq 30 \text{ mA}$):

- Circuitos con tomas de corriente $\leq 32 \text{ A}$, en cualquier ambiente, (**fig. 5.8**).
- Circuitos con tomas de corriente en locales mojados BB3 cualquiera que sea la intensidad de la toma.
- Circuitos con tomas de corriente en instalaciones provisionales.
- Circuitos de alimentación de canteras, de caravanas, de barcos de recreo, instalaciones para feriantes y ferias, instalaciones ornamentales, instalaciones de señalización.

En estas instalaciones pueden montarse protecciones individuales o por grupos de circuitos.

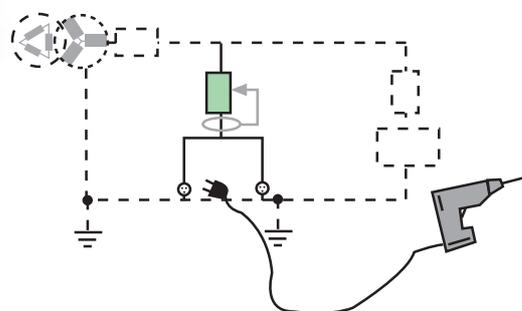


Fig. 5.8. Circuito de tomas de corriente.

■ Prevención en los locales con riesgo de incendios

Protecciones diferenciales de sensibilidad $\leq 300 \text{ mA}$. Ver **fig. 5.9.**

protección diferencial BT

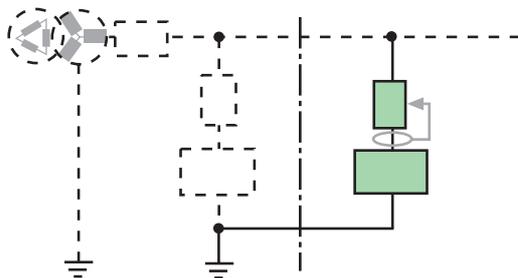


Fig. 5.9. Local con riesgo de incendios.

■ Protección cuando una masa no está unida a tierra

(Tolerado sólo con instalaciones existentes, antiguas, y en locales secos cuando no es posible realizar puestas a tierra.)

Protección diferencial complementaria contra los contactos directos a corriente residual de “alta sensibilidad” (≤ 30 mA) sobre la parte correspondiente (fig. 5.10).

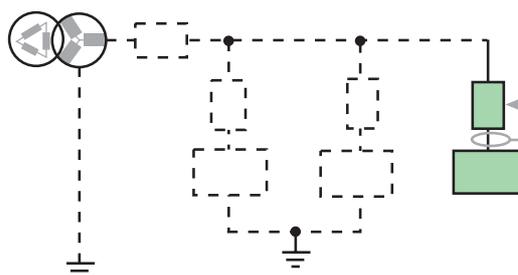


Fig. 5.10. Circuito con una masa no unida a tierra.

■ Para receptores electrónicos, se recomienda la utilización de diferenciales del tipo **superinmunizado multi 9** de **Merlin Gerin**, debido a las mayores prestaciones que este tipo de diferenciales aporta en estos casos. Esta nueva gama ofrece la protección diferencial más avanzada actualmente y que responde a la problemática de las instalaciones donde existan gran cantidad de receptores electrónicos, tal como se explica en otros apartados de esta Guía.

■ **Debemos realizar un control periódico del perfecto funcionamiento de los diferenciales** para que estos actúen, con el umbral de funcionamiento que deseamos, cuando realmente existan defectos de aislamiento. Por ello se recomienda pulsar el botón de test del diferencial, como mínimo una vez al mes.

Consejos de instalación para mejorar la protección contra contactos directos

Además de los consejos para mejorar la protección contra los contactos indirectos, también deben tenerse en cuenta los siguientes consejos, incluidos en el actual Reglamento Electrotécnico Baja Tensión en la instrucción MIE BT 021/1, que nos permitirán obtener una mejor protección contra contactos directos.

Para conseguir una protección correcta contra contactos indirectos se debe respetar al menos uno de los siguientes consejos de instalación:

■ **Alejamiento de las partes activas** de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, que sea imposible un contacto fortuito con las manos, o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.

Se considerará zona alcanzable con la mano la que, medida a partir del punto donde la persona puede estar situada, está a una distancia límite de 2,5 metros hacia arriba, 1 metro lateralmente y 1 metro hacia abajo. En la **figura 5.11** se señala gráficamente esta zona.

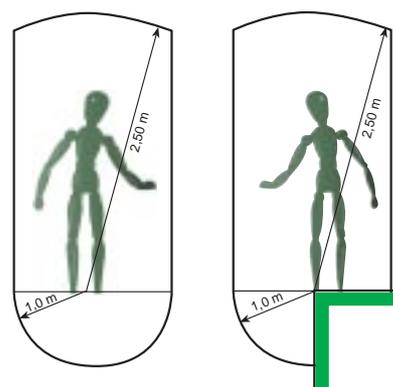


Fig. 5.11.

■ **Interposición de obstáculos** que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos de protección deben estar fijados de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales que pueden

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

presentarse en su función. Si los obstáculos son metálicos y deben ser considerados como masas, se aplicará una de las medidas de protección previstas contra los contactos indirectos.

■ **Recubrimiento de las partes activas** de la instalación por medio de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo, y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 miliamperio. La resistencia del cuerpo humano será considerada como de 2.500 ohmios.

Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no serán considerados como aislamiento satisfactorio a estos efectos.

Además, como medida de protección complementaria (nunca suficiente por sí sola), se recomienda instalar protección diferencial de alta sensibilidad ($I\Delta n \leq 30 \text{ mA}$).

5.2 Selectividad diferencial vertical

El objetivo general de la **selectividad diferencial** es coordinar las protecciones diferenciales de tal manera que, en caso de defecto en un punto de la instalación, tan sólo dispare la protección diferencial más cercana a dicho defecto, y no lo haga cualquier otro dispositivo diferencial situado en otro punto de la instalación.

La **selectividad vertical** en particular es aquella que define el funcionamiento de dos protecciones dispuestas en serie sobre un circuito (fig. 5.12).

Teniendo en cuenta los imperativos de funcionamiento de los diferenciales, así como las normas de fabricación de estos aparatos, la selectividad deberá cumplir siempre dos condiciones, la amperimétrica y la cronométrica.

■ **Amperimétrica** puesto que, según las normas, un diferencial debe actuar entre $I\Delta n$ y $I\Delta n/2$.

En la práctica, se requiere una relación de: $I\Delta n$ (aguas arriba) $\geq 2 I\Delta n$ (aguas abajo).

■ **Cronométrica** puesto que todo mecanismo necesita un tiempo para actuar, por mínimo que sea: se requiere una temporización o retardo voluntario en el dispositivo aguas arriba.

La doble condición de no disparo de D_a para un defecto aguas abajo de D_b es, por tanto:

$$I\Delta n (D_a) > 2 I\Delta n (D_b)$$

y

$$t_r (D_a) > t_r (D_b) + t_c (D_b) \text{ o lo que es lo mismo}$$

$$t_r (D_a) > t_r (D_b)$$

con:

t_r = retardo del disparo = tiempo de no respuesta;

t_c = tiempo entre el instante de corte (tiempo de arco incluido) y aquel en el que el relé de medida da la orden de corte;

t_f = tiempo de funcionamiento, desde la detección del defecto a la interrupción total de la corriente de defecto.

Los relés electrónicos retardables pueden presentar un fenómeno de memorización del defecto por su circuito de umbral.

Se debe, entonces, considerar un "tiempo de memoria" t_m (fig. 5.13) para que no disparen después de la apertura del aparato aguas abajo:

$$t_r (D_a) > t_r (D_b) + t_m$$

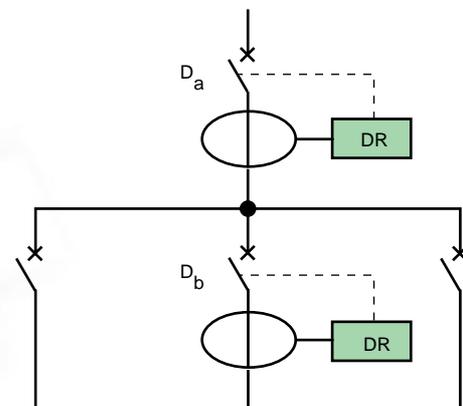


Fig. 5.12. Selectividad vertical.

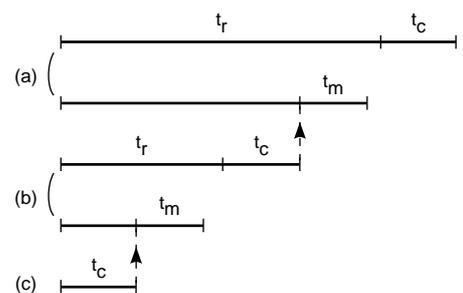


Fig. 5.13. La temporización de un diferencial aguas arriba debe tener en cuenta el tiempo de corte asociado al diferencial aguas abajo, así como el tiempo de memoria del relé aguas arriba.



protección diferencial BT

Pueden encontrarse dificultades en la puesta en servicio de la selectividad ya que se debe distinguir entre interruptores automáticos diferenciales y relés diferenciales, puesto que:

- El interruptor automático diferencial se define con el tiempo de retardo t_r .
- El relé diferencial se define en tiempo de funcionamiento neto o temporizado a un valor t , el cual corresponde al tiempo que transcurre entre la aparición del defecto y la orden de apertura del dispositivo de corte (fig. 5.14).

Se deben entonces calcular los tiempos t_r y t_r (o t) sucesivos (a $2 I_{\Delta n}$) para cada diferencial, remontándose por la distribución terminal hacia el origen de la instalación.

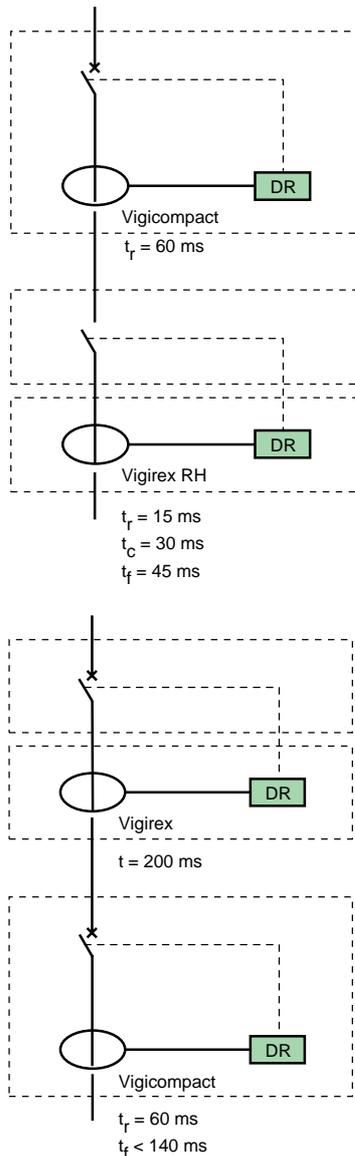


Fig. 5.14. Dos ejemplos de selectividad cronométrica, asociando un interruptor automático diferencial de tipo **Vigicomact** y un relé **Vigirex** (Merlin Gerin).

La selectividad amperimétrica y cronométrica vienen relacionadas por las **figuras 5.15 y 5.16** que corresponden a las curvas de disparo de interruptores diferenciales **Merlin Gerin**.

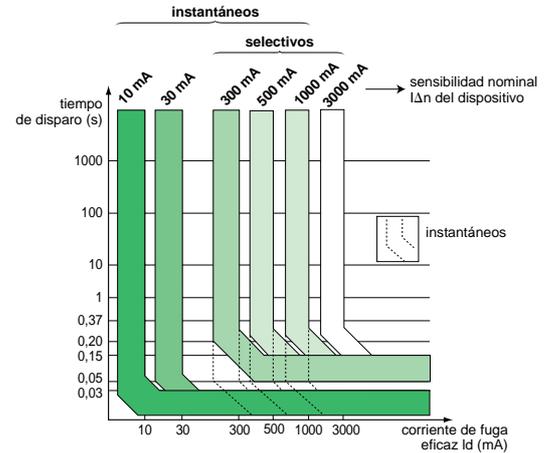


Fig. 5.15. Curvas de disparo de diferenciales **multi 9**.

Hay dos tipos de selectividad vertical: total y parcial.

■ Selectividad total:

En la selectividad total, el dispositivo colocado aguas arriba tiene siempre menor sensibilidad y mayor retardo que el colocado aguas abajo.

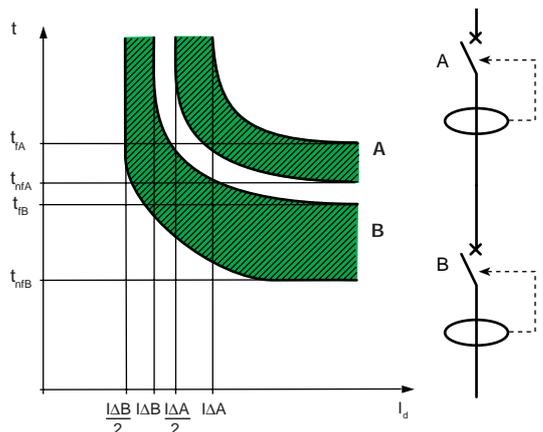


Fig. 5.16. Detalle de las curvas de disparo.

■ Selectividad parcial:

En la selectividad parcial, el dispositivo colocado aguas arriba tiene una sensibilidad menor y un tiempo de retardo mayor que el colocado aguas abajo pero sólo hasta cierto umbral, a partir del cual cualquiera de los dos dispositivos podrá disparar.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

5.3 Causas de funcionamientos anómalos

Las corrientes de fuga

La norma UNE 20460 define como corriente de fuga, a la corriente que circula hacia tierra directamente o a través de elementos conductores en un circuito eléctricamente sano. Existen 2 tipos de corrientes de fuga, no peligrosas, que no son debidas a defectos de aislamiento:

a) Corrientes de fuga permanente.

Estas corrientes son debidas a:

- Las características de los aislantes.
- Las frecuencias de las corrientes empleadas.
- Los condensadores de los filtros capacitivos.

b) Corrientes de fuga transitorias o debidas a perturbaciones.

Estas corrientes son generadas principalmente por:

- Sobretensiones de maniobra.
- Sobretensiones atmosféricas (rayos).
- Puesta en tensión de circuitos que poseen una elevada capacidad respecto a tierra.

Cuando un diferencial dispara debido a que ha detectado uno de estos defectos, que no suponen ningún peligro, se habla de **disparos intempestivos o funcionamientos anómalos**.

Además, alguna de estas corrientes de fuga también pueden producir el efecto contrario, es decir, puede **insensibilizar y bloquear al diferencial** haciendo imposible su disparo si simultáneamente se produce un defecto de aislamiento que sí suponga peligro.

A continuación se verán los diferentes tipos de corrientes de fuga, qué problemas producen sobre los diferenciales y cómo solucionar dichas anomalías.

■ Corrientes de fuga a 50-60 Hz

En el proceso de estudio de una instalación, conviene considerar las longitudes de las diferentes salidas y los equipos que dispongan de elementos capacitivos conectados a tierra. Así mismo, es deseable dividir la instalación con objeto de reducir la importancia de ambos parámetros.

Cabe considerar que los filtros antiparásitos capacitivos (obligatorios según la Directiva Europea sobre la CEM), dispuestos sobre los microordenadores y otros aparatos

electrónicos, generan en monofásico corrientes de fuga permanentes a 50 Hz, del orden de 0,3 a 1,5 mA por aparato. Estas corrientes de fuga se suman si estos aparatos están conectados sobre una misma fase. Si los aparatos están conectados sobre las tres fases, estas corrientes se anulan mutuamente cuando están equilibradas (suma vectorial). Esta reflexión es tanto más importante cuando los diferenciales instalados son de alta sensibilidad. Para evitar los disparos intempestivos, la corriente de fuga permanente no debe rebasar el 30 % de $I_{\Delta n}$ en esquema TT y TN, y el 17 % de $I_{\Delta n}$ en esquema IT.

En la tabla de la **figura 5.17a** se puede observar en qué porcentaje de ocasiones son causa de disparos intempestivos de diferenciales cada uno de los aparatos siguientes, debido a la acumulación de sus propias corrientes de fuga permanente:

Aparato	%
Aparato de iluminación	21%
Motor	17%
Material informático	17%
Frigorífico	16%
Aparato electrodoméstico	16%
Sistema de calefacción	9%
Caja registradora	4%

Fig. 5.17a.

Y en la tabla de la **figura 5.17b** se da el valor de la corriente de fuga permanente aproximada para cada tipo de aparato:

Tipo de aparato	Valor
Fax	0,5 a 1 mA
Impresora	< 1 mA
Estación de trabajo informática	1 a 2 mA
Terminal informático	0,3 a 1,5 mA
Fotocopiadora	0,5 a 1 mA
Aparato electrodoméstico clase 1	< 0,75 mA
Aparato de iluminación clase 1 < 1 kVA	< 1 mA

Fig. 5.17b.

De cara a limitar estas corrientes de fuga permanente hay que tener en cuenta los consejos siguientes:

- Utilizar, en la medida de lo posible, aparatos con clase de aislamiento II.

protección diferencial BT

- Utilizar aparatos que incorporen una separación galvánica en su alimentación eléctrica, como por ejemplo, un transformador separador.
- En el momento de realizar el diseño de la instalación hay que efectuar un balance de las corrientes de fuga previstas en cada circuito, y limitar el número de tomas de corriente protegidas por un sólo dispositivo diferencial. En definitiva hay que fraccionar la instalación en partes lo suficientemente pequeñas para que la corriente de fuga acumulada en ellas sea inferior al 30 % de la sensibilidad de los diferenciales que la protejan.

■ Corrientes de fuga transitorias

Estas corrientes se manifiestan en la puesta en tensión de un circuito que padezca un desequilibrio capacitivo, (ver **fig. 5.31** del apartado 5.4), o durante una sobretensión en modo común. Los DDR de tipo selectivo ($I_{\Delta n} \geq 300$ mA) y **superinmunizados** ($I_{\Delta n} = 30$ mA y 300 mA), así como los DDR ligeramente retardados, evitan los funcionamientos intempestivos. Los efectos que producen este tipo de corrientes serán tratados en mayor profundidad en el apartado siguiente 5.4, ya que son el origen del tipo de disparo intempestivo más habitual: el disparo por “simpatía”.

■ Corrientes de fuga de altas frecuencias

Las cargas más perturbadoras, en términos de CEM, son, por ejemplo, los rectificadores con tiristores, donde los filtros incorporan condensadores que generan una corriente de fuga de alta frecuencia que puede alcanzar el 5 % de la corriente nominal.

Contrariamente a las corrientes de fuga de 50-60 Hz donde la suma vectorial es nula, estas corrientes de alta frecuencia no están sincronizadas sobre las tres fases y, de este modo, su suma constituye una corriente de fuga neta. Para evitar los disparos intempestivos o el bloqueo de los diferenciales, debido a estas corrientes de alta frecuencia, los diferenciales deben estar insensibilizados a las corrientes de alta frecuencia (equipados con filtros pasabajos); éste es el caso de los diferenciales industriales **Vigirex RHU** y **RMH** y de los diferenciales del tipo **multi 9 superinmunizado** de **Merlin Gerin**.

■ Corrientes debidas al rayo

Si la instalación dispone de un limitador de sobretensiones (PF), se debe evitar situar el diferencial sobre el camino de fuga de la corriente generada por el rayo (**fig. 5.18**), si no, la puesta en servicio del diferencial inmunizado contra estas corrientes (retardados o de tipo S) es la solución.

Regímenes de neutro

Cuando en la instalación se incorporan fuentes de alimentación de reserva, se debe estudiar la protección de las personas y de los bienes para las diferentes configuraciones de la instalación, puesto que la posición del neutro en relación a la tierra puede ser diferente.

La alimentación, aunque provisional, de una instalación con un Grupo Electrónico requiere la interconexión de la masa del grupo con la red de tierra existente para cualquier régimen de neutro. En esquema TT, por ejemplo, es necesario poner a tierra el neutro del alternador, sin lo cual las corrientes de defecto no alcanzarían el umbral de disparo de los diferenciales. Cuando la instalación en esquema TT dispone de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida, SAI, es necesaria una puesta a tierra del neutro aguas abajo de éste, para asegurar el buen funcionamiento del diferencial, pero no es indispensable para la protección de las personas puesto que:

- La instalación se convierte en esquema IT y el primer defecto no es peligroso (ver capítulo 2 de esta Guía).
- La probabilidad de que se produzca un segundo defecto de aislamiento, durante el período de funcionamiento limitado por la autonomía de las baterías del SAI, es muy reducida.

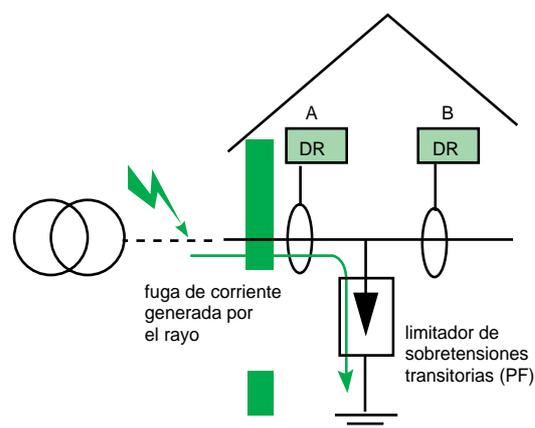


Fig. 5.18. En una instalación con pararrayos, los diferenciales pueden ser diferentes: en A un diferencial retardado o de tipo S, en B un diferencial estándar.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Comportamiento de los diferenciales frente a componentes continuas

Los equipos receptores cada vez tienen más dispositivos electrónicos rectificadores que permiten un funcionamiento adaptado a sus necesidades (ver también el apartado 5.5). Por otro lado, estos dispositivos rectificadores tienen la desventaja de que deforman la onda sinusoidal de corriente, debido a lo cual ésta ve incrementado su contenido en armónicos (ver subapartado siguiente).

En el caso de una falta a tierra aguas abajo de estos dispositivos rectificadores, la corriente de defecto, que fluye a través de los diferenciales, tiene una componente continua que puede insensibilizarlos hasta el extremo de que no disparen (ver apartado 3.4 del capítulo 3 de esta Guía). La insensibilización depende del tipo de dispositivo que detecte y mida la corriente de defecto. Para evitar los inconvenientes que pueden resultar de estas situaciones, se dividen los diferenciales en tres categorías: AC, A y B. Según el tipo de corrientes presentes en cada instalación instalaremos el diferencial de la clase adecuada:

■ **Clase AC:** el funcionamiento correcto se garantiza sólo si la corriente de defecto es alterna sinusoidal.

■ **Clase A:** el funcionamiento correcto se garantiza si la corriente de defecto es alterna sinusoidal, o bien es continua pulsante, la cual puede o no contener una componente continua de valor no mayor de 6 mA, con o sin control del ángulo de fase, que sean aplicadas bruscamente o que aumenten lentamente.

■ **Clase B:** se garantiza el funcionamiento con cualquier valor de componente continua.

Influencia de las corrientes armónicas en los diferenciales

■ Definición

Los armónicos (fig. 5.19) son señales de tensión e intensidad de frecuencia n veces la frecuencia fundamental (50 Hz), y existen como consecuencia de cargas no lineales, como son los receptores con electrónica incorporada.

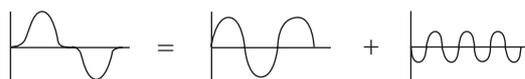


Fig. 5.19.

Estas señales de frecuencia n veces la fundamental, sumadas a la fundamental (50 Hz) generan una señal deformada no senoidal con un período de repetición definible. Esta señal resultante dependerá de la frecuencia de los armónicos o su rango. El rango de un armónico es el número de veces la frecuencia fundamental de 50 Hz en que se puede descomponer su frecuencia. Los armónicos pueden clasificarse en tres grupos:

■ Directos: $3K+1$.

■ Inversos: $3K-1$.

■ Homopolares: $3K$.

Siendo K la frecuencia de 50Hz.

■ Efectos

Los diferenciales se ven afectados en mayor o menor grado por los efectos que provocan los armónicos, que por tener frecuencias elevadas (múltiplos de 50 Hz) aumentan el riesgo de circulación de corrientes de fuga por las capacidades de aislamiento de los cables de la red y de los receptores y por lo tanto, aumenta el riesgo de disparo intempestivo. Este efecto puede verse agravado por la presencia de armónicos homopolares (que presentan frecuencias múltiplos de 3 de la fundamental), pudiendo afectar también al comportamiento del diferencial. Estos armónicos homopolares (fig. 5.20) se caracterizan por no presentar desfase respecto a la frecuencia fundamental y debido a esto, tanto en sistemas monofásicos como en trifásicos estos armónicos retornan por el conductor neutro de la alimentación.

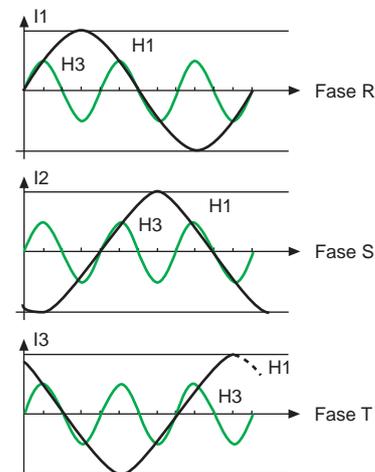


Fig. 5.20. Los armónicos de rango (3K) forman sistemas puramente homopolares.

protección diferencial BT

Vemos que los armónicos de las tres fases, R,S,T se sumarán en el conductor neutro para equilibrar el sistema trifásico. Este efecto puede provocar un calentamiento excesivo en el conductor neutro como consecuencia de las sobrecargas generadas por los armónicos, lo cual además de un aumento de pérdidas en los cables, puede influir en un aumento de los disparos intempestivos.

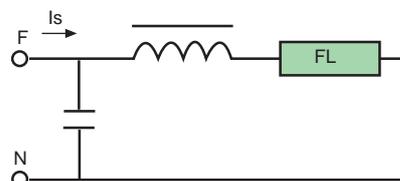
■ Generadores de armónicos

Existen varios y diversos, pero los que influyen sobre los diferenciales por ser generadores de armónicos homopolares son, entre otros:

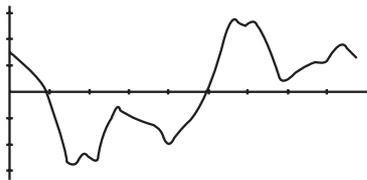
- Lámparas de descarga, balastos electrónicos.
- Informática.
- Máquinas soldadura.
- etc.

□ Lámparas de descarga

Esquema de principio



Corriente I_s absorbida
 $S = 22 \text{ kVA}$ $F_c = 1,7$ $\text{THDI} = 53 \%$



Espectro armónico en corriente
 51% H3, 11% H5, 8% H9...

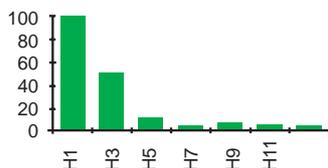


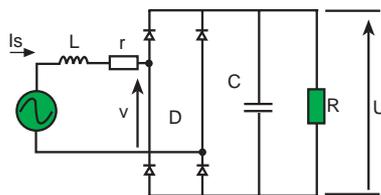
Fig. 5.21.

En estos receptores (fig. 5.21) se tiene una tasa de armónicos de tercer rango (150 Hz) muy elevada, con lo que el riesgo de problemas en las instalaciones es importante. Este problema puede verse agravado en instalaciones donde el neutro sea común para varios circuitos. Para reducir los efectos de los armónicos sería conveniente

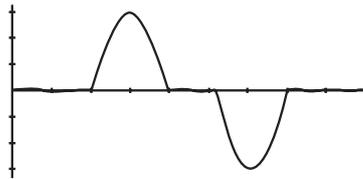
una mayor división de cargas en varios circuitos (varios neutros), colocando además protección diferencial independiente en cada uno de ellos en lugar de sólo en cabecera, con lo que evitamos sobrecargas y disparos intempestivos no deseados en los diferenciales.

□ Informática

Esquema de principio



Corriente I_s absorbida
 $S = 8,5 \text{ kVA}$ $F_c = 2,4$ $\text{THDI} = 93 \%$



Espectro armónico en corriente
 78% H3, 44% H5, 17% H7...

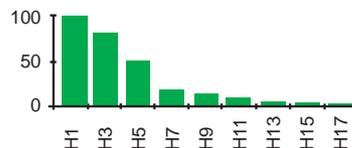


Fig. 5.22.

Observamos que estas cargas (fig. 5.22) generan una muy alta tasa de armónicos tanto homopolares (rango 3) como de frecuencias impares, sobre todo de rango 5 y 7.

Estos valores tan altos se deben a la electrónica presente en estos receptores que rectifican la señal para su propio funcionamiento. Al igual que en el ejemplo anterior, es conveniente realizar una división de cargas en varios circuitos de manera que evitemos problemas en el neutro y por consiguiente en los diferenciales.

Nota: en los cuatro ejemplos, F_c es el Factor de cresta y se calcula,

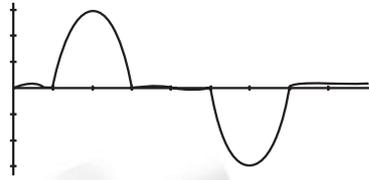
$$F_c = \frac{\text{Corriente de cresta}}{\text{Corriente eficaz}}$$

THDI = Tasa de distorsión armónica en corriente. Es el resultado del valor eficaz de los armónicos respecto al valor eficaz de la fundamental.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

□ Máquinas de soldadura

Corriente Is absorbida
Is = 341 A Fc = 1,92 THDI = 58 %



Espectro armónico en corriente
56 % H3, 9 % H5, 9 % H7...

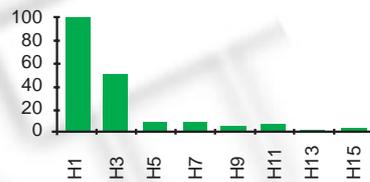


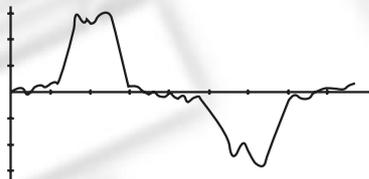
Fig. 5.23.

Este tipo de receptores (fig. 5.23) también consume corriente rica en armónicos, especialmente de rango 3. Estos armónicos se presentan de manera transitoria con una duración aproximada entre 20 y 50 períodos.

□ Estudio de television

En estos recintos encontramos receptores diversos como micro-informática, receptores de TV e iluminación. La combinación de estos receptores en un mismo espacio origina armónicos (fig. 5.24) cuya deformación de la señal fundamental es muy apreciable predominando los armónicos homopolares tercero, séptimo y noveno.

Corriente Is absorbida
S = 14 KVA Fc = 1,9 THDI = 54 %



Espectro armónico en corriente
48 % H3, 16 % H7, 13 % H9...

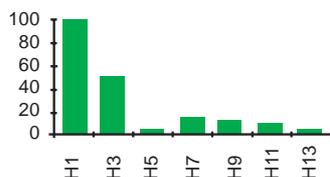


Fig. 5.24.

En estos casos se aconseja, además de la mayor división posible de circuitos, la

instalación de filtros antiarmónicos que eliminen los problemas derivados de las corrientes armónicas.

5.4 Selectividad diferencial horizontal. Disparos por "simpatía" de los diferenciales

Una de las causas más habituales de disparos intempestivos de diferenciales es el coloquialmente denominado "disparo por simpatía". Estos disparos consisten en la apertura simultánea de uno o varios dispositivos diferenciales que protegen salidas en paralelo de la misma instalación. En este caso se puede decir también que se ha perdido la **selectividad horizontal** entre diferenciales.

Este fenómeno se debe principalmente a las corrientes de fuga que circulan a través de las capacidades de las instalaciones. Estas capacidades pueden tener dos orígenes:

- las capacidades de aislamiento de los conductores eléctricos (cables),
- los filtros capacitivos (condensadores) conectados a tierra de los receptores electrónicos existentes en las instalaciones.

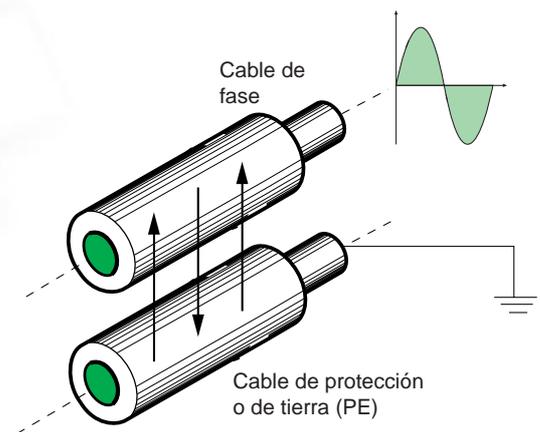


Fig. 5.25. Conductor activo y tierra.

Cuando en una instalación se generan corrientes de fuga de alta frecuencia o transitorios de corta duración, hallan poca resistencia de paso a través de las capacidades anteriores. Los cables, por su constitución, presentan una parte activa (conductor) y una parte no activa (aislante). Si este cable se encuentra al lado de un



protección diferencial BT

conductor de protección (cable de tierra), las únicas resistencias o impedancias que existen entre la parte activa y tierra, son el aislante de los conductores activo y de protección (este aislante actuará como dieléctrico) y el aire (ver **fig. 5.25**). Esta constitución es análoga a la que presenta un condensador, que contiene un dieléctrico entre las armaduras o partes conductoras.

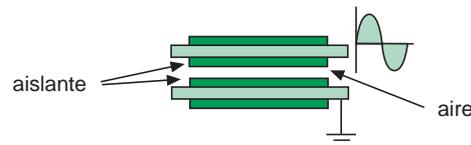
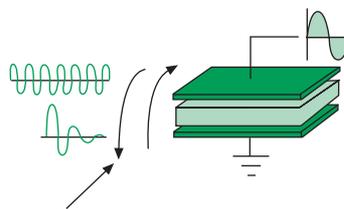


Fig. 5.26. Cables, corte longitudinal.

Por lo tanto podemos decir que un cable, respecto a tierra, presenta el mismo comportamiento que un condensador (ver **fig. 5.26**). Cuanto mayores sean las longitudes de los cables en las instalaciones, mayores serán las capacidades de dichos cables respecto a tierra repartidas por toda la instalación.



Circulación de corrientes de alta frecuencia permanentes o transitorias

Equivalencia a condensador plano

$$C = \frac{\epsilon \cdot S \cdot 10^{-5}}{36 \cdot \pi \cdot e} \text{ (}\mu\text{F)}$$

C = f (radio, longitud)

Donde:

S = superficie en cm².

e = separación entre placas en cm.

ϵ = constante dieléctrica relativa.

Fig. 5.27. Capacidad de las líneas

La capacidad de las líneas depende de la sección de estas y de sus longitudes, así como del tipo de aislante o dieléctrico que presenten por fabricación (ver **fig. 5.27**). Como capacidades que son, la impedancia que presentan respecto a tierra, variará en función de la frecuencia de la corriente. Así tenemos que a mayor frecuencia, la impedancia capacitiva disminuirá, con lo que las corrientes de fuga capacitivas a tierra aumentan (ver **fig. 5.28**).

$$x_c = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C2\pi f}$$

$$I_c = \frac{V}{x_c}$$

$$I_c = V \cdot C \cdot 2\pi f$$

Fig. 5.28. Impedancia capacitiva x_c y corriente capacitiva I_c .

Por lo tanto, en instalaciones donde tengamos receptores que generen corrientes de **fuga permanentes de alta frecuencia** éstas circularán en su mayor parte por las capacidades hacia tierra para retornar por el neutro del transformador que cerrará el circuito con las fases. El valor de estas corrientes de fuga capacitivas, por lo tanto, dependerá básicamente del valor de las capacidades presentes en cada instalación y de la frecuencia de la misma corriente.

Estas capacidades también presentan el mismo comportamiento ante **fugas transitorias** de muy corta duración (del orden de μs). Estas fugas transitorias pueden ser originadas por sobretensiones de varios tipos (origen atmosférico, conexión de circuitos, fusión de fusibles, etc.), y su comportamiento es similar a una alta frecuencia permanente, aunque sea de muy corta duración.

Estas fugas que retornan por las capacidades de los circuitos, pueden circular de forma desequilibrada y con una intensidad eficaz lo bastante elevada como para originar disparos intempestivos de las protecciones diferenciales.

Como se decía al inicio de este apartado, este fenómeno puede provocar el disparo intempestivo simultáneo de varios diferenciales que protegen circuitos en paralelo, que estén instalados aguas abajo de un mismo embarrado o línea, con lo que no queda garantizada la “**selectividad horizontal**”.

La selectividad horizontal pretende garantizar que únicamente dispare el diferencial que se ve sometido al defecto o fuga, sin perturbar el comportamiento de los restantes diferenciales que estén en paralelo con éste. Estos dispositivos diferenciales pueden tener unos tiempos de retardo t_r idénticos entre sí. No obstante, la selectividad horizontal puede verse perturbada por los efectos de las capacidades en las instalaciones que originan los disparos por “simpatía”.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Dos ejemplos:

■ **Caso 1 (fig. 5.29):**

La apertura de D_b , situado sobre el circuito de alimentación de un receptor R que pueda generar una sobretensión (ej.: soldadura), provoca una sobretensión sobre la red. Esta sobretensión implica sobre la salida A, protegida por D_a , la aparición de una corriente capacitiva a tierra. Esta corriente puede deberse a las capacidades parásitas de los cables o a un filtro capacitivo puesto a tierra. Una solución: el diferencial de D_b puede ser instantáneo y el de D_a debe ser temporizado.

Se debe considerar que, para una configuración tal, la temporización del diferencial (D_a) es indispensable puesto que, a la puesta en tensión del circuito A, las capacidades (parásitas o no) provocan la aparición de una corriente diferencial oscilatoria amortiguada (fig. 5.30).

A título indicativo, una medida efectuada sobre un gran ordenador que dispone de un filtro antiparásitos pone de manifiesto una corriente de estas características:

- 40 A (primera cresta),
- $f = 11,5$ kHz,
- tiempo de amortiguamiento (66 %): 5 periodos.

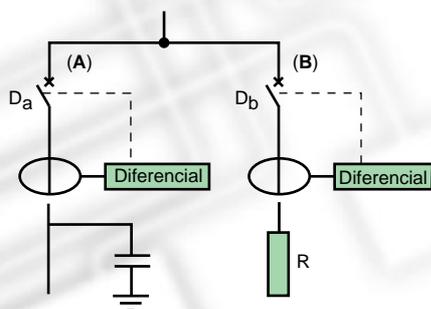


Fig. 5.29. La presencia de capacidades bajo la salida A puede provocar:

- La apertura de D_b , el disparo de D_a , y/o
 - la puesta en tensión de la salida A, el disparo de D_a .
- El empleo de los diferenciales temporizados es necesario muchas veces para paliar los disparos intempestivos provocados por las sobretensiones generadas por rayos o por maniobras de aparatos.

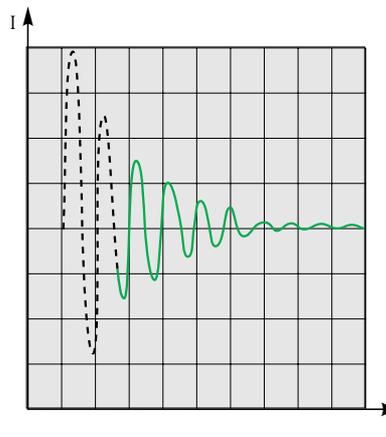


Fig. 5.30. Onda de corriente transitoria que se produce en el momento del cierre de un circuito fuertemente capacitivo.

■ **Caso 2 (fig. 5.31):**

Un defecto franco de aislamiento en la fase 1 de la salida B pone esta fase al potencial de tierra. La corriente capacitiva suministrada por la salida A, de gran longitud, va a provocar "por simpatía" el funcionamiento del diferencial correspondiente D_a . Este fenómeno se produce en todos los regímenes de neutro, pero afecta principalmente a las redes en esquema IT.

Estos dos ejemplos demuestran que es necesario temporizar los diferenciales de las salidas de gran longitud o que alimenten filtros.

En resumen, para evitar estos problemas es muy recomendable tomar las siguientes precauciones a varios niveles:

- Cuando se esté proyectando una nueva instalación donde vayan a tener que repartirse líneas de cable muy largas para poder llegar hasta los receptores (iluminación, tomas de corriente, alimentación directa de receptores, etc.), es muy conveniente realizar la **máxima subdivisión posible de circuitos** a fin de acumular el menor número de metros de cable por debajo de un solo diferencial, pudiéndose llegar a tener en muchos casos un diferencial para proteger cada circuito.
- **Limitar**, en la medida de lo posible, el **número de receptores electrónicos** que incluyan filtros capacitivos conectados a tierra, por debajo de cada diferencial. En circuitos para alimentar tomas informáticas, por ejemplo, hay que minimizar el número de líneas por debajo de cada diferencial.
- Para disminuir o eliminar el número de disparos intempestivos en instalaciones ya

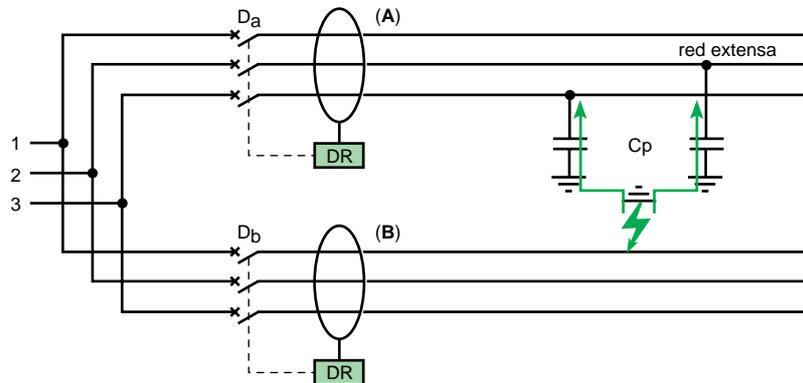


Fig. 5.31. En presencia de un defecto en el circuito B, D_a puede abrir en lugar de D_b . El empleo de los diferenciales temporizados es necesario para evitar los disparos intempestivos en las salidas en buen estado.

existentes, en la mayoría de ocasiones no es posible tomar las precauciones anteriores. En estos casos es aconsejable la sustitución de los dispositivos diferenciales que ocasionan los problemas por los dispositivos especializados de última generación de Merlin Gerin: la nueva gama de protección diferencial **superinmunizada multi 9**, que está autoinmunizada para evitar los disparos intempestivos originados por las corrientes de fuga que circulan por las capacidades de la instalación: las corrientes de alta frecuencia y las corrientes transitorias de alto nivel y muy corta duración. Para efectuar la protección de cabecera de circuitos de potencia el relé diferencial con toro separado **Vigirex RHU/RMH de Merlin Gerin**, es la solución que actualmente permite conseguir la máxima continuidad de servicio para la protección de circuitos capacitivos, ya que dispone de la máxima autoprotección contra disparos intempestivos.

■ En los casos, cada día más habituales, en que se requiera una muy alta continuidad de servicio en la instalación, es muy aconsejable proyectar de entrada la colocación de dispositivos diferenciales **superinmunizados multi 9** en las salidas más conflictivas y **Vigirex RHU/RMH** en cabecera, además de haber tomado las dos primeras precauciones anteriores (limitar los metros de cable y el número de receptores electrónicos por debajo de cada diferencial).

5.5 Empleo de diferenciales en redes mixtas y de corriente continua

Un defecto de aislamiento en corriente continua es menos peligroso que en corriente alterna

Algunos experimentos efectuados (**tabla 1.1**) han demostrado que el hombre, para las corrientes débiles, es alrededor de 5 veces menos sensible a la corriente continua que a la corriente alterna 50/60 Hz. El riesgo de fibrilación ventricular no aparece hasta más allá de 300 mA. Las normas de instalación UNE 20460 y CEI 479 han establecido una relación de alrededor de 2, teniendo en cuenta el hecho de que, en la práctica, las corrientes de defecto son direccionales pero no siempre alisadas.

Este hecho se ilustra en la **fig. 5.32**, desarrollada a partir de la **tabla 1.2**. Cabe considerar que un rectificador trifásico, alimentado por una tensión alterna de 400 V entre fases, genera una tensión

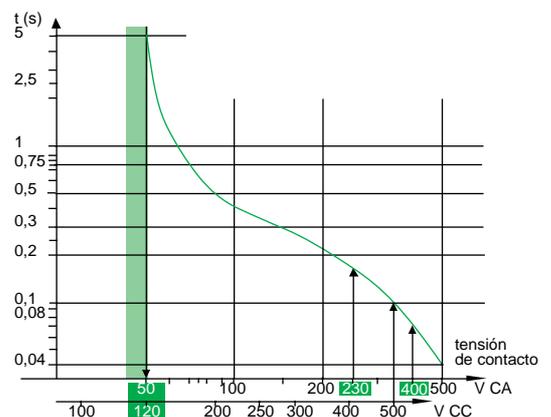


Fig. 5.32. Curvas de seguridad establecidas a partir del tiempo máximo de corte de un diferencial fijado por la UNE 20460.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

de contacto directo de 270 V en continua, que corresponde a un tiempo de corte máximo de 0,3 s.

Las normas de fabricación de los diferenciales consideran la existencia de corrientes no alternas. Definen particularmente las **clases**, presentadas en la **fig. 4.9**, y describen los ensayos correspondientes. A título de ejemplo, los interruptores diferenciales de **clase A** deben funcionar para $I_d \leq 1,4 I_{\Delta n}$ en todas las corrientes de fuga que correspondan a la **fig. 5.33**. En este caso, con o sin la superposición de una corriente continua alisada de hasta 6 mA, la corriente de defecto se aplica bruscamente o bien aumentándola lentamente de 0 a $1,4 I_{\Delta n}$ en 30 s. Los diferenciales que satisfacen estos ensayos son de **clase A** y se identifican con el símbolo siguiente, marcado sobre su cara anterior:

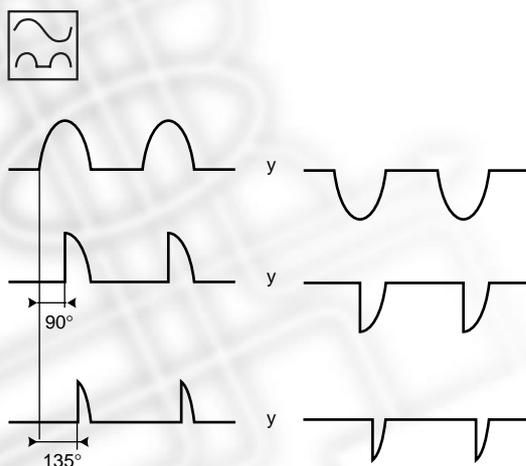


Fig. 5.33. Formas de onda de las corrientes de ensayo de los diferenciales de clase A.

Las corrientes de defecto reales

Corresponden a la imagen de las tensiones que existen entre el punto de defecto y el neutro de la instalación.

La forma de onda de la corriente de defecto es raramente la misma que la de la tensión o la corriente aplicada, suministrada a la carga. Las tensiones y corrientes de defecto de tipo continuo puro (tasa de ondulación nula) son muy raras.

■ En el ámbito doméstico, la distribución y los rectificadores electrónicos incluidos en los receptores son monofásicos; éstos corresponden a los esquemas identificados de A a F en la **fig. 5.34**. Los diferenciales de tipo A aseguran la protección de las personas. En todo caso, para el esquema B

no detectan la corriente de defecto, salvo si su aparición es súbita. A destacar que el montaje E está cada vez más extendido puesto que se sitúa en la entrada de alimentaciones muy empleadas en los electrodomésticos (TV, microondas...), pero también en materiales profesionales (microordenadores, fotocopiadoras...).

■ En la industria se encuentran la mayor parte de los rectificadores trifásicos (esquemas G a K de la **fig. 5.35**). Estos montajes pueden generar una corriente de defecto continua con una débil tasa de ondulación:

■ montajes G y H

El montaje G suministra la tensión rectificadora con una débil tasa de ondulación permanente y, por tanto, corrientes de defecto difíciles de detectar por los diferenciales. El montaje H, en cambio, genera corrientes de defecto pulsantes y, por tanto, visibles por los diferenciales. Pero es equivalente al montaje G cuando la conducción es a plena onda.

■ montaje J

Este montaje es muy frecuente y corresponde, particularmente, a los variadores de velocidad de los motores de corriente continua.

Debido a la fuerza contraelectromotriz y a la inductancia de los motores, se generan corrientes de defecto más lisas que en los montajes G y H precedentes. En todo caso y para cualquier ángulo de conducción de los tiristores, los diferenciales situados aguas arriba de los variadores de velocidad deben ser capaces de asegurar la protección. En algunos casos se pueden emplear diferenciales estándar adaptando la regulación de su umbral $I_{\Delta n}$.

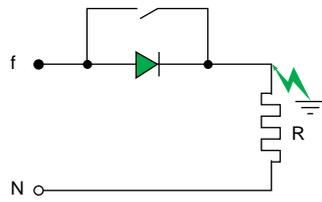
A título de ejemplo, la **fig. 5.36** representa la sensibilidad de un diferencial, de tecnología electrónica, en función de la tensión de salida del variador aplicada al motor.

■ montaje K

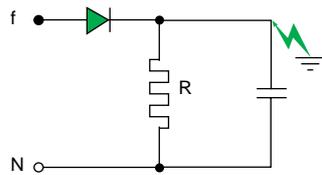
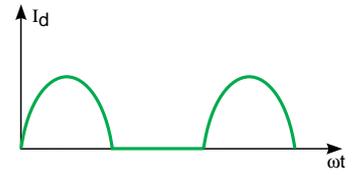
Con este montaje, un defecto sobre el circuito continuo no produce una variación de flujo magnético

$\frac{d\phi}{dt}$ en el seno de los captadores magnéticos de los diferenciales, que se verán entonces “cegados”. Este montaje, a menos que se utilice un transformador en lugar de un autotransformador, es peligroso pues los diferenciales de clase AC y A no pueden funcionar.

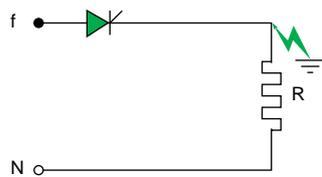
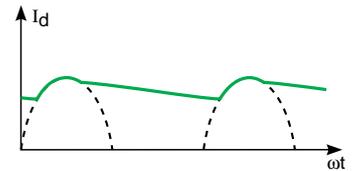
protección diferencial BT



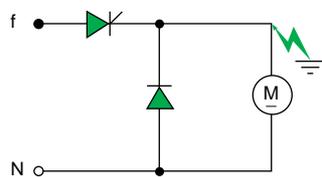
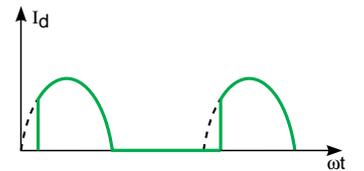
A/
Máquina de soldadura o
variador de luminosidad



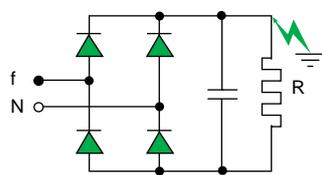
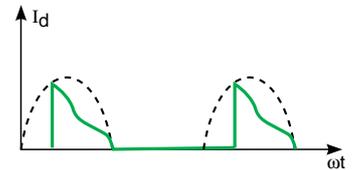
B/
Televisión,
cargador de baterías,
etc.



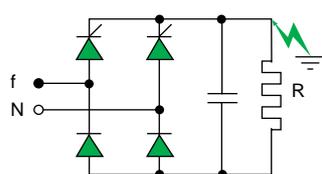
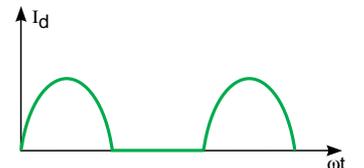
C/
Regulador de luminosidad,
soldadura de arco.



D/
Aparatos domésticos
con motor (universal).



E/
Televisión, microordenadores,
fotocopiadoras, microondas



F/

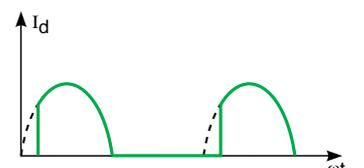
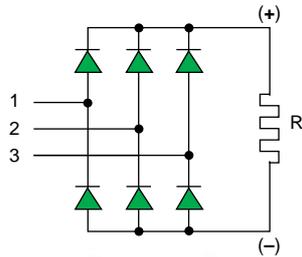
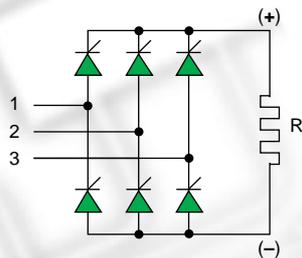
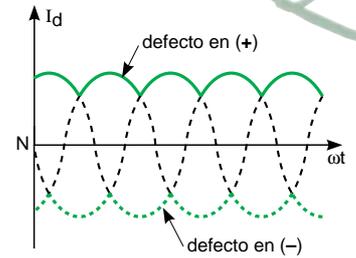


Fig. 5.34. Forma de las corrientes de defecto, detectadas sobre la alimentación monofásica de los rectificadores, cuando hay un defecto de aislamiento en la salida positiva.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

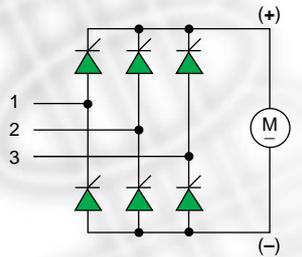
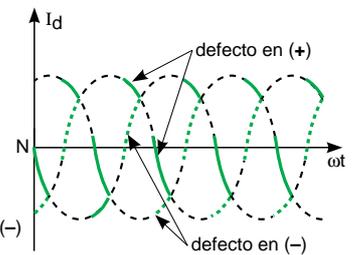


G/
Rectificadores para:
 ■ máquinas de soldar,
 ■ electroimanes,
 ■ electrólisis, etc.



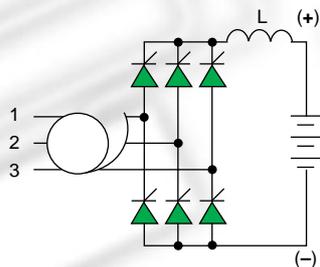
H/
Rectificadores regulados para:
 ■ redes de CC industriales,
 ■ electroforesis.

La corriente de defecto en (+) sigue el límite superior de las zonas de conducción. Del mismo modo, la corriente de defecto en (-) sigue el límite inferior.



J/
Variadores de velocidad para motor CC.

La corriente de defecto es "pulsante" para bajas velocidades y muy próxima a la corriente continua para velocidades elevadas.



K/
Cargador de baterías estacionarias para:
 ■ redes auxiliares CC,
 ■ onduladores.

En este esquema, la bobina de alisado (L) arrastra la conducción (cíclica y por pares) de los tiristores de manera que el punto de defecto (+) o (-) está junto, eléctricamente, al relé del neutro; por lo cual una corriente de defecto continua es casi pura.

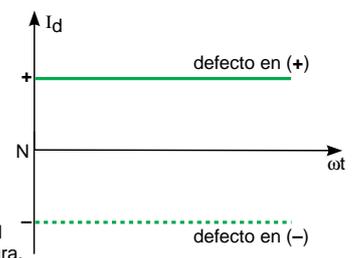


Fig. 5.35. Forma de las corrientes de defecto, detectadas sobre la alimentación trifásica de los rectificadores, cuando hay un defecto de aislamiento en la salida.

protección diferencial BT

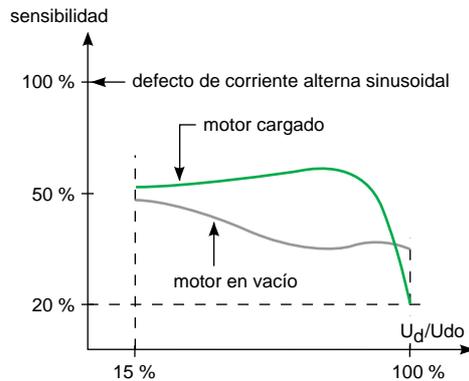


Fig. 5.36. Evolución de la sensibilidad de un diferencial electrónico colocado aguas arriba de un rectificador de tiristores.

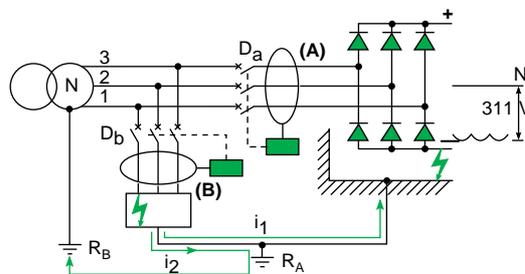


Fig. 5.37. La corriente de defecto mantenida en la salida del rectificador (sin apertura de D_a) puede cegar (o bloquear) el diferencial colocado en B.

Caso particular: el retorno de corriente continua

Examinemos qué sucede cuando un segundo defecto se produce en la parte alterna de una red que dispone de un rectificador, que sigue el montaje G, visto anteriormente (ver fig. 5.37).

Si la alimentación (A) del rectificador no está vigilada por un diferencial, o si este diferencial ha sido mal elegido o está inoperante por una razón cualquiera, el defecto de aislamiento, existente sobre la parte continua, permanece sin disparo de D_a . Pero entonces, si un defecto se produce sobre otra salida B, la corriente de este defecto es igual a: $i_1 + i_2 \dots$ Y no es seguro que el diferencial situado en esta salida, si es de tipo AC, funcione para el umbral regulado. Por este motivo, la norma UNE 20460 (apartado 532-2-2-1-4) estipula: "Cuando materiales eléctricos, susceptibles de producir corrientes continuas, se instalen aguas abajo de un dispositivo diferencial, se deberán tomar precauciones para que, en caso de defecto a tierra, las corrientes continuas no perturben el funcionamiento de los diferenciales y no comprometan la seguridad."

Por tanto, se recomienda:

- Una correcta elección de los diferenciales situados justo aguas arriba de un sistema rectificador.
- Utilizar en el resto de la instalación diferenciales de clase A.

5.6 Consejos particulares de instalación de relés diferenciales con toroidal separado

Precauciones básicas de instalación

Por regla general, en los diferenciales integrados (tipo **multi 9** o tipo **Vigicomact**) no hay precauciones particulares a tomar salvo verificar las dimensiones de los diferentes aparatos. En cambio, en la gama de relés electrónicos con toroidal separado (**Vigirex**), es necesario efectuar la instalación respetando las reglas siguientes:

■ **A través del toroidal sólo deben pasar todos los cables activos.**

□ **en TT: (fig. 5.38)**

Las 3 fases y el neutro. Tomar las 3 fases si el neutro no está distribuido.

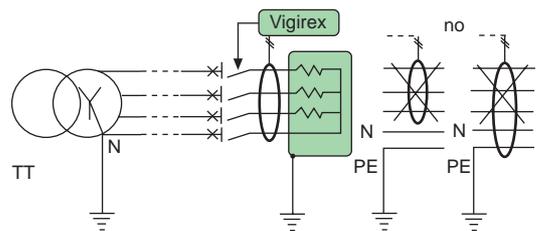


Fig. 5.38.

□ **en TN: (fig. 5.39)**

TNC: No funciona un diferencial en TNC.

TNS: Las 3 fases y el neutro. No introducir el cable de protección PE en el interior del toroidal. Tomar las 3 fases si el neutro no está distribuido (poco frecuente).

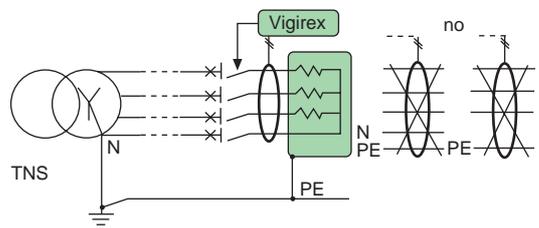


Fig. 5.39.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

□ en IT: (fig. 5.40)

Tomar las 3 fases y el neutro. 3 fases si el neutro no está distribuido.

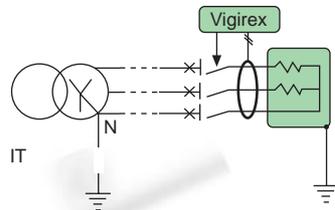


Fig. 5.40.

■ Líneas con fuertes puntas de corriente de arranque.

En los cables que puedan estar sometidos a sobretensiones transitorias, (arranque de motores, puesta en tensión de transformadores...) deben considerarse varias precauciones de aplicación muy simple; su eficacia es acumulativa:

- colocar el toro en una parte recta del cable.
 - centrar el cable dentro del toro.
 - utilizar un toro de diámetro claramente superior al del cable (≥ 2 veces).
- Cuando las condiciones sean particularmente severas, la utilización de una plancha de acero dulce enrollada alrededor del cable mejorará sustancialmente la inmunidad (fig. 5.41).

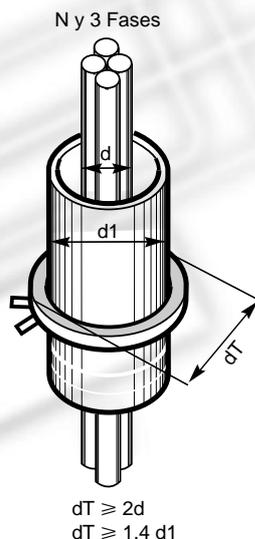


Fig. 5.41.

Montajes particulares

Cuando los toros, incluso los de diámetro máximo, no pueden ser instalados (juego de barras, cables demasiado voluminosos...) es necesario realizar alguno de los montajes según los esquemas siguientes. Habitualmente se utilizan para cabecera de instalaciones de potencia elevada, o circuitos secundarios de gran potencia. Según la posición de las salidas a controlar, puede realizarse uno de los 3 montajes siguientes para resolver el problema.

■ 1.º montaje: se instalan TI en cada salida y se interconectan entre sí en paralelo, respetando la polaridad (ver fig. 5.42). La suma, hecha de esta forma, representa la imagen de la suma de las corrientes primarias.

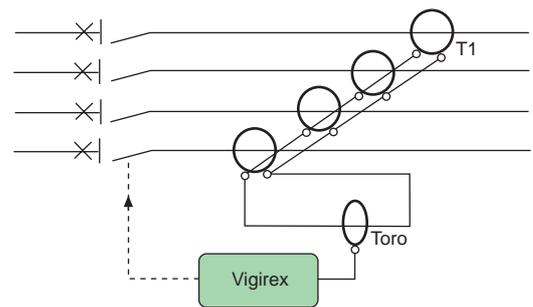


Fig. 5.42.

Precauciones:

- No saturar los TI con una corriente primaria excesiva.
- Los umbrales se multiplican por la relación de transformación. Por ejemplo TI 1000/1 umbral mínimo 30 A (para 30 mA).
- La regulación de la sensibilidad del relé será: $I\Delta n \geq 10\% I_n$. Donde I_n es la corriente del primario del TI. Así se evitan los problemas de imprecisión del TI.
- Considerar I_n del TI aproximadamente un 10 % mayor a la real para tener en cuenta las tolerancias de medida de TI y evitar así los disparos intempestivos.



protección diferencial BT

■ **2.º montaje:** en el caso que se tengan varios cables por fase (**fig. 5.43**), puede instalarse 1 toro por cable y conectar los secundarios en paralelo (respetar las polaridades); obteniendo la imagen de la corriente primaria en todas las fases. Este montaje es excepcional y sólo debe utilizarse si no se puede proceder de ninguna otra forma.

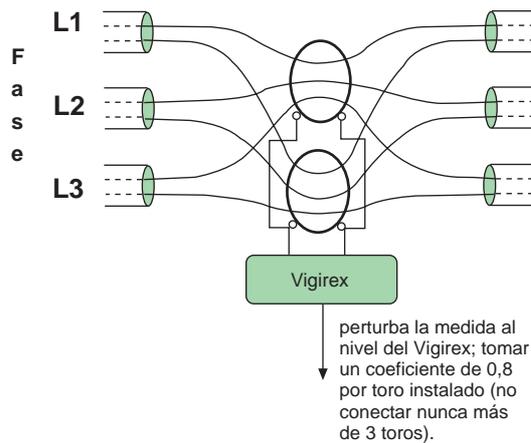


Fig. 5.43.

Precauciones:

- Realizar las conexiones del mismo tamaño y diámetro.
- Poner en paralelo los toros.

■ **3.er montaje:** en cabecera de instalación, la suma de las corrientes en los cables activos es idéntica a la corriente que circula en el cable que conecta el transformador a tierra. Se puede montar el toro en este cable, normalmente de menor tamaño (1 cable en lugar de 4), cuando sea imposible montar los toros en los cables activos (**fig. 5.44**).

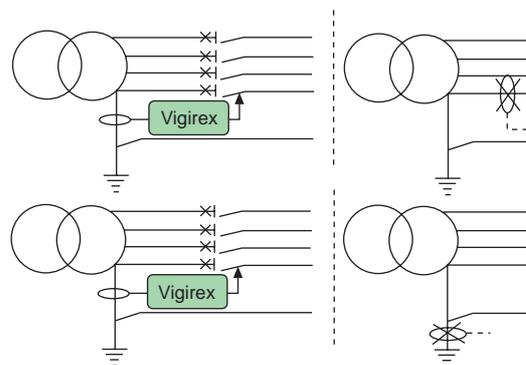


Fig. 5.44.

Precauciones:

- En TNS, no pasar el cable de protección PE por el interior del toro (ver **figura 5.44**).
- Esta solución sólo es válida para protección de cabecera de instalación.

5.7 Coordinación entre interruptores automáticos magnetotérmicos e interruptores diferenciales ID

Elección del calibre o corriente asignada del interruptor diferencial. Protección del ID contra sobrecargas

La corriente asignada I_{nd} del ID se elige en función de la corriente de empleo del circuito previamente calculada, teniendo en cuenta los coeficientes de utilización K_u y de simultaneidad K_s .

■ Si el interruptor diferencial está situado aguas abajo de un interruptor automático magnetotérmico y en la misma línea (**fig. 5.45**), las corrientes asignadas de los dos elementos pueden ser iguales: $I_{nd} \geq I_{n1}$, aunque es muy recomendable sobrecalibrar el interruptor diferencial respecto al magnetotérmico de forma que $I_{nd} \geq 1,4 I_{n1}$.

■ Si el interruptor diferencial está situado aguas arriba de un grupo de circuitos protegidos por interruptores magnetotérmicos del mismo número de polos que el ID, la corriente asignada del interruptor diferencial I_{nd} se elige en función de:

$$I_{nd} \geq K_u \cdot K_s (I_{n1} + I_{n2} + I_{n3} + I_{n4}).$$

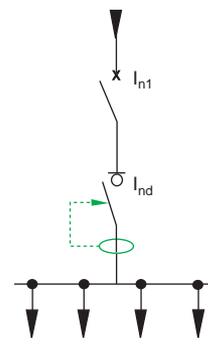


Fig. 5.45: interruptor diferencial aguas abajo de un interruptor automático.

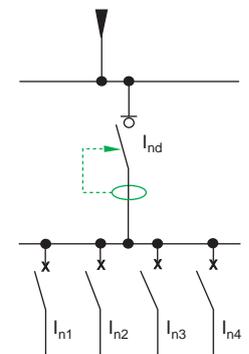


Fig. 5.46: interruptor diferencial, aguas arriba de un grupo de interruptores automáticos.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Protección de interruptores diferenciales contra cortocircuitos

Uno de los factores determinantes para la elección del interruptor diferencial es la coordinación con el magnetotérmico colocado aguas arriba o aguas abajo para lograr una correcta protección contra cortocircuitos.

Los dispositivos diferenciales tienen una resistencia a las corrientes de cortocircuito

limitada, por tanto deben estar siempre protegidos contra los cortocircuitos que se puedan producir aguas abajo, mediante un magnetotérmico. Las siguientes tablas indican el valor máximo de la corriente de cortocircuito, en kA eficaces, para el cual el diferencial está protegido, gracias a la coordinación con el magnetotérmico colocado aguas arriba o aguas abajo.

Interruptor diferencial ID multi 9 bipolar o tetrapolar

Tipo de ID	ID multi 9 bipolar 230-240 V					ID multi 9 tetrapolar 400-415 V					
	25	40	63	80	100	25	40	63	80	100	
Interruptor automático	DPN N	6	6				2	2			
	C60N	20	20	20			10	10	10		
	C60H	30	30	30			15	15	15		
	C60L	50	40	30			25	20	15		
	NC100H	10	10	10	10	10	7	7	7	5	5
	NG125N	20	20	20	20	20	15	15	15	15	7
	NG125H	20	20	20	20	20	18	18	18	18	8
	NG125L	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10
	NS100N	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4
	NS160N	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4
ID multi 9 bipolar 400-415 V (en régimen IT)						ID multi 9 tetrapolar 230-240 V					
	DPN N	3	3				7,5	7,5			
	C60N	15	15	15			30	30	30		
	C60H	15	15	15			30	30	30		
	C60L	25	20	15			50	45	30		
	NC100H	7	7	7	5	5	10	10	10	10	10
	NS100N	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6
	NS160N	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6

Fig. 5.47.

Interruptor diferencial ID multi 9 instalado entre un NS 100/160 aguas arriba y un magnetotérmico multi 9 aguas abajo

Tipo de ID	ID multi 9 bipolar 230-240 V					ID multi 9 tetrapolar 400-415 V					
	25	40	63	80	100	25	40	63	80	100	
Interruptor automático	DPN N	6	6				2	2			
	C60N	20	20	20			15	15	15		
	C60H	30	30	30			15	15	15		
	C60L	50	45	30			25	20	15		
	NC100H	10	10	10	10	10	7	7	7	5	5
	ID multi 9 bipolar 400-415 V (en régimen IT)						ID multi 9 tetrapolar 230-240 V				
		DPN N	2	2				6	6		
		C60N	15	15	15			30	30	30	
		C60H	15	15	15			30	30	30	
		C60L	25	20	15			50	45	30	
	NC100H	7	7	7	5	5	10	10	10	10	10

Fig. 5.48.

protección diferencial BT

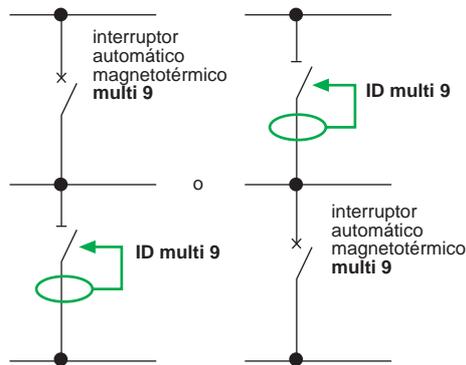


Fig. 5.49. Disposición de los aparatos para la tabla de la fig. 5.47.

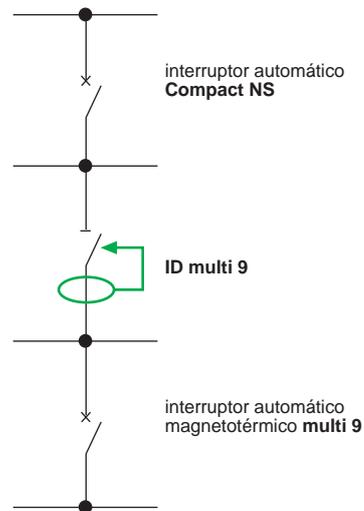


Fig. 5.50. Disposición de los aparatos para la tabla de la fig. 5.48.

Ejemplo de coordinación entre interruptores automáticos e ID

Supongamos un circuito de entrada a un cofret (fig. 5.51), en el cual la intensidad de cortocircuito I_{cc} en las barras de entrada es de 20 kA, alimenta unos receptores cuyas intensidades de empleo son respectivamente de 32, 20 y 10 A en monofásico a 230 V.

El régimen de neutro de la instalación es TT. La salida situada en el cuadro aguas arriba, y que alimenta a este cofret, está protegida por un interruptor automático NC100H bipolar.

¿Qué interruptor diferencial ID se escogerá para proteger la entrada del cofret?

- Se escogerá un interruptor diferencial ID de calibre $> 32 + 20 + 10 = 62$ A, es decir un ID de al menos 63 A.
- Resistencia a los cortocircuitos del ID de 63 A asociado al NC100H: se ve en las tablas anteriores que es de 10 kA, lo cual no es suficiente para poder resistir hasta los 20 kA.
- Si las salidas están situadas en el mismo cofret que el interruptor diferencial, es posible efectuar la coordinación con cada uno de los interruptores automáticos magnetotérmicos de salida del cofret.

- Se escogerán unos interruptores tipo C60N para las salidas, ya que su poder de corte (o resistencia a los cortocircuitos) es de 20 kA. En las tablas anteriores observamos que la resistencia a los cortocircuitos del ID de 63 A asociado con un C60N es de 20 kA, lo cual sí es correcto.

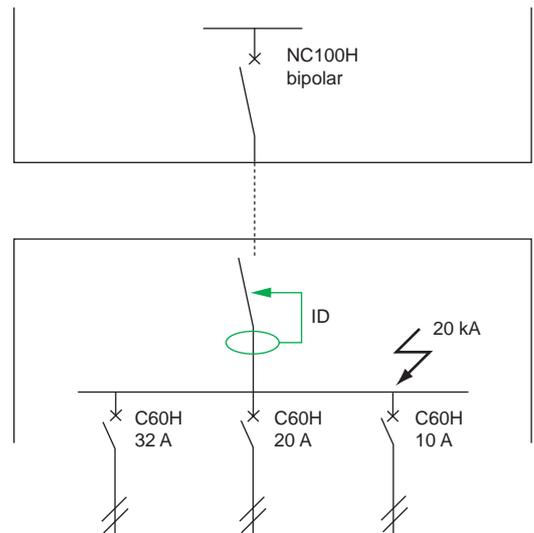


Fig. 5.51.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales



5.8 Longitudes máximas de línea en regímenes TN e IT

Las siguientes tablas dan las longitudes máximas, en metros, de los cables en los esquemas de conexión a tierra TN e IT protegidos contra los contactos indirectos

mediante interruptores automáticos magnetotérmicos. Para instalaciones donde se superen estas longitudes de cable por debajo del magnetotérmico deberá reforzarse la protección contra contactos indirectos mediante el empleo de un dispositivo diferencial, habitualmente de media o baja sensibilidad además del magnetotérmico.

Régimen de neutro TN. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para redes a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Sp	1	2	3	4
cable de cobre	1	0,67	0,5	0,4
cable de aluminio	0,62	0,41	0,31	0,25

(1): Para las redes a 237 V entre fases, aplicar un coeficiente 0,57 suplementario. Para las redes 237 V monofásicas (entre neutro y fase), no aplicar este coeficiente.

P25M

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = S_{PE}, U_L = 50 V, en esquema TN.

Sfases mm ²	calibre (A)												
	0,16	0,24	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10	16	20	25
1,5				730	426	255	170	102	68	42	27	21	17
2,5					710	425	284	170	113	71	44	35	28
4						681	454	272	181	113	71	56	45
5 (2 x 2,5)						851	568	340	227	142	89	71	56

C60N/L, NC100H

Curva B
Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = S_{PE}, U_L = 50 V, en esquema TN.

Sfases mm ²	calibre (A)									
	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100
1,5	123	77	61	49	38	31	25	19	15	12
2,5	204	128	102	82	64	51	41	32	28	20
4	327	204	164	131	102	82	65	52	41	33
6	491	307	245	196	153	123	98	78	61	49
10	818	511	409	327	256	204	164	130	102	82
16		818	654	523	409	327	262	208	164	131
25				818	639	454	409	325	258	204
35					894	636	572	454	358	288
50							818	649	511	409

C60N/H/L, NC100H/L/LS/LH, NG125N/H/L

Curva C
Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = S_{PE}, U_L = 50 V, en esquema TN.

Sfases mm ²	calibre (A)															
	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	613	307	204	153	102	61	38	31	25	19	15	12	10	8	6	4
2,5		511	341	256	170	102	64	51	41	32	26	20	16	13	10	8
4			545	409	273	164	102	82	65	51	41	33	26	20	16	13
6				818	613	409	245	153	123	98	77	61	49	39	31	25
10					681	409	256	204	164	128	102	82	65	51	41	32
16						654	409	327	262	204	164	131	104	82	65	51
25							639	511	409	319	256	204	162	128	102	80
35								894	716	572	447	358	286	227	179	143
50									818	639	511	409	325	258	204	160

C60N, NC100H/LS NG125N

Curva D
Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = S_{PE}, U_L = 50 V, en esquema TN.

Sfases mm ²	calibre (A)															
	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	438	219	146	110	73	44	27	22	18	14	11	9	7	5	4	2
2,5	730	365	243	183	122	73	46	37	29	23	18	15	12	9	7	4
4		564	389	292	195	117	73	58	47	37	29	23	19	14	12	7
6			876	584	438	292	175	110	88	70	55	44	35	28	21	18
10				974	730	487	292	183	146	117	91	73	58	46	35	29
16					779	467	292	234	187	146	117	93	74	58	47	31
25						730	456	365	292	228	183	146	116	88	73	48
35							639	511	409	319	258	204	162	123	102	68
50								913	730	584	456	365	292	232	178	146

C60LMA, NC100LMA, NG125LMA

Curva MA
Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = S_{PE}, U_L = 50 V, en esquema TN.

Sfases mm ²	calibre (A)										
	1,6	2,5	4	6,3	10	12,5	16	25	40	63	80
1,5	274	175	110	70	44	35	27	18	11	7	5
2,5	456	292	183	116	73	58	46	29	18	12	7
4	730	467	292	186	117	93	73	47	29	19	12
6		701	438	279	175	141	110	70	44	28	18
10			730	465	292	234	183	117	73	46	30
16				743	467	374	292	187	117	74	48
25					730	584	456	292	183	116	76
35						818	639	409	256	162	106
50							913	584	365	232	152

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para I_m ± 20 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para I_m + 20 %.

protección diferencial BT

Régimen de neutro TN. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para redes a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe	1	2	3	4
cable de cobre	1	0,67	0,5	0,4
cable de aluminio	0,62	0,41	0,31	0,25

(1): Para las redes a 237 V entre fases, aplicar un coeficiente 0,57 suplementario.
Para las redes 237 V monofásicas (entre neutro y fase), no aplicar este coeficiente.

NS80H-MA

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = Spe,
U_L = 50 V
en esquema TN.

Sfases (mm ²)	calibre (A)											
	In (A)	2,5	3,3	4,4	5,6	7,2	9,0	11,3	14,3	18,0	22,6	28,5
1,5	351	150	150	60	70	30	35	15	18	8	11	4
2,5	585	251	251	100	117	50	59	25	29	13	18	7
4	936	401	401	160	187	80	94	40	47	20	29	12
6	1404	602	602	239	281	120	140	60	70	30	44	18
10		1003	1003	399	468	201	234	100	117	50	73	30
16		1605	1605	638	749	321	375	161	187	80	117	48
25				997	1170	502	585	251	293	125	183	76
35				1396	1639	702	819	351	410	176	256	106
50						1003	1170	502	585	251	366	152
70						1404	1639	702	819	351	512	212

NS100N/H/L

Bloque de relés tipo
TM-G
Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = Spe,
U_L = 50 V
en esquema TN.

Sfases (mm ²)	calibre (A)			
	In (A)	16	25	40
1,5		84	66	66
2,5		139	110	110
4		223	176	176
6		334	263	263
10		557	439	439
16		892	702	702
25			1097	1097
35			1536	1536
50				2194
70				1966

NS100N/H/L

Bloque de relés tipo MA
Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = Spe,
U_L = 50 V
en esquema TN.

Sfases (mm ²)	calibre (A)											
	In (A)	2,5	3,3	4,4	5,6	7,2	9,0	11,3	14,3	18,0	22,6	28,5
1,5	351	150	150	60	70	30	35	15	18	8	11	5
2,5	585	251	251	100	117	50	59	25	29	13	18	8
4	936	401	401	160	187	80	94	40	47	20	29	13
6	1404	602	602	239	281	120	140	60	70	30	44	19
10		1003	1003	399	468	201	234	100	117	50	73	31
16		1605	1605	638	749	321	375	161	187	80	117	50
25				997	1170	502	585	251	293	125	183	78
35				1396	1639	702	819	351	410	176	256	110
50						1003	1170	502	585	251	366	157
70						1404	1639	702	819	351	512	219
95						1906	2224	953	1112	477	695	298
120								1204	1404	602	878	376
150									1756	752	1097	470
185										928	1353	580

NS160N/H/L a

NS630N/H/L

Bloque de relés tipo MA
Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = Spe,
U_L = 50 V
en esquema TN.

Sfases (mm ²)	calibre (A)									
	In (A)	100	150	220	320	500				
1,5	600	1400	1200	1950	1760	2860				
2,5	9	4	4	3	3	2				
4	14	6	7	5	5	3				
6	22	9	12	7	8	5				
10	34	14	18	11	12	7				
16	56	24	29	18	20	12				
25	90	38	47	29	32	20				
35	142	60	73	45	50	31				
50	198	85	102	63	70	43				
70	283	121	146	90	100	61				
95				126	140	86				
120					190	117				
150						130				
185						165				
						101				
						105				
						132				
						81				
						162				
						100				

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para I_m ± 20 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para I_m + 20 %.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Régimen de neutro TN. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para redes a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe	1	2	3	4
cable de cobre	1	0,67	0,5	0,4
cable de aluminio	0,62	0,41	0,31	0,25

(1): Para las redes a 237 V entre fases, aplicar un coeficiente 0,57 suplementario.
Para las redes 237 V monofásicas (entre neutro y fase), no aplicar este coeficiente.

NSA160N

Bloque de relés tipo TM-D

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V en esquema TN.

Sfases (mm ²)	calibre (A)					
	In (A)	63	80	100	125	160
	Im (A)	1000	1000	1000	1250	1250
1,5	5	5	5	5	4	4
2,5	9	9	9	9	7	7
4	14	14	14	14	11	11
6	21	21	21	21	17	17
10	35	35	35	35	28	28
16	56	56	56	56	45	45
25	88	88	88	88	70	70
35	123	123	123	123	98	98
50	176	176	176	176	140	140
70	246	246	246	246	197	197

NS100N/H/L

Bloque de relés tipo TM-D

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V en esquema TN.

Sfases (mm ²)	calibre (A)						
	In (A)	16	25	40	63	80	100
	Im (A)	190	300	500	500	650	800
1,5	26	18	11	11	11	8	7
2,5	44	29	18	18	18	14	11
4	71	47	28	28	28	22	18
6	106	70	42	42	42	32	26
10	177	117	70	70	70	54	44
16	284	187	112	112	112	86	70
25		293	176	176	176	135	110
35		410	246	246	246	189	154
50			351	351	351	270	219
70				492	492	378	307
95						513	417

NS160N/H/L a NS250N/H/L

Bloque de relés tipo TM-D

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V en esquema TN.

Sfases (mm ²)	calibre (A)								
	In (A)	80	100	125	160	200	250	250	
	Im (A)	1000	1250	1250	1250	1000	2000	1250	2500
1,5	5	4	4	4	4	5	3	4	2
2,5	9	7	7	7	7	9	4	7	4
4	14	11	11	11	11	14	7	11	6
6	21	17	17	17	17	21	11	17	8
10	35	28	28	28	28	35	18	28	14
16	56	45	45	45	45	56	28	45	22
25	88	70	70	70	70	88	44	70	35
35	123	98	98	98	98	123	61	98	49
50	176	140	140	140	140	176	88	140	70
70	246	197	197	197	197	246	123	197	98
95	334	267	267	267	267	334	167	267	133
120	421	337	337	337	337	421	211	337	169
150		421	421	421	421	527	263	421	211
185						650	325	520	260
240								674	337
300								843	421

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para Im ± 20 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para Im + 20 %.

Régimen de neutro TN. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para redes a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe	1	2	3	4
cable de cobre	1	0,67	0,5	0,4
cable de aluminio	0,62	0,41	0,31	0,25

(1): Para las redes a 237 V entre fases, aplicar un coeficiente 0,57 suplementario.
Para las redes 237 V monofásicas (entre neutro y fase), no aplicar este coeficiente.

NS100N/H/L a NS250N/H/L

Bloque de relés tipo STR22SE/GE

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = Spe, U_L = 50 V en
esquema TN.

Los valores del umbral
del corto retardo
indicados para cada
bloque de relés
corresponden a:

I_r = 0,4 y 1 × I_n.
I_m = 2, 5 y 10 × I_r.

Ejemplo

Para un bloque de relés
tipo STR22SE 100 A:

■ I_r = 0,4 × 100 = 40 A

□ I_m = 2 × 40 = 80 A

□ I_m = 5 × 40 = 200 A

□ I_m = 10 × 40 = 400 A

■ I_r = 1 × 100 = 100 A

□ I_m = 2 × 100 = 200 A

□ I_m = 5 × 100 = 500 A

□ I_m = 10 × 100 = 1000 A

I _m (A)	38	60	80	95	126	150	160	200	250	315	400	500	630	1000
STR22SE 40 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 100 A			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sfases (mm ²)														
1,5	145	92	69	58	44	37	34	27	22	17	14	11	9	5
2,5	241	153	114	96	73	61	57	46	37	29	23	18	15	9
4	386	244	183	154	116	98	92	73	59	47	37	29	23	15
6	578	366	275	231	174	147	137	110	88	70	55	44	35	22
10	964	611	458	386	291	244	229	183	147	116	92	73	58	37
16	1543	977	733	617	465	391	366	293	234	186	147	117	93	59
25	2410	1527	1145	964	727	611	572	458	366	291	229	183	145	92
35	3375	2137	1603	1350	1018	855	801	641	513	407	321	256	204	128
50	4821	3053	2290	1928	1454	1221	1145	916	733	582	458	366	291	183
70		4274	3206	2700	2035	1710	1603	1282	1026	814	641	513	407	256
95			4351	3664	2762	2320	2175	1740	1392	1105	870	696	552	348
120				4628	3489	2931	2748	2198	1759	1396	1099	879	698	440
150					4362	3664	3435	2748	2198	1745	1374	1099	872	550
185						4519	4236	3389	2711	2152	1694	1356	1076	678
240							5496	4397	3517	2791	2198	1759	1396	879
300								5496	4397	3489	2748	2198	1745	1099

I _m (A)	150	235	240	320	375	500	640	790	800	1000	1250	1575	1600	2500
STR22SE 160 A	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 250 A			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sfases (mm ²)														
1,5	37	23	23	17	15	11	9	7	7	5	4	3	3	2
2,5	61	39	38	29	24	18	14	12	11	9	7	6	6	4
4	98	62	61	46	39	29	23	19	18	15	12	9	9	6
6	147	94	92	69	59	44	34	28	27	22	18	14	14	9
10	244	156	153	114	98	73	57	46	46	37	29	23	23	15
16	391	249	244	183	156	117	92	74	73	59	47	37	37	23
25	611	390	382	286	244	183	143	116	114	92	73	58	57	37
35	855	546	534	401	342	256	200	162	160	128	103	81	80	51
50	1221	780	763	572	489	366	286	232	229	183	147	116	114	73
70	1710	1091	1069	801	684	513	401	325	321	256	205	163	160	103
95	2320	1481	1450	1088	928	696	544	441	435	348	278	221	218	139
120	2931	1871	1832	1374	1172	879	687	557	550	440	352	279	275	176
150	3664	2339	2290	1717	1466	1099	859	696	687	550	440	349	343	220
185	4519	2884	2824	2118	1807	1356	1059	858	847	678	542	430	424	271
240		3742	3664	2748	2345	1759	1374	1113	1099	879	703	558	550	352
300		4677	4580	3435	2931	2198	1717	1391	1374	1099	879	698	687	440

NS400N/H/L a NS630N/H/L

Bloque de relés tipo STR23SE/STR53UE

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = Spe, U_L = 50 V en
esquema TN.

Los valores del umbral
del corto retardo
indicados para cada
bloque de relés
corresponden a:

I_r = 0,4, 0,63 y 1 × I_n
I_m = 2, 5 y 10 × I_r

I _m (A)	240	378	600	800	1250	1600	2000	2500	4000	6300
NS400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NS630			■	■	■	■	■	■	■	■
Sfases (mm ²)										
35	534	339	214	160	103	80	64	51	32	20
50	763	485	305	229	147	114	92	73	46	29
70	1069	678	427	321	205	160	128	103	64	41
95	1450	921	580	435	278	218	174	139	87	55
120	1832	1163	733	550	352	275	220	176	110	70
150	2290	1454	916	687	440	343	275	220	137	87
185	2824	1793	1130	847	542	424	339	271	169	108
240	3664	2326	1466	1099	703	550	440	352	220	140
300	4580	2908	1832	1374	879	687	550	440	275	174

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para I_m ± 15 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para I_m + 15 %.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Régimen de neutro TN. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para redes a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe	1	2	3	4
cable de cobre	1	0,67	0,5	0,4
cable de aluminio	0,62	0,41	0,31	0,25

(1): Para las redes a 237 V entre fases, aplicar un coeficiente 0,57 suplementario.
Para las redes 237 V monofásicas (entre neutro y fase), no aplicar este coeficiente.

NS100N/H/L a NS250N/H/L

Bloque de relés tipo STR22ME

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V, en esquema TN. Los valores del umbral del corto retardo indicados para cada bloque de relés están entre los valores máximo y mínimo de I_r correspondientes a:
I_r = 0,6 y 1 × I_n
I_m = 13 × I_r

Im	312	390	520	624	650	780	1040	1170	1300
STR22ME 40A	■	■	■						
STR22ME 50A		■	■		■				
STR22ME 80A				■		■	■		
STR22ME 100A						■	■	■	■
Sfases (mm ²)									
1,5	18	14	11	9	8	7	5	5	4
2,5	29	23	18	15	14	12	9	8	7
4	47	38	28	23	23	19	14	13	11
6	70	56	42	35	34	28	21	19	17
10	117	94	70	59	56	47	35	31	28
16	188	150	113	94	90	75	56	50	45
25	294	235	176	147	141	117	88	78	70
35		329	247	205	197	164	123	110	99
50		470	352	294	282	235	176	157	141
70		658	493	411	395	329	247	219	197
95		892	669	558	535	446	335	297	268
120			845	705	676	564	423	376	338
150			1057	881	845	705	528	470	423
185			1303	1086	1043	869	652	579	521
240			1691	1409	1353	1127	845	752	676
300			2114	1761	1691	1409	1057	939	845

Im	1170	1300	1702	1950	2314	2665	2860
STR22ME 150A	■	■	■	■			
STR22ME 220A			■		■	■	■
Sfases (mm ²)							
1,5	5	4	3	3	2	2	2
2,5	8	7	5	5	4	3	3
4	13	11	9	8	6	5	5
6	19	17	13	11	9	8	8
10	31	28	22	19	16	14	13
16	50	45	34	30	25	22	20
25	78	70	54	47	40	34	32
35	110	99	75	66	55	48	45
50	157	141	108	94	79	69	64
70	219	197	151	132	111	96	90
95	297	268	204	178	150	131	122
120	376	338	258	225	190	165	154
150	470	423	323	282	237	206	192
185	579	521	398	348	293	254	237
240	752	676	516	451	380	330	307
300	939	845	645	564	475	412	384

NS400N/H/L a NS630N/H/L

Bloque de relés tipo STR43ME

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V, en esquema TN. Los valores del umbral del corto retardo indicados para cada bloque de relés están entre los valores máximo y mínimo de I_r correspondientes a:
I_r = 0,6 y 1 × I_n
I_m = 13 × I_r

Im	2665	2860	3900	4160	6500
STR43ME 320A	■	■	■	■	
STR43ME 500A			■		■
Sfases (mm ²)					
35	48	45	33	31	20
50	69	64	47	44	28
70	96	90	66	62	39
95	131	122	89	84	54
120	165	154	113	106	68
150	206	192	141	132	85
185	254	237	174	163	104
240	330	307	225	211	135
300	412	384	282	264	169

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para I_m ± 15 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para I_m + 15 %.

Régimen de neutro IT. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para cables a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe		1	2	3	4
cable de cobre	neutro no distribuido	1	0,67	0,5	0,4
	neutro distribuido	0,6	0,4	0,3	0,24
cable de aluminio	neutro no distribuido	0,62	0,41	0,31	0,25
	neutro distribuido	0,37	0,25	0,19	0,15

(1) Para las redes a 237 V entre fases aplicar, además, el coeficiente 0,57.
Para las redes a 237 V monofásicas (entre fase y neutro), no aplicar este coeficiente.

P25M

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = S_{PE},
U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

Sfases	calibre (A)												
mm ²	0,16	0,24	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10	16	20	25
1,5			899	635	370	222	118	89	59	37	23	18	14
2,5				1 058	617	370	246	148	98	61	39	31	24
4					987	592	395	237	158	98	62	49	39
5 (2 x 2,5)						740	493	296	197	123	79	61	49

C60N/L, NC100H

Curva B
Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = S_{PE},
U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

Sfases	calibre (A)										
mm ²	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
1,5	107	67	53	42	33	27	22	16	13	10	
2,5	176	110	88	71	55	44	35	27	24	17	
4	283	176	142	113	88	71	56	45	35	28	
6	425	265	212	169	132	106	84	67	52	42	
10	708	442	354	283	221	176	142	112	88	71	
16		708	566	452	354	283	226	180	142	113	
25			885	708	553	393	354	281	223	176	
35					774	550	495	393	310	249	
50						885	708	562	442	354	

C60N/H/L, NC100H/L/LS/LH, NG125N/H/L

Curva C
Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = S_{PE},
U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

Sfases	calibre (A)															
mm ²	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	530	265	176	132	88	52	32	26	21	16	13	10	8	6	5	4
2,5	885	442	295	221	147	88	55	44	35	27	22	17	13	11	8	7
4		708	471	354	236	142	88	71	56	44	35	28	22	17	13	11
6			708	530	354	212	132	106	84	66	52	42	33	26	21	16
10				885	589	354	221	176	142	110	88	71	56	44	35	27
16					566	354	283	226	176	142	113	90	71	56	44	
25					885	553	442	354	276	221	176	140	110	88	69	
35						774	620	495	387	310	247	196	155	123	97	
50							885	705	553	402	354	281	223	176	139	

C60N, NC100H/LS NG125N/L

Curva D
Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = S_{PE},
U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

Sfases	calibre (A)															
mm ²	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	379	189	126	95	63	38	23	19	15	12	9	7	6	4	3	2
2,5	632	316	210	158	105	63	39	32	25	19	15	13	10	7	6	4
4		488	336	252	168	101	63	50	40	32	25	19	16	12	10	6
6			758	505	379	252	151	95	76	60	47	38	30	24	18	15
10				843	632	421	252	158	126	101	78	63	50	39	30	25
16					674	404	252	202	161	126	101	80	64	50	40	27
25						632	394	316	252	197	158	126	100	76	63	42
35							885	553	442	354	276	223	176	140	106	88
50								790	632	505	394	316	252	200	154	126

C60LMA, NC100LMA, NG125LMA

Curva MA
Red trifásica a 400 V,
cable de cobre, Sf = S_{PE},
U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

Sfases	calibre (A)										
mm ²	1,6	2,5	4	6,3	10	12,5	16	25	40	63	80
1,5	237	151	95	60	38	30	23	15	9	6	4
2,5	394	252	158	100	63	50	39	25	15	10	6
4		632	404	252	161	101	80	63	40	25	16
6			607	379	241	151	122	95	60	38	24
10				632	402	252	202	158	101	63	39
16					643	404	323	252	161	101	64
25						632	505	394	252	158	100
35							885	708	553	354	221
50								790	505	316	200

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para I_m ± 20 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para I_m + 20 %.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Régimen de neutro IT. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para cables a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe		1	2	3	4
cable de cobre	neutro no distribuido	1	0,67	0,5	0,4
	neutro distribuido	0,6	0,4	0,3	0,24
cable de aluminio	neutro no distribuido	0,62	0,41	0,31	0,25
	neutro distribuido	0,37	0,25	0,19	0,15

(1) Para las redes a 237 V entre fases aplicar, además, el coeficiente 0,57.
Para las redes a 237 V monofásicas (entre fase y neutro), no aplicar este coeficiente.

NS80H-MA

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V en esquema IT, neutro no distribuido.

Sfases (mm ²)	calibre (A)											
	In (A)	2,5	6,3	12,5	25	50	80					
Im (A)	15	35	35	88	75	175	150	350	300	700	480	1120
1,5	296	127	127	51	59	25	30	13	15	6	9	4
2,5	494	212	212	84	99	42	49	21	25	11	15	7
4	790	339	339	135	158	68	79	34	40	17	25	11
6	1185	508	508	202	237	102	119	51	59	25	37	16
10	1975	847	847	337	395	169	198	85	99	42	62	26
16	3160	1354	1354	539	632	271	316	135	158	68	99	42
25		2116	2116	842	988	423	494	212	247	106	154	66
35		2963	2963	1178	1383	593	691	296	346	148	216	93
50			4233	1684	1975	847	988	423	494	212	309	132
70				2357	2765	1185	1383	593	691	296	432	185

NS100N/H/L

Bloque de relés tipo TM-G Red trifásica a 400 V, puesta al neutro, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V en esquema IT, neutro no distribuido.

Sfases (mm ²)	calibre (A)								
	In (A)	16	25	40	63				
Im (A)	63	80	80	125					
1,5		71	56	56	36				
2,5		118	93	93	59				
4		188	148	148	95				
6		282	222	222	142				
10		470	370	370	237				
16		752	593	593	379				
25			926	926	593				
35			1296	1296	830				
50				1852	1185				
70					1659				

NS100N/H/L

Bloque de relés tipo MA Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V en esquema IT, neutro no distribuido.

Sfases (mm ²)	calibre (A)											
	In (A)	2,5	6,3	12,5	25	50	100					
Im (A)	15	35	35	88	75	175	150	350	300	700	600	1400
1,5	296	127	127	51	59	25	30	13	15	6	9	4
2,5	494	212	212	84	99	42	49	21	25	11	15	7
4	790	339	339	135	158	68	79	34	40	17	25	11
6	1185	508	508	202	237	102	119	51	59	25	37	16
10	1975	847	847	337	395	169	198	85	99	42	62	26
16	3160	1354	1354	539	632	271	316	135	158	68	99	42
25		2116	2116	842	988	423	494	212	247	106	154	66
35		2963	2963	1178	1383	593	691	296	346	148	216	93
50			4233	1684	1975	847	988	423	494	212	309	132
70				2357	2765	1185	1383	593	691	296	432	185
95					3753	1608	1877	804	938	402	586	251
120							2370	1016	1185	508	741	317
150									1481	635	926	397
185									1827	783	1142	489

NS160 a NS630N/H/L

Bloque de relés tipo MA Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, U_L = 50 V en esquema IT, neutro no distribuido.

Sfases (mm ²)	calibre (A)										
	In (A)	100	150	220	320	500					
Im (A)	600	1400	1200	1950	1760	2860	2560	4160	4000	6500	
1,5	7	3	4	2	3	2	2	1	1	1	
2,5	12	5	6	4	4	3	3	2	2	1	
4	19	8	10	6	7	4	5	3	3	2	
6	29	12	15	9	10	6	7	4	4	3	
10	49	21	25	15	17	10	12	7	7	5	
16	79	33	40	24	27	17	19	11	12	7	
25	123	53	62	38	42	26	29	18	19	11	
35	172	74	86	53	59	36	41	25	26	16	
50	246	106	123	76	84	52	58	36	37	23	
70				106	118	73	81	50	52	32	
95					160	98	110	68	70	43	
120							139	85	89	55	
150									111	68	
185									137	84	

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para Im ± 20 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para Im + 20 %.

protección diferencial BT

Régimen de neutro IT. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para cables a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe		1	2	3	4
cable de cobre	neutro no distribuido	1	0,67	0,5	0,4
	neutro distribuido	0,6	0,4	0,3	0,24
cable de aluminio	neutro no distribuido	0,62	0,41	0,31	0,25
	neutro distribuido	0,37	0,25	0,19	0,15

(1) Para las redes a 237 V entre fases aplicar, además, el coeficiente 0,57.

Para las redes a 237 V monofásicas (entre fase y neutro), no aplicar este coeficiente.

NSA160N

Bloque de relés tipo TM-D

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, $U_L = 50$ V en esquema IT, neutro no distribuido.

Sfases (mm ²)	calibre (A)					
	In (A)	63	80	100	125	160
	Im (A)	1000	1000	1000	1250	1250
1,5		4	4	4	4	4
2,5		7	7	7	6	6
4		12	12	12	9	9
6		18	18	18	14	14
10		30	30	30	24	24
16		47	47	47	38	38
25		74	74	74	59	59
35		104	104	104	83	83
50		148	148	148	119	119
70		207	207	207	166	166

NS100N/H/L

Bloque de relés tipo TM-D

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, $U_L = 50$ V en esquema IT, neutro no distribuido.

Sfases (mm ²)	calibre (A)						
	In (A)	16	25	40	63	80	100
	Im (A)	190	300	500	500	650	800
1,5		23	15	9	9	7	6
2,5		39	25	15	15	12	9
4		62	40	24	24	19	15
6		94	59	36	36	28	22
10		156	99	59	59	47	37
16		250	158	95	95	75	59
25			247	148	148	118	93
35			346	207	207	165	130
50				296	296	235	185
70					415	329	259
95						447	352

NS160N/H/L a NS250N/H/L

Bloque de relés tipo TM-D

Red trifásica a 400 V, cable de cobre, Sf = Spe, $U_L = 50$ V en esquema IT, neutro no distribuido.

Sfases (mm ²)	calibre (A)								
	In (A)	80	100	125	160	200	250		
	Im (A)	1000	1250	1250	1250	1000	2000	1250	2500
1,5		4	4	4	4	4	2	4	2
2,5		6	6	6	6	7	4	6	3
4		9	9	9	9	12	6	9	5
6		14	14	14	14	18	9	14	7
10		24	24	24	24	30	15	24	12
16		38	38	38	38	47	24	38	19
25		59	59	59	59	74	37	59	30
35		83	83	83	83	104	52	83	41
50		119	119	119	119	148	74	119	59
70		166	166	166	166	207	104	166	83
95		225	225	225	225	281	141	225	113
120		284	284	284	284	356	178	284	142
150						444	222	356	178
185						548	274	439	219
240								569	284
300								711	356

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para $I_m \pm 20\%$. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para $I_m + 20\%$.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Régimen de neutro IT. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para cables a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe		1	2	3	4
cable de cobre	neutro no distribuido	1	0,67	0,5	0,4
	neutro distribuido	0,6	0,4	0,3	0,24
cable de aluminio	neutro no distribuido	0,62	0,41	0,31	0,25
	neutro distribuido	0,37	0,25	0,19	0,15

(1) Para las redes a 237 V entre fases aplicar, además, el coeficiente 0,57.
Para las redes a 237 V monofásicas (entre fase y neutro), no aplicar este coeficiente.

NS100N/H/L a NS250N/H/L

Bloque de relés tipo STR22SE/GE

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = Spe, U_L = 50 V en
esquema IT, neutro no
distribuido.

Los valores del umbral
del corto retardo
indicados para cada
bloque de relés
corresponden a:

Ir = 0,4 y 1 × In
Im = 2, 5 y 10 × Ir

Ejemplo

Para un bloque de relés
tipo STR22SE 100 A:

- Ir = 0,4 × 100 = 40 A
- Im = 2 × 40 = 80 A
- Im = 5 × 40 = 200 A
- Im = 10 × 40 = 400 A
- Ir = 1 × 100 = 100 A
- Im = 2 × 100 = 200 A
- Im = 5 × 100 = 500 A
- Im = 10 × 100 = 1000 A

Im (A)	38	60	80	95	126	150	160	200	250	315	400	500	630	1000
STR22SE 40 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 100 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sfases (mm ²)														
1,5	122	77	58	49	37	31	29	23	19	15	12	9	7	5
2,5	203	129	97	81	61	52	48	39	31	25	19	15	12	8
4	325	206	155	130	98	82	77	62	49	39	31	25	20	12
6	488	309	232	195	147	124	116	93	74	59	46	37	29	19
10	814	515	386	325	245	206	193	155	124	98	77	62	49	31
16	1302	824	618	521	393	330	309	247	198	157	124	99	79	49
25	2034	1288	966	814	613	515	483	386	309	245	193	155	123	77
35	2848	1804	1353	1139	859	721	676	541	433	344	271	216	172	108
50	4068	2576	1932	1627	1227	1031	966	773	618	491	386	309	245	155
70		3607	2705	2278	1718	1443	1353	1082	866	687	541	433	344	216
95		4895	3671	3092	2331	1958	1836	1469	1175	932	734	587	466	294
120			4638	3905	2945	2473	2319	1855	1484	1178	928	742	589	371
150				4882	3681	3092	2899	2319	1855	1472	1159	928	736	464
185					4540	3813	3575	2860	2288	1816	1430	1144	908	572
240						4947	4638	3710	2968	2356	1855	1484	1178	742
300							5797	4638	3710	2945	2319	1855	1472	928

Im (A)	150	235	240	320	375	500	640	790	800	1000	1250	1575	1600	2500
STR22SE 160 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
STR22SE 250 A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sfases (mm ²)														
1,5	31	20	19	14	12	9	7	6	6	5	4	3	3	2
2,5	52	33	32	24	21	15	12	10	10	8	6	5	5	3
4	82	53	52	39	33	25	19	16	15	12	10	8	8	5
6	124	79	77	58	49	37	29	23	23	19	15	12	12	7
10	206	132	129	97	82	62	48	39	39	31	25	20	19	12
16	330	211	206	155	132	99	77	63	62	49	40	31	31	20
25	515	329	322	242	206	155	121	98	97	77	62	49	48	31
35	721	460	451	338	289	216	169	137	135	108	87	69	68	43
50	1031	658	644	483	412	309	242	196	193	155	124	98	97	62
70	1443	921	902	676	577	433	338	274	271	216	173	137	135	87
95	1958	1250	1224	918	783	587	459	372	367	294	235	186	184	117
120	2473	1579	1546	1159	989	742	580	470	464	371	297	236	232	148
150	3092	1973	1932	1449	1237	928	725	587	580	464	371	294	290	186
185	3813	2434	2383	1787	1525	1144	894	724	715	572	458	363	357	229
240		3158	3092	2319	1979	1484	1159	939	928	742	594	471	464	297
300		3947	3865	2899	2473	1855	1449	1174	1159	928	742	589	580	371

NS400N/H/L a NS630N/H/L

Bloque de relés tipo STR23SE/STR53UE

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = Spe, U_L = 50 V en
esquema IT, neutro no
distribuido.

Los valores del umbral
del corto retardo
indicados para cada
bloque de relés
corresponden a:

Ir = 0,4, 0,63 y 1 × In
Im = 2, 5 y 10 × Ir

Im (A)	240	378	600	800	1250	1600	2000	2500	4000	6300
bloque de relés STR23SE / STR53UE										
NS400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NS630	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sfases (mm ²)										
35	451	286	180	135	87	68	54	43	27	17
50	644	409	258	193	124	97	77	62	39	25
70	902	573	361	271	173	135	108	87	54	34
95	1224	777	490	367	235	184	147	117	73	47
120	1546	982	618	464	297	232	186	148	93	59
150	1932	1227	773	580	371	290	232	186	116	74
185	2383	1513	953	715	458	357	286	229	143	91
240	3092	1963	1237	928	594	464	371	297	186	118
300	3865	2454	1546	1159	742	580	464	371	232	147

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para Im ± 15 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para Im + 15 %.

Régimen de neutro IT. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para cables a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe		1	2	3	4
cable de cobre	neutro no distribuido	1	0,67	0,5	0,4
	neutro distribuido	0,6	0,4	0,3	0,24
cable de aluminio	neutro no distribuido	0,62	0,41	0,31	0,25
	neutro distribuido	0,37	0,25	0,19	0,15

(1) Para las redes a 237 V entre fases aplicar, además, el coeficiente 0,57.
Para las redes a 237 V monofásicas (entre fase y neutro), no aplicar este coeficiente.

NS100N/H/L a NS250N/H/L

Bloque de relés tipo STR22ME

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = Spe, U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

Los valores del umbral
del corto retardo
indicados para cada
bloque de relés están
entre los valores máximo
y mínimo de I_r
correspondientes a:
I_r = 0,6 y 1 × I_n
I_m = 13 × I_r

I _m	312	390	520	611	715	780	1040	1170	1300
STR22ME 40 A	■	■	■						
STR22ME 50 A		■	■	■					
STR22ME 80 A				■	■	■	■		
STR22ME 100 A						■	■	■	■
Sfases (mm ²)									
1,5	15	12	9	8	6	6	4	4	4
2,5	25	20	15	13	11	10	7	7	6
4	40	32	24	20	17	16	12	11	10
6	59	48	36	30	26	24	18	16	14
10	99	79	59	51	43	40	30	26	24
16	159	127	95	81	69	63	48	42	38
25	248	198	149	127	108	99	74	66	59
35	347	277	208	177	151	139	104	92	83
50	495	396	297	253	216	198	297	264	238
70	694	555	416	354	666	555	149	132	119
95	941	753	565	481	411	377	282	251	226
120	1189	951	713	607	519	476	357	317	285
150	1486	1189	892	759	649	595	446	393	357
185		1467	1100	936	800	733	550	489	440
240			1427	1214	1038	951	713	634	571
300			1784	1518	1297	1189	892	793	713

I _m	1170	1300	1702	1898	2665
STR22ME 150 A	■	■	■	■	
STR22ME 220 A			■	■	■
Sfases (mm ²)					
1,5	4	4	3	2	2
2,5	7	6	5	4	3
4	11	10	7	7	5
6	16	14	11	10	7
10	26	24	18	16	12
16	42	38	29	26	19
25	66	59	45	41	29
35	92	83	64	57	41
50	132	119	91	81	58
70	185	166	127	114	81
95	251	226	172	155	110
120	317	285	218	195	139
150	396	357	272	244	174
185	489	440	336	301	215
240	634	571	436	391	278
300	793	713	545	489	348

NS400N/H/L a NS630N/H/L

Bloque de relés tipo STR43ME

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = Spe, U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

I_r = 0,6 y 1 × I_n
I_m = 13 × I_r

I _m	2665	3900	5330	6500
STR43ME 320 A	■	■		
STR43ME 500 A		■	■	■
Sfases (mm ²)				
35	41	28	20	17
50	58	40	29	24
70	81	55	41	33
95	110	75	55	45
120	139	95	70	57
150	174	119	87	71
185	215	147	107	88
240	278	190	139	114
300	348	238	174	143

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para I_m ± 15 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para I_m + 15 %.

5 Instalación y explotación de los dispositivos diferenciales

Régimen de neutro IT. Longitudes máximas de cable

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de las tablas siguientes para cables a 400 V entre fases⁽¹⁾

m = Sf/Spe		1	2	3	4
cable de cobre	neutro no distribuido	1	0,67	0,5	0,4
	neutro distribuido	0,6	0,4	0,3	0,24
cable de aluminio	neutro no distribuido	0,62	0,41	0,31	0,25
	neutro distribuido	0,37	0,25	0,19	0,15

(1) Para las redes a 237 V entre fases aplicar, además, el coeficiente 0,57.
Para las redes a 237 V monofásicas (entre fase y neutro), no aplicar este coeficiente.

C801N/H/L

Bloque de relés tipo
ST25DE-ST35SE-
ST35GE-ST35ME-
STR45AE

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = S_{PE}, U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

I magn. (A) ⁽¹⁾	I _r = 0,4 (320 A)		I _r = 0,5 (400 A)		I _r = 0,63 (500 A)		I _r = 0,8 (640 A)		I _r = 1 (800 A)	
	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)
480		3 200	600	4 000	750	5 000	940	6 400	1 200	8 000
Sfases (mm ²)										
25	159	23	127	18	101	14	79	11	63	9
35	223	33	177	26	142	21	111	16	88	12
50	318	47	253	37	203	30	159	23	126	18
70	446	67	355	53	284	43	223	33	177	26
95	605	91	484	72	387	57	302	45	242	35
120	769	115	615	92	491	73	384	57	307	46
150	835	125	668	100	534	80	417	62	334	49
185	988	148	790	118	633	94	494	73	395	58
240	1 253	185	984	147	786	117	626	92	492	73
300	1 424	213	1 139	170	911	136	712	106	569	85

C1001N/H/L

Bloque de relés tipo
ST25DE-ST35SE-
ST35GE-ST35ME-
STR45AE

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = S_{PE}, U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

I magn. (A) ⁽¹⁾	I _r = 0,4 (400 A)		I _r = 0,5 (500 A)		I _r = 0,63 (630 A)		I _r = 0,8 (800 A)		I _r = 1 (1 000 A)	
	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)
600		4 000	750	5 000	945	6 300	1 200	8 000	1 500	10 000
Sfases (mm ²)										
25	127	18	101	14	80	11	63	9	49	7
35	177	26	142	21	113	16	88	12	70	10
50	253	37	203	30	161	24	126	18	101	14
70	355	53	284	43	226	33	177	26	142	21
95	484	72	387	57	308	46	242	35	193	28
120	615	92	491	73	388	57	307	46	245	36
150	668	100	534	80	425	63	334	49	266	40
185	790	118	633	94	502	74	395	58	316	47
240	984	117	786	117	624	93	492	73	392	58
300	1 139	171	911	136	723	108	562	85	254	68

C1251N/H

Bloque de relés tipo
ST25DE-ST35SE-
ST35GE-ST35ME-
STR45AE

Red trifásica a 400 V,
cable de cobre,
Sf = S_{PE}, U_L = 50 V
en esquema IT, neutro no
distribuido.

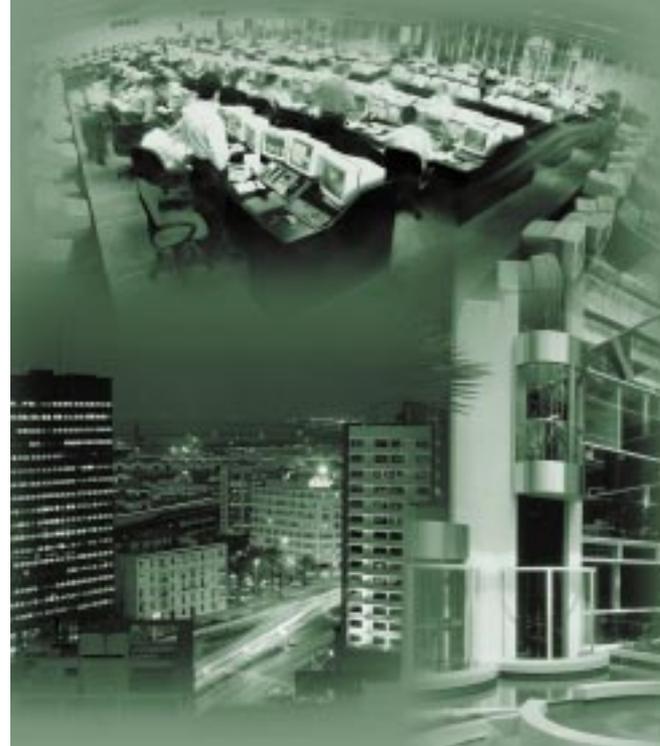
I magn. (A) ⁽¹⁾	I _r = 0,4 (500 A)		I _r = 0,5 (625 A)		I _r = 0,63 (787,5 A)		I _r = 0,8 (1 000 A)		I _r = 1 (1 250 A)	
	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)	mini (1,5 lr)	maxi (10 lr)
750		5 000	937	6 250	1 181	7 875	1 500	10 000	1 875	12 500
Sfases (mm ²)										
35	142	21	114	16	90	13	70	10	57	8
50	203	30	163	24	123	18	101	14	81	11
70	284	43	228	33	180	27	142	21	114	16
95	387	57	310	46	246	36	193	28	155	23
120	491	73	392	58	311	46	245	36	196	29
150	534	80	426	64	338	50	266	40	208	31
185	633	94	505	75	400	60	316	47	252	37
240	786	117	630	94	499	74	392	58	315	47
300	911	136	728	109	578	86	454	68	364	54

Nota: el funcionamiento de la protección magnética está garantizado para I_m ± 15 %. Los cálculos han sido efectuados en el caso más desfavorable, es decir, para I_m + 15 %.

6

Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

- 6.1 Iluminación fluorescente **90**
- 6.2 Iluminación con variación electrónica **91**
- 6.3 Instalaciones con receptores electrónicos: informática y otros **91**
- 6.4 Variadores de velocidad electrónicos para motores **93**
- 6.5 Arranque directo de motores **93**
- 6.6 Redes de B.T. muy extensas y/o con muchos receptores electrónicos **94**
- 6.7 En redes de B.T. en zonas con alto índice queráunico (rayos) **95**
- 6.8 Centro de proceso de datos (CPD) **95**
- 6.9 Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares adosadas **98**
- 6.10 Cálculo de la protección diferencial en una red de alumbrado público **103**
- 6.11 Esquema de una instalación industrial **106**



6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

En este capítulo se verá en primer lugar cómo elegir el tipo y cantidad de diferenciales en función del tipo de receptor que estemos protegiendo. Concretamente se tratarán los casos de 8 receptores y configuraciones específicos. Después se proponen 2 ejemplos de cálculo completo de las protecciones diferenciales en 2 tipos de instalaciones: una vivienda unifamiliar adosada y una red de alumbrado público. Y finalmente se presenta, a través de un esquema eléctrico, un ejemplo de la instalación de un pequeño taller industrial, en este esquema se puede observar gráficamente qué tipo de diferencial hay que utilizar en cada punto de la instalación.

6.1 Iluminación fluorescente

■ **Con balastos tradicionales:** Cuando tenemos una instalación fluorescente formada por balastos ferromagnéticos convencionales, es decir, inductancias con o sin compensar, éstas presentan picos de corriente al encendido, provocando en ocasiones **disparos intempestivos** del diferencial. Estas puntas de encendido se suman en el caso de tener varios circuitos protegidos por un mismo diferencial, lo que puede crear riesgo de disparos intempestivos en los diferenciales clase AC estándar en instalaciones a partir de aproximadamente 20 balastos por fase. La aportación de la gama de clase A **superinmunizada multi 9** de **Merlin Gerin**, disminuye sustancialmente el riesgo de disparo intempestivo gracias al circuito de acumulación de energía, “absorbiendo” estas puntas (ver capítulo 3 de esta Guía). Esta aportación de la tecnología

superinmunizada permite la instalación de hasta aproximadamente 50 balastos por fase sin riesgo de disparo.

■ **Con balastos electrónicos de alta frecuencia:**

Las instalaciones con un número excesivo de balastos electrónicos pueden provocar dos problemas sobre los diferenciales estándar:

- el riesgo de disparo intempestivo,
- cegado o bloqueo del diferencial.

Ver esquema básico de funcionamiento en la **figura 6.1**. El **riesgo de disparo intempestivo** se debe a los transitorios de desconexión de una zona con balastos, que pueden provocar disparos de otras zonas con balastos todavía conectados. Esto se debe a que en el momento de la desconexión se producen descargas entre las capacidades de los balastos a través de las masas conectadas a un punto común, tierra, que pueden provocar la sensibilización definitiva, y en consecuencia el disparo intempestivo de un diferencial estándar que proteja a otros circuitos capacitivos (ver “disparos por simpatía” en capítulo 5 de esta Guía). El otro problema es el **riesgo de cegado o bloqueo del diferencial**. Esto se debe al tratamiento de la señal por parte del balasto electrónico. Estos generan corrientes de alta frecuencia (de entre 20 y 40 kHz aproximadamente) que o bien son inyectadas en la red o bien se fugan a tierra, estas fugas no presentan peligro para las personas. Si cualquiera de ellas alcanza un nivel importante, pueden provocar el bloqueo del relé de disparo de un diferencial estándar.

Los diferenciales de la gama **superinmunizada multi 9**, gracias al circuito de acumulación de energía

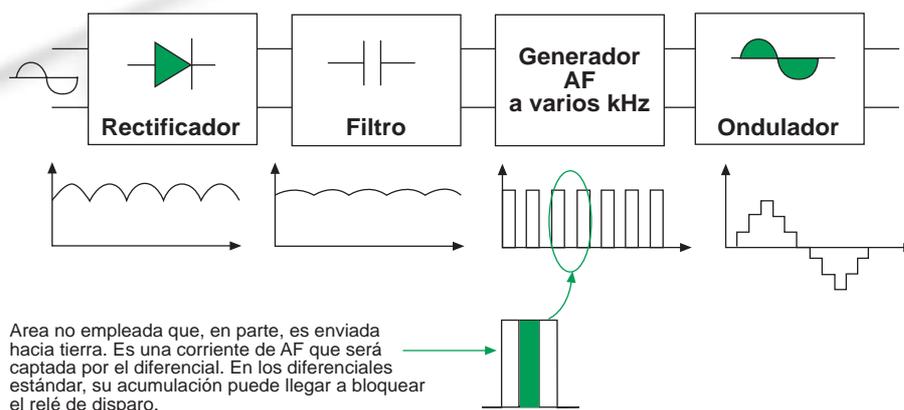


Fig. 6.1. Funcionamiento básico de un balasto electrónico.



protección diferencial BT

minimizan el riesgo de disparo intempestivo y gracias al filtro de altas frecuencias anulan el riesgo de cegado del diferencial, ya que éste se comporta como un filtro "pasa bajos". Así pues, la señal de alta frecuencia queda atenuada total o parcialmente impidiendo que llegue a inactivar la paleta móvil del relé de disparo (paleta del relé). Por ello, al igual que en el caso anterior la tecnología superinmunizada permite instalar aproximadamente hasta 50 balastos electrónicos por fase.

6.2 Iluminación con variación electrónica

Los variadores de intensidad luminosa o dimers también pueden presentar el mismo problema anterior con las altas frecuencias, sobretodo cuando se están variando potencias de más de 5000 W de iluminación. En instalaciones donde hayan varios tipos de receptores que puedan producir altas frecuencias, aunque la potencia de cada receptor no sea muy grande, se irán sumando los efectos de cada receptor en la línea, pudiéndose producir el problema del bloqueo del diferencial. Así pues, se recomienda en estos casos, la instalación del diferencial tipo **superinmunizado multi 9** de **Merlin Gerin**, mucho más resistente gracias a la aportación del filtro de altas frecuencias.

6.3 Instalaciones con receptores electrónicos: informática y otros

En estas instalaciones el fenómeno que se produce es la presencia de corrientes de fuga a tierra a 50 Hz permanentes en cada receptor. Son fugas que son necesarias para el correcto funcionamiento del propio receptor y que se tienen siempre que éste esté en marcha. (Ver **fig. 6.2**).

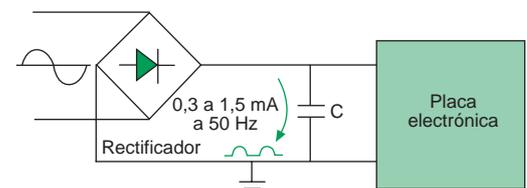


Fig. 6.2. Principio de funcionamiento básico de la alimentación para electrónica.

Para estar en conformidad con la Directiva Europea de compatibilidad electromagnética (CEM), muchos fabricantes han incorporado filtros antiparásitos a sus componentes informáticos o electrónicos. Estos filtros son básicamente condensadores conectados a masa a través de los cuales circulan corrientes de fuga permanentes a 50 Hz del orden de 0,3 a 1,5 mA por aparato dependiendo del tipo y de la marca (ver ejemplos en capítulo 5).

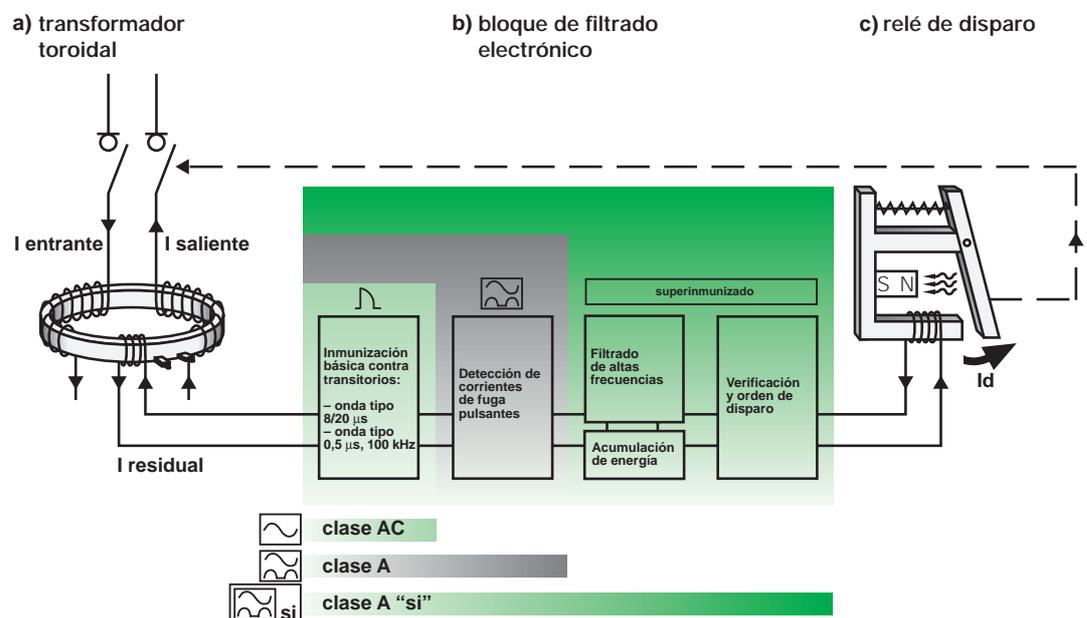


Fig. 6.3. Principio de funcionamiento de un diferencial **superinmunizado multi9** de **Merlin Gerin**.

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

Cuando hay varios receptores de este tipo en una misma fase, las corrientes de fuga se suman. En el caso trifásico las fugas de una fase y otra pueden anularse dependiendo de lo equilibradas que estén las fugas que se produzcan en cada fase. Estas fugas pueden presensibilizar a un diferencial de forma que cualquier transitorio adicional, como arrancar uno o varios ordenadores del mismo circuito, por ejemplo, pueda provocar un disparo intempestivo del diferencial. Esto es así porque sabemos que un diferencial puede disparar entre 0,5 y 1 $I_{\Delta n}$, pero cuando las fugas permanentes alcanzan un valor de 0,3 veces dicha sensibilidad $I_{\Delta n}$, un transitorio adicional puede provocar un disparo intempestivo de un diferencial estándar.

Ejemplo: ID 2/40/30 mA; el 30 % de su sensibilidad es 9 mA, con 6 PC por fase (1,5 mA cada PC), tenemos que para más de 6 PC por fase existirá riesgo de disparo intempestivo.

Este riesgo es el que se presenta en el diferencial convencional clase AC. Pero la gama **superinmunizada multi 9** de **Merlin Gerin**, gracias a su comportamiento frente a los transitorios, está especialmente indicada para estas instalaciones con componentes informáticos, permitiendo un mayor número de aparatos (aunque no es aconsejable más de 12) bajo un mismo dispositivo diferencial sin que se produzcan disparos intempestivos.

Otro fenómeno que se puede presentar en instalaciones con electrónica es la presencia de **defectos reales de corriente rectificadas**, es decir, cuando tenemos una fuga en una parte del receptor electrónico donde la señal está rectificadas y tratada para su propio funcionamiento (**fig. 6.4**). En el caso de producirse un defecto de aislamiento en la parte de corriente continua rectificadas, un diferencial

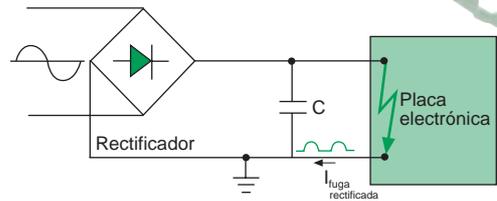


Fig. 6.4. Defecto real dentro de la electrónica.

tradicional clase AC no lo detectará e incluso podrá llegar a quedar bloqueado debido a este tipo de corrientes y no podrá disparar si simultáneamente hay otro defecto en corriente alterna. Estas corrientes son tan peligrosas como las alternas pues generan casi la misma tensión de contacto con lo cual es imprescindible detectarlas y disparar. Los nuevos diferenciales **superinmunizados** de **Merlin Gerin** son de clase A mejorada de última generación, lo cual asegura un comportamiento excelente ante corrientes rectificadas (o pulsantes) con o sin componente continua (**fig. 6.5**). Esto se debe al transformador ferromagnético del dispositivo, el cual es más energético, capaz de producir una inducción magnética suficiente para provocar disparo ante defectos de reducido valor eficaz como son las corrientes pulsantes.

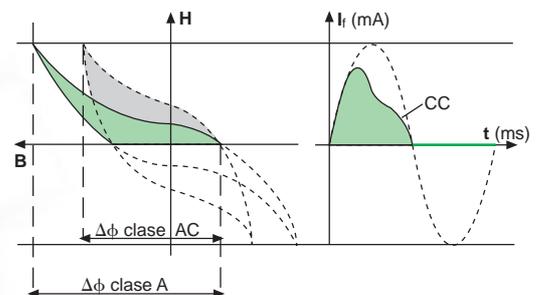


Fig. 6.5. Un toroidal clase A es más energético que un clase AC.

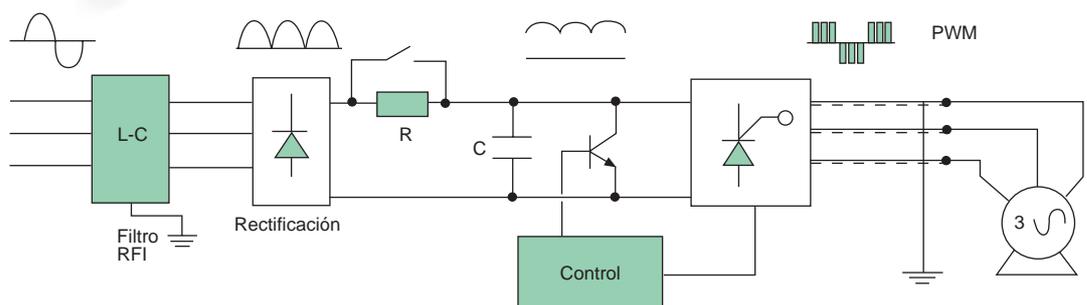


Fig. 6.6. Esquema base de funcionamiento de un variador **Altivar** de **Telemecanique**.

6.4 Variadores de velocidad electrónicos para motores

Los variadores de velocidad son etapas de potencia que incorporan mucha electrónica para su funcionamiento de regulación del motor. El principio de funcionamiento básico de un regulador de velocidad es el que se presenta en el esquema de la **figura 6.6**. Estas cuatro etapas diferenciadas (filtro RFI, circuito rectificador, alisamiento y control-generador de altas frecuencias) son las que intervienen en el tratamiento de la señal. La etapa que puede originar disparos intempestivos es la del filtro RFI (**fig. 6.7**). Este filtro básicamente es del tipo L-C, y viene impuesto por la norma de CEM para disminuir las perturbaciones provocadas por el bloque de control, que genera pulsos de anchura variable para el control de la velocidad del motor, y lo hace a alta frecuencia (a varios kHz). Con el filtro RFI una gran parte de las altas frecuencias originadas se deriva a tierra impidiendo que se reinyecten en la red.

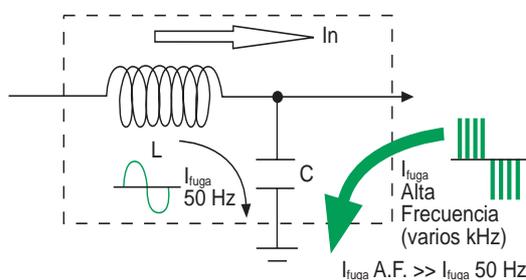


Fig. 6.7. Filtro RFI de altas frecuencias. Esquema por fase.

Además, a través de la capacidad del filtro RFI y otras capacidades del variador también conectadas a tierra, habrá un cierto nivel de corriente de fuga permanente hacia tierra a 50 Hz, tal como se vió en el apartado anterior, que habitualmente viene indicada por el fabricante.

Ambas corrientes de fuga, la de 50 Hz y la de alta frecuencia, se superponen y según el valor que alcancen pueden sensibilizar a un diferencial estándar provocando disparos intempestivos durante el funcionamiento del variador.

Ante esto, un diferencial clase AC estándar tiene un gran riesgo de disparo intempestivo. Este riesgo se disminuye con la instalación de las gamas **superinmunizada multi 9** o **Vigirex RHU/RMH** de **Merlin Gerin** que, gracias al filtro de altas frecuencias y al circuito

de acumulación de energía que ambos incorporan, evitan el disparo que puede provocar el variador.

En muchas ocasiones, a pesar de todo, no se podrá mantener la sensibilidad de 30 mA para efectuar la protección diferencial de este tipo de receptores, y habrá que recurrir a aparatos de 300 mA instantáneos o incluso selectivos (temporizados). En estos casos habrá que reducir al máximo la resistencia de toma de tierra de la instalación para poder seguir garantizando la protección de personas en caso de contactos indirectos.

6.5 Arranque directo de motores

Los motores asíncronos, que son los más ampliamente utilizados, presentan en el momento del arranque un pico de corriente absorbida debido a la inducción del propio bobinado del motor de entre 6 y 10 veces (o más) la intensidad nominal del motor. La duración de este primer pico es de 30 ms aproximadamente, depende mucho del tipo de arranque (**fig. 6.8**).

Las puntas de arranque de valores elevados pueden provocar el disparo intempestivo de un diferencial estándar.

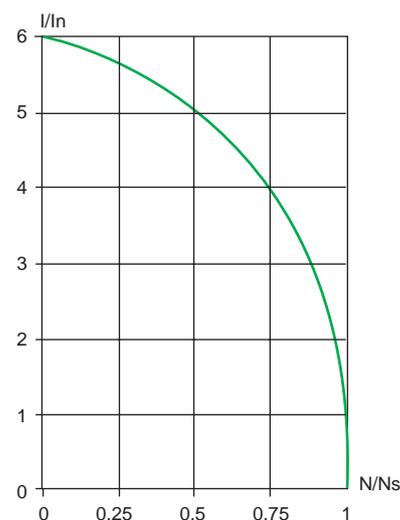


Fig. 6.8. Pico de I de arranque.

En el caso de utilizar **diferencial de carril DIN**, si el pico de corriente en el arranque es mayor de 6 veces la intensidad nominal del diferencial será conveniente la utilización de dispositivos diferenciales de la gama **superinmunizada multi 9** de **Merlin Gerin**.

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

Si las puntas fueran superiores a 10 veces la intensidad nominal, además de la utilización de la gama **superinmunizada**, sería conveniente el uso de arrancadores con los que disminuimos esta intensidad de pico en el arranque.

Así pues, la gama **superinmunizada** aporta una reducción importante en el riesgo de disparo intempestivo en el arranque de motores gracias al circuito de acumulación de energía, actuando éste como “amortiguador” de estos picos de corriente. En cualquier tipo de diferencial de carril DIN si sobrecalibramos el diferencial en relación a la intensidad nominal del motor, también se puede lograr evitar los disparos intempestivos en muchas ocasiones.

En el caso de tener que efectuar la protección diferencial de motores de potencia elevada, se tendrá que utilizar **diferenciales del tipo relé electrónico con toro separado**. En este caso según sea el valor de la punta de arranque habrá que seguir las diferentes recomendaciones de instalación de este tipo de aparatos dadas en el capítulo 5. Si la corriente de arranque es excepcionalmente elevada además de todas las precauciones de instalación, se recomienda emplear relés diferenciales de la nueva gama **Vigirex RHU** y **RMH** de **Merlin Gerin** especialmente resistentes a este tipo de perturbaciones.

6.6 Redes de B.T. muy extensas y/o con muchos receptores electrónicos

En instalaciones con líneas de B.T. muy extensas o con muchos receptores

electrónicos, se pueden producir fenómenos de “disparos por simpatía” (ver capítulo 5.4 de esta Guía).

Estos se deben a las sobretensiones más o menos importantes, que pueden ser producidas por maniobras en la red, disparos de un automático en otro circuito, fusión de un fusible, etc. Todas las capacidades repartidas en una instalación (filtros electrónicos de los receptores), junto con las propias capacidades de los cables (mayores cuanto más extensas sean las líneas), conducen una corriente de fuga a tierra transitoria a cada cambio brusco de tensión. Esta corriente de fuga transitoria (de $\mu.s$), es la causa principal de disparos intempestivos.

En la **figura 6.9** se puede ver cómo se transmite de una parte a otra de la red la sobretensión transitoria a través de las capacidades. Si en las instalaciones se tienen receptores electrónicos, éstos suelen tener filtros capacitivos conectados a tierra. Estas capacidades habitualmente son mayores que la de aislamiento de los cables, con lo cual suelen ser la causa principal de disparos por simpatía, más que los propios cables.

Esta problemática se presenta muy habitualmente en los diferenciales de carril DIN clase AC convencionales, mientras que con la nueva gama **superinmunizada multi 9** de **Merlin Gerin** queda minimizado el riesgo de disparo por simpatía, gracias otra vez, al circuito de acumulación de energía.

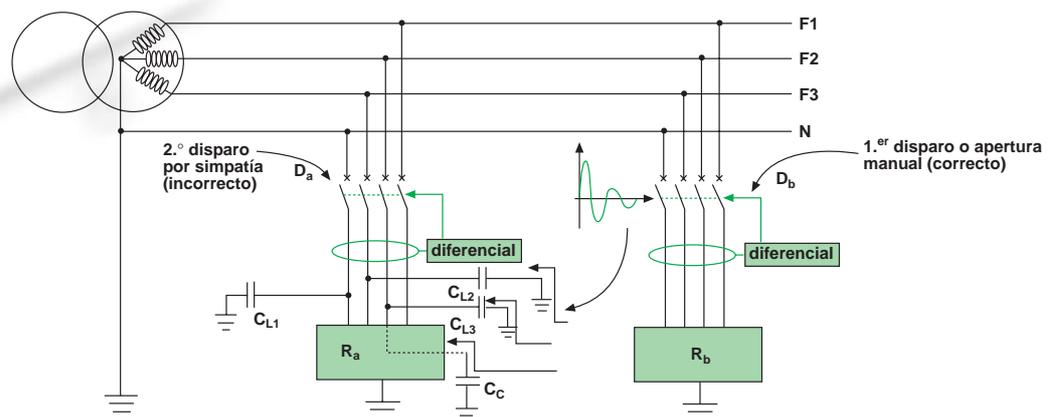


Fig. 6.9. Generación de un disparo por simpatía.

6.7 Redes de B.T. en zonas con alto índice queráunico (rayos)

Cuando un rayo cae en las proximidades de un edificio la red se ve sometida a una onda de tensión que genera corrientes de fuga transitorias a través de las capacidades de la instalación (capacidad de los cables y de los filtros) (fig. 6.10). En función de la intensidad y la distancia del rayo, y de las características de la instalación, estas corrientes de fuga pueden producir un disparo intempestivo.

Los dispositivos diferenciales de la gama **superinmunizada multi 9** de **Merlin Gerin** son los más adecuados para evitar los disparos intempestivos provocados por este fenómeno al presentar una alta insensibilización ante este tipo de fugas.

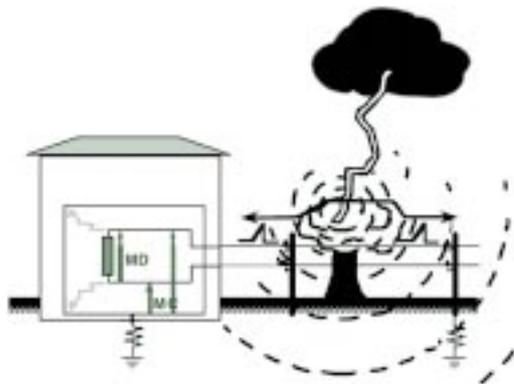


Fig. 6.10. Transmisión de una sobretensión provocada por un rayo. En modo común y en modo diferencial.

Para minimizar los disparos intempestivos de dispositivos diferenciales carril DIN ante un rayo se aconseja la utilización de

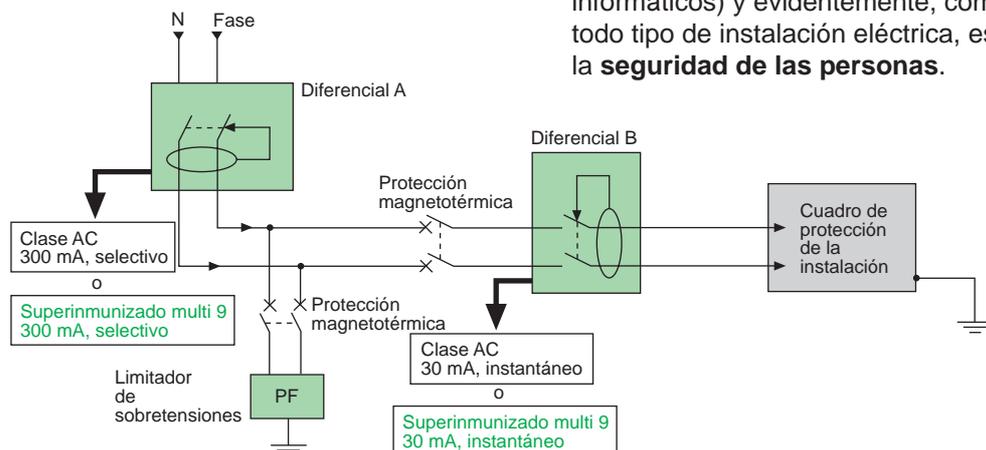


Fig. 6.12. Protección diferencial y protección contra sobretensiones tipo rayo, correctamente coordinados.

“limitadores de sobretensiones transitorias” (por ejemplo el modelo **PF** de la gama **multi 9** de **Merlin Gerin**, ver fig. 6.11), situándolo aguas arriba de la protección diferencial de alta sensibilidad ($I\Delta n \leq 30 \text{ mA}$). En la **figura 6.12** se ve cómo se debe conectar este dispositivo (PF) en una línea monofásica, y las características que deben tener los diferenciales tanto si se sitúan aguas arriba o aguas abajo de dicho dispositivo PF. En cualquiera de los dos puntos, A o B, siempre tendrá una respuesta mucho mejor (no dispara) un modelo **superinmunizado multi 9** de **Merlin Gerin** que un diferencial estándar.



Fig. 6.11. Limitador de sobretensiones transitorias modelo **PF30r** de la gama **multi 9** de **Merlin Gerin**.

6.8 Centros de proceso de datos (CPD)

Esta aplicación es un caso particular de varios de los puntos tratados anteriormente. Le dedicamos este apartado específico ya que en un centro de proceso de datos, CPD, se acumulan varias de las configuraciones anteriores.

En este tipo de instalaciones es primordial la **continuidad de servicio** (para evitar pérdidas de información y de tiempo de reinicializaciones de los sistemas informáticos) y evidentemente, como en todo tipo de instalación eléctrica, es básica la **seguridad de las personas**.

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

Por ello la protección diferencial debe ser especialmente “robusta” o insensible a las numerosas perturbaciones que pueden darse en ellas, pero capaz de seguir garantizando la máxima seguridad para las personas. Esta, por sus características específicas, veremos que es un tipo de instalación donde se podrán dar el máximo número de recomendaciones de elección e instalación de diferenciales, consejos que total o parcialmente se podrán y deberán tener en cuenta para otras instalaciones más simples, pero que también pueden presentar problemas que siempre se podrán resolver correctamente.

■ Los CPD son redes eléctricas donde se tienen **muchos receptores electrónicos**: grandes ordenadores, sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI's), ordenadores personales, impresoras, pantallas, etc. Este tipo de receptores son la causa de los tres fenómenos siguientes que hacen que aumente mucho la posibilidad de **disparos intempestivos** de las protecciones diferenciales:

- Presentan fugas permanentes a 50 Hz, que serán muy importantes en la cabecera de los circuitos principales. Por ejemplo, la corriente de fuga permanente a tierra que puede presentar un gran ordenador, si su fuente de alimentación no está totalmente aislada galvánicamente del resto de instalación, es del orden de 3 a 4 mA.
- Además, todos los condensadores unidos a masa de los filtros electrónicos de cada uno de estos receptores a través de los

cuales se producen estas fugas a 50 Hz, son un camino a través del cual se van a cerrar posibles picos de corrientes transitorias provocadas por la conexión y desconexión de otros circuitos, rayos, etc.

- Estos receptores también suelen introducir tasas de armónicos muy elevadas en la instalación, que al ser corrientes de frecuencias bastante superiores a la fundamental, fugan con mayor facilidad hacia tierra a través de las capacidades de la red y de los propios receptores electrónicos.

Recomendaciones

Para evitar estos problemas deben tomarse las medidas siguientes al mismo tiempo:

- Utilizar, en todos los casos que sea posible, diferenciales de alta sensibilidad (30 mA o menos), instantáneos, para la protección de los receptores terminales (es decir, si por debajo ya no hay más protecciones diferenciales).
- Según las fugas permanentes de los receptores a alimentar, si utilizamos diferenciales clase AC o clase A estándar, no acumular nunca más corriente de fuga que el 30 % de la sensibilidad del diferencial. Con lo cual hay que calcular muy bien cómo se subdividen los circuitos, saber siempre qué receptor habrá al final de cada circuito, con todo lo cual podremos calcular cuántos circuitos podremos conectar bajo cada diferencial.
- Utilizar preferentemente diferenciales de clase A capaces de detectar no sólo las fugas de corriente alterna sino también las fugas de corrientes continuas pulsantes,



Sala de ordenadores del Hong Kong Bank.



protección diferencial BT

que son las que se tienen en un aparato electrónico cuando en su interior se produce un accidente o defecto de aislamiento. Los clase A son mucho más seguros que los diferenciales habitualmente utilizados, que son clase AC, ya que éstos son incapaces de detectar fugas de corrientes pulsantes. Al tener una frecuencia de 50 Hz, si su intensidad eficaz y su tensión son lo bastante elevadas, las corrientes pulsantes son casi igual de peligrosas para las personas que la corriente alterna normal con lo cual es necesario detectarlas y cortarlas.

- Se recomienda utilizar preferentemente diferenciales del tipo **Superinmunizado multi 9 de Merlin Gerin** por varios motivos: son diferenciales clase A mucho más evolucionados que los clase A estándar, en su interior incluyen un filtro de la señal captada que los hace mucho más resistentes a los tres problemas anteriores: admiten más fugas permanentes a 50 Hz (más circuitos), soportan picos de corriente transitoria transmitidos a través de las capacidades de las instalaciones mucho mayores que un diferencial normal, atenúan mucho más que un diferencial normal los efectos de las corrientes armónicas.

- En este tipo de instalación se ocupa una superficie elevada que hay que iluminar. Por ello en esta clase de locales, así como en las oficinas normales, actualmente cada vez se emplea más **iluminación fluorescente controlada mediante balastos electrónicos**, básicamente por el ahorro que suponen en consumo de energía eléctrica y en prolongación de la vida de las lámparas. Tal como hemos visto anteriormente, este tipo de receptores pueden provocar problemas de **disparos intempestivos** o bien de **bloqueo de los diferenciales** debido a los fenómenos siguientes:
 - Durante su funcionamiento envían corriente de fuga a tierra a alta frecuencia (entre 5 y 40 kHz), muchos balastos bajo un solo diferencial lo pueden bloquear por acumulación de fugas a alta frecuencia.
 - Tienen condensadores (filtros capacitivos) unidos a tierra, debido a los cuales se pueden producir disparos intempestivos durante las conmutaciones de zonas con balastos electrónicos.

Recomendaciones

Para evitar estos problemas deben tomarse las medidas siguientes, muy parecidas al caso anterior.

- Conectar como máximo el número de balastos recomendado anteriormente bajo cada diferencial estándar clase AC.
- Utilizar preferentemente diferenciales clase A, en lugar de clase AC, ya que es un receptor electrónico.
- Se recomienda utilizar preferentemente diferenciales del tipo **superinmunizado multi 9 de Merlin Gerin** por los motivos anteriores.

- Son instalaciones climatizadas permanentemente. Con lo cual se suelen instalar máquinas de aire acondicionado de potencias elevadas, que evidentemente incluyen **motores** con sus correspondientes puntas de corriente al arranque, y en ocasiones se regula su velocidad mediante variadores electrónicos. Los problemas que existen en este caso son de **disparos intempestivos** debidos a:

- Puntas de corriente en el instante inicial del arranque (sobre todo en el caso del arranque directo).
- Filtros capacitivos por donde se fugan corrientes a 50 Hz y a alta frecuencia en el caso del variador de velocidad. La acumulación de fugas propias sumada a posibles transitorios que circulen por estas capacidades pueden provocar el disparo del diferencial.

Recomendaciones

Para evitar estos problemas deben tomarse las medidas siguientes:

- Para evitar los problemas del arranque directo inicial, en el caso de utilizar interruptores diferenciales de carril DIN se aconseja sobrecalibrarlos respecto la intensidad nominal del motor. Y para arranques especialmente duros, esto habitualmente no es suficiente y se recomienda utilizar diferenciales del tipo **superinmunizado multi 9 de Merlin Gerin** por su importante inmunización contra transitorios.
- Para evitar los problemas del arranque directo inicial, en caso de utilizar relés diferenciales electrónicos con toro separado es conveniente seguir los consejos de instalación del capítulo 5 de esta Guía. También para arranques especialmente duros, esto habitualmente no es suficiente y

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

se recomienda utilizar los relés diferenciales de protección y medida de última generación del tipo **Vigirex RHU** y **RMH** de **Merlin Gerin**.

□ Para el caso de variadores electrónicos de velocidad, se aconseja directamente el empleo de los diferenciales más resistentes en cada categoría:

Para el caso de potencias pequeñas se aconseja utilizar diferenciales de carril DIN del tipo **superinmunizado multi 9** de **Merlin Gerin** por su importante inmunización contra transitorios y filtrado de altas frecuencias.

Para el caso de potencias elevadas se aconseja utilizar relés diferenciales electrónicos con toro separado de última generación del tipo **Vigirex RHU** y **RMH** de **Merlin Gerin**.

■ Suelen ser **redes bastante extensas** en metros de cable acumulados.

Este parámetro no sólo afectará al propio CPD sino que, en algún caso en que esta zona no esté perfectamente aislada galvánicamente mediante transformadores separadores del resto de la instalación, se pueden ver afectados otros circuitos del resto de la instalación: los **disparos intempestivos por “simpatía”** serán mucho más habituales. Estos son debidos a:

□ Las capacidades de la propia red de cables son elevadas y los transitorios de conexión, etc., se pueden transmitir a través de las mismas provocando la actuación del diferencial.

Recomendaciones

□ Para evitar estos problemas es necesario no acumular mucha longitud de cable (o muchos circuitos cuyas longitudes se suman entre sí), bajo cada diferencial, no sólo del CPD sino del resto de instalación.

□ Se recomienda utilizar preferentemente diferenciales del tipo **superinmunizado multi 9** de **Merlin Gerin** pues soportan picos de corriente transitoria transmitidos a través de las capacidades de las instalaciones mucho mayores que un diferencial normal. Para la corrección de problemas de disparos intempestivos en instalaciones ya existentes es la solución más adecuada (técnica y económicamente).

6.9 Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares adosadas

Clasificación de las zonas en función de la humedad

Cuando abordamos cualquier protección diferencial, lo primero que hay que saber es la clasificación de la zona que queremos proteger y ésta será función de la humedad. En la **fig. 6.13** vemos las curvas de seguridad vistas en el capítulo 1 según la humedad de cada zona. En ella se tienen las zonas BB1 ($U_L = 50$ V) para lugares secos, BB2 ($U_L = 24$ V) para lugares húmedos y BB3 ($U_L = 12$ V) para lugares mojados. Las gráficas nos dan los tiempos máximos admisibles para las tensiones de contacto.

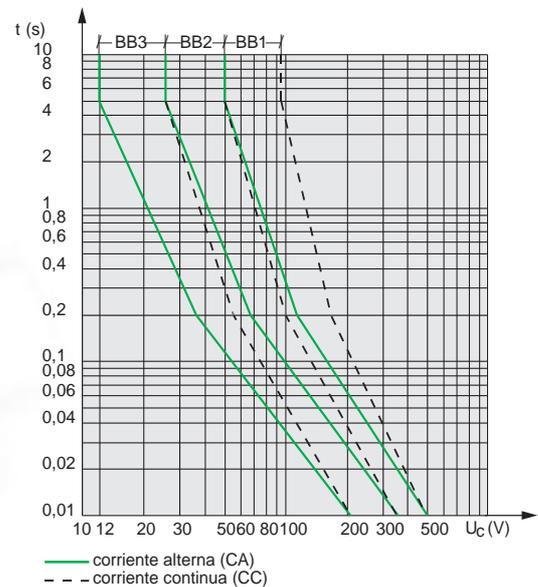


Fig. 6.13. Curva del tiempo de contacto máximo (t) en función de la tensión de contacto (U_c), de acuerdo a UNE 20460.

La clasificación según la humedad de cada estancia de la vivienda del ejemplo que se presenta, que consta de dos plantas, es la siguiente:

■ Planta baja:

- Zona BB1: iluminación de todas las estancias.
- Zona BB2: jardín, servicio, cocina y terraza.
- Zona BB3: piscina.

protección diferencial BT

- Primer piso:
 - Zona BB1: iluminación de todas las estancias.
 - Zona BB2: terraza.
 - Zona BB3: baño.

Puesta a tierra

Debe tenerse en cuenta el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión que dispone el valor máximo de resistencia de puesta a tierra en 37Ω .

La zona más compleja, para cumplir las prescripciones contra los contactos indirectos, corresponde a la BB3, cuya tensión de contacto límite (U_L) se sitúa en los 12 V.

- El cálculo de la puesta a tierra se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB3.
- En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$.
- Sabemos que los interruptores diferenciales de alta sensibilidad instantáneos desconectan en mucho menos de 300 ms, a efectos prácticos en este ejemplo consideraremos que disparan en 100 ms.

■ Tensión de contacto U_C .

En la **fig. 6.13** podemos encontrar la tensión de contacto máxima en locales BB3, 12 V y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que tarda el diferencial en desconectar, $U_C = 55 \text{ V}$.

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación, según información de la compañía suministradora es de $R_B = 10 \Omega$.

■ La resistencia de puesta a tierra de la instalación R_A : A partir de los datos anteriores podemos calcular la resistencia de puesta a tierra de la vivienda R_A y a partir de ella toda su configuración.

$$U_C = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 55 \text{ V}$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_C} - 1} = \frac{10}{\frac{230 \text{ V}}{55 \text{ V}} - 1} = 3,14$$

Suponemos que las mediciones del terreno nos dan una resistividad de $350 \Omega/\text{m}$.

Si disponemos la configuración de puesta a tierra de la **fig. 6.14**, vemos que su valor cumple con la resistencia de tierra deseada.

Si colocamos cinco configuraciones, del tipo 40-40/8/88 (según método estándar de puestas a tierra), en paralelo tendremos:

$$R_A = \frac{R_{40-40/8/88}}{5} = \frac{15,4}{5} = 3,08$$

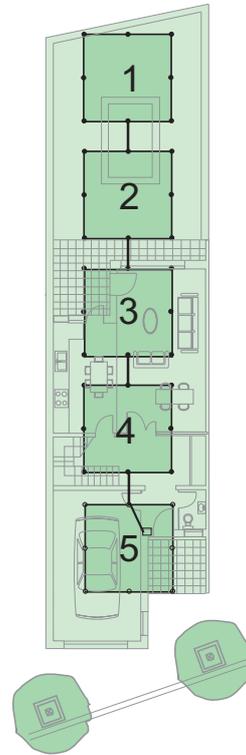


Fig. 6.14.

Cálculo de las protecciones

Zona BB3

■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de tierra anterior, debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al cuadro de protección de la vivienda, más la de éste a la toma de contacto más alejada.

□ Resistencia de la unión de la toma al cuadro:

- $L = 4 \text{ m}$.
- $S = 16 \text{ mm}^2 \text{ (Cu)}$.
- Resistencia:

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{4 \text{ m}}{16 \text{ mm}^2} = 0,0045$$

□ Resistencia del cuadro al baño de la planta 1.^a.

- $L = 10 \text{ m}$.
- $S = 4 \text{ mm}^2$.
- Resistencia:

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{10 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0,045$$

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

□ Resistencia total de la puesta a tierra:
 $R_{AT} = R_A + R_1 + R_2 = 3,08 + 0,0045 + 0,045 = 3,13 \Omega$.

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230 \text{ V}}{3,13 \Omega + 10 \Omega} = 17,51 \text{ A}$$

■ El tiempo de desconexión será:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17,51}{0,03} = 584 \text{ veces } I_{\Delta n}$$

Al ser mayor de 10 veces $I_{\Delta n}$:

$t_{(inst)} = 30 \text{ ms}$.

■ La tensión de contacto será:

$$U_C = I_d \cdot R_A = 17,51 \text{ A} \cdot 3,13 \Omega = 54,775 \text{ V}$$

En la **fig. 6.13** vemos que en la curva en locales BB3, 12 V, para una tensión de contacto $U_C = 54,775$, el tiempo máximo de contacto es de 100 ms aprox. Los diferenciales propuestos por nosotros tardan sólo 30 ms en desconectar, más de 3 veces menos.

Zona BB2

Procederemos de forma análoga que en el caso anterior.

■ Resistencia total de puesta a tierra.

El valor de la resistencia de la unión de la toma de tierra al cuadro de protección de la vivienda es el mismo;

$R_1 = 0,0045 \Omega$.

□ Por otro lado, el valor de resistencia del cuadro general al jardín (el más alejado), será:

– $L = 15 \text{ m}$.

– $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

– Resistencia R_3 .

$$R_3 = \rho \frac{L_3}{S_3} = \frac{1}{56} \cdot \frac{15 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,108 \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:
 $R_{AT} = R_A + R_1 + R_2 = 3,08 + 0,045 + 0,108 = 3,233 \Omega$.

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230 \text{ V}}{3,233 \Omega + 10 \Omega} = 17,38 \text{ A}$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 30 mA (T01):

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17,38}{0,03} = 579 \text{ veces } I_{\Delta n}$$

Al ser mayor de 10 veces $I_{\Delta n}$:

$t_{(inst)} = 30 \text{ ms}$

■ La tensión de contacto será:

$$U_C = I_d \cdot R_A = 17,38 \text{ A} \cdot 3,233 \Omega = 56,19 \text{ V}$$

En la **fig. 6.13** podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB2, 25 V, que para una tensión de contacto $U_C = 56,19 \text{ V}$, tiempo máximo de contacto es de 0,4 s. Los diferenciales propuestos para estos valores tardan a desconectar 30 ms, trece veces menos.

Zona BB1

Igualmente procederemos de la misma forma en este caso.

■ Resistencia total de puesta a tierra.

Tendremos también $R_1 = 0,0045 \Omega$.

□ Resistencia del cuadro general al dormitorio de matrimonio de la 1.ª planta.

– $L = 20 \text{ m}$.

– $S = 2,5 \text{ mm}^2$.

– Resistencia R_4 .

$$R_4 = \rho \frac{L_3}{S_3} = \frac{1}{56} \cdot \frac{20 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,143 \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra:

$R_{AT} = R_A + R_1 + R_4 = 3,08 + 0,045 + 0,143 = 3,268 \Omega$.

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B} = \frac{230 \text{ V}}{3,268 \Omega + 10 \Omega} = 17,34 \text{ A}$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 300 mA (T01):

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{17,34}{0,03} = 577 \text{ veces } I_{\Delta n}$$

Al ser mayor de 10 veces $I_{\Delta n}$:

$t_{(inst)} = 30 \text{ ms}$

■ La tensión de contacto será:

$$U_C = I_d \cdot R_A = 17,34 \text{ A} \cdot 3,268 \Omega = 56,67 \text{ V}$$

En la **fig. 6.13** podemos encontrar en la curva de la tensión de contacto máxima en locales BB1 - 50 V, que para una tensión de contacto $U_C = 56,67 \text{ V}$, tiempo máximo de contacto es de 3 s. Los DDR propuestos para estos valores tardan a desconectar 30 ms, cien veces menos.

Una vez obtenidos estos valores, estamos en disposición de obtener unas primeras resoluciones.

Resoluciones

Las protecciones adecuadas serán:

■ **Zona BB1:** interruptor de alta o media sensibilidad, 30 mA o 300 mA. Pero optaremos por la instalación del ID de alta



protección diferencial BT

sensibilidad, para así poder colocar en cabecera del cuadro general de distribución un ID con $I\Delta n = 300 \text{ mA}$ y un retardo de $t = 150 \text{ ms}$ (selectivo). De esta manera cumplimos la selectividad vertical entre diferenciales.

■ **Zona BB2:** interruptor diferencial de carril DIN de alta sensibilidad de 10 o 30 mA. Además, otra posibilidad para realizar la protección para los circuitos de esta zona sería mediante la utilización de interruptores diferenciales magnetotérmicos de alta sensibilidad de 10 mA de la gama **Európoli** de **Eunea Merlin Gerin** individuales para cada circuito (**fig. 6.15**). Estos aparatos incorporan la protección contra sobrecargas y cortocircuitos y también contra corrientes de fuga a tierra, y su instalación, que puede efectuarse cerca del receptor a proteger, se puede realizar empotrado en la pared o en zócalo de superficie. De esta manera, podemos proteger los circuitos (o sus tomas de corriente) por separado, sectorizando y minimizando el riesgo de falta de continuidad de servicio.



Fig. 6.15. Gama de protección diferencial y magnetotérmica **Európoli** de **Eunea Merlin Gerin**.

■ **Zona BB3:** interruptor diferencial de alta sensibilidad de 10 mA.

En definitiva si optamos por usar exclusivamente aparatos de protección diferencial para montaje en carril DIN tipo **multi 9** de **Merlin Gerin**, el esquema quedaría como en la **figura 6.16**.

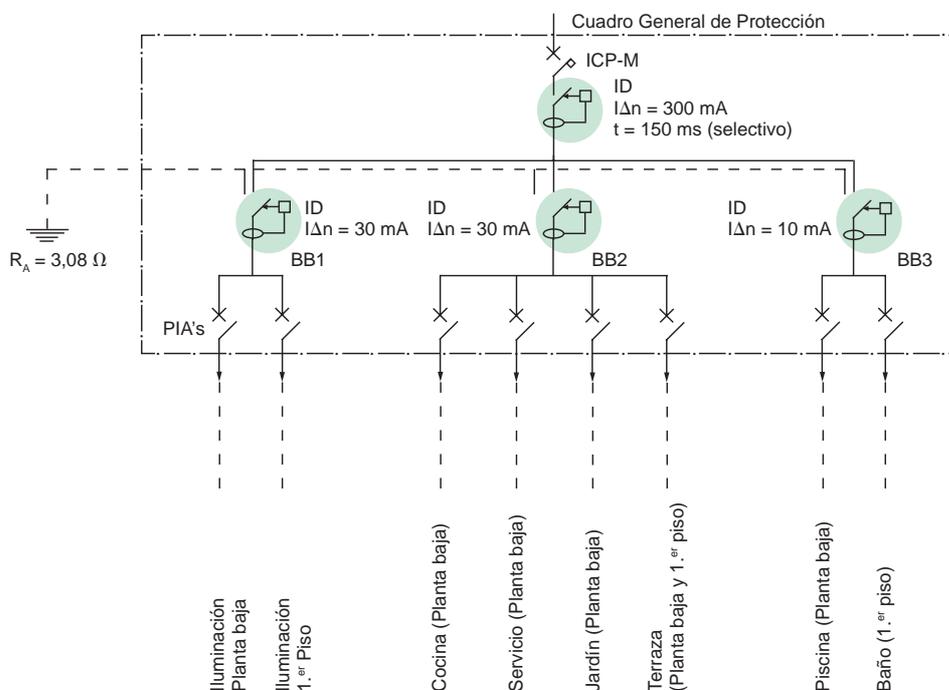


Fig. 6.16.

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

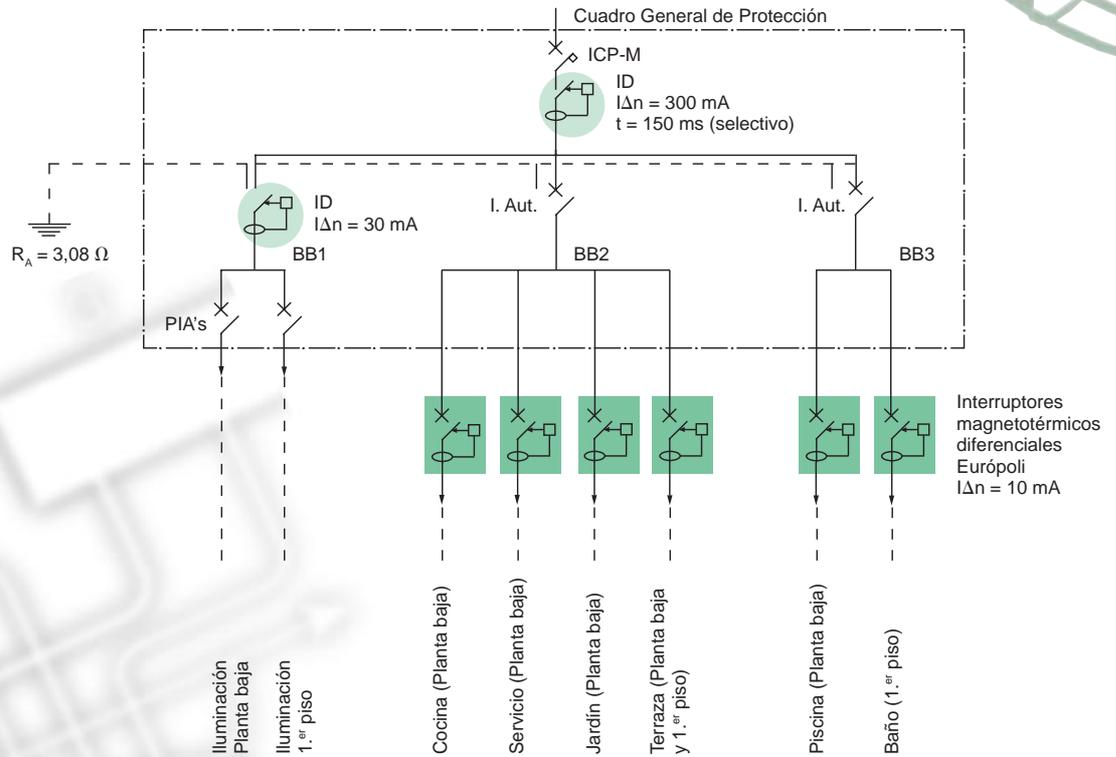


Fig. 6.17.

Pero si optamos por la protección incluyendo para la zona BB2 interruptores magnetotérmicos diferenciales de la serie **Európoli** de **Eunea Merlin Gerin**, el esquema eléctrico quedaría como en la **figura 6.17**.

En las **figuras 6.18 y 6.19** comprobamos que los efectos de las corrientes al paso por el cuerpo humano, en caso de contacto directo, en cada zona BB1, BB2 y BB3 son reducidos, quedando garantizada la seguridad de las personas.

6

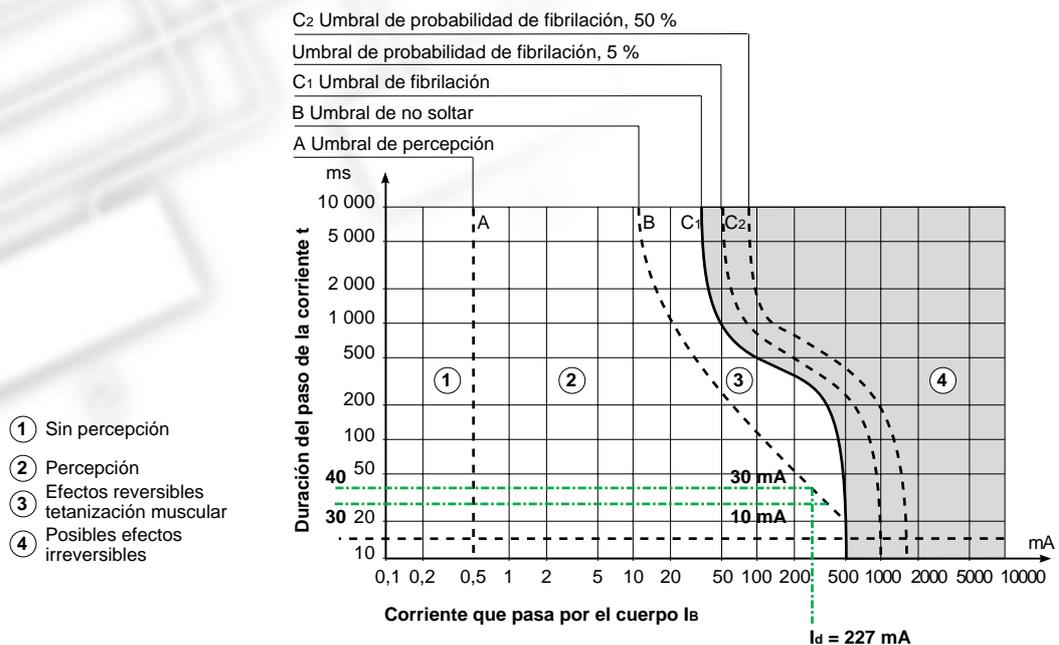


Fig. 6.18. Comprobación del efecto de la corriente, en el caso de corte de la conexión a toma de tierra y con protecciones de interruptores diferenciales de 10 y 30 mA, en zona BB3.

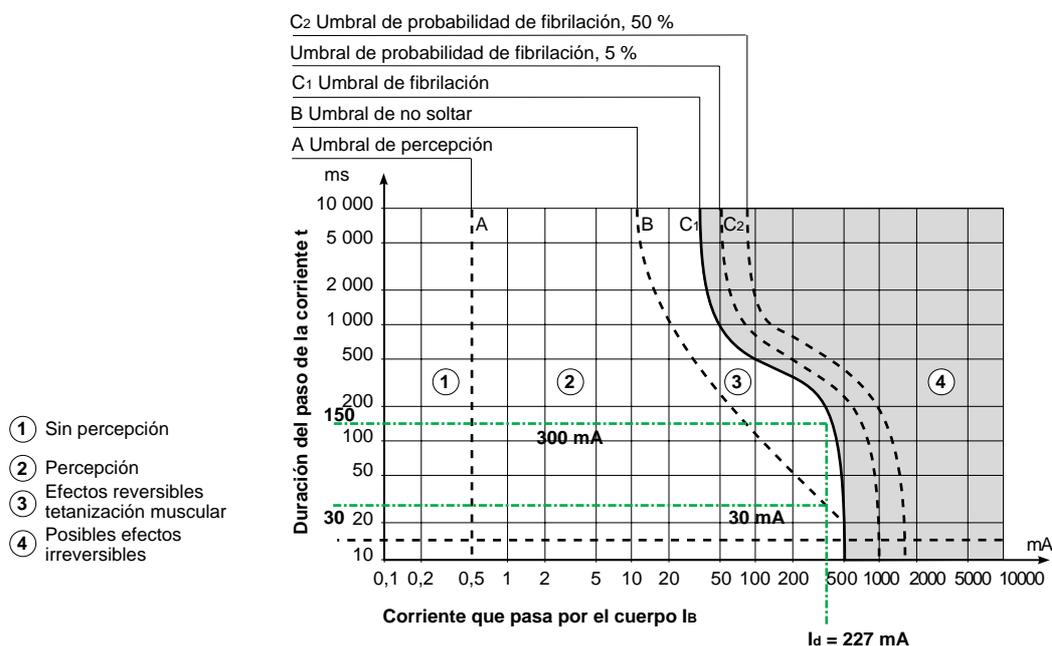


Fig. 6.19. Comprobación del efecto de la corriente, en el caso de contacto directo y con protecciones de interruptores diferenciales de 30 y 300 mA, en zonas BB1 y BB2.

6.10 Cálculo de la protección diferencial en una red de alumbrado público

Para la protección diferencial del alumbrado público, debemos considerar el caso más desfavorable: cuando exista una fuga un día de lluvia y una persona sin protección para la lluvia, y bajos sus efectos, reciba un choque eléctrico. En estas condiciones debemos considerar que la vía pública es zona BB3.

Cálculo de la protección en Zona BB3

■ El cálculo de la puesta a tierra.

Se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB3.

□ En un régimen TT la protección debe ser un interruptor diferencial de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} < 30 \text{ mA}$.

□ Sabemos que los interruptores diferenciales de alta sensibilidad instantáneos desconectan en mucho menos de 300 ms, a efectos prácticos en este ejemplo consideraremos que disparan en 100 ms.

■ Tensión de contacto U_c .

En la tabla del capítulo 1 de tensiones de contacto admisibles podemos encontrar la tensión de contacto máxima en zonas BB3 - 12 V y para un tiempo máximo de contacto de 0,1 s que tarda el DDR en desconectar. $U_c = 55 \text{ V}$.

■ La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación, según información de la compañía suministradora es de $R_B = 10 \Omega$.

■ La resistencia de puesta a tierra de la instalación R_A : A partir de los datos anteriores podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del alumbrado público y a partir de ella toda su configuración:

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 55 \text{ V}$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10}{\frac{230 \text{ V}}{55 \text{ V}} - 1} = 3,14$$

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor



■ La resistencia total de puesta a tierra.

A la resistencia de contacto a tierra, debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al báculo o brazo.

Suponemos que las mediciones del terreno nos dan una resistividad de $350 \Omega/\text{m}$.

Si disponemos de una toma de tierra longitudinal siguiendo la zanja para los cables de alimentación, será adecuado utilizar un cable trenzado de acero galvanizado, de 95 mm^2 , el cual podremos soldar, a la autógena, a cada báculo.

$$R = \frac{2\rho}{L} = \frac{2 \cdot 1000 \Omega/\text{m}}{1100 \text{ m}} = 1,82 \Omega$$

□ Resistencia de la unión de la toma al CGBT:

- $L = 2 \text{ m}$.
- $S = 35 \text{ mm}^2$ (He).
- Resistencia R_1 :

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{10} \cdot \frac{2 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} = 0,057 \Omega$$

□ Resistencia de la toma de cada columna:

- $L = 1 \text{ m}$.
- $S = 35 \text{ mm}^2$.
- Resistencia R_2 :

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{10} \cdot \frac{1 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} = 0,0286 \Omega$$

□ Resistencia total de la puesta a tierra de un punto de luz será:

$$R_{AT} = R_A + R_2 = 1,82 + 0,0286 = 1,849 \Omega.$$

■ La intensidad de fuga será:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230 \text{ V}}{1,849 \Omega + 10 \Omega} = 12,44 \text{ A}$$

■ El tiempo de desconexión será:

□ Para un aparato de 30 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{12,44 \text{ A}}{0,03} = 414 \text{ veces } I_{\Delta n}$$

Al ser mayor de 10 veces $I_{\Delta n}$:

$$t_{(ins)} = 30 \text{ ms.}$$

□ Para un aparato de 300 mA:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{12,44 \text{ A}}{0,3} = 41,4 \text{ veces } I_{\Delta n}$$

Al ser mayor de 10 veces $I_{\Delta n}$:

$$t_{(ins)} = 30 \text{ ms}$$

■ La tensión de contacto será:

$$U_C = R_{AT} \cdot I_d = 1,849 \text{ V} \cdot 12,44 \text{ A} = 23 \text{ V.}$$

Efecto de las pérdidas permanentes

En este tipo de receptores debemos tener en cuenta el efecto que genera la existencia de fugas permanentes de las reactancias de las lámparas del alumbrado público.

■ Las pérdidas permanentes por la red.

$$I_{d(\text{perm.-L})} = 1,5 \text{ mA} / 100 \text{ m} \cdot L (\text{m}) = 1,5 \text{ mA} / 100 \text{ m} \cdot 1.100 \text{ m} = 16,5 \text{ mA.}$$

■ Las pérdidas permanentes por equipo de reactancia lámpara, podemos considerar 1 mA punto de luz. Suponemos 40 puntos de luz:

$$I_{d(\text{perm.-P})} = 1 \text{ mA} / 40 \text{ ud} = 1 \text{ mA} \cdot 40 = 40 \text{ mA.}$$

■ Las pérdidas permanentes totales.

$$I_{d(\text{perm.-T})} = I_{d(\text{perm.-L})} + I_{d(\text{perm.-P})} = 16,5 \text{ mA} + 40 \text{ mA} = 56,5 \text{ mA.}$$

■ Los interruptores diferenciales no pueden tener unas fugas permanentes mayores a la mitad de su corriente de fuga nominal (sensibilidad):

$$I_{d(\text{perm.-T})} < \frac{I_{\Delta n}}{2}$$

■ Los interruptores diferenciales de 300 mA son aptos para estas condiciones de fuga permanente.

$$\frac{300 \text{ mA}}{2} = 150 \text{ mA} > 56,5 \text{ mA}$$

Por lo tanto, una solución será la de proteger mediante un interruptor diferencial de 300 mA.

Pero si optamos por subdividir los circuitos en cuatro ramales de 10 lámparas cada uno, tendremos la opción de instalar protección diferencial de 30 mA.

$$\frac{56,5 \text{ mA}}{4} = 14,1 \text{ mA de } I_d \text{ permanente por ramal}$$

$$14,1 \text{ mA} < \frac{30 \text{ mA}}{2} = \frac{I_{\Delta n}}{2}$$

6

protección diferencial BT

Teniendo en cuenta esta última consideración podemos proponer ya un esquema de protección con dispositivos diferenciales residuales (**fig. 6.20**).

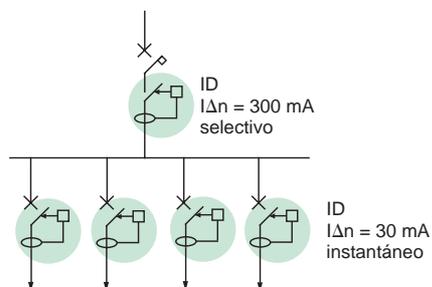


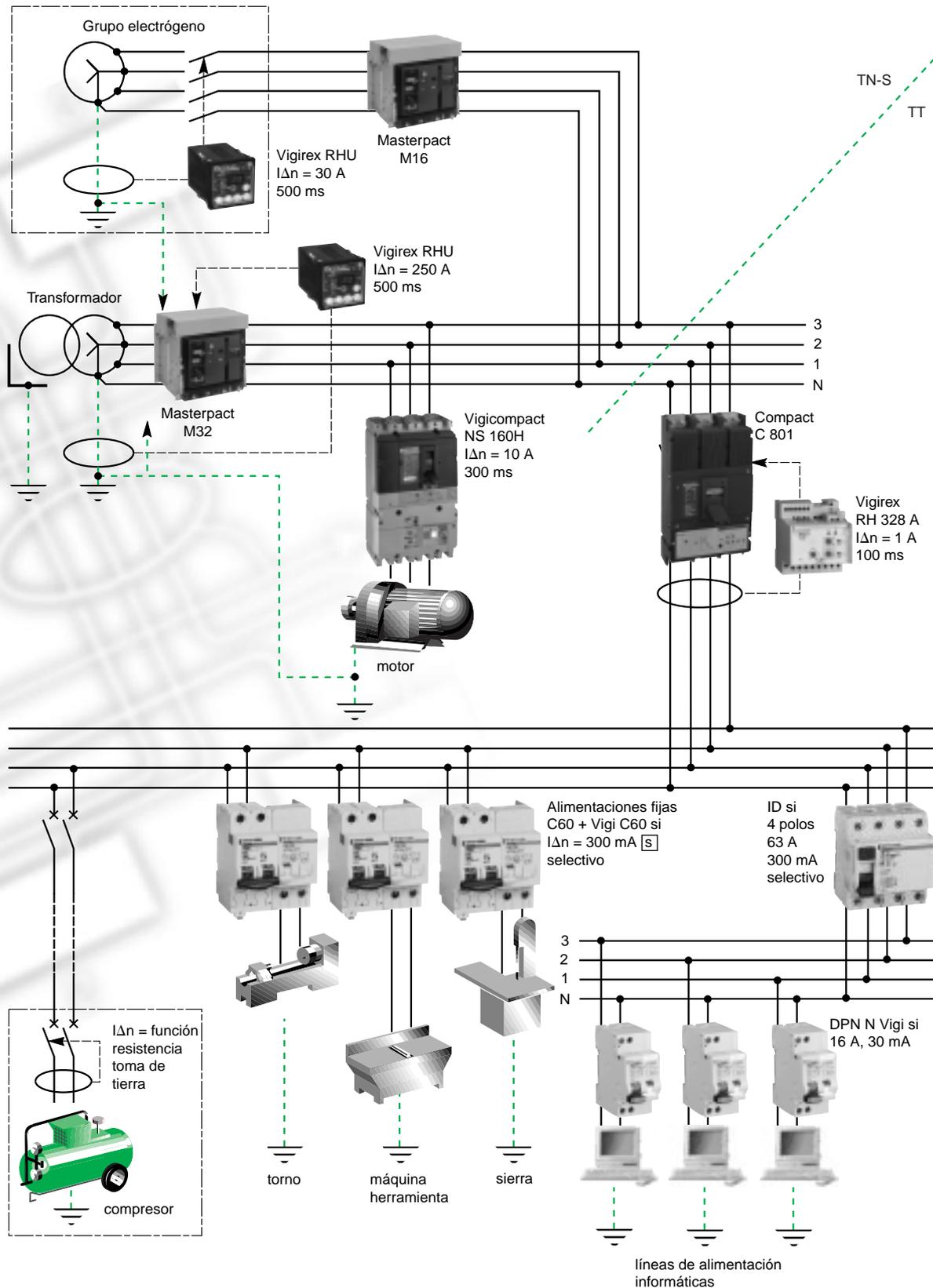
Fig. 6.20. Reaseguramiento de la protección, ID de 300 mA retardado $t = 150 \text{ ms}$, en serie con un interruptor automático seccionador.

Finalmente, las protecciones adecuadas serían:

- Ramal 1.º, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 30 mA.
- Ramal 2.º, interruptor diferencial de alta sensibilidad de 30 mA.
- Reaseguramiento de la protección en cabecera: interruptor diferencial de 300 mA retardado o selectivo, $t = 150 \text{ ms}$, en serie con un interruptor automático seccionador.

6 Aplicaciones de los diferenciales en función del receptor

6.11 Esquema de una instalación industrial



6

protección diferencial BT

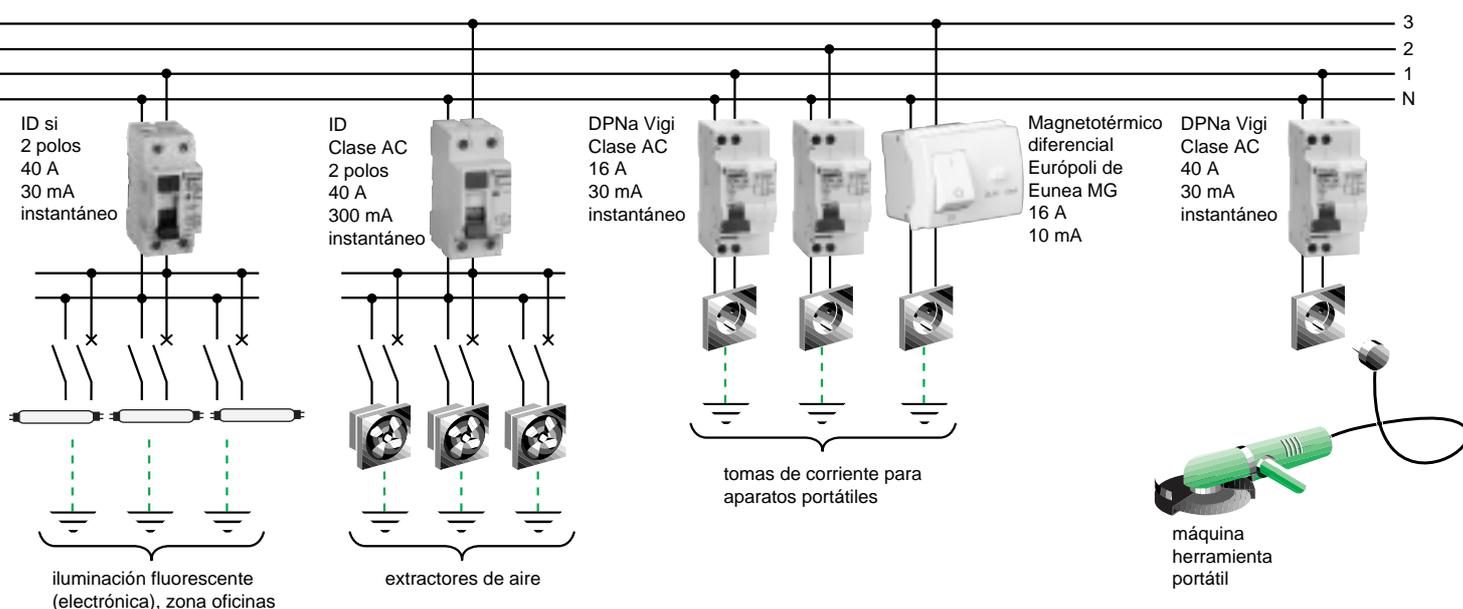
En este ejemplo se presenta el esquema parcial simplificado de una instalación industrial. El objetivo es mostrar de forma gráfica qué tipo de protección diferencial se debe situar en cada punto de una instalación con una potencia instalada muy elevada.

En este tipo de instalaciones los aparatos de protección que se utilizan abarcan desde la intensidad más elevada (interruptores automáticos de bastidor abierto tipo **Masterpact** o de caja moldeada **Compact**), hasta la más pequeña (automáticos de carril DIN **multi9** o ultraterminal **Európoli**). Para cada nivel, **Schneider Electric** dispone de la protección diferencial que se adapta mejor técnicamente a cada uno de los aparatos de protección anteriores y también al tipo y cantidad de receptores que se tengan en cada salida de la instalación. En el próximo capítulo se hallará una muy completa descripción de los mismos.

Los criterios seguidos para utilizar los tipos de diferenciales del esquema se pueden hallar en los apartados precedentes del presente capítulo.



Los diferentes envoltorios del sistema Prisma y Pragma permiten instalar todos los tipos de dispositivos diferenciales de Schneider Electric.



7

Gamas Schneider Electric de protección diferencial

- Tabla de elección **110**
- 7.1 Interruptor automático magnetotérmico diferencial ultraterminal **Európoli** de **Eunea Merlin Gerin 114**
 - 7.2 Interruptor diferencial **ID multi 9 116**
 - 7.3 Interruptores automáticos magnetotérmicos diferenciales **DPN Vigi multi 9 122**
 - 7.4 Bloques diferenciales adaptables **Vigi C60 multi 9 124**
 - 7.5 Bloques diferenciales adaptables **Vigi NC100/NC125 multi 9 128**
 - 7.6 Bloques diferenciales adaptables **Vigi C120 multi 9 132**
 - 7.7 Bloques diferenciales adaptables **Vigi NG125 multi 9 136**
 - 7.8 Gama de telemandos y de auxiliares para dispositivos diferenciales residuales **multi 9 140**
 - 7.9 Gama de relés diferenciales electrónicos **Vigirex RH** tipo E/A/AP, con toroidal separado **142**
 - 7.10 Gama de relés diferenciales electrónicos **Vigirex RHU** y **RMH 146**
 - 7.11 Toroidales y accesorios comunes para toda la gama **Vigirex 150**
 - 7.12 Bloques diferenciales adaptables **Vigicompact 152**
 - 7.13 Curvas de disparo de los dispositivos diferenciales **Schneider Electric 154**
 - 7.14 Comportamiento en función de la frecuencia de los dispositivos diferenciales **Schneider Electric 157**

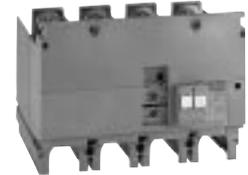
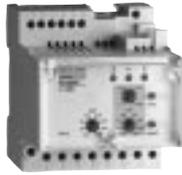


Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Tabla de elección

Relé diferencial con toro separado

Bloque diferencial
Vigi caja moldeada

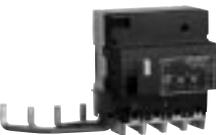
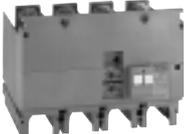


Características	Vigirex estándar					Vigirex avanzados		Vigicomact		
	RH10E	RH240E	RH248E	RH328A	RH328AP	RHU	RMH	Vigi ME	Vigi MH	Vigi MB
Página guía	142					146		152		
Tipos de red a vigilar	BT alterna - 50/60 Hz - tipo TT, IT, TNS					BT alterna 50/60/400 Hz tipo TT, IT, TNS		BT alterna - 50/60 Hz - tipo TT, IT, TNS		
Clase	A					A		A		
Sensibilidad	30 o 300 mA (fijas)	30 mA a 25 A (24 umbrales)		30 mA a 250 A (32 umbrales)		Regulable de 15 mA a 30 A con pasos de 1 o 100 mA		Fijo 0,3 A	Regulable 0,03-0,3-1-3-10 A	Regulable 0,03-1-3-10-30 A
Tiempo total corte	Depende del aparato de corte al que se asocie					Depende del aparato de corte		<40	<40, <140, <300, <800	<40, <140, <300, <800
Temporización o Retardo intencional (ms)	0	0	0, 50, 90, 140, 250, 350, 500, 1 s			Regulable de 0 a 5 s con pasos de 10 ms.		Fijo <40	Regulable 0, 60, 150, 310	Regulable 0, 60, 150, 310
Test del aparato	Local (electrónica + piloto + contacto)					Local o a distancia		Local		
Test de la unión toroidal-relé	Permanente					Permanente				
Rearme	Local y a distancia por corte de la alimentación auxiliar					Local o a distancia		Local		
Contactos de salida	De defecto			De defecto y de seg. positiva	De defecto y de preal. con seg. positiva	De seguridad positiva, de alarma y defecto	De seguridad positiva, de prealarma y de alarma			
Tensión nominal (V)	Varias con -15 % / +10 % CA					220-240 V -30 % ⁽¹⁾ / +10 %		220...440 V	220...400 440...550	220...400 440...550
N.º polos								3, 4	3, 4	3, 4
								NS100	NS100	
								NS160	NS160	
									NS250	
										NS400
										NS630
Toroidales asociados	Tipo A, OA					1 toroidal tipo A, OA	12 toroidales tipo A, OA			
Conexión toro-relé	Por cable blindado					Por cable blindado				
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección adaptable a cada red. ■ Permite la selectividad vertical en varios niveles. 					<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección adaptable a cada red. ■ Incorpora visualizador de corriente de fuga. ■ Permite comunicación con el bus interno Digipact. 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección diferencial residual adaptable a interruptor automático de potencia (de caja moldeada). 		

(1) -15 % durante la puesta en tensión.

Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Panorama de la oferta

Gama	Aplicaciones
<p>Interrupor magnetotérmico y diferencial ultraterminal. Serie Európoli de Eunea Merlin Gerin</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección junto a los receptores para vivienda, terciario e industria.
<p>Interrupor diferencial ID multi 9</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección de circuitos generales de vivienda. ■ Clases AC y A estándar: protección de circuitos estándar en aplicaciones terciarias e industriales. ■ La versión superinmunizada "si" va destinada a instalaciones con receptores electrónicos y/o con puntas de arranque importantes.
<p>Interrupor magnetotérmico y diferencial monobloque DPNa Vigi multi 9 y DPN N Vigi multi 9</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección de circuitos monofásicos de pequeña potencia. ■ Especial para casos con falta de espacio en los cuadros: ampliaciones, etc. ■ Versión superinmunizada "si" especial para proteger receptores electrónicos directamente.
<p>Bloques diferenciales Vigi C60 multi 9 adaptable a C60 y Vigi C120 multi 9 adaptable a C120</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Clases AC y A estándar: protección de circuitos estándar en aplicaciones terciarias e industriales. ■ La versión superinmunizada "si" va destinada a instalaciones con receptores electrónicos y/o con puntas de arranque importantes. ■ Único tipo de diferencial carril DIN en versión 3 polos.
<p>Bloques diferenciales Vigi NC100 multi 9 adaptable a interruptor automático NC100/NC125</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección de circuitos estándar en aplicaciones terciarias e industriales. ■ Único tipo de diferencial carril DIN en versión 3 polos.
<p>Bloques diferenciales Vigi NG125 multi 9 adaptable a interruptor automático NG125</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección diferencial para cabecera de cuadros secundarios o para salidas de baja potencia de cuadros generales. ■ Permite regulación de sensibilidades y retardos para efectuar selectividad diferencial. ■ Único tipo de diferencial carril DIN en versión 3 polos.
<p>Relé diferencial con toro separado Vigirex estándar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección adaptable a cada red. ■ Permite la selectividad vertical en varios niveles.
<p>Relé diferencial con toro separado Vigirex avanzados</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección adaptable a cada red. ■ Incorpora pantalla para visualizar la corriente de fuga. ■ Permite comunicación con el bus interno Digipact.
<p>Bloque diferencial Vigi caja moldeada Vigicomcompact</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protección diferencial residual adaptable a interruptor automático de potencia (de caja moldeada).

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.1 Interruptor automático magnetotérmico diferencial ultraterminal Európoli de Eunea Merlin Gerin

Funciones y descripción

Los interruptores automáticos magnetotérmicos diferenciales ultraterminales Európoli de Eunea Merlin Gerin cumplen la función de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos integrados en un mismo aparato. Presentan un polo protegido (fase) y otro sin proteger (el neutro) destinado a la protección de una carga eléctrica alimentada por una línea fase-neutro, contra el peligro de un cortocircuito por la acción magnética, o de una sobrecarga por la acción térmica. Existe una versión que incorpora además la protección diferencial y se ofrece también la versión sólo magnetotérmica de 1 polo. Este tipo de aparato no se instala en cuadro eléctrico sino que es para instalación repartida. Se puede utilizar tanto en el sector terciario-industrial como en la vivienda, y permite efectuar la protección lo más cerca posible de la utilización. El aparato presenta en su cara frontal un interruptor manual que permite la maniobra de conexión y desconexión del circuito así como el rearme en caso de disparo. Así pues, tiene dos posiciones diferenciadas

por el marcaje "I", cerrado, y "O", abierto. Los aparatos que incorporan protección diferencial, poseen también en la cara frontal un botón de test para la comprobación periódica de la protección diferencial. Estos aparatos magnetotérmico-diferenciales son clase A, con lo que protegen tanto contra corrientes de defecto alternas como continuas pulsantes. El interruptor instalado sobre pared vertical, tiene un grado de protección IP41. El aparato debe utilizarse en locales secos y sin polvo, con una temperatura ambiente comprendida entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se puede instalar tanto empotrado como en superficie, en el primer caso utilizando la caja de empotrar Európoli, con una profundidad de 40 mm, y en el segundo caso mediante cajas de superficie. En ambos casos se pueden utilizar las placas estándar de la serie **Európoli** o **Metrópoli**. También se pueden instalar en cajas MET-4, en centralización de **Eunea Merlin Gerin** y en zócalos **Európoli** de **Eunea Merlin Gerin**.

Características técnicas

La conexión se realiza mediante bornes de tornillo completamente protegidos (IP2X) con placas de presión dentadas y tornillos imperdibles, con capacidad para dos conductores de hasta $2,5\text{ mm}^2$ cada uno. Las características eléctricas que poseen tanto la gama de protección magnetotérmica-diferencial como el interruptor magnetotérmico son:

Características técnicas	Interruptores magnetotérmicos-diferenciales	Interruptores magnetotérmicos
Tensión asignada de empleo (VCA)	230	230
Calibres In (A)	6 10 16	6 10 16
Poder de corte según normas: UNE EN 61009	1500 A y 3000 A	
UNE EN 60898		1500 A y 3000 A
Curva de disparo magnetotérmico	Curva C	Curva C
Ejecución	Bipolar con un polo protegido	Dos versiones: unipolar y bipolar con un polo protegido
Sensibilidad diferencial ($I\Delta n$)	10 mA	—

protección diferencial BT

Conexión eléctrico

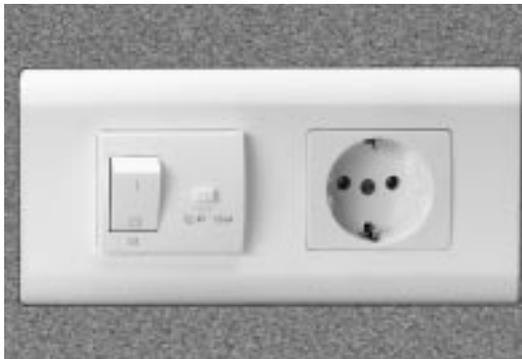
La instalación debe realizarse de acuerdo con la normativa en vigor.

Comprobar que la sección de los conductores sea suficiente para la alimentación de la carga prevista, y en ningún caso debe ser inferior a 1,5 mm². Apretar correctamente los tornillos de los bornes de conexión. Una conexión defectuosa provoca calentamientos excesivos, con el consiguiente riesgo de incendios.

Normativa

Los aparatos que incorporan protección diferencial y protección magnetotérmica son conformes con la UNE EN 61009 y los aparatos que incorporan sólo protección magnetotérmica son conformes con la norma UNE EN 60898.

Instalación



Montaje empotrado.



Montaje en superficie.

Tabla resumen de la gama de protección disponible en la serie Européli de Eunea Merlin Gerin

Protección magnetotérmica-diferencial



Sensibilidad	Calibres (A)	N.º de polos	Referencia
10 mA	6		3110N-B
10 mA	10		3111N-B
10 mA	16		3112N-B

Protección magnetotérmica



Calibres (A)	N.º de polos	Referencia	N.º de polos	Referencia
6		3154N-B		3157N-B
10		3155N-B		3158N-B
16		3156N-B		3159N-B

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.2 Interruptor diferencial ID multi 9

Funciones y descripción

Los Interruptores Diferenciales ID **multi 9**, para instalar en cuadros eléctricos sobre carril DIN, están especialmente concebidos para la protección de las personas y los receptores eléctricos en presencia de defectos de aislamiento. Son aparatos autónomos que no van asociados mecánicamente a ningún dispositivo de corte, ya que empleando su propio sistema de corte son capaces de interrumpir el suministro de corriente que circule por el circuito.

Sea cual sea el tipo de circuitos y receptores a proteger, incluso los más complejos, podemos encontrar una solución adecuada dentro de las tres gamas ID **multi 9** de **Merlin Gerin**:

■ ID Clase AC

Esta clase de protección asegura la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Esta clase responde satisfactoriamente en la mayoría de las instalaciones existentes, con predominio de receptores resistivos que no puedan alterar significativamente el tipo de señal de defecto alterna senoidal, o bien electrónicos que incorporen fuente de alimentación con aislamiento galvánico completo del resto de instalación. Son productos certificados por AENOR conforme a la norma UNE EN 61008. Incluye diversos modelos hasta 100 A, instantáneos o selectivos en 30 o 300 mA. Admiten auxiliares eléctricos, accesorios diversos, presentan inmunidad básica contra disparos intempestivos: hasta 250 A cresta para los instantáneos y 3 kA cresta para los selectivos, según onda de corriente de choque tipo 8/20 μ s. Además, son aptos al seccionamiento, tienen indicador mecánico rojo de defecto diferencial, incorporan botón de test y la conexión por bornes de caja es para cables flexibles de hasta 35 mm², o rígidos de hasta 50 mm².

■ ID Clase A

Éstos aseguran la desconexión del circuito ante corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales y corrientes rectificadas

con o sin componente continua, que pueden aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Están especialmente concebidos para la protección de circuitos con receptores electrónicos que incorporen rectificación de la señal senoidal.

El resto de características que presentan los ID Clase A son idénticas a los de Clase AC, exceptuando que los primeros están disponibles hasta calibres de 63 A.

■ ID Clase A superinmunizado "si"

Este modelo es una evolución muy importante de la Clase A, ya que además tal como se ha descrito en el capítulo 3 de esta Guía, incorpora una electrónica interna de autoinmunización mucho más avanzada, que permite anular los efectos que provocan sobre un ID clase AC y clase A estándar, las perturbaciones de alta frecuencia (cegado o bloqueo del diferencial) gracia a un filtro "pasa-bajos" que bloquea la transmisión de estas altas frecuencias hacia el relé de disparo, e incorpora un circuito de acumulación de energía que aumenta enormemente la continuidad de servicio en presencia de transitorios en la red, con lo que se asegura que el disparo del ID clase A "si" se efectuará únicamente cuando exista una corriente de defecto a 50 Hz peligrosa para las personas y los receptores.

Además de incorporar las características de los ID Clase A, hasta un calibre de 100 A, los ID "si" presentan una mayor resistencia a los disparos intempestivos gracias a la electrónica de autoinmunización: 3 kA cresta para los instantáneos y 5 kA cresta para los selectivos, según onda de corriente transitoria tipo 8/20 μ s.

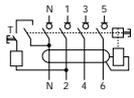
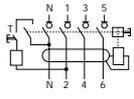


ID 2 polos.



ID 4 polos.

Tabla resumen de la gama disponible de ID multi 9

n.º de polos	sensibilidad (mA)	calibre (A)	Referencias				
			ID clase AC 		ID clase A 	ID clase A "si" superinmunizado 	
Instantáneos							
2 polos 	30	25	(1) 15242	(2) 15249*	23009*	23249	23523*
	30	40	(1) 15243	(2) 15261*	23014*	23253*	23524*
	30	63	—	—	23018*	23258*	23525*
	30	80	—	—	23020*	—	—
	300	25	—	—	23011*	23251	—
	300	40	—	—	23016*	23255*	—
	300	63	—	—	23021*	23261*	—
	300	80	—	—	23030*	—	—
	300	100	—	—	23034*	—	—
4 polos 	30	25	—	—	23038*	—	23526*
	30	40	—	—	23042*	23303*	23529*
	30	63	—	—	23047*	23308*	23530*
	300	25	—	—	23040*	—	—
	300	40	—	—	23045*	23306*	—
	300	63	—	—	23049*	23312*	—
	300	80	—	—	23054*	—	—
	300	100	—	—	23056	—	—
Selectivos 							
2 polos 	300	40	—	—	—	—	23361* 
	300	63	—	—	23028*	—	23363*
	300	80	—	—	23032*	—	23372
	300	100	—	—	23035	—	23323
4 polos 	300	40	—	—	23062*	—	23387* 
	300	63	—	—	23066*	—	23392*
	300	80	—	—	23069*	—	23394
	300	100	—	—	23059	—	23342

(1) Es especial para vivienda: no admite auxiliares y no incluye señalización de disparo.

(2) No admite auxiliares e incluye señalización de disparo.

(*) Modelo certificado por AENOR.

 novedad

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas



Interruptor diferencial ID multi 9

Características eléctricas	ID clase AC ⁽¹⁾
N.º polos	2 y 4
Calibres I _n (A)	25, 40, 63, 80, 100
Sensibilidad diferencial I _{Δn} (mA)	10, 30, 300, 300 \bar{S}
Poder de cierre y de corte diferencial asignado I _{Δm} (kA)	calibres ≤ 63 A: 630 A; resto: 10 · I _n
Poder de cierre y de corte asignado I _m (kA)	calibres ≤ 63 A: 630 A; resto: 10 · I _n
Corriente condicional asignada de cortocircuito I _{nc} (kA)	10
Corriente condicional diferencial asignada de cortocircuito I _{Δc} (kA)	10
Norma de fabricación	UNE EN 61008, EN 61008, CEI 1008
Potencia disipada (W) en función del calibre	calibre 25 A: 1,3 W calibre 40 A: 3,2 W calibre 63 A: 3,2 W calibre 80 A: 6 W calibre 100 A: 9 W
Índice de protección	IP20 en el borne/IP40 en la cara frontal
Clase de aislamiento	II en cofret o con cubre-bornes
Auxiliares	OFS + gama estándar C60
Tensión asignada de aislamiento U _i (V)	500 V CA
Tensión asignada de empleo U _e (V)	230/415 V CA
Tensiones límite de funcionamiento del botón de test (V CA) ⁽²⁾	2 y 4 polos: 176 a 264 V CA
Tolerancia de la tensión de alimentación	-20 % +10 %
Frecuencia de utilización nominal	50/60 Hz

Protección contra los disparos intempestivos, compatibilidad electromagnética (CEM)

Resistencia a la onda de corriente de choque tipo 8/20 μs	250 A para instantáneos, según CEI 1008 3 kA para tipo S, según CEI 1008
Resistencia a la corriente de conexión oscilatoria amortiguada tipo 0,5 μs/100 kHz	200 A, según CEI 1008
Resistencia a la corriente tipo de arranque directo de un motor	6 I _n , según CEI 1008

Protección contra otras perturbaciones, compatibilidad electromagnética (CEM)

Protección contra las sobrecargas de alimentación	especificación Merlin Gerin: 230/415 V CA -20 % + 10 %
Resistencia dieléctrica	CEI 1008
Resistencia de aislamiento	CEI 1008/1000-8/1000-9
Tensión de choque	según CEI 1000-4-5 y CEI 1543 modo diferencial: 4 kV cresta modo común: 5 kV cresta
Campos magnéticos: Inmunidad a las perturbaciones conducidas de altas frecuencias	según CEI 1000-4-6 y CEI 1543
Inmunidad a las perturbaciones de altas frecuencias radiadas	según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
Transitorios rápidos en ráfagas	según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
Campos electrostáticos	según CEI 1000-4-2/1543 aplicación directa: 8 kV / aplicación indirecta: 6 kV

⁽¹⁾ Características correspondientes a los modelos clase AC que admiten auxiliares.

⁽²⁾ Tensiones límite aplicables entre fase y neutro (borne izquierdo).

protección diferencial BT



ID clase A

2 y 4
25, 40, 63
30, 300
calibres \leq 63 A: 630 A; resto: $10 \cdot I_n$
calibres \leq 63 A: 630 A; resto: $10 \cdot I_n$
10
10
UNE EN 61008, EN 61008, CEI 1008
calibre 25 A: 1,3 W
calibre 40 A: 3,2 W
calibre 63 A: 3,2 W

IP20 en el borne/IP40 en la cara frontal
II en cofret o con cubre-bornes
OFS + gama estándar C60
500 V CA
230/415 V CA
2 y 4 polos: 176 a 264 V CA
-20 % +10 %
50/60 Hz

250 A para instantáneos, según CEI 1008
3 kA para tipo S, según CEI 1008
200 A, según CEI 1008
6 I_n , según CEI 1008

especificación Merlin Gerin:
230/415 V CA -20 % + 10 %
CEI 1008
CEI 1008/1000-8/1000-9
según CEI 1000-4-5 y CEI 1543
modo diferencial: 4 kV cresta
modo común: 5 kV cresta
según CEI 1000-4-6 y CEI 1543

según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
según CEI 1000-4-2/1543
aplicación directa: 8 kV /
aplicación indirecta: 6 kV

ID clase A superinmunizado "si"

2 y 4
25, 40, 63, 80, 100
30, 300 
calibres \leq 63 A: 630 A; resto: $10 \cdot I_n$
calibres \leq 63 A: 630 A; resto: $10 \cdot I_n$
10
10
UNE EN 61008, EN 61008, CEI 1008
calibre 25 A: 1,3 W
calibre 40 A: 3,2 W
calibre 63 A: 3,2 W
calibre 80 A: 6 W
calibre 100 A: 9 W

IP20 en el borne/IP40 en la cara frontal
II en cofret o con cubre-bornes
OFS + gama estándar C60
500 V CA
230/415 V CA
2 y 4 polos: 176 a 264 V CA
-20 % + 10 %
50/60 Hz

3 kA para instantáneos, según CEI 1008
5 kA para tipo S, según CEI 1008
>200 A, según CEI 1008

10 I_n , según CEI 1008

especificación Merlin Gerin:
230/415 V CA -20 % + 10 %
CEI 1008

CEI 1008/1000-8/1000-9
según CEI 1000-4-5 y CEI 1543
modo diferencial: 4 kV cresta
modo común: 5 kV cresta
según CEI 1000-4-6 y CEI 1543

según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
según CEI 1000-4-2/1543
aplicación directa: 8 kV /
aplicación indirecta: 6 kV

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas

Interruptor diferencial ID multi 9

Características mecánicas	ID
Tipo de bornes	de caja o mordaza, con estrías, con lengüeta antierror que no permite introducir cable con el borne apretado
Tipo de tornillo	Pozidriv (plano-estrella) Destornillador plano de 6,5 mm o PZ n.º 2
Par de apriete máximo	3,5 Nm
Diámetro del acceso a los tornillos	8 mm
Capacidad de los bornes	cable flexible hasta 35 mm ² cable rígido hasta 50 mm ²
Modo de fijación	sobre perfil DIN 35 mm sobre cuadro con 2 tornillos
Resistencia al arranque del carril	100 N
Autoextinguibilidad	960 °C, 30 s sobre partes aislantes conectadas a tensión según CEI 695-2-1. 650 °C, 30 s sobre partes aislantes no conectadas a tensión según CEI 695-2-1.
Resistencia mecánica	choques: 15 g según CEI 68.2.27 sacudidas: 3 g según CEI 68.2.6
Endurancia mecánica (n.º de maniobras)	en vacío: 20000 ciclos CEI 1008 en carga: 10000 ciclos según CEI 1008 con $I_n \times 0,9$ por accionamiento del botón de test: 20000 ciclos según CEI 1008 por corriente de defecto: 20000 ciclos según CEI 1008
Peso (g)	2 polos: 210 4 polos: 430

Resistencia al entorno

Temperatura de utilización	clase AC: -5 °C a +60 °C clase A y Asi: -25 °C a +40 °C
Temperatura de almacenaje	-40 °C a +80 °C
Calor húmedo	según CEI 1008
Tropicalización	ejecución 2 (95 % de humedad relativa a 55 °C según CEI 68.2.30)
Influencia de la altitud	según CEI 1008

Decalaje por temperatura de ID

El dispositivo de protección térmica contra sobrecargas (interruptor magnetotérmico), situado aguas arriba del interruptor diferencial debe tener en cuenta los valores de calibre del ID indicados en la tabla siguiente. Aquí se puede ver cómo varía la corriente máxima admisible por un interruptor diferencial en función de la temperatura ambiente en que éste funciona.

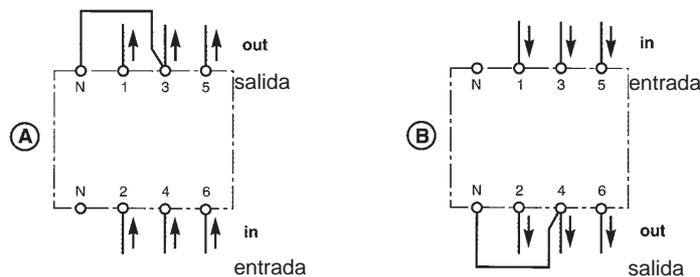
calibre (A)	25 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
25	32	30	25	23	20
40	46	44	40	36	32
63	75	70	63	56	50
80	95	90	80	72	65
100	123	120	117	105	90

Utilización de ID en redes trifásicas sin neutro

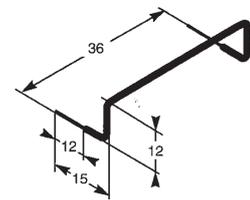
Para mantener el correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales en todos sus aspectos, cuando se utilizan en redes trifásicas sin neutro deben tenerse en cuenta los conexionados siguientes. Si no se siguen exactamente estos

conexionados se tendrá inactivo el botón de test, que es una parte fundamental para asegurar el correcto mantenimiento del ID. El botón de test del ID debe pulsarse al menos una vez al mes, para asegurar un correcto funcionamiento del aparato cuando tenga que disparar ante una corriente de fuga real. Por norma (UNE EN 61008) es obligatorio que funcione el botón de test.

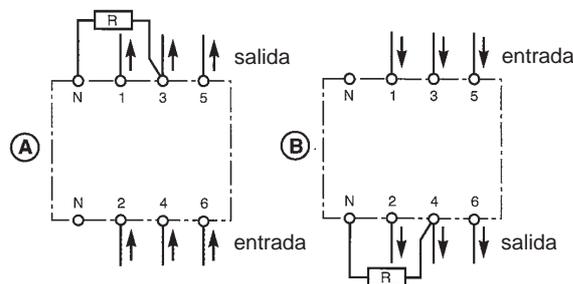
Caso 1: red sin neutro con 220 a 240 V CA entre fases.



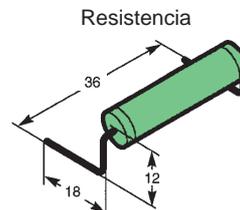
Cable aislado de cobre de 1,5 a 2,5 mm².



Caso 2: red sin neutro con 380 a 415 V CA entre fases.



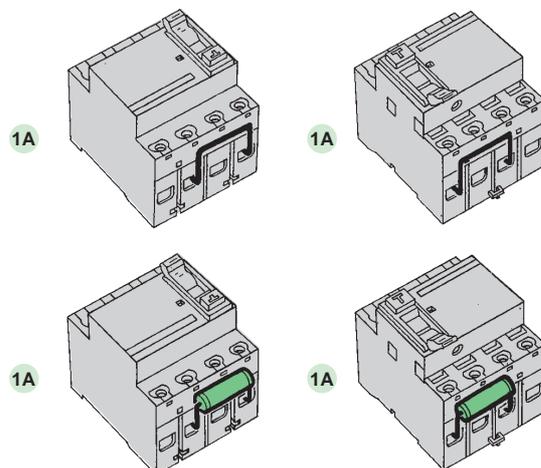
Valores de la resistencia R a utilizar, con potencia de 4 W a 380 V CA.



I Δ n (mA)	R (Ω)
30	2400
300	270
300	320

Si no se utiliza la resistencia aquí indicada, a la salida del diferencial, sino solamente un puente con cable, corremos el riesgo de destruir la resistencia de test interna del diferencial a corto plazo y además, al pulsar el botón de test, circulará una corriente de defecto superior a la admitida por la norma.

Esquemas de conexión



7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.3 Interruptores automáticos magnetotérmicos diferenciales DPN Vigi multi 9

Funciones y descripción

El interruptor automático magnetotérmico diferencial monobloque DPN Vigi **multi 9**, para instalar en cuadros eléctricos sobre carril DIN, efectúa la protección completa de los circuitos de distribución terminal (sobreintensidades, cortocircuitos y defectos de aislamiento), con una anchura de tan sólo 36 mm. Ofrecen protección de personas contra los contactos indirectos y complementaria contra contactos directos (30 mA), así como protección de las instalaciones contra el riesgo de incendio (300 mA). La versión 30 mA es selectiva con los dispositivos diferenciales selectivos ID o Vigi 300 mA situados aguas arriba. Son productos conformes a la norma UNE EN 61009.

Su aplicación principal se presenta cuando se precise de protección magnetotérmica y diferencial en un espacio muy reducido. Existen dos tipos de DPN Vigi:

■ DPNa Vigi Clase AC [Ⓢ]

Los DPNa Vigi Clase AC están especialmente concebidos para dar respuesta a la mayoría de instalaciones eléctricas. La gama comprende los calibres de 6 A hasta 40 A, con protección

magnetotérmica curva C, 4500 A de poder de corte, y sensibilidades de 30 y 300 mA instantáneos. Posee una sola maneta y no admite auxiliares. Presenta inmunización básica contra los disparos intempestivos debidos a las sobretensiones transitorias (rayos, maniobras en la red, etc...).

■ DPN N Vigi Clase A superinmunizado "si"

Esta gama es superinmunizada por lo que está particularmente adaptada para asegurar la óptima protección y continuidad de servicio en instalaciones que presenten:

■ riesgo de disparos intempestivos de los diferenciales convencionales provocados por rayos, iluminación fluorescente, maniobras bruscas de la red, etc.

■ riesgo de no disparo de los diferenciales convencionales en presencia de defecto por bloqueo o cegado debido a:

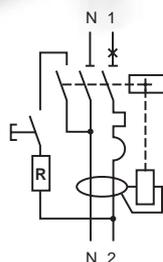
- presencia de altas frecuencias en la red,
- presencia de componentes continuas (diodos, tiristores, triacs, etc.),
- bajas temperaturas.

El modelo DPN N Vigi "si" dispone de dos manetas: la negra principal y una blanca. Si dispara por defecto magnetotérmico sólo desciende la negra y si lo hace por defecto diferencial bajan las 2. El rearme de la maneta negra arrastra a la blanca. Este modelo permite acoplar los mismos auxiliares eléctricos que las gamas C60 e ID, y diversos accesorios de identificación y enclavamiento.

Tabla resumen de la gama disponible de DPN Vigi multi 9

n.º de polos	ancho en pasos de 9 mm	sensibilidad (mA)	calibre (A)	Referencia	
				DPNa Vigi - Clase AC [Ⓢ]	DPN N Vigi - Clase A "si"
unipolar + neutro	4	30	6	19621	19631
		30	10	19623	19632
		30	16	19625	19634
		30	20	19626	19635
		30	25	19627	19636
		30	32	19628	19637
		30	40	19629	19638
		300	6	19430	19641
		300	10	19431	19642
		300	16	19432	19644
		300	20	19433	19645
		300	25	19434	19646
		300	32	19435	19647
		300	40	19436	19648

[Ⓢ] novedad



Características técnicas



Interruptores automáticos magnetotérmicos diferenciales DPN Vigi multi 9

Características eléctricas	DPNa Vigi clase AC	DPN N Vigi clase A "si"
N.º polos	1P + N	1P + N
Calibres I _n (A)	6 a 40	6 a 40
Sensibilidad diferencial I _{Δn} (mA)	30, 300	30, 300
Poder de corte I _{cn} = I _{Δm} (kA)	4,5	6
Normativa aplicable	UNE EN 61009 / EN 61009 / CEI 1009	UNE EN 61009 / EN 61009 / CEI 1009
Curva	C	C
Índice de protección	IP20 en bornes / IP40 en cara frontal	IP20 en bornes / IP40 en cara frontal
Clase de aislamiento	II en cofret o cubre-bornes	II en cofret o cubre-bornes
Auxiliares	no admite	gama estándar C60
Tensión asignada de aislamiento U _i (V)	440 V CA	440 V CA
Tensión asignada de empleo U _e (V)	230 V CA	230/400 V CA
Tensión de test U (V)	102 a 255 V	102 a 255 V
Tolerancia de la tensión de alimentación	-20 % +10 %	-20 % +10 %
Frecuencia de utilización nominal	50/60 Hz	50/60 Hz
Protección contra los disparos intempestivos, compatibilidad electromagnética (CEM)		
Resistencia a la onda de corriente de choque tipo 8/20 μs, según CEI 1009	250 A	3 kA
Corriente de conexión oscilatoria amortiguada tipo 0,5 μs / 100 kHz, según CEI 1009	200 A	>200 A
Resistencia a la corriente tipo de arranque directo de un motor, según CEI 1009	6 I _n	10 I _n
Protección contra otras perturbaciones, compatibilidad electromagnética (CEM)		
Protección contra las sobrecargas de alimentación	especificación Merlin Gerin: 230 V CA -20 % + 10 %	especificación Merlin Gerin: 230 V CA -20 % + 10 %
Resistencia dieléctrica	CEI 1009	CEI 1009
Resistencia de aislamiento	CEI 1009/1000-8/1000-9	CEI 1009/1000-8/1000-9
Tensión de choque U _{imp} . (kV)	4	4
Campos magnéticos: Inmunidad a las perturbaciones conducidas de altas frecuencias	según CEI 1000-4-6 y CEI 1543	según CEI 1000-4-6 y CEI 1543
Inmunidad a las perturbaciones de altas frecuencias radiadas	según CEI 1000-4-3 y CEI 1543	según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
Transitorios rápidos en ráfagas	según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta	según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
Campos electrostáticos	según CEI 1000-4-2/1543 aplicación directa: 8 kV / aplicación indirecta: 6 kV	según CEI 1000-4-2/1543 aplicación directa: 8 kV / aplicación indirecta: 6 kV
Características mecánicas y resistencia al entorno		
Tipo de bornes	de caja con lengüeta antierror	
Par de apriete máximo	2 Nm - tornillo mixto plano-estrella	
Capacidad de los bornes	cable rígido hasta 16 mm ²	
Autoextinguibilidad (según CEI 695-2-1)	960 °C partes aislantes con tensión 650 °C partes aislantes sin tensión	
Endurancia mecánica	en carga: ≥ 10.000 ciclos, según calibre	
Peso (g)	190	
Temperatura de utilización	-5 °C a +60 °C	-25 °C a +60 °C

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.4 Bloques diferenciales adaptables Vigi C60 multi 9

Funciones y descripción

Los bloques diferenciales adaptables Vigi C60 **multi 9**, para instalar en cuadros eléctricos sobre carril DIN, añaden la función de protección diferencial contra defectos de aislamiento a los interruptores automáticos magnetotérmicos C60. Están concebidos como auxiliares de los automáticos C60 de 2, 3 y 4 polos, por lo cual los bloques Vigi no poseen ningún dispositivo de corte propio, sino que, en presencia de una corriente diferencial residual, el bloque Vigi C60 actúa sobre el mecanismo de apertura del dispositivo de corte magnetotérmico al cual va asociado, el C60.

La asociación del bloque Vigi C60 al automático C60 se efectúa mediante un sencillo clip rotativo incorporado en su parte inferior. Se ofrecen tres versiones: hasta 25 A, 40 A y 63 A, presentan también protección contra sobrecargas y cortocircuitos ya que van asociados a un magnetotérmico, son aparatos de muy fácil instalación ya que no precisan cableado. Sea cual sea el tipo de circuitos y receptores a proteger, incluso los más complejos, podemos encontrar una solución adecuada dentro de las tres gamas de Vigi C60 **multi 9** de **Merlin Gerin**:

■ Bloque Vigi C60 Clase AC

Esta clase de protección asegura la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Esta clase responde satisfactoriamente en la mayoría de las instalaciones existentes, con predominio de receptores resistivos que no puedan alterar significativamente el tipo de señal de defecto alterna senoidal, o bien electrónicos que incorporen fuente de alimentación con aislamiento galvánico completo del resto de instalación.

Son productos conformes a la norma UNE EN 61009. Incluye modelos de 3 calibres: 25, 40 y 63 A, instantáneos o selectivos en 30, 300 o 1000 mA. Admiten auxiliares eléctricos y accesorios diversos. Presentan inmunidad básica contra disparos intempestivos: hasta 250 A cresta

para los instantáneos y 3 kA cresta para los selectivos, según onda de corriente tipo 8/20 μ s. Además poseen rearme simultáneo o independiente del automático a través de una maneta propia (blanca) independiente de la del interruptor automático magnetotérmico C60, posee también un indicador mecánico rojo de defecto diferencial, incorpora botón de test y la conexión por bornes de caja es para cables flexibles de hasta 25 mm² o rígidos de hasta 35 mm².

■ Bloque Vigi C60 Clase A

Éstos aseguran la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales y corrientes rectificadas con o sin componente continua, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Están especialmente concebidos para la protección de circuitos con receptores electrónicos que incorporen rectificación de la señal senoidal. El resto de características que presentan los Vigi C60 Clase A son idénticas a los de Clase AC, excepto que los Clase A se ofrecen sólo en sensibilidades de 30 y 300 mA.

■ Bloque Vigi C60 Clase A “si”

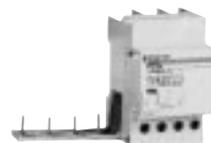
Esta versión superinmunizada del bloque Vigi C60 es una evolución muy importante de la versión Clase A estándar anterior. Responde satisfactoriamente en aplicaciones en las que pueda existir riesgo de disparos intempestivos de los diferenciales convencionales clase AC o clase A estándar, provocados por rayos, líneas con muchos receptores electrónicos acumulados, iluminación fluorescente controlada electrónicamente, maniobras bruscas de la red, etc. Además evitan el riesgo de no disparo de los diferenciales convencionales por bloqueo o cegado debido a la presencia de altas frecuencias en la red, presencia de componentes continuas y bajas temperaturas.



Bloque Vigi C60 2 polos.



Bloque Vigi C60 3 polos.

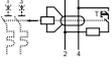
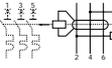
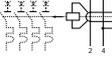
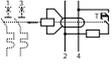
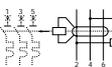
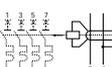


Bloque Vigi C60 4 polos.

Montaje del bloque diferencial Vigi C60

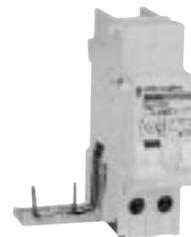


Tabla resumen de la gama disponible de Bloques Vigi C60 multi 9

n.º de polos	sensibilidad (mA)	calibre (A)	Referencias		
			Vigi C60 - Clase AC 	Vigi C60 - Clase A 	Vigi C60 "si" - Clase A superinmunizado 
Instantáneos					
2 polos 	10	≦ 25	26508	–	–
	30	≦ 25	26509	26743	26747
	30	≦ 40	26537	–	26761
	30	≦ 63	26611	26773	26774
	300	≦ 25	26511	26745	–
	300	≦ 40	26539	–	–
	300	≦ 63	26613	26775	–
3 polos 	30	≦ 25	26518	26750	26751
	30	≦ 40	26540	–	26764
	30	≦ 63	26620	26784	26789
	300	≦ 25	26522	26752	–
	300	≦ 40	26542	–	–
	300	≦ 63	26622	26790	–
4 polos 	30	≦ 25	26531	26757	26756
	30	≦ 40	26543	–	26767
	30	≦ 63	26643	26798	26799
	300	≦ 25	26533	26759	–
	300	≦ 40	26545	–	–
	300	≦ 63	26645	26800	–
Selectivos 					
2 polos 	30	≦ 25	–	–	–
	30	≦ 63	–	–	–
	300	≦ 25	–	–	–
	300	≦ 63	26616	26778	26779
	1000	≦ 63	26618	–	–
3 polos 	30	≦ 25	–	–	–
	30	≦ 63	–	–	–
	300	≦ 25	–	–	–
	300	≦ 63	26631	26793	26794
	1000	≦ 63	26636	–	–
4 polos 	30	≦ 25	–	–	–
	30	≦ 63	–	–	–
	300	≦ 25	–	–	–
	300	≦ 63	26648	26803	26804
	1000	≦ 63	26650	–	–

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas



Bloques diferenciales Vigi C60 multi 9

Características eléctricas	Vigi clase AC
N.º polos	2, 3 y 4
Calibres I _n (A)	≤ 25, ≤ 40, ≤ 63
Sensibilidad diferencial I _{Δn} (mA)	10, 30, 300, 300 [S], 1000 [S]
Poder de corte I _{cn} = I _{Δm} (kA)	Idéntico al poder de corte del automático al cual va asociado
Norma de fabricación	UNE EN 61009/EN 61009/CEI 1009
Tensiones límite de funcionamiento del botón de test (V)	2p: 195 a 456; 3 y 4p: 112 a 456
Índice de protección	IP20 en bornes/IP40 en la cara frontal
Clase de aislamiento	II en cofret o con cubre-bornes
Auxiliares	gama estándar C60
Tensión asignada de aislamiento U _i (V)	500 V CA
Tensión asignada de empleo U _e (V)	230/415 V CA
Tolerancia de la tensión de alimentación	-20 % / +10 %
Frecuencia de utilización nominal	50/60 Hz
Protección contra los disparos intempestivos, compatibilidad electromagnética (CEM)	
Resistencia a la onda de corriente de choque tipo 8/20 μs	250 A para instantáneos, según CEI 1009 3 kA para tipo S, según CEI 1009
Resistencia a la corriente de conexión oscilatoria amortiguada tipo 0,5 ms/100 kHz	200 A, según CEI 1009
Resistencia a la corriente tipo de arranque directo de un motor	6 I _n , según CEI 1009
Protección contra otras perturbaciones, compatibilidad electromagnética (CEM)	
Protección contra las sobrecargas de alimentación	especificación Merlin Gerin: 230/415 V CA -20 % + 10 %
Resistencia dieléctrica	CEI 1009
Resistencia de aislamiento	CEI 1009/1000-8/1000-9
Tensión de choque	según CEI 1000-4-5 y CEI 1543 modo diferencial: 4 kV cresta modo común: 5 kV cresta
Campos magnéticos:	según CEI 1000-4-6 y CEI 1543
Inmunidad a las perturbaciones conducidas de altas frecuencias	
Inmunidad a las perturbaciones de altas frecuencias radiadas	según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
Transitorios rápidos en ráfagas	según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
Campos electrostáticos	según CEI 1000-4-2/1543 aplicación directa: 8 kV / aplicación indirecta: 6 kV

protección diferencial BT



Vigi clase A

2, 3 y 4
≤ 25, ≤ 63
30, 300, 300 [S]
Idéntico al poder de corte del automático al cual va asociado
UNE EN 61009/EN61009/CEI 1009
2p: 195 a 456;
3 y 4p: 112 a 456
IP20 en bornes/IP40 en la cara frontal
II en cofret o con cubre-bornes
gama estándar C60
500 V CA
230/415 V CA
-20 % / +10 %
50/60 Hz

Vigi clase A superinmunizado "si"

2, 3 y 4
≤ 25, ≤ 40, ≤ 63
30, 300 [S]
Idéntico al poder de corte del automático al cual va asociado
UNE EN 61009/EN61009/CEI 1009
2p: 195 a 456;
3 y 4p: 112 a 456
IP20 en bornes/IP40 en la cara frontal
II en cofret o con cubre-bornes
gama estándar C60
500 V CA
230/415 V CA
-20 % / +10 %
50/60 Hz

250 A para instantáneos, según CEI 1009
3 kA para tipo S, según CEI 1009
200 A, según CEI 1009

6 In, según CEI 1009

3 kA para instantáneos, según CEI 1009
5 kA para tipo S, según CEI 1009
> 200 A, según CEI 1009

10 In, según CEI 1009

especificación Merlin Gerin:
230/415 V CA -20 % + 10 %

CEI 1009

CEI 1009/1000-8/1000-9

según CEI 1000-4-5 y CEI 1543

modo diferencial: 4 kV cresta

modo común: 5 kV cresta

según CEI 1000-4-6 y CEI 1543

según CEI 1000-4-3 y CEI 1543

según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta

según CEI 1000-4-2/1543

aplicación directa: 8 kV /

aplicación indirecta: 6 kV

especificación Merlin Gerin:
230/415 V CA -20 % + 10 %

CEI 1009

CEI 1009/1000-8/1000-9

según CEI 1000-4-5 y CEI 1543

modo diferencial: 4 kV cresta

modo común: 5 kV cresta

según CEI 1000-4-6 y CEI 1543

según CEI 1000-4-3 y CEI 1543

según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta

según CEI 1000-4-2/1543

aplicación directa: 8 kV /

aplicación indirecta: 6 kV

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas

Bloques diferenciales Vigi C60 multi 9

Características mecánicas	Vigi C60	
Tipo de bornes	de caja o mordaza con estrías, con lengüeta antierror que permite introducir cable con el borne apretado	
Par de apriete máximo	3,5 Nm; excepto calibre ≤ 25 A : 2 Nm	
Diámetro de acceso a los tornillos	8 mm	
Capacidad de los bornes	calibres ≤ 25 A: cable rígido hasta 25 mm ² calibres > 25 A: cable rígido hasta 35 mm ²	
Modo de fijación	sobre perfil DIN 35 mm sobre cuadro con 2 tornillos	
Resistencia al arranque del carril	100 N	
Autoextinguibilidad	960 °C, 30 s sobre partes aislantes conectadas a tensión según CEI 695-2-1. 650 °C, 30 s sobre partes aislantes no conectadas a tensión según CEI 695-2-1.	
Resistencia mecánica	choques: 15 g según CEI 68.2.27 sacudidas: 3 g según CEI 68.2.6	
Endurancia mecánica (n.º de maniobras)	en vacío: 20000 ciclos CEI 1009 en carga: 10000 ciclos según CEI 1009 con $I_n \times 0,9$ por accionamiento del botón de test: 20000 ciclos según CEI 1009 por corriente de defecto: 20000 ciclos según CEI 1009	
Peso de C60 + bloque Vigi C60 (g)	≤ 25 A	≤ 40 A y ≤ 63 A
2 polos	220 + 120	220 + 150
3 polos	340 + 180	340 + 210
4 polos	450 + 190	450 + 220

Resistencia al entorno

Temperatura de utilización	clase AC: -5 °C a $+60$ °C clase A y Asi: -25 °C a $+60$ °C
Temperatura de almacenaje	-40 °C a $+80$ °C
Calor húmedo	según CEI 1008
Tropicalización	ejecución 2 (95 % de humedad relativa a 55 °C según CEI 68.2.30)
Influencia de la altitud	según CEI 1009

7.5 Bloques diferenciales adaptables Vigi NC100/NC125 multi 9^(*)

Funciones y descripción

Los bloques diferenciales adaptables Vigi NC100/NC125 **multi 9** para instalar en cuadros eléctricos sobre carril DIN, añaden la función de protección diferencial contra defectos de aislamiento a los interruptores automáticos magnetotérmicos NC100 y NC125H. Están concebidos como auxiliares de estos automáticos de 2, 3 y 4 polos, por lo cual los bloques Vigi no poseen ningún dispositivo de corte propio, sino que, en presencia de una corriente diferencial residual, el bloque Vigi NC100/NC125 actúa

sobre el mecanismo de apertura del dispositivo de corte magnetotérmico al cual va asociado.

Son productos conformes a la norma UNE EN 60947.2, anexo B.

Admiten auxiliares eléctricos y accesorios diversos. Además poseen rearme simultáneo con el automático, indicador mecánico rojo de disparo, incorporan botón de test de funcionamiento y la posibilidad de disparos remotos a través del dispositivo MOD integrado en el Vigi < 100 A y externo para Vigi NC100 < 63 A.

Sea cual sea el tipo de circuitos y receptores a proteger, incluso los más complejos, podemos encontrar una solución adecuada dentro de las dos gamas de Vigi NC100/NC125 **multi 9** de **Merlin Gerin**:

protección diferencial BT

■ Bloque Vigi NC100 Clase AC

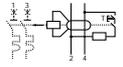
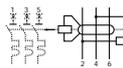
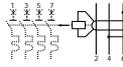
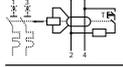
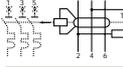
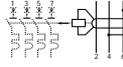
Esta clase de protección asegura la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Esta clase responde satisfactoriamente en la mayoría de las instalaciones existentes, con predominio de receptores resistivos que no puedan alterar significativamente el tipo de señal de defecto alterna senoidal, o bien electrónicos que incorporen fuente de alimentación con aislamiento galvánico completo del resto de instalación. Incluye diversos modelos de dos calibres de 63 y 100 A, instantáneos en 30 y 300 mA, y selectivos de 300 y 1000 mA. Se pueden montar con magnetotérmicos NC100 de 10 a 100 A.

■ Bloque Vigi NC100/NC125 Clase A

Estos aseguran la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales y corrientes rectificadas con o sin componente continua, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Están especialmente concebidos para la protección de circuitos con receptores electrónicos que incorporen rectificación de la señal senoidal.

Una característica fundamental que presentan los Vigi NC100/NC125 Clase A es que incorporan un transformador toroidal separado y pueden montarse con magnetotérmicos NC100 de 10 a 100 A y NC125H de 125 A de 3 y 4 polos.

Tabla resumen de la gama disponible de Bloques Vigi NC100/NC125 multi 9

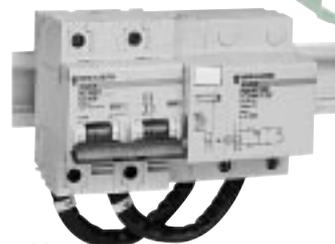
n.º de polos	sensibilidad (mA)	calibre (A)	Referencias	
			Vigi NC100 - Clase AC(*)	Vigi NC100/NC125 - Clase A Toro separado(*)
Instantáneos				
2 polos 	30	63	27789	–
	30	100	27818	–
	300	63	27791	–
	300	100	27820	–
3 polos 	30	63	27797	–
	30	100	27826	–
	300	63	27799	27784
	300	100	27828	27784
4 polos 	30	63	27805	–
	30	100	27835	–
	300	63	27807	27784
	300	100	27837	27784
Selectivos 				
2 polos 	300	100	27823	–
	1000	100	27825	–
3 polos 	300	100	27831	27785
	1000	100	27833	–
4 polos 	300	63	27810	27785
	300	100	27840	27785
	1000	100	27842	–
Regulables⁽¹⁾				
3 y 4 polos	30 mA a 3 A	125	–	27786

(1) Para la versión regulable la posición de 0,03 A es instantáneo. Para las posiciones de 0,3, 1 y 3 A, el retardo puede ser instantáneo o selectivo.

(*) Consultar disponibilidad.

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas



Bloques diferenciales Vigi NC100/NC125 multi 9^(*)

Características eléctricas	Vigi clase AC (sólo para NC100)
N.º polos	2, 3 y 4
Calibres I _n (A)	≤ 63 A, ≤ 100 A
Sensibilidad diferencial I _{Δn} (mA)	30, 300, 300 [S] y 1000 [S]
Poder de corte I _{cn} = I _{Δm} (kA)	Idéntico al del automático al cual va asociado
Norma de fabricación	UNE EN 60947-2, anexo B; CEI 947-2, anexo B
Temperatura de utilización (°C)	-5 / +60
Tensiones límite de funcionamiento del botón de test (V)	2p: 190 a 456; 3, 4p: 109 a 456
Índice de protección	IP20
Clase de protección	II en cofre o con cobre-bornes
Auxiliares	gama NC100
Tensión asignada de aislamiento U _i (V)	500 V CA
Tensión asignada de empleo U _e (V)	230/415 VCA
Tolerancia de la tensión de alimentación	-20 % / +10 %
Frecuencia de utilización nominal	50/60 Hz
Protección contra los disparos intempestivos, compatibilidad electromagnética (CEM)	
Resistencia a la onda de corriente de choque tipo 8/20 μs	250 A para instantáneos, según CEI 947-2 3 kA para selectivos, según CEI 947-2
Corriente de conexión oscilatoria amortiguada tipo 0,5 μs/100 kHz	200 A, según CEI 947-2, anexo B
Resistencia a la corriente tipo de arranque directo de un motor	6 I _n , según CEI 947-2, anexo B
Protección contra otras perturbaciones, compatibilidad electromagnética (CEM)	
Protección contra las sobrecargas de alimentación	especificación Merlin Gerin: 230/415 V CA -20 % + 10 %
Resistencia dieléctrica	CEI 947-2, anexo B
Resistencia de aislamiento	CEI 947-2/1000-8/1000-9
Tensión de choque	según CEI 1000-4-5 modo diferencial: 4 kV cresta modo común: 5 kV cresta
Campos magnéticos: Inmunidad a las perturbaciones conducidas de altas frecuencias	según CEI 1000-4-6
Inmunidad a las perturbaciones de altas frecuencias radiadas	según IEC 1000-4-3
Transitorios rápidos en ráfagas	según CEI 1000-4-4, 4 kV cresta
Campos electrostáticos	según CEI 1000-4-2 aplicación directa: 8 kV / aplicación indirecta: 6 kV
Características mecánicas y resistencia al entorno (comunes)	
Tipo de bornes	de caja con lengüeta antierror
Par de apriete máximo	3,5 Nm
Capacidad de los bornes ⁽¹⁾	cable flexible hasta 35 mm ² y rígido hasta 50 mm ²
Autoextinguibilidad (según CEI 695-2-1)	960° C partes aislantes con tensión 650° C partes aislantes sin tensión
Peso	2p: 420 g; 3p: 560 g; 4p: 720 g versión con toro separado: 500 g

(¹) Los valores indicados son para calibres ≤ 100 A y ≤ 125 A; para el calibre ≤ 63 A: cable flexible hasta 25 mm² y cable rígido hasta 35 mm².

(*) Consultar disponibilidad.



Vigi clase A - toro separado (para NC100 y NC125)

3 y 4

≤ 125 A

30, 300, 300 [S], 1000, 1000 [S], 3000, 3000 [S]

Idéntico al poder de corte del automático al cual va asociado

UNE EN 60947-2, anexo B; CEI 947-2, anexo B

-25 / +60

2p: 190 a 456; 3, 4p: 109 a 456

IP20 en bornes / IP40 en cara frontal

II en cofret o con cubre-bornes

gama NC100

500 V CA

230/415 V CA

-20 % +10 %

50/60 Hz

250 A para instantáneos, según CEI 947-2

3 kA para selectivos, según CEI 947-2

200 A, según CEI 947-2, anexo B

6 In, según CEI 947-2, anexo B

especificación Merlin Gerin:

230/415 V CA -20 % + 10 %

CEI 947-2, anexo B

CEI 947-2/1000-8/1000-9

según CEI 1000-4-5

modo diferencial: 4 kV cresta

modo común: 5 kV cresta

según CEI 1000-4-6

según IEC 1000-4-3

según CEI 1000-4-4, 4 kV cresta

según CEI 1000-4-2

aplicación directa: 8 kV /

aplicación indirecta: 6 kV

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.6 Bloques diferenciales ⁿ adaptables Vigi C120 multi 9

Funciones y descripción

Los bloques diferenciales adaptables Vigi C120 **multi 9**, para instalar en cuadros eléctricos sobre carril DIN, añaden la función de protección diferencial contra defectos de aislamiento a los interruptores automáticos magnetotérmicos C120. Están concebidos como auxiliares de los automáticos C120 de 2, 3 y 4 polos, por lo cual no poseen ningún dispositivo de corte propio, sino que, en presencia de una corriente diferencial residual, el bloque Vigi C120 actúa sobre el mecanismo de apertura del dispositivo de corte magnetotérmico al cual va asociado, el C120.

La asociación del bloque Vigi C120 al automático C120 se efectúa sin ningún tipo de tornillería, mediante un sencillo clip rotativo incorporado en su parte inferior. El Vigi C120 posee cables rígidos para la conexión eléctrica directa con el magnetotérmico C120 y se sirve con un cubreborno para poder aislar la conexión efectuada. Son productos conformes a la norma UNE EN 61009 y se ofrecen en un sólo calibre de 125 A adaptable a todos los calibres de la gama de interruptores automáticos C120 de 10 a 125 A. Su concepción es muy similar al bloque Vigi C60 **multi 9**, ofreciéndose también en tres versiones para poder adaptarse a todo tipo de instalaciones:

■ Bloque Vigi C120 Clase AC

Esta clase de protección asegura la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Esta clase responde satisfactoriamente en la mayoría de las instalaciones existentes, con predominio de receptores resistivos que no puedan alterar significativamente el tipo de señal de defecto alterna senoidal, o bien electrónicos que incorporen fuente de alimentación con aislamiento galvánico completo del resto de instalación. Se ofrecen las sensibilidades de 30, 300, 500 y 1000 mA, con versiones instantáneas y algunas selectivas.

Admiten los mismos auxiliares eléctricos de la gama C60 (ver apartado 7.8 de este capítulo). Presentan inmunidad básica contra disparos intempestivos: hasta 250 A cresta para los instantáneos y 3 kA cresta para los selectivos, según onda de corriente tipo 8/20 μ s.

Además permiten el rearme simultáneo o independiente del automático a través de una maneta propia blanca independiente de la del interruptor automático C120. Dicha maneta blanca posee además un indicador rojo que al descender la maneta señaliza que ha disparado la parte diferencial. Incorpora botón de test y la conexión por bornes de caja es para cables flexibles de hasta 35 mm² o rígidos de hasta 50 mm².

■ Bloque Vigi C120 Clase A

Esta versión asegura la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales y corrientes rectificadas con o sin componente continua, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Están especialmente concebidos para receptores electrónicos que incorporen rectificación de la señal senoidal. El resto de características son idénticas a los de clase AC.

■ Bloque Vigi C120 Clase A superinmunizado "si"

Esta versión supone una evolución importante de la clase A estándar anterior. Responde satisfactoriamente incluso en aplicaciones en las que puedan existir riesgo de disparos intempestivos de los diferenciales convencionales anteriores, provocados por rayos, maniobras en la red, etc. Además evitan también el riesgo de no disparo de los diferenciales convencionales por bloqueo debido a muy bajas temperaturas o a la presencia de altas frecuencias o componentes continuas en la red.



Bloque Vigi C120 2 polos.



Bloque Vigi C120 3 polos.



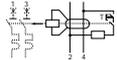
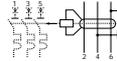
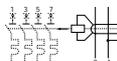
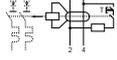
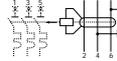
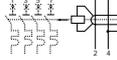
Bloque Vigi C120 4 polos.

ⁿ novedad

Montaje del bloque diferencial Vigi C120



Tabla resumen de la gama disponible de Bloques Vigi C120 multi 9

n.º de polos	sensibilidad (mA)	calibre (A)	Referencias		
			Vigi C120 - Clase AC 	Vigi C120 - Clase A 	Vigi C120 "si" - Clase A superinmunizado 
Instantáneos					
2 polos 	30	≦ 125	18563	18572	18591
	300	≦ 125	18564	18573	18592
	500	≦ 125	18565	18574	18593
3 polos 	30	≦ 125	18566	18575	18594
	300	≦ 125	18567	18576	18595
	500	≦ 125	18568	18577	18596
4 polos 	30	≦ 125	18569	18578	18597
	300	≦ 125	18570	18579	18598
	500	≦ 125	18571	18580	18599
Selectivos 					
2 polos 	300	≦ 125	18544	18581	18556
	500	≦ 125	—	18582	—
	1000	≦ 125	18545	18583	18557
3 polos 	300	≦ 125	18546	18584	18558
	500	≦ 125	—	18585	—
	1000	≦ 125	18547	18586	18559
4 polos 	300	≦ 125	18548	18587	18560
	500	≦ 125	—	18588	—
	1000	≦ 125	18549	18589	18561

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas



Bloques diferenciales Vigi C120 multi 9

Características eléctricas	Vigi clase AC
N.º polos	2, 3 y 4
Calibres I _n (A)	≤ 125 A
Sensibilidad diferencial I _{Δn} (mA)	30, 300, 300 [S], 500, 1000 [S]
Poder de corte I _{cn} = I _{Δm} (kA)	Idéntico al poder de corte del automático al cual va asociado
Norma de fabricación	UNE EN 61009/EN 61009/CEI 1009
Temperatura de utilización (°C)	-5 / +60
Tensiones límite de funcionamiento del botón de test (V)	2p: 195 a 456; 3 y 4p: 112 a 456
Índice de protección	IP20 en bornes/IP40 en la cara frontal
Clase de aislamiento	II en cofret o con cobre-bornes
Auxiliares	gama estándar C60 y C120
Tensión asignada de aislamiento U _i (V)	500 V CA
Tensión asignada de empleo U _e (V)	230/415 V CA
Tolerancia de la tensión de alimentación	-20 % / +10 %
Frecuencia de utilización nominal	50/60 Hz
Protección contra los disparos intempestivos, compatibilidad electromagnética (CEM)	
Resistencia a la onda de corriente de choque tipo 8/20 μs	250 A para instantáneos, según CEI 1009 3 kA para tipo S, según CEI 1009
Resistencia a la corriente de conexión oscilatoria amortiguada tipo 0,5 ms/100 kHz	200 A, según CEI 1009
Resistencia a la corriente de arranque directo de un motor	6 I _n , según CEI 1009
Protección contra otras perturbaciones, compatibilidad electromagnética (CEM)	
Protección contra las sobrecargas de alimentación	230/415 V CA -20 % + 10 %
Resistencia dieléctrica	CEI 1009
Resistencia de aislamiento	CEI 1009/1000-8/1000-9
Tensión de choque	según CEI 1000-4-5 y CEI 1543 modo diferencial: 4 kV cresta modo común: 5 kV cresta
Campos magnéticos: Inmunidad a las perturbaciones conducidas de altas frecuencias	según CEI 1000-4-6 y CEI 1543
Inmunidad a las perturbaciones de altas frecuencias radiadas	según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
Transitorios rápidos en ráfagas	según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
Campos electrostáticos	según CEI 1000-4-2/1543 aplicación directa: 8 kV / aplicación indirecta: 6 kV
Características mecánicas y resistencia al entorno (comunes)	
Tipo de bornes	de caja con lengüeta antierror aislada
Par de apriete máximo	3,5 Nm - tornillos mixto plano-estrella
Capacidad de los bornes	cable rígido: hasta 50 mm ² cable flexible: hasta 35 mm ²
Autoextinguibilidad (CEI 695-2-1)	960 °C partes aislantes con tensión 650 °C partes aislantes sin tensión
Peso (g)	2 polos 3 polos 4 polos 325 500 580

protección diferencial BT



Vigi clase A

2, 3 y 4
≤ 125 A
30, 300, 300 [S], 500, 500 [S], 1000 [S]
Idéntico al poder de corte del automático al cual va asociado
UNE EN 61009/EN61009/CEI 1009
-25 / +60
2p: 195 a 456; 3 y 4p: 112 a 456
IP20 en bornes/IP40 en la cara frontal
II en cofret o con cubre-bornes
gama estándar C60 y C120
500 V CA
230/415 V CA
-20 % / +10 %
50/60 Hz

Vigi clase A superimmunizado "si"

2, 3 y 4
≤ 125 A
30, 300, 300 [S], 500, 1000 [S]
Idéntico al poder de corte del automático al cual va asociado
UNE EN 61009/EN61009/CEI 1009
-25 / +60
2p: 195 a 456; 3 y 4p: 112 a 456
IP20 en bornes/IP40 en la cara frontal
II en cofret o con cubre-bornes
gama estándar C60 y C120
500 V CA
230/415 V CA
-20 % / +10 %
50/60 Hz

250 A para instantáneos, según CEI 1009
3 kA para tipo S, según CEI 1009
200 A, según CEI 1009
6 In, según CEI 1009

3 kA para instantáneos, según CEI 1009
5 kA para tipo S, según CEI 1009
> 200 A, según CEI 1009
10 In, según CEI 1009

230/415 V CA -20 % + 10 %
CEI 1009
CEI 1009/1000-8/1000-9
según CEI 1000-4-5 y CEI 1543
modo diferencial: 4 kV cresta
modo común: 5 kV cresta
según CEI 1000-4-6 y CEI 1543

230/415 V CA -20 % + 10 %
CEI 1009
CEI 1009/1000-8/1000-9
según CEI 1000-4-5 y CEI 1543
modo diferencial: 4 kV cresta
modo común: 5 kV cresta
según CEI 1000-4-6 y CEI 1543

según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
según CEI 1000-4-2/1543
aplicación directa: 8 kV /
aplicación indirecta: 6 kV

según CEI 1000-4-3 y CEI 1543
según CEI 1000-4-4/1543, 4 kV cresta
según CEI 1000-4-2/1543
aplicación directa: 8 kV /
aplicación indirecta: 6 kV

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.7 Bloques diferenciales adaptables Vigi NG125 multi 9

Funciones y descripción

Los bloques diferenciales Vigi NG125 **multi 9** añaden la función de protección diferencial a los interruptores magnetotérmicos NG125. Están concebidos como auxiliares de los automáticos NG125 de 2, 3 y 4 polos, por lo cual los Vigi NG125 no poseen ningún dispositivo de corte propio, sino que, en presencia de una corriente de fuga a tierra el Vigi actúa sobre el mecanismo de disparo del NG125. Las protecciones que realiza son:

- la protección de personas contra contactos indirectos,
- la protección complementaria de personas contra contactos indirectos (30 mA),
- la protección de las instalaciones eléctricas y los receptores contra los defectos de aislamiento.

Son productos conformes a la norma UNE EN 60947.2, anexo B.

Admiten auxiliares eléctricos y accesorios diversos. Además poseen rearme independiente del automático, incorporan botón de test de funcionamiento, posibilidad de disparos remotos a través del auxiliar específico bobina de disparo MXV y señalización de defecto con el auxiliar SDV. Se tienen calibres de ≤ 63 A y ≤ 125 A en 3 y 4 polos, y ≤ 63 A en 2 polos.

Sea cual sea el tipo de circuitos y receptores a proteger, incluso los más actuales, podemos encontrar una solución adecuada dentro de las dos gamas de

bloque Vigi NG125 **multi 9**:

■ Bloque Vigi NG125 Clase AC

Esta clase de protección asegura la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Esta clase responde satisfactoriamente en la mayoría de las instalaciones existentes, con predominio de receptores resistivos que no puedan alterar significativamente el tipo de señal de defecto alterna senoidal. Incluye diversos modelos, en 2, 3 y 4 polos, con calibre de ≤ 63 A, instantáneos en 30 o 300 mA.

■ Bloque Vigi NG125 Clase A

Estos aseguran la desconexión del circuito ante corrientes diferenciales residuales, alternas senoidales y corrientes rectificadas con o sin componente continua, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca. Están especialmente concebidos para la protección de circuitos con receptores electrónicos que incorporen rectificación de la señal senoidal.

Una de las características más diferenciadoras que presentan los Vigi NG125 Clase A es que ofrecen una versión regulable que permite realizar hasta 3 niveles de selectividad, ya que la gama presenta una gran flexibilidad tanto en sensibilidades (30, 300, 1000, 3000 mA) como en retardos (Instantáneo, Selectivo, Retardado).

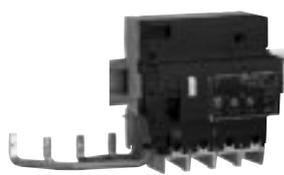
La versión I/S/R incorpora umbral de prealarma regulable asociado a un contacto de salida para señalización a distancia.

Montaje del bloque diferencial Vigi NG125



interruptor automático magnetotérmico NG125

+



bloque diferencial Vigi NG125

=

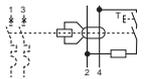
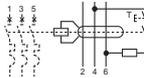
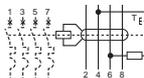


interruptor automático diferencial NG125

7

protección diferencial BT

Tabla resumen de la gama disponible de Bloques Vigi NG125 multi 9

n.º de polos	sensibilidad (mA)	Imáx. (A)	Referencias	
			Vigi NG125 - Clase AC ⁽¹⁾ 	Vigi NG125 - Clase A 
2 polos 	30	63	19000	19010
	30	63	–	19008 ⁽²⁾
	300	63	19001	19012
	300	63	–	19009 ⁽²⁾
	300 	63	–	19030
	1000 	63	–	19031
3 polos 	30	63	19002	19013
	300	63	19003	19014
	300 	63	–	19032
	1000 	63	–	19033
	300 a 3000 I/S/R	63	–	19036
	300 a 3000 I/S/R	63	–	19053 ⁽³⁾
	30	125	–	19039
	300 a 1000 I/S	125	–	19044
	300 a 3000 I/S/R	125	–	19047
	300 a 3000 I/S/R	125	–	19055 ⁽³⁾
4 polos 	30	63	19004	19015
	300	63	19005	19016
	300 	63	–	19034
	1000 	63	–	19035
	300 a 3000 I/S/R	63	–	19037
	300 a 3000 I/S/R	63	–	19054 ⁽³⁾
	30	125	–	19041
	300	125	–	19042
	300 a 1000 I/S	125	–	19046
	300 a 3000 I/S/R	125	–	19049
300 a 3000 I/S/R	125	–	19056 ⁽³⁾	

(1) frecuencias de empleo exclusivas de los clase AC: 50/60 Hz.

(2) tensión de empleo: 110-220 V CA.

(3) tensión de empleo: 440-500 V CA, sin función prealarma.

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas



Bloques diferenciales Vigi NG125 multi 9

Características eléctricas	Vigi NG125 clase AC
N.º polos	2, 3 y 4
Calibres In (A)	≤ 63
Sensibilidad diferencial IΔn (mA)	30, 300
Retardos posibles	Fijos instantáneos
Poder de corte Icu = IΔm (kA)	Idéntico al del automático al cual va asociado
Norma de fabricación	UNE EN 60947.2, anexo B
Temperatura de utilización (°C)	-5 / +60
Tensiones de funcionamiento del botón de test (V)	2p: 195 a 456; 3, 4p: 109 a 456
Índice de protección	IP20 en bornes / IP40 en la cara frontal
Clase de aislamiento	II en cofret o con cubre-bornes
Auxiliares	gama estándar NG125
Tensión asignada de aislamiento Ui (V)	690 V CA
Tensión asignada de empleo Ue (V)	230/415 V CA
Tensión asignada impulsional Uimp.	8 kV
Tolerancia de la tensión de alimentación	-20 % +10 %
Frecuencia de utilización nominal	50/60 Hz

Protección contra los disparos intempestivos, compatibilidad electromagnética (CEM)

Resistencia a la onda de corriente de choque tipo 8/20 μs según CEI 947-2, anexo B	3 kA
Corriente de conexión oscilatoria amortiguada tipo 0,5 ms/100 kHz	200 A, según CEI 947-2, anexo B
Resistencia a la corriente tipo de arranque directo de un motor	6 In, según CEI 947-2, anexo B

Protección contra otras perturbaciones, compatibilidad electromagnética (CEM)

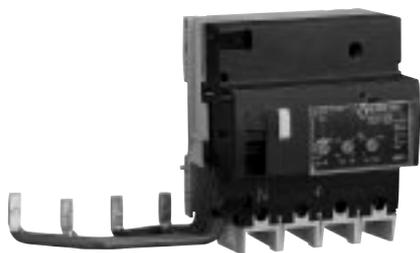
Protección contra las sobrecargas de alimentación	230/415 V CA -20 % + 10 %
Resistencia dieléctrica	CEI 947.2, anexo B
Resistencia de aislamiento	CEI 1000-8/1000-9
Campos magnéticos:	según CEI 1000-4-6
Inmunidad a las perturbaciones conducidas de altas frecuencias	
Inmunidad a las perturbaciones de altas frecuencias radiadas	según CEI 1000-4-3
Transitorios rápidos en ráfagas	según CEI 1000-4-4, 4 kV cresta
Campos electrostáticos	según CEI 1000-4-2/1543: 8 kV y 6 kV

Características mecánicas y resistencia al entorno (comunes)

Tipo de bornes	de caja con lengüeta antierror aislada			
Par de apriete máximo	cal. ≤ 63 A: 3,5 Nm, tornillos plano 6,5 o pz 2 cal. ≤ 125 A: 6 Nm, tornillo Allen 4			
Capacidad de los bornes	cal. ≤ 63 A: flex. hasta 35 mm ² , ríg. hasta 50 mm ² cal. ≤ 125 A: flex. hasta 50 mm ² , ríg. hasta 70 mm ²			
Autoextinguibilidad (según CEI 695-2-1)	960 °C partes aislantes con tensión 650 °C partes aislantes sin tensión			
Peso (g)		2p	3p	4p
	fijo	250	410	450
	regulable	-	750	800

(1) El modelo I/S/R posee un umbral de prealarma regulable entre el 10 % y el 50 % de la sensibilidad regulada en el Vigi NG125.

(2) Se ofrecen algunas versiones a tensiones de empleo especiales, ver tabla pág. 137.



Vigi NG125 clase A

2, 3 y 4

≤ 63 y ≤ 125

Fijos: 30, 300, 300 \square , 1000 \square

Regulable I/S: 300, 500, 1000

Regulable I/S/R: 300, 500, 1000, 3000⁽¹⁾

Fijos: Instantáneos o Selectivos (60 ms)

Regulables I/S: Instantáneo o Selectivo (60 ms)

Regulables I/S/R: Instantáneo, Selectivo (60 ms) o Retardado (150 ms)

Idéntico al del automático al cual va asociado

UNE EN 60947.2, anexo B

-25 / +60

2p: 195 a 456; 3, 4p: 109 a 456

IP20 en bornes / IP40 en la cara frontal

II en cofret o con cubre-bornes

gama estándar NG125 + (SDV y MXV los regulables)

690 V CA

230/415 V CA⁽²⁾

8 kV

-20 % +10 %

50/60 Hz

instantáneos: 3 kA; selectivos y retardados: 5 kA

> 200 A, según CEI 974-2, anexo B

10 In, según CEI 947-2, anexo B

230/415 V CA -20 % + 10 %

CEI 947.2, anexo B

CEI 1000-8/1000-9

según CEI 1000-4-6

según CEI 1000-4-3

según CEI 1000-4-4, 4 kV cresta

según CEI 1000-4-2/1543: 8 kV y 6 kV

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.8 Gama de telemandos y de auxiliares para dispositivos diferenciales residuales multi 9

Telemandos para C60+Vigi y C120+Vigi

Es posible incorporar un mando motorizado, o telemando, a la izquierda de los interruptores automáticos diferenciales, con Vigi, o los interruptores automáticos sin Vigi de las gamas C60 y C120, para poderlos gobernar a distancia. Existen dos modelos de telemando que se denominan, respectivamente, **Tm C60** para la gama C60 (de 0,5 a 63 A) y **Tm C120** para la gama C120 (de 10 a 125 A). Se puede montar en aparatos de 1, 2, 3 y 4 polos. Requieren una tensión de mando de tipo mantenido para mantener cerrado el automático.

Es apto para aplicaciones de mando de circuitos en los que se realicen un bajo número de maniobras. Una aplicación habitual de estos dispositivos es el rearme a distancia, tras un disparo diferencial o por sobreintensidad, de interruptores automáticos diferenciales de difícil acceso. En estos casos se recomienda evitar siempre rearmar un número elevado de veces sobre defecto: la utilización simultánea de bloques Vigi superinmunizados ayudará a lograrlo ya que permiten reducir mucho los disparos diferenciales intempestivos (innecesarios).

Referencias:

Tm C60 1-2 P: 18310; **Tm C60 3-4 P:** 18311

Tm C120 1-2 P: 18312; **Tm C120 3-4 P:** 18313



Telemando Tm C120 para C120 de 2 polos.

Auxiliares para ID, DPN N Vigi, C60+Vigi y C120+Vigi

Los auxiliares eléctricos permiten el disparo o la señalización a distancia de los automáticos C60, ID, DPN N, DPN N Vigi si. Siempre se montan en el lado izquierdo del aparato correspondiente, y permiten el disparo o la señalización del estado a distancia de los mismos. El máximo número de auxiliares que se puede incorporar al mismo tiempo es el

correspondiente a 6 pasos de 9 mm (54 mm). En caso de incorporar bobinas y contactos al mismo tiempo, deben colocarse primero junto al automático las bobinas, y a su izquierda los contactos.

Los auxiliares son los siguientes:

■ auxiliares de **señalización** a distancia. Conformes a la norma UNE EN 60947-5-1:

□ **contacto OF** (ref. 26924): contacto conmutado que indica si el automático o el diferencial correspondiente está abierto o cerrado,

□ **contacto SD** (ref. 26927): contacto conmutado que indica si el automático o el diferencial ha disparado por defecto.

■ **contacto OF+OF/SD** (ref. 26929): doble contacto conmutado que permite realizar las dos funciones descritas antes OF y SD. Posee dos contactos internos:

□ superior: OF,

□ inferior: SD u OF.

La función del contacto inferior se elige mediante un conmutador rotativo situado en el lateral derecho. La función seleccionada queda indicada en la cara delantera.

Al igual que en el caso del contacto SD, posee un indicador mecánico rojo de actuación en el frontal.



SD

OF

OF+OF/SD

■ auxiliares para **disparar** a distancia.

Conformes a la norma UNE EN 60947-2:
□ **bobina MX+OF** (ref. 26946 para 220 a 415 V CA): puesto a tensión provoca el disparo y la apertura del automático al cual está asociado.

– equipado de un contacto de autocorte.

– equipado con un contacto O+F para señalar la posición “abierto” o “cerrado” del automático.

□ **bobina MN** (ref. 26960 para 220 a 240 V CA): cuando la tensión de alimentación baja por debajo del 35 % al 70 % de la nominal, provoca el disparo y la apertura del automático al que está asociado. Entre tanto impide el rearme del automático hasta que la tensión se reestablezca a su valor nominal de funcionamiento. Su aplicación principal podría encontrarse en paros de emergencia



protección diferencial BT

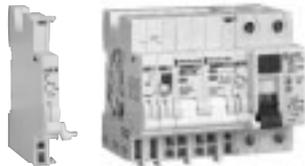
mediante pulsador y seguridad en circuitos que alimentan varias máquinas, impidiendo la puesta en marcha no controlada de motores.



MX+OF MN

□ **bobina MNS** (ref. 26963 para 220 a 240 V CA): idéntica a la bobina MN pero temporizando su disparo 200 ms.

■ **contacto auxiliar OFS** (ref. 26923): este contacto hace de adaptador para poder colocar el resto de auxiliares anteriores en el ID. Es, por tanto, de uso obligatorio en el ID. Al mismo tiempo, por sí mismo, es un contacto tipo OF.



OFS ID bipolar con auxiliares

Auxiliares para NC100 o NC125 + Vigi

Los auxiliares eléctricos para las gamas NC100 y NC125 con o sin el bloque diferencial Vigi NC100/NC125 incorporado, realizan las mismas funciones descritas en la página anterior. Físicamente son diferentes a los utilizados para las gamas C60, DPN e ID, y por lo tanto poseen otras referencias comerciales. Una diferencia con la gama anterior es que se montan a ambos lados del interruptor automático magnetotérmico: los contactos auxiliares OF y/o SD a la izquierda y las bobinas MX+OF, MN y MNS al lado derecho. Por ello no es posible usar bobina y bloque Vigi al mismo tiempo (ambos se montan al lado derecho), y en este caso se debe usar la función MOD de los bloques Vigi NC100/NC125 integrada o no según su calibre (en bloque externo en calibre ≤ 63 A e integrada en calibres ≤ 100 A y ≤ 125 A). Los auxiliares más habituales son:

- contacto OF: ref. 27132.
- contacto SD: ref. 27135.

- bobina MX+OF a 220-415 V CA: ref. 27136.
- bobina MN a 220-240 V CA: ref. 27140.
- bobina MNS a 220-240 V CA: ref. 27143.
- dispositivo MOD externo para disparo a distancia con Vigi ≤ 63 A.



OF SD MX+OF MN

Auxiliares para NG125 + Vigi

Los auxiliares eléctricos para las gamas NG125 con o sin el bloque diferencial Vigi NG125 incorporado, realizan las mismas funciones descritas en la página anterior. Físicamente son diferentes a los utilizados para el resto de gamas multi 9, y por lo tanto poseen otras referencias comerciales. Las principales características diferenciadoras respecto a las descritas antes son:

- se montan todos a la izquierda del magnetotérmico NG125, que acepta como máximo una bobina y dos contactos auxiliares,
- los contactos auxiliares son siempre dobles contactos conmutados (con doble función fija o conmutable): OF+OF, OF+SD, OF+OF/SD (conmutable),
- los bloques Vigi de calibre ≤ 125 A y los de ≤ 63 regulables admiten dos auxiliares específicos que se insertan en su parte superior:
 - SDV: contacto de señalización a distancia de disparo por diferencial,
 - MXV: bobina de disparo a distancia a través del bloque Vigi (igual función que MX+OF normal pero que permite ahorrar espacio lateral).

Los auxiliares más habituales son:

- contacto OF+OF: ref. 19071.
- contacto OF+SD: ref. 19072.
- bobina MX+OF a 220-415 V CA: ref. 19064.
- bobina MN a 220-240 V CA: ref. 19067.
- bobina MNS a 220-240 V CA: ref. 19068.
- contacto SDV (NA): ref. 19058.
- bobina MXV a 110-240 V CA: ref. 19060.



OF+OF OF+SD MN MXV SDV

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.9 Gama de relés diferenciales electrónicos Vigirex RH tipo E/A/AP, con toroidal separado

Relés RH tipo E

Funcionamiento

Asociado a un toroidal Merlin Gerin (tipo A u OA), provoca instantáneamente, o después de la temporización seleccionada (RH248E), la apertura del aparato de corte asociado cuando detecta una corriente residual que rebasa el umbral de sensibilidad $I\Delta n$ regulado.

Características

- señalización de superación del umbral de alarma por piloto rojo,
- provoca la apertura del interruptor automático en caso de corte del circuito de detección (cable de unión al toroidal).

Ventajas del RH248E

- protección adaptable a cada red,
- permite la selectividad vertical a varios niveles.

Instalación

- parte activa en envoltorio de material aislante, desconectable, modular de 8 pasos de 9 mm de anchura, con tapa transparente precintable,
- montaje horizontal o vertical en carril DIN simétrico,
- conexionado por bornes de caja para cables de hasta $2,5 \text{ mm}^2$.



Relé diferencial RH248E.

Relés RH tipo A/AP

Funcionamiento

Asociado a un toroidal Merlin Gerin (tipo A u OA), provoca, después de la temporización seleccionada, la apertura del aparato de corte asociado cuando detecta una corriente residual que rebasa el umbral de sensibilidad $I\Delta n$ regulado. La versión AP señala la presencia de una corriente residual superior a $I\Delta n/2$.

Características

- visualización de la presencia de tensión por piloto verde,
- señalización de superación del umbral de alarma por piloto rojo,
- señalización de superación del umbral de prealarma por piloto naranja (AP),
- provoca la apertura del interruptor automático en caso de corte del circuito de detección (cable de unión con toroidal).

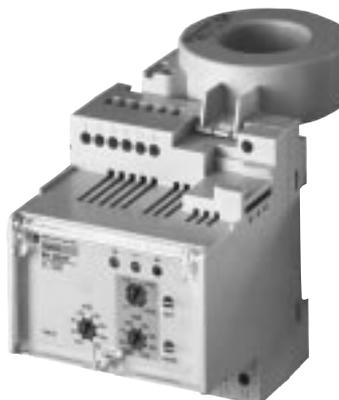
Ventajas

- protección adaptable a cada red,
- permite la selectividad vertical a varios niveles,
- el umbral de prealarma permite la anticipación a los defectos de aislamiento,
- el contacto de prealarma con seguridad positiva señala la ausencia de alimentación auxiliar.

Instalación

- parte activa en envoltorio de material aislante, desconectable, modular de 8 pasos de 9 mm de anchura, con tapa transparente precintable,
- montaje horizontal o vertical sobre carril DIN simétrico, empotrado o en superficie,
- conexionado por bornes de caja para cables de:

- $1,5 \text{ mm}^2$ bornes del 1 al 6;
- $2,5 \text{ mm}^2$ bornes del 7 al 14.



Relé diferencial RH328AP.

protección diferencial BT

Tabla resumen de la gama disponible de Vigirex RH tipo E, A y AP

tipo	tensión alimentación (V)	referencias	
		30 mA	300 mA
relé diferencial RH10E			
CA 50/60 Hz	48 115/127 230 400	50450 50449 50451 50621	50453 50452 50454 50623
CC	48/120	50450	50453

tipo	tensión alimentación (V)	referencias
		regulable de 30 mA a 25 A
relé diferencial RH240E		
CA 50/60 Hz	48 115/127 230 400	50456 50455 50457 50628
CC	48/120	50456

tipo	tensión alimentación (V)	referencias
		regulable de 30 mA a 25 A
relé diferencial RH248 E		
CA 50/60 Hz	48 115/127 230 400	50459 50458 50460 50633
CC	48/120	50459

tipo	tensión alimentación (V)	referencias	
		I Δ n = 30 mA a 250 A CON ⁽¹⁾	I Δ n = 30 mA/250 A SIN ⁽²⁾
relé diferencial RH328A			
CA 50/60/400 Hz	48 115/127 230 400 440/480 500/525	50743 50742 50744 50653 50654 50655	50746 50745 50747 50657 50658 50659
CC	12 24 48/120	50661 50662 50743	- - 50746

⁽¹⁾ sensibilidad regulable de 30 mA/250 A CON: relé estándar con enclavamiento + seguridad positiva con enclavamiento.

⁽²⁾ sensibilidad regulable de 30 mA/250 A SIN: relé estándar sin enclavamiento + seguridad positiva sin enclavamiento.

tipo	tensión alimentación (V)	referencias	
		I Δ n = 30 mA a 250 A CON ⁽¹⁾	I Δ n = 30 mA/250 A SIN ⁽²⁾
relé diferencial RH328AP			
CA 50/60/400 Hz	230 400 440/480 500/525	50679 50680 50681 50682	50683 50684 50685 50686

⁽¹⁾ sensibilidad regulable de 30 mA/250 A CON: relé con prealarma y enclavamiento.

⁽²⁾ sensibilidad regulable de 30 mA/250 A SIN: relé con prealarma y sin enclavamiento.

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas

Relés diferenciales Vigirex RH tipos E, A y AP

Características eléctricas

tipo de red a controlar

sensibilidad $I\Delta n$	número de umbrales
	selector

temporización (ms)

prealarma	sensibilidad
	temporización

test del aparato	local
	permanente

rearme

señalización local	defecto de aislamiento y corte conexión al toroidal por piloto
	prealarma

contacto de salida	contacto de defecto	número	
		tipo de contacto	inversores
	contacto prealarma	número	
		tipo de contacto	inversores
poder de corte	CA		380 V $\cos \varphi = 0,7$
			220 V $\cos \varphi = 0,7$
	CC		220 V L/R = 0 s
			120 V L/R = 0 s
		48 V L/R = 0 s	
			24 V L/R = 0 s

consumo máximo	48 a 240 V CA y 48 a 300 V CC
	380 a 480 V CA

rango de funcionamiento de la alimentación auxiliar	CA
	CC

Características mecánicas

peso (kg)

envolvente termoplástica	desconectable	montaje
---------------------------------	---------------	---------

índice de protección	cara anterior
	envolvente

Otras características

límite térmico	de funcionamiento
(según CEI 755)	de stock

condiciones climáticas	tropicalización
-------------------------------	-----------------

Toroidales

toroidales a asociar	
conexión toroidal-relé	

⁽¹⁾ Tropicalización tipo T2:

- calor húmedo: 55 °C, 95 % de humedad relativa, 28 ciclos (según norma CEI 68-2-30);
- niebla salina: 5 % NaCl, 48 horas, 3 meses de almacenamiento (según norma CEI 68-2-11).

⁽²⁾ Longitudes máximas: ver tabla pág. 150.

protección diferencial BT



RH10E		RH240E		RH248E		RH328A		RH328AP	
BT alterna - 50/60 Hz - tipo TT, IT, TNS					BT alterna - 50/60/400 Hz - tipo TT, IT, TNS				
1: 30 mA ó 300 mA		24: de 30 mA a 25 A, regulación con 2 selectores (de 30 mA a 25 A: toroidales de todos los diámetros)			32: de 30 mA a 250 A, regulación con 2 selectores				
0		selector 1: 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250			selector 1: 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250				
		selector 2: × 1: de 30 mA a 250 mA			selector 2: × 1: de 30 mA a 250 A				
		coeficiente × 10: de 300 mA a 2,5 A			coeficiente × 10: de 300 mA a 2,5 A				
		multiplicador × 100: de 3 A a 25 A			multiplicador × 100: de 3 A a 25 A				
0		0		0, 50, 90, 140, 250, 350, 500, 1		0, 50, 90, 140, 250, 350, 500, 1 s			
-		-						reg. automát. a $I_n\Delta/2$	
-		-						200 ms	
electrónica + piloto + contacto									
conexión toroidal-relé									
local, y a distancia por corte de la alimentación auxiliar									
piloto con enclavamiento					por piloto con enclavamiento		por piloto con enclavamiento		
-					-		por piloto sin enclavamiento		
1		1		1		2: 1 estándar + 1 con seguridad positiva		1 estándar	
con enclavamiento con seguridad estándar					con o sin enclavamiento				
0						0		1 con seguridad positiva	
-						-		sin enclavamiento	
3 A		3 A		3 A		3 A			
5 A		5 A		5 A		5 A			
0,45 A		0,45 A		0,45 A		0,45 A			
0,65 A		0,65 A		0,65 A		0,65 A			
2,5 A		2,5 A		2,5 A		2,5 A			
10 A		10 A		10 A		10 A			
4 VA		4 VA		4 VA		4 VA		-	
5 VA/3 W		5 VA/3 W		5 VA/3 W		5 VA/3 W			
- 15 % / + 10 %		- 15 % / + 10 %		- 15 % / + 10 %		- 15 % / + 10 %			
± 20 %		± 20 %		± 20 %		± 20 %		-	
0,3		0,3		0,3		0,4			
horizontal y vertical		horizontal y vertical		horizontal y vertical		horizontal y vertical			
IP 30		IP 30		IP 30		IP 30			
IP 20		IP 20		IP 20		IP 20			
de -5 °C a +55 °C		de -5 °C a +55 °C		de -5 °C a +55 °C		de -5 °C a +55 °C			
de -40 °C a +70 °C		de -40 °C a +70 °C		de -40 °C a +70 °C		de -40 °C a +70 °C			
tipo T2 ⁽¹⁾		tipo T2 ⁽¹⁾		tipo T2 ⁽¹⁾		tipo T2 ⁽¹⁾			
tipo A, OA		tipo A, OA		tipo A, OA		tipo A, OA			
por cable blindado ⁽²⁾		por cable blindado ⁽²⁾		por cable blindado ⁽²⁾		por cable blindado ⁽²⁾ o enchufado sobre relé con TA 30 y PA 50			

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.10 Gama de relés diferenciales electrónicos Vigirex RHU y RMH

Vigirex para medida y señalización de las corrientes de fuga a tierra

La protección diferencial consiste en medir la corriente de fuga a tierra de una instalación eléctrica y provocar el corte de la misma, cuando el defecto de aislamiento llegue a ser peligroso tanto para las personas como para los bienes mismos.

La **medida permanente de las corrientes de fuga a tierra** permite:

- controlar el aislamiento constantemente y poder así planificar las acciones de mantenimiento preventivo,
- identificar los receptores que generan dichas corrientes de fuga.

Presentación y funcionamiento

- controla la evolución de las corrientes de fuga a tierra,
- identifica los defectos antes de que lleguen a ser peligrosos,
- visualiza permanentemente las corrientes de fuga,
- activa una señal de aviso cuando la corriente de fuga sobrepasa el umbral fijado de prealarma,
- provoca una señal de alarma cuando la corriente sobrepasa el umbral fijado de defecto,
- comunica por bus interno Digipact las informaciones y permite gestionarlas a distancia, mediante sistemas de supervisión informáticos.

Relé tipo RHU

La continuidad de servicio

Evita los disparos intempestivos gracias a:

- medida rms (verdadero valor eficaz), de las corrientes de fuga a tierra,
- filtraje en frecuencia,
- curva de disparo a tiempo inverso.

Selectividad con los otros sistemas de protección diferencial: Vigirex RH E/A/AP, Vigicomcompact, Vigi multi 9, mediante:

- una sensibilidad apropiada: el relé RHU puede regularse de 1 a 100 mA indiferentemente:

□ umbral de alarma I alarm.: de 15 mA a 30 A,

□ umbral de defecto I Δ n: regulable de 30 mA a 30 A.

- una temporización apropiada:

□ temporización anterior al disparo de alarma t alarm.: de 0 a 5 s,

□ temporización antes del disparo de defecto t: de 0 a 5 s.

Test con o sin disparo.

Relé tipo RMH

Aparato de medida y de señalización para todos los niveles de instalación

El Vigirex RMH es un aparato adaptado a todos los niveles de la instalación.

Presenta:

- capacidad de controlar hasta 12 salidas (mediante 12 toroidales),
- posibilidad de regulación muy amplia en tiempo y en sensibilidad,
- varios modos de instalación,
- una visualización y un control permanente de la corriente de fuga a tierra,
- una tecnología de análisis de corriente a través de microprocesador.

La fiabilidad

La precisión de la medida:

- medida rms de las corrientes de fuga a tierra,
- filtraje en frecuencia.

Una sensibilidad apropiada:

El Vigirex RMH puede regularse a cualquier umbral con pasos de 1 o 100 mA.

■ umbral de prealarma I pre-al.: de 15 mA a 30 A,

■ umbral de alarma I alarm.: 30 mA a 30 A.

Una temporización apropiada:

■ temporización anterior al disparo de la prealarma t pre-al.: de 0 a 5 s,

■ temporización anterior al disparo de la alarma t alarm.: de 0 a 5 s.

protección diferencial BT

Tabla resumen de la gama disponible de Vigirex RHU y RMH

descripción	tensión alimentaciones	referencia
RHU (1 toroidal)	220-240 V CA ⁽¹⁾	28560
RMH (12 toroidales)*	220-240 V CA ⁽¹⁾	28563
RM12T (para RMH)		28566
Tapa		28567

⁽¹⁾ -30 % (-15% en la puesta en tensión) / +10 %.

*Para controlar las 12 salidas es necesario el dispositivo multiplexor RM12T, ref. 28566.



Vigirex RHU.



Vigirex RMH.



Vigirex RM12T.

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

Características técnicas



Relés diferenciales Vigirex RHU y RMH

Características eléctricas		Vigirex RHU							
Tipo de red a controlar, BT alterna		50/60/400 Hz							
Tipo de esquema de unión a tierra		TT, TNS, IT							
Tensión de alimentación		220-240 V / -30 % (1) / +10 %							
Consumo máximo		2 VA							
Temperatura de utilización		-25 °C / +55 °C							
Temperatura de almacenamiento		-55 °C / +85 °C							
Medida de corriente de defecto		Rango de medida del 20 % al 200 % de I _n							
		Precisión de medida de I _n ±10 %							
		Tiempo de refresco en pantalla 2 s							
Alarma (de aviso)		Umbral "I alarm" regulable de 15 mA a 30 A con pasos de 1 o 100 mA con $0,2 \times I_n \leq I_{\text{alarm}} \leq I_n$							
		Precisión +0 / -20 %							
		Temporización "t alarm" regulable de 0 a 5 s con pasos de 10 ms							
		Regulación en pantalla o por bus interno							
		Contacto de salida al cierre							
Defecto		Umbral "I n" regulable de 30 mA a 30 A con pasos de 1 o 100 mA							
		Precisión +0 / -20 %							
		Temporización "t" regulable de 0 a 5 s con pasos de 10 ms con t = 0 si I _n = 30 mA							
		Regulación en pantalla							
		Contacto de salida inversor							
Test		Del aparato local o a distancia (10 m máx.) (con o sin disparo de alarma y de defecto)							
		De la unión toro-relé permanente							
Rearme		Local o a distancia (10 m máx.)							
Características de los contactos de salida según la norma CEI 947-6-2		Corriente nominal térmica (A) 8							
		Carga mínima 10 mA a 12 V							
		Categoría de empleo							
			CA				CC		
			AC12	AC13	AC14	AC15	DC12	DC13	
		Intensidad de utilización (A)	24 V	6	6	5	6	6	2
			48 V	6	6	5	5	2	-
			110 V	6	6	4	4	0,6	-
			220 - 240 V	6	6	4	4	-	-
			250 V	-	-	-	-	0,4	-
			380 - 415 V	5	-	-	-	-	-
			440 V	-	-	-	-	-	-
			660 - 690 V	-	-	-	-	-	-

(1) -15 % durante la puesta en tensión.

Comunicación

Comunicación con el bus interno Digipact (hacia los concentradores de datos DC150): visualización de las medidas efectuadas, del estado de los relés RHU, de las regulaciones efectuadas. Modificación de ciertas regulaciones a distancia.

Características mecánicas

Dimensiones	DIN 72 × 72
Peso	0,3 kg
Índice de protección (UNE EN 50.102)	
	Cara delantera IP40
	Otras caras IP30
Choque sobre cara delantera (UNE EN 50.102)	IK07 (2 Joules)
Vibraciones (CEI 68-2-6)	3 a 13,2 Hz ± 1 mm - 0,7 g

Entorno

Calor húmedo (CEI 68-2-30)	28 ciclos +25 °C / +55 °C / HR 95 %
Niebla salina (CEI 68-2-52)	Ensayo Kb severidad 2
Compatibilidad electromagnética	
■ descargas electrostáticas (UNE EN 6100-4-2)	Nivel 4
■ susceptibilidad irradiada (UNE EN 1000-4-3)	Nivel 3
■ susceptibilidad conducción débil energía (UNE EN 1000-4-4)	Nivel 4
■ susceptibilidad conducción fuerte energía (UNE EN 1000-4-5)	Nivel 4
■ perturbaciones radio-frecuencia (UNE EN 1000-4-6)	Nivel 3
■ emisiones conducción y radiación (EN 50081-1)	Clase B

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.11 Toroidales y accesorios comunes para toda la gama Vigirex

toroidales

descripción	tipo	diámetro (mm)	referencia
cerrados	TA	30	50437
	PA	50	50438
	IA	80	50439
	MA	120	50440
	SA	200	50441
	GA	300	50442
abiertos	POA	46	50485
	GOA	110	50486

unión toroidal-relé⁽¹⁾

tipo	cantidad (mm)	1 conductor referencia	2 conductores referencia
cables apantallados (sección 0,22 mm ²)	20	50157	50137
	100	50158	50136

chapa de acero especial de protección

espesor (mm)	tamaño		diámetro toros asociados (mm)	referencia
	alto	ancho		
0,4	8	58	30/46/50/80	1517177
	20	142	110/120/200	1517178
	30	215	300	1517179



(1): conexión toroidal-relé

sección de cables (mm ²)	longitud máx. (m)
0,22	18
0,75	60
1	80
1,5	125
2,5	200

- la resistencia máxima de la unión toroidal-relé no debe exceder los 3 Ω,
- cables apantallados: disponibles en 1 o 2 conductores, en bobinas de 20 o 100 m; sección de 0,22 mm².

Características técnicas



Toroidales Vigirex

Características técnicas	tipo A, cerrados	tipo OA, abiertos		
para Vigirex	RH10E, RH240E, RH248E RH328A, RH328AP, RHU, RMH	RH10E, RH240E, RH248E RH328A, RH328AP, RHU, RMH		
Utilización				
	■ toroidales cerrados para obras nuevas y ampliaciones.	■ toroidales abiertos para reformas y extensiones.		
Funciones				
	■ detectan la corriente de fuga y transmiten una señal proporcional al receptor asociado.	■ detectan la corriente de fuga y transmiten una señal proporcional al receptor asociado.		
Instalación				
fijación	■ 3 posibilidades: □ Ø 30-50 por encliquetado sobre los propios relés Vigirex, □ Ø 30-50-80 sobre carril simétrico, □ todo Ø sobre panel y cables;	■ sobre panel o sobre cable.		
conexionado	■ Ø 30-50 por enchufado directo sobre los relés Vigirex, ■ Ø 30 a 200 por bornes de caja para cables de 0,22 mm ² mínimo, ■ Ø 300 por conectores de 6,35 mm.			
Dimensiones				
	tipo A	Ø (mm)	tipo OA	Ø (mm)
	TA	30	POA	46
	PA	50	GOA	110
	IA	80		
	MA	120		
	SA	200		
	GA	300		
Características eléctricas				
relación transformación corriente máx. admisible: 1 kA permanente - 2,5 kA/1 s - 30 kA/0,05 s	1/1000 ■		1/1000 ■	
Características mecánicas				
peso (kg)	Ø 30	0,120		
	Ø 50	0,200		
	Ø 80	0,420		
	Ø 120	0,590		
	Ø 200	1,320		
	Ø 300	2,230		
	Ø 46			1,300
	Ø 100			3,200
Otras características				
límite térmico de stock	-40 °C a +70 °C		-40 °C a +70 °C	
de funcionamiento	-5 °C a +55 °C		-5 °C a +55 °C	
índice de protección	IP 20		IP 20	

7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.12 Bloques diferenciales adaptables Vigicompact

Para interruptores automáticos Compact NS100 a NS630. La protección diferencial se obtiene por el montaje de un **dispositivo diferencial residual Vigi** directamente en los bornes inferiores del aparato. Después de la adaptación del Vigi, se conservan todas las características siguientes del interruptor automático:

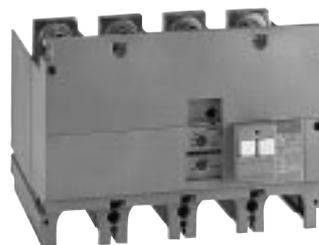
- conformidad con las normas;
- grados de protección, aislamiento de clase II en la cara anterior;
- seccionamiento con corte plenamente aparente;
- características eléctricas;
- características de los bloques de relés;
- formas de instalación y conexionado;
- accesorios de señalización, medida y mando;
- accesorios de instalación y conexionado.



Tabla resumen de la gama disponible de bloques Vigi para Compact NS

bloque Vigi	calibre	tensión (V)	referencias	
			3P	4P
ME	100/160		29212	29213
MH	100/160	220/440	29210	29211
		440/550	29215	29216
MH	250	220/440	31535	31536
		440/550	31533	31534
MB	400/630		32455	32456
Adaptador de bloque Vigi de 4P sobre aparato de 3P	100/250	-	-	29214
	400/630	-	-	32457

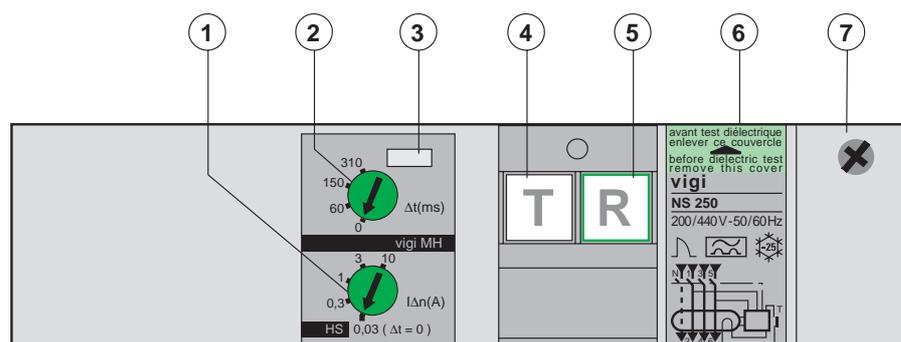
- **ME:** fijo en sensibilidad (0,3 A) y en tiempo:
 - apto para calibres de 100 y 160 A.
- **MH:** regulable en sensibilidad de 0,03 a 10 A y en tiempo de 0 a 310 ms:
 - apto para calibres de 100, 160 y 250 A.
- **MB:** regulable en sensibilidad de 0,3 a 30 A, y en tiempo de 0 a 310 ms:
 - apto para calibres de 400 y 630 A.



Características técnicas

Bloques Vigi para Compact NS

Dimensiones y pesos		NS100 - NS160	NS250	NS400 - NS630
dimensiones	3 polos	105 × 236 × 86		135 × 355 × 110
L × H × P (mm)	4 polos	140 × 236 × 86		180 × 355 × 110
peso (kg)	3 polos	2,5	2,8	8,8
	4 polos	3,2	3,4	10,8



1 regulación de la sensibilidad, 2 regulación de la temporización (que posibilita la protección diferencial selectiva), 3 precinto que impide el acceso a las regulaciones, 4 botón de test que permite la verificación regularmente del disparo simulando un defecto diferencial, 5 botón pulsador de rearme, (necesario después del disparo por defecto diferencial), 6 placa de características, 7 alojamiento para el contacto auxiliar SDV.

Conformidad con las normas

- CEI 947-2 anexo B,
- decreto del 14 Noviembre 1988,
- CEI 255-4 / UNE 21136 y CEI 801-2 a 5: protección contra los disparos intempestivos debidos a las sobretensiones pasajeras, rayos, conmutaciones de aparatos en la red, descargas electrostáticas, ondas radioeléctricas,
- CEI 755: clase A. Insensibilidad a las componentes continuas de hasta 6 mA;
- funcionamiento hasta -25°C , siguiendo la norma VDE 664.

Señalización a distancia

Los Vigi pueden incorporar un contacto auxiliar (ver página 52) para la señalización a distancia del disparo bajo defecto diferencial.

Alimentación

Los Vigi se alimentan por la tensión de la red que protegen. No necesitan pues de ninguna alimentación exterior. Funcionan incluso con sólo presencia de tensión entre dos fases.

dispositivos diferenciales residuales		Vigi ME	Vigi MH	Vigi MB
número de polos para Compact		3, 4 (*)	3, 4 (*)	3, 4 (*)
	NS100 N/H/L	■	■	
	NS160 N/H/L	■	■	
	NS250 N/H/L		■	
	NS400 N/H/L			■
	NS630 N/H/L			■
características de la protección diferencial				
sensibilidad $I\Delta n$ (A)		fijo 0,3	regulable 0,03 - 0,3 - 1 - 3 - 10	regulable 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30
temporización	retardo intencional (ms)	fijo < 40	regulable 0 60(**) 150(**) 310(**)	regulable 0 60 150 310
	tiempo total de corte (ms)	< 40	<40 <140 <300 <800	< 40 < 140 < 300 < 800
tensión nominal (V)	CA 50/60 Hz	200...440	200...440 - 440...550	200...400 - 440...550

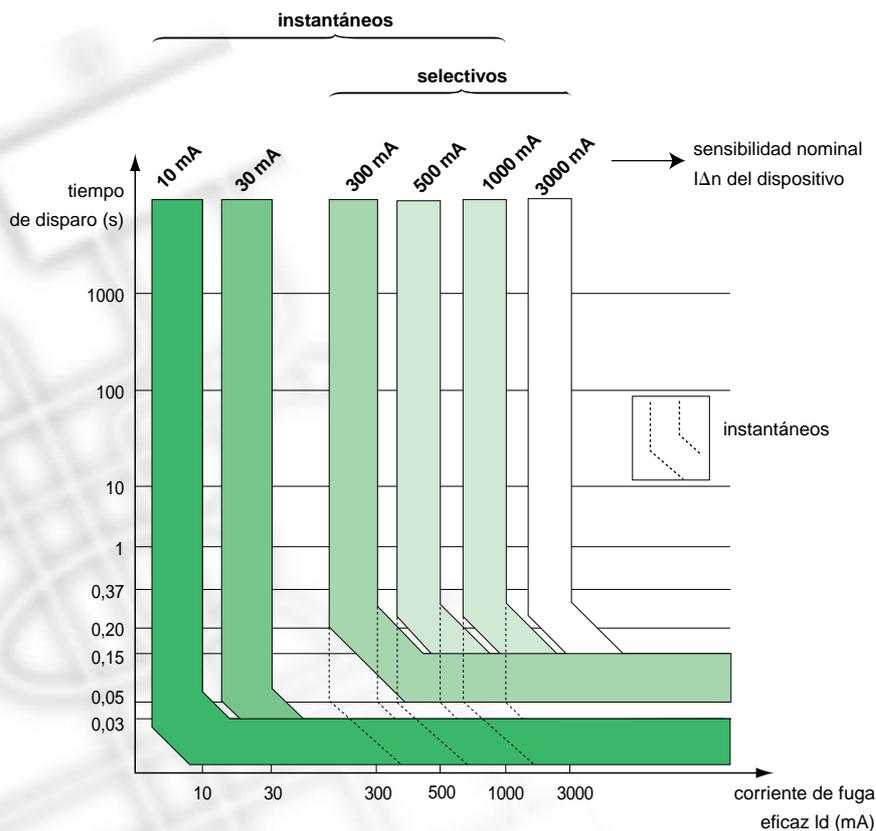
(*) los bloques Vigi 3P se adaptan igualmente sobre los interruptores automáticos 2P.

(**) cualquiera que sea el escalón de temporización, si la sensibilidad está regulada a 30 mA, no se aplica ningún retardo en el disparo.

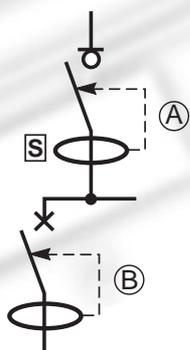
7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

7.13 Curvas de disparo de los dispositivos diferenciales Schneider Electric

Curvas de disparo para dispositivos diferenciales multi 9: ID, DPN Vigi, Vigi C60, Vigi C120, Vigi NC100/NC125



■ Regla práctica para conseguir selectividad entre diferenciales



recordemos que las 2 condiciones de aplicación práctica para conseguir selectividad diferencial son:

1) sensibilidad:

$I\Delta n$ aguas arriba (A) > 2 $I\Delta n$ aguas abajo (B),

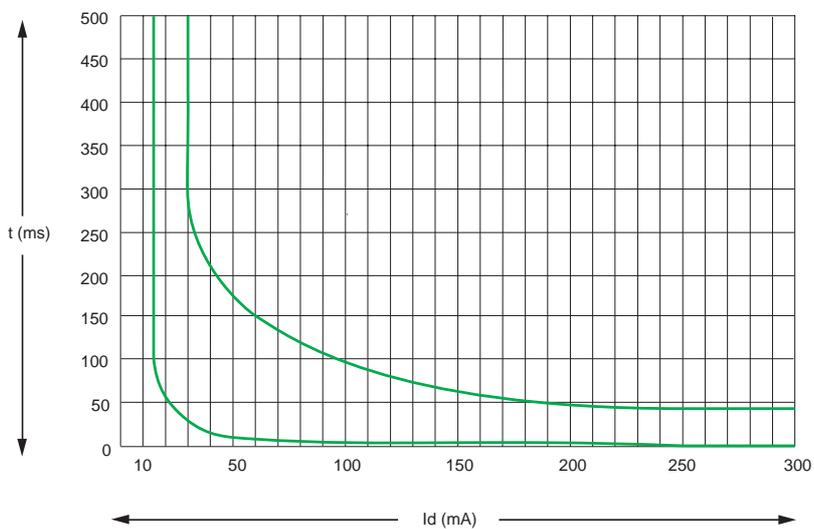
2) tiempo:

tiempo de no disparo aguas arriba (A) \geq 1,2 veces el tiempo total de apertura del aparato aguas abajo (B).

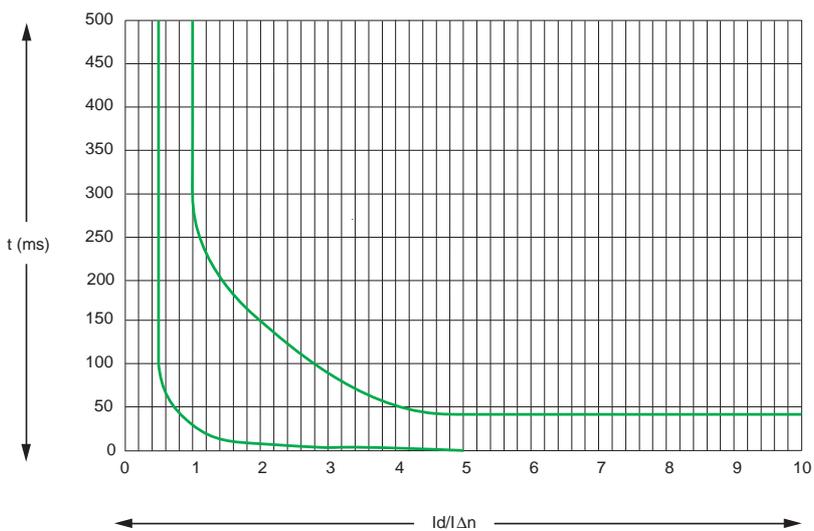
7

Curvas de disparo para la gama Vigi NG125 multi 9

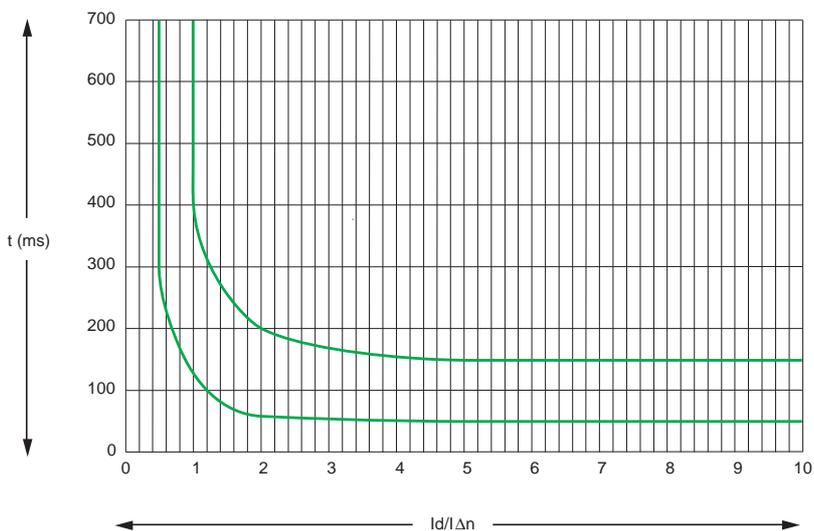
curva de disparo
Vigi NG125
 $I\Delta n = 30 \text{ mA}$
instantáneo



curva de disparo
Vigi NG125
 $I\Delta n = 300 \text{ mA}$
instantáneo

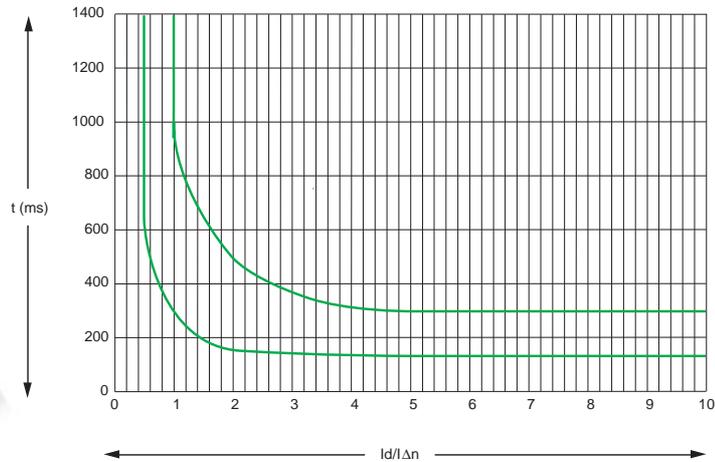


curva de disparo
Vigi NG125
 $I\Delta n \geq 300 \text{ mA}$
tipo S (60 ms)



7 Gamas Schneider Electric de protección diferencial

curva de disparo
Vigi NG125
 $I\Delta n \geq 300 \text{ mA}$
tipo R (150 ms)



■ Selectividad diferencial utilizando Vigi NG125.

Los bloques diferenciales regulables ofrecen la posibilidad de ajustar el retardo del tiempo de disparo:

- instantáneo (I),
- selectivo (S): 60 ms,
- retardado: 150 ms

Gracias a este retardo, si un aparato de una derivación aguas abajo (ID, Vigi C60, Vigi

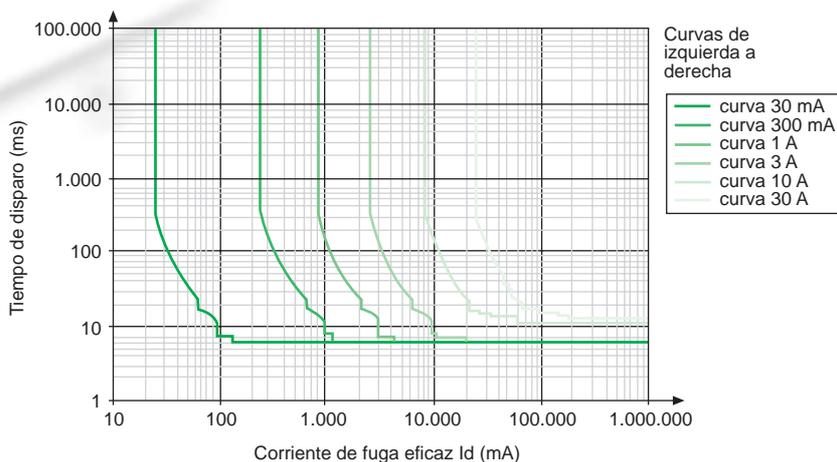
NC100 o interruptor automático diferencial DPN Vigi) detecta un defecto diferencial, el interruptor automático NG125 situado en la parte superior del cofre no dispara, garantizando la continuidad de servicio del resto de la instalación.

Esta tabla indica la regulación del NG125, en función del aparato de abajo, para tener selectividad (total) ante defecto diferencial.

abajo		arriba: Vigi NG125			
		selectivo (60 ms)		retardado (150 ms)	
gama	tipo	300 mA 500 mA	1000 mA 3000 mA	1000 mA	3000 mA
DPN Vigi	30 mA, inst.				
ID	300 mA, inst.				
Vigi C60/C120	300 mA [S]				
Vigi NC100	1000 mA [S]				

Curvas de disparo para la gama Vigirex RHU

Curvas tipo de disparo a 50 Hz con temporización nula



7.14 Comportamiento en función de la frecuencia de los dispositivos diferenciales Schneider Electric

Los dispositivos diferenciales de Schneider Electric se pueden utilizar en redes a 400 Hz o más.

■ A 400 Hz, el circuito de test de los diferenciales puede dejar de funcionar al accionar el botón de test.

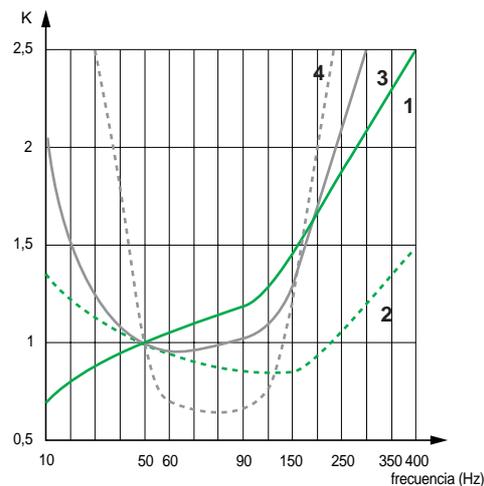
De acuerdo con los estudios y normas internacionales (CEI 479-2), el cuerpo humano es menos sensible al paso de la

corriente a 400 Hz, por lo que, a pesar de la menor sensibilidad con la frecuencia de los diferenciales, los aparatos clase A garantizan siempre la protección de las personas. El método de selección de los diferenciales a 400 Hz es pues, la misma que a 50 Hz.

■ Es importante destacar que la sensibilidad en mA del dispositivo variará en función de la frecuencia de la red. Las siguientes curvas representan (para frecuencias a partir de 10 Hz), la relación K entre la sensibilidad a una frecuencia determinada y la sensibilidad a 50 Hz:

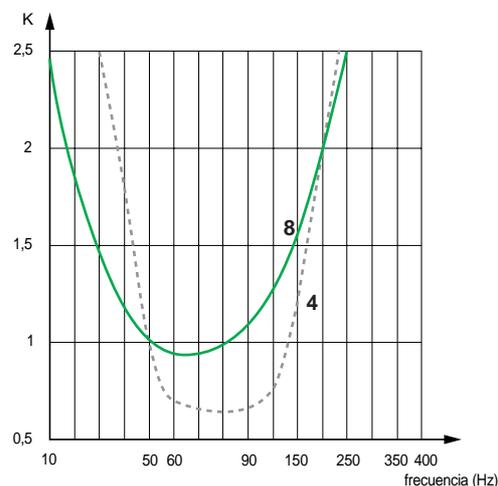
$$K = \frac{I \Delta n(f)}{I \Delta n(50 \text{ Hz})}$$

interruptor diferencial ID multi 9



clase	calibre (A)	n° curva sensibilidad (mA)		
		10	30	300
ID				
AC	25	2	1	1
	25-40	-	1	1
	63-80-100	-	2	1
A	25-40-63	-	3	2
ID si				
A,si	todos	-	4	-
todos los tipos				
S	todos	-	-	2

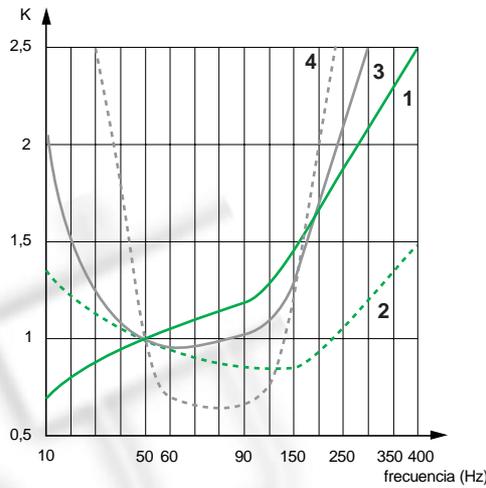
DPNa Vigi, DPN N Vigi si multi 9



clase	calibre (A)	n° curva sensibilidad (mA)	
		30	300
DPNa Vigi			
AC	todos	8	8
DPN N Vigi si			
A,si	todos	4	4

7 Gammas Schneider Electric de protección diferencial

Vigi C60 multi 9



clase calibre (A)	n° curva	
	sensibilidad (mA)	sens. (A)
	10	30 300 1 A

Vigi C60 2, 3 y 4P

AC	25	2	1	-	-
	40-63	-	2	-	-
A	25-63	3	3	2	-

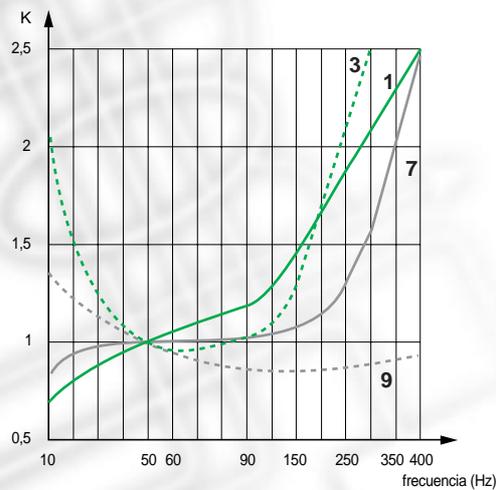
Vigi C60 si

A,si	todos	4			
------	-------	---	--	--	--

todos los tipos

<input type="checkbox"/>	todos	-	-	2	2
--------------------------	-------	---	---	---	---

Vigi NC100, Vigi NC125 multi 9



clase calibre (A)	n° curva	
	sensibilidad (mA)	sens. (A)
	30	300 1 A 3 A

Vigi NC100

AC	≤63 y ≤100	3	1	-	-
----	------------	---	---	---	---

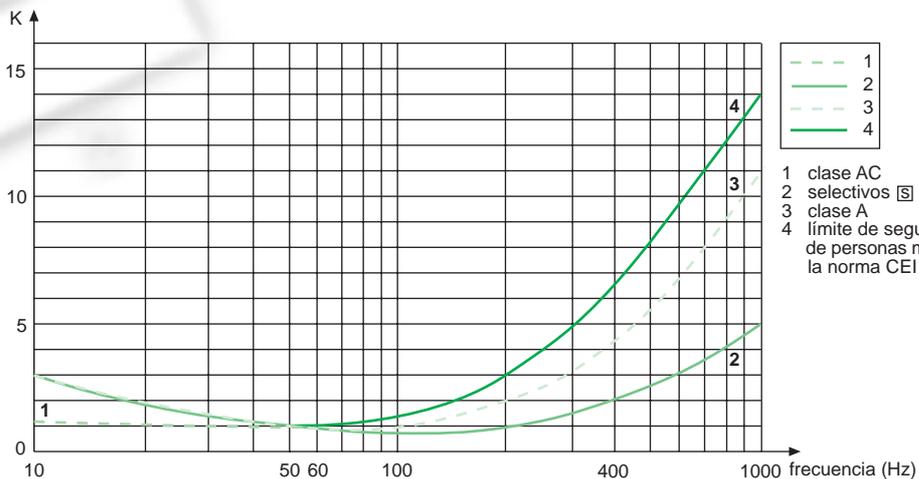
Vigi NC125

A	≤100	7	7	7	7
---	------	---	---	---	---

todos los tipos

<input type="checkbox"/>	todos	9	9	-	-
--------------------------	-------	---	---	---	---

Vigi C120, Vigi NG125 multi 9

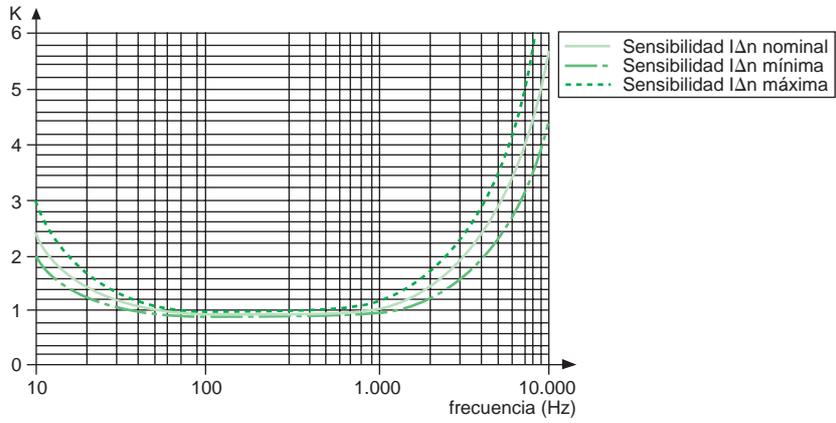


1	2	3	4
---	---	---	---

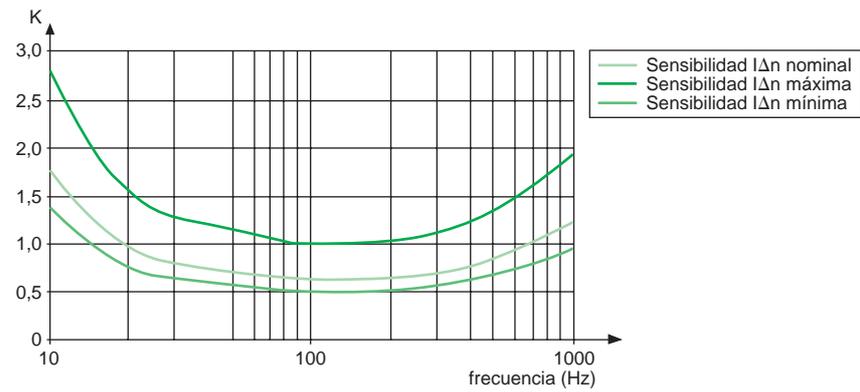
- 1 clase AC
- 2 selectivos
- 3 clase A
- 4 límite de seguridad de personas marcado por la norma CEI 479-2

7

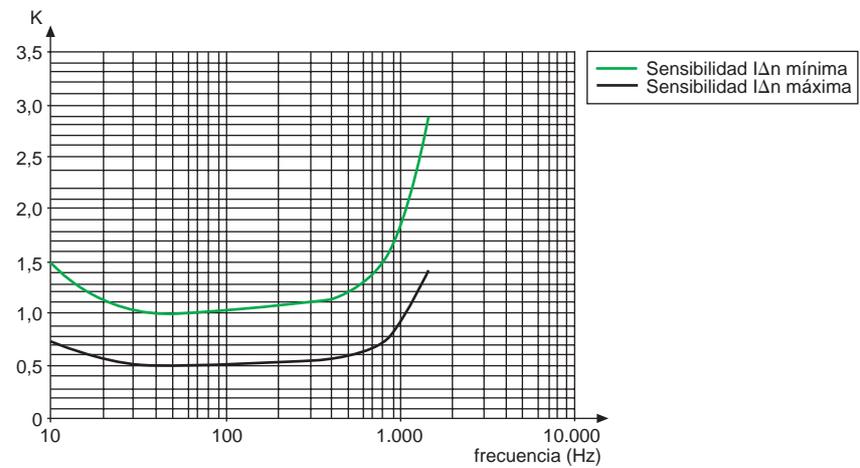
Vigirex tipo RHE y RHA



Vigirex tipo RHU



Vigicomact NS tipos ME, MH y MB



Aislamiento:

Disposición que impide la transmisión de una tensión (y el paso de una corriente), entre un elemento normalmente en tensión y una masa o la tierra.

Conductores activos:

Es todo aquel conductor implicado en la transmisión de la energía eléctrica incluido el conductor neutro, en corriente alterna, y el compensador en corriente continua. No es conductor activo el conductor PEN cuya función "conductor de protección" (PE) es prioritaria sobre la función "neutro" (N).

Conductores de protección (PE o PEN):

Conductores que, según está prescrito, unen las masas de los receptores eléctricos y ciertos elementos conductores con la toma de tierra.

Contacto directo:

Contacto de una persona con las partes activas de los receptores eléctricos (conductores y piezas que normalmente estén bajo tensión).

Contacto indirecto:

Contacto de una persona con masas metálicas puestas accidentalmente bajo tensión (generalmente como consecuencia de un defecto de aislamiento).

Corriente de defecto I_d :

Corriente resultante de un defecto de aislamiento.

Corriente de fuga:

Corriente que, sin que exista un defecto de aislamiento, regresa a la fuente a través de tierra o del conductor de protección.

Corriente diferencial residual:

Valor eficaz de la suma vectorial de las corrientes que recorren todos los conductores activos de un circuito en un punto de la instalación eléctrica.

Corriente diferencial residual de funcionamiento I_r :

Valor de la corriente diferencial residual que provoque el disparo de un dispositivo diferencial. Según las normas de fabricación, a 20°C, y para un umbral de sensibilidad de disparo fijado a $I_{\Delta n}$, los dispositivos diferenciales en baja tensión deben cumplir:
 $I_{\Delta n} / 2 < I_r < I_{\Delta n}$

Defecto de aislamiento:

Ruptura del aislamiento que provoca una corriente de defecto a tierra o un cortocircuito a través del conductor de protección.

Dispositivo diferencial residual (DDR):

Aparato cuya magnitud de funcionamiento es la corriente diferencial residual, habitualmente está asociado o integrado en un aparato de corte.

Electrización:

Aplicación de una tensión entre dos partes del cuerpo de un ser vivo.

Electrocución:

Electrización que provoca la muerte.

Esquema de Conexión a Tierra (ECT):

A veces se denomina también "Régimen de Neutro".

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la norma UNE 20460 oficializan tres esquemas de conexión a tierra principales que se definen como las conexiones posibles del neutro de la fuente y de las masas, a la tierra o al neutro. Posteriormente en dicha norma se definen también las protecciones eléctricas para cada uno de ellos.

Fibrilación cardíaca:

Es una disfunción del corazón que corresponde a la pérdida de sincronismo de la actividad de sus paredes (diástole y sístole). El paso de la corriente alterna por el cuerpo puede ser una de las causas que motiven esta disfunción. La consecuencia es el paro de la circulación sanguínea.

Masa:

Parte conductora susceptible de ser tocada y normalmente aislada de las partes activas, pero que puede alcanzar una tensión peligrosa como consecuencia de un defecto de aislamiento.

Régimen de neutro:

Ver Esquemas de Conexión a Tierra.

Tensión límite de seguridad (U_L):

Tensión U_L por debajo de la cual no existe riesgo de electrocución.

delegaciones:

ANDALUCIA OCCIDENTAL

Avda. de la Innovación, s/n
Edificio Arena 2, planta 2ª
41020 SEVILLA
Tel.: 95 499 92 10
Fax: 95 425 45 20
E-mail: del_sev@schneiderelectric.es

ANDALUCIA ORIENTAL

Avda. de Andalucía, 31, esc. dcha.
Entreplanta, oficina 2
29006 MALAGA
Tel.: 95 233 16 08
Fax: 95 231 25 55

ARAGON

Polígono Argualas, nave 34
50012 ZARAGOZA
Tel.: 976 35 76 61
Fax: 976 56 77 02
E-mail: del_zar@schneiderelectric.es

CANARIAS

General Vives, 35, bajos
35007 LAS PALMAS DE G. C.
Tel.: 928 26 60 05
Fax: 928 22 05 52
E-mail: Del_Can@schneiderelectric.es

CASTILLA-RIOJA

Avda. Reyes Católicos, 42, 1ª
09005 BURGOS
Tel.: 947 24 43 70
Fax: 947 23 36 67
E-mail: del_bur@schneiderelectric.es

CENTRO

Ctra. de Andalucía, km 13
Polígono Industrial "Los Angeles"
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: 91 624 55 00
Fax: 91 682 40 48
E-mail: del_mad@schneiderelectric.es

CENTRO-NORTE

Pso. Arco Ladrillo, 64
"Centro Madrid", portal 1, planta 2ª, oficinas 17 y 18
47008 VALLADOLID
Tel.: 983 47 94 16 - 983 22 46 25
Fax: 983 47 90 05 - 983 47 89 13
E-mail: del_vall@schneiderelectric.es

EXTREMADURA

Obispo San Juan de la Rivera, 9
Edificio Badajoz, 2º M
06001 BADAJOZ
Tel.: 924 22 45 13
Fax: 924 22 47 98

LEVANTE

Carrera de Malilla, 83 A
46026 VALENCIA
Tel.: 96 335 51 30
Fax: 96 374 79 98
E-mail: del_val@schneiderelectric.es

NORDESTE

Sicilia, 91-97, 6º
08013 BARCELONA
Tel.: 93 484 31 01
Fax: 93 484 31 57
E-mail: del_bcn@schneiderelectric.es

NOROESTE

José Luis Bugallal Marchesi, 20
Entreplanta (esc. de caracol)
15008 A CORUÑA
Tel.: 981 16 90 26
Fax: 981 23 02 24
E-mail: del_cor@schneiderelectric.es

NORTE

Ribera de Axpe, 50, 2º, Edif. Udondo
48950 ERANDIO (Vizcaya)
Tel.: 94 480 46 85
Fax: 94 480 29 90
E-mail: del_bil@schneiderelectric.es

subdelegaciones:

ALBACETE

Paseo de la Cuba, 21, 1º A
02005 ALBACETE
Tel.: 967 24 05 95
Fax: 967 24 06 49

ALICANTE

Martin Luther King, 2
Portería 16/1, entreplanta B
03010 ALICANTE
Tel.: 96 591 05 09
Fax: 96 525 46 53

ASTURIAS

Muñoz Degrain, 6, 1º, oficinas 6 y 7
33007 OVIEDO
Tel.: 98 527 12 91
Fax: 98 527 38 25
E-mail: del_ovi@schneiderelectric.es

BALEARES

Eusebio Estada, 86, bajos
07009 PALMA DE MALLORCA
Tel.: 971 29 53 73
Fax: 971 75 77 64

CACERES

Avda. de Alemania
Edificio Descubrimiento, local TL 2
10001 CACERES
Tel.: 927 21 33 13
Fax: 927 21 33 13

CADIZ-CEUTA

San Cayetano, s/n
Edif. San Cayetano, 1º, 17
11402 JEREZ DE LA FRONTERA (Cádiz)
Tel.: 956 34 33 66 - 956 34 34 00
Fax: 956 34 34 00

CASTELLON

Bernat Artola, 9, 4º A
12004 CASTELLON
Tel.: 964 26 09 50
Fax: 964 26 09 50

CORDOBA-JAEN

Arfe, 18, planta 2ª
14011 CORDOBA
Tel.: 957 23 20 56
Fax: 957 23 20 56

GALICIA SUR

Zaragoza, 60 A
36211 VIGO
Tel.: 986 41 35 22
Fax: 986 41 34 30
E-mail: del_vig@schneiderelectric.es

GIRONA

Pl. Josep Pla, 4, 1º, 1ª
17001 GIRONA
Tel.: 972 22 70 65
Fax: 972 22 69 15

GRANADA-ALMERIA

Paseo de Colón, s/n, 1º B
18220 ALBOLOTE (Granada)
Tel.: 958 46 65 61
Fax: 958 46 65 93

GUADALAJARA-CUENCA

Ctra. de Andalucía, km 13
Polígono Industrial "Los Angeles"
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: 91 624 55 00
Fax: 91 624 55 42

GUIPUZCOA

Avda. de Rekalde, 59,
1ª planta, Edificio Aguila
20009 SAN SEBASTIAN
Tel.: 943 36 01 36*
Fax: 943 36 48 30
E-mail: del_don@schneiderelectric.es

LEON

Moisés de León, bloque 51, planta 1ª, letra E
24006 LEON
Tel.: 987 20 05 75
Fax: 987 26 17 13
E-mail: del_leo@schneiderelectric.es

LLEIDA

Prat de la Riba, 18
25004 LLEIDA
Tel.: 973 22 14 72
Fax: 973 23 50 46

MURCIA

Avda. de los Pinos, 11, Edificio Azucena
30009 MURCIA
Tel.: 968 28 14 61
Fax: 968 28 14 80

NAVARRA

Polígono Ind. de Burlada, Iturrondo, 6
31600 BURLADA (Navarra)
Tel.: 948 29 96 20
Fax: 948 29 96 25

RIOJA

Pío XII, 14, 11º F
26003 LOGROÑO
Tel.: 941 25 70 19
Fax: 941 25 70 19

SANTANDER

Avda. de los Castros, 139 D, 2º D
39005 SANTANDER
Tel.: 942 32 10 38 - 942 32 10 68
Fax: 942 32 11 82

TENERIFE

Custodios, 6, 2º El Cardonal
38108 LA LAGUNA (Tenerife)
Tel.: 922 62 50 50
Fax: 922 62 50 60

Schneider Electric España, S.A.

Pl. Dr. Letamendi, 5-7
08007 BARCELONA
Tel.: 93 484 31 00
Fax: 93 484 33 07
<http://www.schneiderelectric.es>

En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometen hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios.