

DISPAROS INTENPESTIVOS DE DIFERENCIALES

RESIDUAL CURRENT DEVICE NUISANCE TRIPPING

Recibido: 25/09/06

Aceptado: 10/10/06

Francisco José Pazos

Filgueira

Ingeniero Técnico Industrial

Eduardo Azcona Castellano

Ingeniero Industrial

Ingeniero Técnico Industrial

Iberdrola Distribución S.A.U.

Dirección de Servicios

Técnicos

RESUMEN

Los diferenciales utilizados habitualmente en España no tienen un funcionamiento adaptado a las cargas electrónicas que existen en cualquier instalación. En determinadas circunstancias, esto puede provocar un problema de seguridad, pero, además, esta falta de adecuación da lugar a un creciente número de disparos intempestivos.

En estos disparos concurren tres circunstancias: el empleo de diferenciales diseñados para instalaciones en los que se asume que no existe ningún tipo de conexión a tierra, las corrientes transitorias generadas por los filtros a tierra de los receptores electrónicos y, como catalizador, un evento que desencadena el disparo. Cuando este evento es tan notable y repetitivo como los cortocircuitos en una construcción, el elevado número de usuarios afectados demuestra el gran alcance de este problema.

Los transitorios son difíciles de controlar, por lo que la solución más adecuada es actualizar los cuadros de distribución, de manera que estén preparados para alimentar cargas electrónicas.

Palabras clave: Diferencial, disparo intempestivo, corriente transitoria, fuga.

ABSTRACT

The Residual Current Devices (RCD) commonly used in Spain are not appropriate to protect circuits with electronic devices. In some circumstances, this can lead to a safety problem,

but, in addition, this unsuitability creates an increasing number of nuisance RCD tripping.

Three circumstances concur in this nuisance trippings : the use of RCD designed for facilities in which no connections to ground are considered, the transient currents to ground produced by appliance's filters and, as catalyst, an event that give rise to the tripping. When this event is so important and frequent as short-circuits in construction works, the significant number or affected customers reveals the real importance of this problem.

Since a complete transient control is impossible in an electrical network, the most appropriate solution is to update the facilities' protections, so that they become prepared for circuits with electronic loads.

Key words: Residual Current Device, RCD, nuisance tripping, ground fault detector, earth leakage current.

1. INTERRUPTORES DIFERENCIALES

El valor de 30 mA como límite de corriente residual, se corresponde con la mínima corriente que, aplicada a una persona durante un período prolongado, podría producirle daños irreversibles. A partir de este valor, los fabricantes han desarrollado interruptores diferenciales, que aseguran disparos con valores inferiores a los 30 mA en tiempos muy rápidos.

Los diferenciales están definidos por la norma UNE-EN 61008-1 [1], pudiendo ser:

- Tipo AC 

- Tipo A 

- Tipo S (o temporizados)

Los diferenciales de tipo S no se utilizan generalmente en viviendas y no están permitidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) [2] a menos que también

exista un diferencial de tipo general (AC ó A) *aguas abajo*.

Los diferenciales tipo AC son los más utilizados en viviendas en España. Se trata de los equipos más simples y económicos. Su problema es que únicamente tienen un funcionamiento correcto ante fugas de corriente alterna. De acuerdo a su norma de fabricación y, también, a las características proporcionadas por los fabricantes, presentan dos importantes problemas:

- No disparan ante corrientes pulsantes (del tipo mostrado en la figura 1) e incluso se pueden bloquear.

Las corrientes pulsantes aparecen si la fuga se produce en la etapa de continua de un equipo electrónico.

Los fabricantes afirman que los toroidales utilizados en los diferenciales de tipo AC son insensibles a las corrientes rectificadas pulsantes, porque el ciclo de histéresis del toro no es completo y el flujo generado es demasiado débil para disparar el relé.

Además, el relé de disparo puede tender a cerrar el relé de disparo en vez de abrirlo, en función de su polaridad, lo que puede dar lugar a que una fuga de continua mantenga el relé bloqueado, de tal manera que no actúe en caso de una segunda fuga de alterna.

También mencionan la posibilidad de bloqueos ante corrientes de alta frecuencia, debidos a que el tiempo que se aplica la polaridad apropiada al relé de disparo no es suficiente para que abra.

Por todo ello, algunos fabricantes indican en su información técnica que, en estos casos, existe riesgo de electrocución o incendio.

- Pueden disparar ante determinadas componentes de alta frecuencia, lo que está relacionado con los disparos intempestivos.

De acuerdo a la norma UNE-EN 61008-1, para disparar correctamente ante fugas de corriente pulsante es necesario utilizar diferenciales de

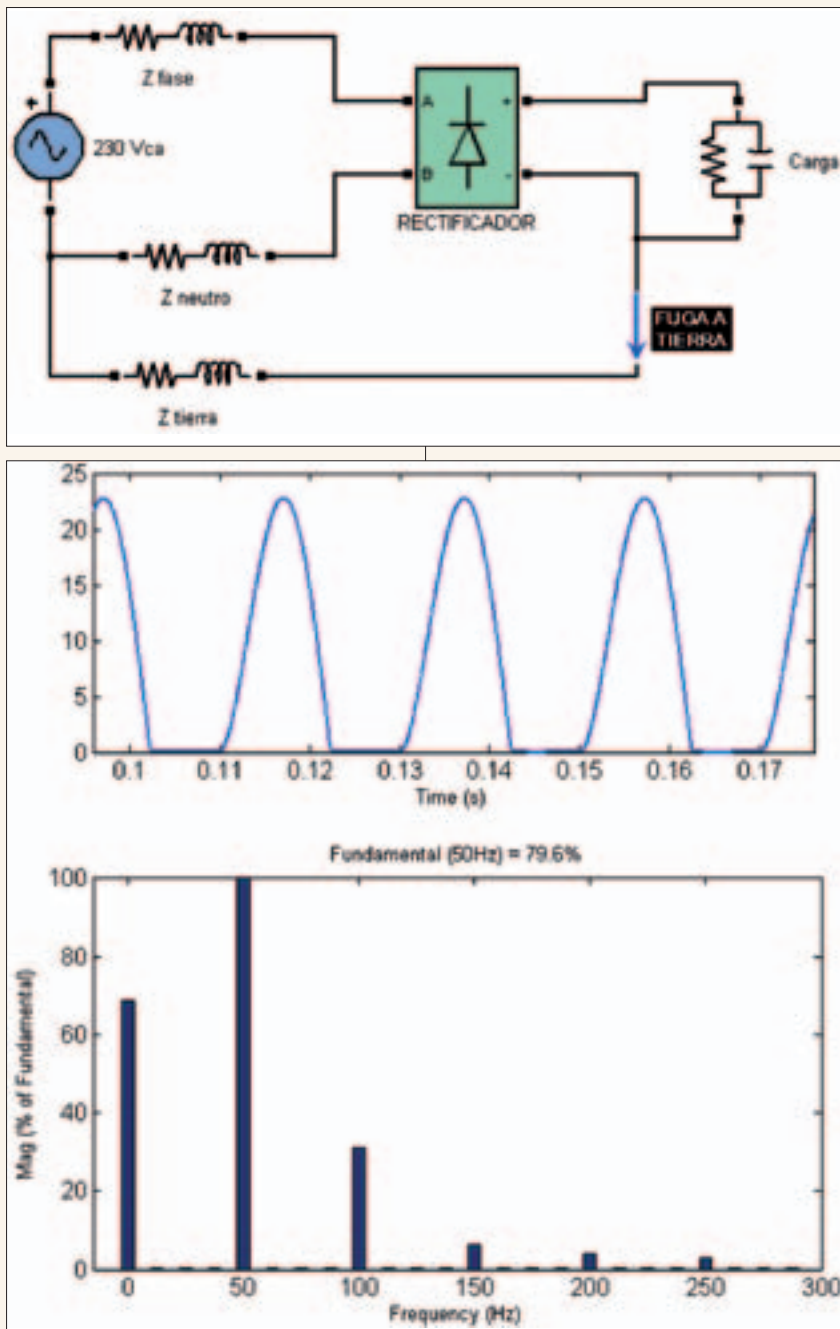


Figura 1: Fuga en la etapa de continua de un equipo electrónico

tipo A. Para su fabricación se utilizan toroidales con distintas características magnéticas y se incluye un filtrado que garantiza la correcta polaridad del flujo en el relé de disparo. De hecho el artículo 3.5 de la Instrucción Técnica Complementaria del REBT ITC-BT 24 indica que “cuando se prevea que las corrientes diferenciales puedan ser no senoidales..., los dispositivos de corriente diferencial-residual utilizados serán de tipo A...”. Cualquier equipo electrónico de los utilizados habitualmente –y no solo el complejo ejemplo citado por la ITC,

relacionado con la electromedicina– puede producir corrientes de este tipo, ya que la forma de onda de la fuga no depende de la función del aparato sino del tipo de fuente de alimentación, y estas suelen ser similares en cualquier tipo de equipo electrónico. Tampoco es preciso que se trate de equipos de potencia, ya que (como se aprecia en la figura 1) la componente de 50 Hz de una fuga pulsante es aproximadamente el 80% del valor eficaz de la fuga. Esto significa que un receptor puede dar una fuga con 30 mA de 50 Hz consumiendo tan so-

lo 8,6 W. Además, los ensayos de inmunidad ante corrientes pulsantes previstos en la norma UNE-EN 61008-1 tampoco están pensados para equipos de potencia, ya que los diferenciales de tipo A deben garantizar disparos con corrientes residuales pulsantes menores o iguales a tan sólo 42 mA.

Por ello, a pesar de no ser práctica habitual hasta la fecha, sería conveniente en cualquier instalación de uso general (por ejemplo, viviendas) instalar diferenciales de tipo A ya que es fácil prever que esas instalaciones van a alimentar equipos electrónicos.

Este tipo de diferenciales ya es exigido por algunos fabricantes de electrodomésticos para utilizar sus equipos. Asimismo, países como Alemania no aceptan (en ningún caso) la instalación de diferenciales tipo AC, exigiendo que sean de tipo A. En otros países se hace una división de circuitos con mayor número de diferenciales que en España, exigiendo diferenciales de tipo A en determinados circuitos.

A pesar de la mejora sustancial que implica la utilización de diferenciales de tipo A, los propios fabricantes alertan de dos posibles fallos, ambos relacionados con fugas de alta frecuencia. En este caso, señalan que se podrían bloquear o disparar intempestivamente. Para evitar estos problemas, la mayor parte de los fabricantes disponen en sus catálogos de diferenciales de tipo A a los que han añadido un filtrado adicional para eliminar la alta frecuencia y/o un pequeño retardo. Como estos sistemas adicionales no están normalizados, cada marca los denomina según su propio criterio como, por ejemplo, inmunizados, superinmunizados, de alta inmunidad, etc.

Otro aspecto a tener en cuenta es el *tiempo de disparo*. En general, los fabricantes aplican el criterio de que a mayor velocidad en el disparo mayor seguridad. Como consecuencia suelen disparar en tiempos muy inferiores a los máximos admisibles según la norma UNE-EN 61008-1 en su capítulo 5.3.12. Esta rapidez es precisamente una de las condiciones que hacer aparecer los disparos intempesti-

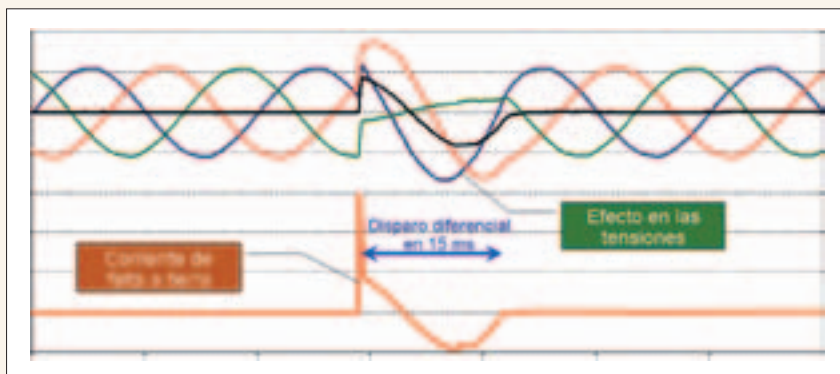


Figura 2: Fallo de aislamiento despejado por un interruptor diferencial

vos ya que van a hacer que el diferencial dispare ante fenómenos transitorios como los que se describirán a continuación.

2. DERIVACIONES A TIERRA

Exceptuando instalaciones o diferenciales defectuosos, cuando dispara un diferencial es porque realmente existe una circulación de corriente a tierra. Esta puede dividirse en:

- Circulación de corriente a tierra accidental debida al contacto de una persona o elemento con un conductor. Se trata de una corriente básicamente de 50 Hz u, ocasionalmente, pulsante.

- Derivación intencionada de corrientes a tierra por parte de filtros o protecciones instalados en los receptores. En este caso se trata de corrientes de alta frecuencia o transitorias.

En cualquier caso, se trata de fenómenos tan rápidos que no se aprecian con medidas de valor eficaz. Para analizarlos es necesario observar la forma de onda de tensión y corriente.

Cuando se trata de una conducción a tierra a través del cuerpo humano, la corriente que circula es limitada por la resistividad del propio cuerpo dando lugar a corrientes que, como máximo, son del orden de unos cientos de miliamperios.

Sin embargo, las corrientes en caso de fallo de aislamiento son muy superiores, normalmente de decenas de amperios, como en el caso real mostrado por la figura 2 que corresponde a una falta a tierra que es despejada, de manera correcta, por el diferencial en tan sólo 15 milisegundos.

Ese tiempo está dentro del rango habitual de actuación del diferencial y la clave es lo que ocurre en el conjunto del sistema eléctrico durante esos milisegundos. En la parte superior del gráfico observamos que, a consecuencia de la falta, se produce una alteración en las tensiones medidas entre cada una de las tres fases y tierra (verde, azul y roja) y también la aparición de una tensión entre el neutro y la tierra que antes no estaba (línea negra).

Así, una incidencia sufrida por un cliente afecta a las tensiones de alimentación de todos los demás clientes del centro de transformación.

3. AISLAMIENTO EN INSTALACIONES RECEPTORAS

Se suele considerar que en una instalación no hay conexión entre las fases o el neutro y la tierra. Sin embargo, esto no es así.

Para superar los ensayos de compatibilidad electromagnética, los equipos que disponen de toma de tierra tienen elementos conectados a tierra situados en la etapa de entrada

de su fuente de alimentación como los representados en la figura 3. Son de dos tipos:

- Condensadores (individuales o integrados en filtros). Derivan a tierra una corriente $i=C \cdot dv/dt$, que alcanza un valor importante ante componentes de alta frecuencia, tanto transitorias como repetitivas.

- Varistores: Elemento de protección contra sobretensiones más habitual.

La figura 4 muestra el comportamiento de este tipo de equipos en caso de una falta a tierra en otro cliente, similar a la representada en la figura 2. Se observa que, tanto los condensadores de los receptores como los varistores, reaccionan ante el transitorio provocado por la falta a tierra en otro cliente, conduciendo corriente a tierra durante unos instantes.

Se ha comprobado que la mayor parte de los disparos intempestivos están relacionados con este fenómeno.

La elección de los varistores es particularmente importante y compleja en lo referente al disparo intempestivo de diferenciales. Normalmente se parte de la máxima tensión admisible por el varistor (U_c), que de acuerdo a la norma IEC 60364-5-53 [3] debería ser al menos 1,1 veces la tensión nominal (por tanto > 253 V en sistemas de 230 V) a lo que habría que añadir las exigencias del apartado 442 de IEC 60364-4-44 [4] en lo referente a sobretensiones temporales. El primer valor habitual de varistores que cumple esta condición es el de 275 Vrms por lo que es ampliamente utilizado. Dicho varistor tiene como caracterís-

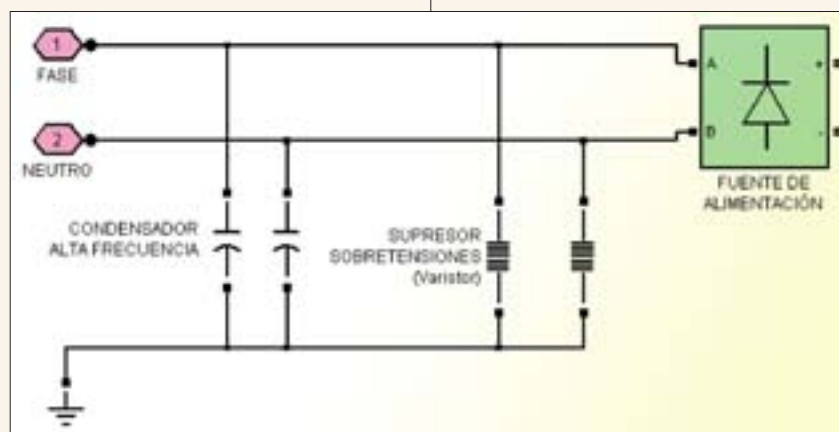


Figura 3: Etapa de entrada de una fuente de alimentación de un equipo electrónico con toma de tierra.

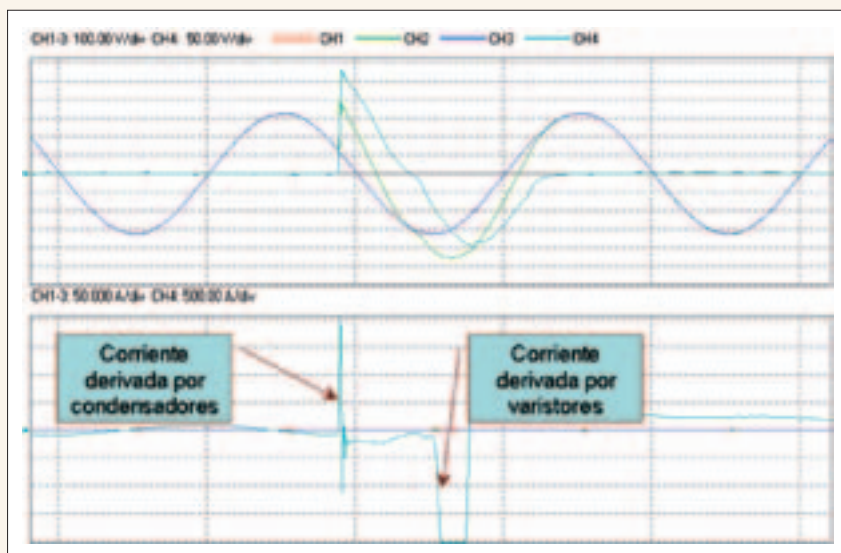


Figura 4: Derivación de corrientes a tierra coincidiendo con falta en otro cliente

Parte superior del gráfico: Tensiones - Azul oscuro: fase-neutro; Azul claro: neutro-tierra; Verde: fase-tierra

Parte inferior del gráfico: Intensidades - Azul claro: corriente de fuga (500 mA división)

tica que deriva 1 mA si se le aplican tensiones instantáneas de 430 V $\pm 10\%$. Para tensiones un 20% o un 30% superiores, pueden derivar a tierra corrientes del rango de amperios, lo que supone resistencias de aislamiento que pueden estar por debajo de los 100.

Sin embargo, el REBT, en la ITC BT-19, asume que la resistencia de aislamiento de una instalación correcta es como mínimo 0,5 M Ω . El ensayo correspondiente se realizaría con 500 Vcc, con los que la corriente de fuga debería ser menor a 1 mA.

Aunque, para garantizar este valor, no podrían utilizarse varistores de $U_c < 350$ Vrms, los varistores instalados por los fabricantes suelen tener una U_c mucho más baja. Sin embargo, no se detectan incumplimientos en los ensayos dieléctricos, porque, tal y como se indica en la norma UNE-EN 60664-1 [5], durante los ensayos se desconectan las protecciones contra sobretensiones.

Por otro lado, al realizar los ensayos de aislamiento con continua, los condensadores dan una impedancia prácticamente infinita, con lo que tampoco se revelan como un fallo de aislamiento. Sin embargo, a 1 kHz, los 0,5 M Ω se corresponden con tan sólo 0,3 pF. En la práctica, el conjunto de los condensadores conectados a tierra en una instalación puede su-

poner fácilmente decenas o centenas de nF. Con estos valores (e independientemente del valor de la tensión) la reactancia entre los conductores y tierra ante transitorios de media-alta frecuencia sería de apenas unos cientos o unos pocos miles de ohmios.

Aunque se pueda conseguir la conformidad formal de la instalación,

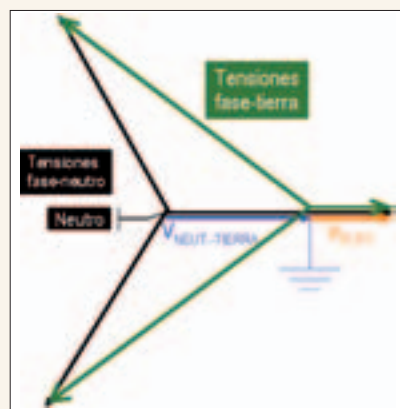
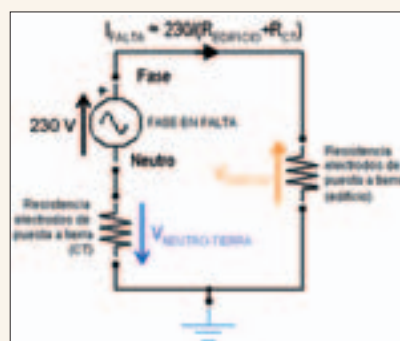


Figura 5: Aparición de tensión neutro-tierra por una falta a tierra

desconectando los receptores durante el ensayo, en condiciones de funcionamiento reales las instalaciones con receptores electrónicos con toma de tierra presentan impedancias de aislamiento a tierra muy inferiores a los que se mencionan en el REBT. Esto contrasta con el sistema de protección diferencial que, tal y como está diseñado, asume que cualquier tipo de fuga a tierra supone una anomalía potencialmente peligrosa aunque sea muy breve.

4. DISPAROS INTENESTIVOS

Los disparos intempestivos se producen cuando se suman varios factores: tenemos uno o varios equipos electrónicos que producen una corriente transitoria a tierra, un diferencial sensible a esos transitorios y una causa que lo desencadena.

Este desencadenante puede ser de varios tipos. El más frecuente es una falta a tierra en otro punto de la red, que da lugar a una circulación de corriente por los electrodos de tierra. Un ejemplo puede ser el representado por el esquema simplificado de la figura 5, que da lugar a la tensión entre neutro y tierra representada vectorialmente, equivalente a la forma de onda representada en la figura 2.

Esta tensión, que se transmite a todos los clientes del centro de transformación, no supone un riesgo ni para las personas ni para los equipos de los demás clientes ya que:

- Es una de las características normales del suministro eléctrico, descrita en la norma UNE-EN 50160 [6], Capítulo 2.8, aplicable según el artículo 102 del RD 1955/2000 [7].

- Los equipos siguen recibiendo la misma tensión entre fase y neutro, por lo que sufren alteración en su funcionamiento normal.

- No existen sobretensiones severas a tierra, al estar limitadas, como máximo, a la tensión fase-fase de la red de BT. En cualquier caso son muy inferiores a la tensión de ensayo de rigidez dieléctrica (mínimo 1000 V según UNE-EN 60335-1 [8]). Asimismo, está muy por debajo de los valores indicativos de 1,5 kV de la norma UNE-EN 50160 y también de lo dispuesto por la norma UNE 20460-4-442 [9].

El caso con mayor incidencia es el que se produce en la proximidad de obras de nueva construcción, aunque también puede producirse en equipos domésticos o industriales.

Otros desencadenantes pueden ser:

- Perturbaciones de alta frecuencia generadas por las propias cargas alimentadas por el diferencial. Por ejemplo, la alimentación a un gran número de equipo electrónicos (como balastos u ordenadores) que es el caso típico en oficinas o similares.

- Conexión o desconexión de cargas de la red. Este tipo de maniobras pueden crear transitorios de milisegundos.

5. SOLUCIONES ACTUALES

En principio, se podría actuar sobre cualquiera de los tres puntos que hemos descrito. Sobre los diferenciales, sobre los equipos electrónicos o sobre lo que hemos llamado el desencadenante. Sin embargo, las soluciones aplicables a algún punto son más difíciles que otros.

En lo que se refiere al desencadenante, es imposible evitar que, tarde o temprano, se produzcan fallos de aislamiento en alguna instalación o controlar las conexiones o características de todas las cargas. Únicamente se puede actuar en caso de que se identifique un punto que repetidamente sufra fallos de aislamiento como suelen ser las obras.

Por otro lado, la red actúa únicamente como transmisora, a través del sistema de puesta, cuyas características están limitadas por los reglamentos de baja y alta tensión. Ocasionalmente, algunos instaladores han solucionado parte de estos casos con uniones entre el neutro y la tierra en las instalaciones de los clientes. Este tipo de actuación no debe llevarse a cabo en ningún caso, ya que modifica el sistema de puesta a tierra del conjunto de instalaciones alimentadas por el centro de transformación y resulta antirreglamentario.

5.1. Soluciones en obras de construcción

El caso típico sería una obra en la que, bien los equipos de construc-

ción (grúas, etc.) o el deterioro de las mangueras, producen fallos repetitivos. En este caso, el diferencial de la obra debe actuar. Sin embargo, esto no garantiza que no disparen otros diferenciales.

Esto es debido a los tiempos de actuación de los diferenciales. Un diferencial toma la decisión de abrir rápidamente (frecuentemente en el entorno de 1 ms) pero abrir los contactos y extinguir la corriente le cuesta, típicamente, entre 5 y 20 ms como se ve en la figura 2.

Esto significa que mientras el diferencial que tiene la falta de aislamiento está extinguiendo la corriente de fuga, hay tiempo de sobra para que en los demás circuitos vean transitorios como los de la figura 4 y “decidan” abrir. Una vez tomada esa “decisión” abrirán, aunque el transitorio desaparezca. En consecuencia, disparan tanto el diferencial que debería hacerlo como otros que hayan visto un transitorio de corriente que supera su sensibilidad.

La solución obvia es la reparación de los fallos de aislamiento en la obra. Sin embargo, en muchas ocasiones resulta difícil localizar el elemento averiado –por ejemplo, en caso de fallos intermitentes o de cambios continuos– y, frecuentemente, el instalador que montó el cuadro ya no está en la obra. En casos severos se puede utilizar un transformador de aislamiento en el cuadro de entrada de la obra. Se trata de equipos fáciles de encontrar y las condiciones que deben cumplir están reguladas por el REBT en su ITC-BT-24, capítulo 4.5.

Esa solución se ha aplicado (con éxito) en alguna obra de gran magnitud aunque por el momento no se aplica de forma general.

5.2. Actuaciones sobre en el cliente que sufre los disparos intempestivos

En principio se podría actuar evitando la derivación de corrientes a tierra en los equipos receptores o utilizando otro tipo de diferenciales. Sin embargo, evitar la derivación de corrientes implica alterar las protecciones o filtros de los receptores. Esto es a la vez complicado y poco recomendable, ya que habría que estudiar cada

receptor y, además, las modificaciones afectarían a sus características y garantía del equipo. Este tipo de soluciones sería aplicable únicamente en casos industriales particulares.

La solución más razonable es utilizar un diferencial con unas características adaptadas a las cargas electrónicas que, al fin y al cabo, es lo normal en una instalación actual.

Como se ha mencionado anteriormente, cuando se alimenten equipos electrónicos deberían utilizarse diferenciales de tipo A. Aunque el objetivo de este tipo de diferenciales no es ser menos sensible sino mejorar la seguridad, el cambio de materiales del toroidal y la inclusión de filtros que conlleva ha resuelto, ocasionalmente, algunos problemas de disparos intempestivos originados por transitorios capacitivos. De la misma manera, algunos diferenciales tipo AC de gama industrial suelen ser más inmunes que sus homólogos domésticos. En aquellos casos en que esta solución no sea suficiente, se trataría utilizar diferenciales que llevan un filtrado adicional, es decir, los llamados inmunizados, super-inmunizados, de alta inmunidad, etc.

Son una solución bastante efectiva en gran parte de los casos. No obstante, se han detectado algunos casos en los que los disparos intempestivos persisten, debido a una conducción a tierra que alcanza varios amperios y dura hasta 4 milisegundos por semiciclo. La causa es la utilización, dentro de equipos electrónicos, de varistores de tensión nominal muy baja que, en casos extremos, llegan a ser $U_c=250$ V, incumpliendo la norma IEC 60364-5-53. En la figura 4 se observa cómo la fuga de amperios que aparece, se produce con una tensión inferior a 500 V lo que supone un aislamiento miles de veces menor de lo esperado.

Con los medios disponibles en la actualidad, existen dos posibles soluciones para resolver esta falta de coordinación entre la protección ante sobretensiones de equipos electrónicos y protección diferencial. Una es utilizar un diferencial de tipo A con una actuación un poco más lenta, aunque sin llegar a ser de tipo S. Co-

mo última solución se podrían instalar diferenciales de tipo A con reconector. Estos últimos son efectivos en todos los casos, si bien no evitan interrupciones breves y requieren más espacio en el cuadro de distribución.

Por otro lado, en instalaciones industriales o de oficinas, pueden existir fugas permanentes de alta frecuencia debidas a la suma de las fugas de varias cargas electrónicas. La solución en caso de disparos en estas circunstancias es utilizar diferenciales inmunizados que incluyan filtrado de alta frecuencia y/o una mayor división de circuitos, de manera que se limite el número de receptores electrónicos por cada diferencial.

6. RESPONSABILIDADES DE LAS EMPRESAS INSTALADORAS

El REBT adjudica la responsabilidad legal de la seguridad de la instalación a las empresas instaladoras al indicar que:

- Adoptarán las medidas de seguridad proporcionadas a las características de los aparatos receptores (Art. 16.4)
- Confeccionarán unas instrucciones para el correcto uso y mantenimiento de la instalación (Art.19)
- Deberán prever corrientes diferenciales no senoidales para instalar diferenciales tipo A. (ITC-BT 24, Art. 3.5)

Sin embargo, lo habitual es instalar diferenciales tipo AC sin incluir ningún tipo de advertencia en los "Manuales de uso y mantenimiento" que se entregan a los usuarios, a pesar de ser obvio que se conectarán equipos electrónicos.

Por otro lado, disponen de información escrita por parte de algunos fabricantes y de la norma de diferenciales, que indican que los diferenciales AC pueden fallar y originar un peligro para las personas y equipos. En estas circunstancias, la empresa instaladora podría quedar en una situación legal realmente compleja en caso de accidente.

Aunque este problema se podría solucionar con limitando la conexión de determinados equipos electrónicos, esto no tendría mucho sentido. Lo más recomendable es instalar siempre diferenciales de tipo A, con

lo que se garantizaría una instalación más segura y quedarían cubiertos por la normativa.

7. CONCLUSIONES

Los disparos intempestivos de diferenciales se generalizan al instalar equipos electrónicos cada vez más sofisticados y, como consecuencia, cada vez más protegidos. En cierto modo, se trata de una consecuencia de una serie de indefiniciones normativas, que provocan un desajuste entre las características de las protecciones, equipos e instalaciones.

En particular, el concepto de instalación aislada respecto de tierra, en el que se basa la protección diferencial, ya no es real. Los elementos de filtrado y protección de receptores electrónicos hacen que las instalaciones presenten impedancias a tierra muy bajas ante transitorios de tensión, lo que da lugar a corrientes transitorias a tierra que son detectadas por los relés diferenciales.

Precisamente, otra faceta del problema es la actuación de los diferenciales. Los más habituales, los de tipo AC, son propensos a disparar ante corrientes transitorias, sin que esto suponga un incumplimiento de su norma de fabricación, que no los limita en este aspecto. En parte, esto se debe a que se tratan de equipos de bajo coste que no incluyen sistemas de filtrado o temporización. Además, presentan problemas de seguridad en caso de fugas pulsantes, por lo que es recomendable utilizar diferenciales de tipo A.

El tercer factor a tener en cuenta es el papel de las empresas instaladoras. Reglamentariamente deben prever el tipo de cargas de una instalación, protegerlas adecuadamente e informar de las condiciones de uso. La aparición de disparos intempestivos supone que alguno de estos puntos no se ha cumplido. Buena parte de esta inadecuación se debe a la complejidad técnica o a la falta de información sobre este problema. Pero, por otro lado, la fuerte competencia entre instaladores crea una tendencia a una instalación de mínimos, en la que dichas exigencias reglamentarias no son suficientemente atendidas.

Es necesaria una actualización de los sistemas de protección diferencial. A la espera de una solución específica que contemple todas las particularidades de las cargas electrónicas, ya existen soluciones comerciales –diferenciales con filtrado, pequeños retardos o reconexión– que presentan muchas ventajas sobre los utilizados habitualmente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AENOR. "UNE-EN 61008-1 Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, sin dispositivo de protección contra sobretensiones, para usos domésticos y análogos (ID) Parte 1: Reglas generales". 1996.
- [2] Ministerio de Ciencia y Tecnología. "Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión". RD 842/2002.
- [3] Comisión Electrotécnica Internacional. "IEC 60364-5-53: Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control". 2002.
- [4] Comisión Electrotécnica Internacional. "IEC 60364-4-44: Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances". 2003
- [5] AENOR. "UNE-EN 60664-1: Coordinación de aislamiento en los equipos (redes) de baja tensión. Parte 1: principios requisitos y ensayos". 2004.
- [6] AENOR. "UNE-EN 50160 Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución". 2001
- [7] Ministerio de Economía. "Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica."
- [8] AENOR. "UNE-EN 60335-1: Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales". 2002
- [9] AENOR. "UNE 20460-4-442: Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 44: Protección contra las sobretensiones. Sección 442: Protección de las instalaciones de baja tensión contra los defectos a tierra en las instalaciones de alta tensión". 1999. ■