

Protección frente a sobretensiones en instalaciones de baja tensión

Rodolfo Dufo López

Los descargadores de sobretensiones permiten proteger las instalaciones eléctricas y los aparatos conectados de posibles variaciones bruscas de la tensión

Sobretensiones en las instalaciones eléctricas BT

Sobretensiones transitorias

Una sobretensión es una tensión elevada que aparece en la instalación, y que puede superar la tensión máxima admisible tanto en cables como en receptores. La descarga de un rayo sobre cualquier cable conductor provoca sobretensiones transitorias en el conductor que se caracterizan por su corta duración, crecimiento rápido (el rayo normalizado tipo es de 1,2/50 μ s, es decir, onda con tiempo de subida hasta el valor de cresta de 1,2 μ s y tiempo de bajada hasta el 50 % del valor de cresta de 50 μ s) y valores de cresta muy elevados (hasta varias centenas de kV). Esta descarga se propaga en un radio de varios kilómetros y su dispersión en la tierra eleva su potencial, induciendo fuertes sobretensiones en los cables subterráneos y aumentando la tensión en las tomas de tierra. El rayo no es el único causante de sobretensiones transitorias, también lo son las grandes conmutaciones de las compañías eléctricas, las conmutaciones de maquinaria de gran potencia y las descargas electrostáticas.

Las sobretensiones producidas por fenómenos atmosféricos llegan hasta las instalaciones de tres formas:

– *Sobretensión conducida*: El rayo cae directamente sobre la línea aérea, propagándose la sobretensión a lo largo de varios kilómetros. Ésta acaba llegando a las ins-

talaciones interiores de BT y se deriva a tierra a través de los receptores, provocando averías o su total destrucción.

– *Sobretensión inducida*: La radiación emitida por el impacto del rayo sobre un objeto (poste, árbol, pararrayos, etc.) próximo a las líneas eléctricas, induce tensiones transitorias en éstas, transmitiéndose a las instalaciones interiores.

– *Aumento del potencial de tierra*: Cuando un rayo cae a tierra o a una estructura conectada a tierra, la corriente de descarga del rayo que circula por el terreno puede elevar el potencial del terreno varios miles de voltios.

La protección se realiza mediante los descargadores de sobretensiones. Las sobretensiones pueden presentarse en el receptor de dos formas:

– *Modo común* (entre fase y tierra o entre neutro y tierra).

– *Modo diferencial* (entre fase y fase o entre fase y neutro). Este modo es especialmente peligroso para los equipos informáticos.

Sobretensiones permanentes

Una sobretensión permanente se produce cuando el valor eficaz de la tensión es superior al 110 % del valor nominal, manteniéndose durante varios períodos o permanentemente.

Se produce debido a defectos en los centros de transformación o por corte del conductor neutro, en las redes BT. En la *figura 1* puede verse que tras la

rotura del neutro las cargas Z1 y Z2 quedan en serie ante una tensión de línea de 400 V. La tensión se repartirá en función de los valores de dichas impedancias. En el ejemplo, suponiendo las cargas resistivas, la Z2 queda con 333,3 V, frente a los 230 para los que está diseñada.

Estas sobretensiones permanentes pueden conllevar la reducción de la vida útil del receptor o su destrucción, así como la disminución de la seguridad de los usuarios.

Esta es la razón por la que en las líneas 3F + N se debe realizar el tendido del neutro con especial atención, para evitar su rotura. Esas líneas el neutro no debe llevar fusible (las fases, sí; el neutro, no). El REBT, en la ITC-BT-22, en su *tabla 1* establece las condiciones de la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, teniendo en cuenta que si se protege el neutro (en esquema TT si el neutro es de sección menor que las fases), debe realizarse mediante un sistema mecánico que asegure que el neutro abre después que las fases, y que cierra antes o a la vez que las fases (los interruptores automáticos cumplen esta condición).

Estas sobretensiones se protegen con los limitadores de sobretensiones permanentes. Detectan la sobretensión y hacen disparar, por accionamiento mecánico, el interruptor magnetotérmico o diferencial al que están asociados.

Descargadores de sobretensiones

Normalmente consisten en varistores, que tienen la propiedad de presentar una resis-



AGE FOTOSTOCK

tencia muy elevada para las tensiones normales del circuito, mientras que cuando se presenta una sobretensión, la resistencia del varistor se hace muy pequeña, derivando ésta a tierra y protegiendo al receptor.

Pueden conectarse en modo común (entre fase y tierra y entre neutro y tierra) y en modo diferencial (entre fase y fase y entre fase y neutro). También hay descargadores en modo mixto (figuras 3 y 4).

Se le suele colocar un PIA en serie para, en el caso de que se destruya, no dejar la instalación en cortocircuito. En el cuadro de protección y mando de una vivienda se colocaría entre el Interruptor General Automático (IGA) y el Interruptor Diferencial (ID), en modo común, como se observa en la figura 5.

Diseño de la protección frente a sobretensiones transitorias

El antiguo REBT no trataba la protección frente a sobretensiones. Sin embargo, han sido y son causa de la destrucción de muchos receptores, fundamentalmente electrónicos e informáticos.

Según el REBT, en su ITC-BT-23, las instalaciones interiores se deberán proteger contra sobretensiones, siempre que la instalación no esté alimentada por una red de distribución subterránea en su totalidad (es equivalente a red subterránea la red aérea con conductores aislados con pantalla metálica unida a tierra en sus dos extremos). Es decir, que toda instalación que sea alimentada por algún

tramo de línea de distribución aérea, sin pantalla metálica unida a tierra en sus extremos, deberá protegerse contra sobretensiones (el REBT lo llama situación controlada). La protección (descargadores de sobretensiones) puede realizarse mediante dispositivos colocados en las líneas aéreas de distribución en BT, si están suficientemente próximos al origen de la instalación. En caso contrario, deberá instalarse protección en el edificio.

En redes TT se colocarán los descargadores de sobretensiones entre cada conductor activo (fases y neutro) y tierra. Es decir, en modo común, para la protección basta (en los cuadros), y en modo diferencial, para la protección fina (junto a los receptores electrónicos especialmente sensibles). También hay descargadores con ambas conexiones.

Los parámetros de un descargador de sobretensiones son:

- *Intensidad máxima, I_{max}* : máxima intensidad que puede descargar sin dañarse en una ocasión.
- *Intensidad nominal, I_n* : intensidad que el protector puede descargar 20 veces sin dañarse.
- *Tensión nominal asignada o tensión máxima en régimen permanente, U* : Es la máxima tensión para la cual el protector no derivará corriente a tierra. La norma UNE 20460-4-443 fija los valores mínimos para la conexión en modo común tabla 1.

Para modo diferencial, en todos los casos deberá ser mayor que $1,07 \cdot U_0 =$

246 V (máxima tensión que puede haber en el sistema entre fase y neutro, teniendo en cuenta el +7 % permitido en el origen de la instalación).

Los fabricantes suelen fabricar para modo común descargadores con $U_c = 440$ V, y para modo diferencial descargadores con $U_c = 275$ V.

– *Tensión residual asignada o nivel de protección, U_p* : es la tensión que aparece en los extremos del protector, cuando es atravesado por la intensidad nominal. Esta debe ser menor que la tensión máxima tensión soportada a impulso tipo rayo por el equipo o receptor a proteger (por ejemplo, los equipos informáticos son los aparatos menos resistentes a las sobretensiones transitorias, del orden de 1 o 1,5 kV, mientras que un motor o un electrodoméstico puede soportar del orden de 2,5 kV).

El REBT recomienda escoger los receptores con nivel de aislamiento no inferior al de la tabla 2. No obstante, para los de categoría I hay algunos equipos como ordenadores personales, modem, etc., que soportan del orden de 1 kV, mientras que equipos electrónicos de precisión, médicos, instrumentación, etc., pueden soportar del orden de 0,5 kV.

Según UNE 20460-4-443, se deberá proteger con un nivel de protección de categoría II (la tensión residual asignada de los descargadores deberá ser menor que la que soportan a impulsos 1,2/50 los aparatos de categoría II, como electrodomésticos, etc., es decir, 2,5 kV). Los descargadores se colo-

RESUMEN

Las sobretensiones son causa del deterioro, reducción de vida útil e incluso destrucción directa de muchos receptores, sobre todo en zonas aisladas y rurales, donde el nivel isocerámico (número de rayos por kilómetro cuadrado y año) es elevado. El antiguo REBT no tenía en cuenta la necesidad de protección frente a las sobretensiones. Sin embargo, el nuevo REBT, en su ITC-BT-23, exige protectores frente a sobretensiones, siempre que haya algún tramo de línea de distribución en BT hasta nuestro edificio en disposición de línea aérea sin apantallar. Esto es muy común en zonas rurales y también en zonas urbanas donde la red BT no es subterránea.

can en modo común, salvo los que se instalan junto a los equipos receptores más sensibles (categoría I), que suelen colocarse en modo diferencial o mixto. Se incorporan fusibles o magnetotérmicos en serie con los descargadores, para evitar cortes de suministro.

El protector de sobretensiones ideal tendría un I_n muy elevado y un U_p muy bajo. Para asegurar que ante una sobretensión elevada (intensidad elevada) el protector pueda derivar la corriente a tierra y que, además, la tensión que deje pasar no sea superior a la que soportan los receptores

más sensibles (categoría I), normalmente no se puede realizar con un solo descargador, sino que habrá que realizar al menos dos escalones de protección:

– Protector 1: En la cabecera de la instalación (en el cuadro general) un descargador basto ($I_n = 15$ o 20 kA, $I_{max} = 40$ o 65 kA, $U_c = 440$ V, $U_p = 2,5$ kV), en modo común, para derivar la mayor parte de la corriente. El parámetro fundamental del protector de cabecera es I_{max} , que se elige de 40 kA si no hay pararrayos en el edificio, no estamos en una zona rural o aislada

| TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS TIPO RAYO 1,2/50. Tensión de red 230/400 V | | | |
|---|--|---|---|
| CATEGORÍA IV (Contadores, aparataje de potencia, etc.) | CATEGORÍA III (Cables, interruptores, armarios distribución...) | CATEGORÍA II (Electrodomésticos, motores, herramientas.) | CATEGORÍA I (Ordenadores, equipos electrónicos.) |
| 6 kV | 4 kV | 2,5 kV | 1,5 kV |

Tabla 2.

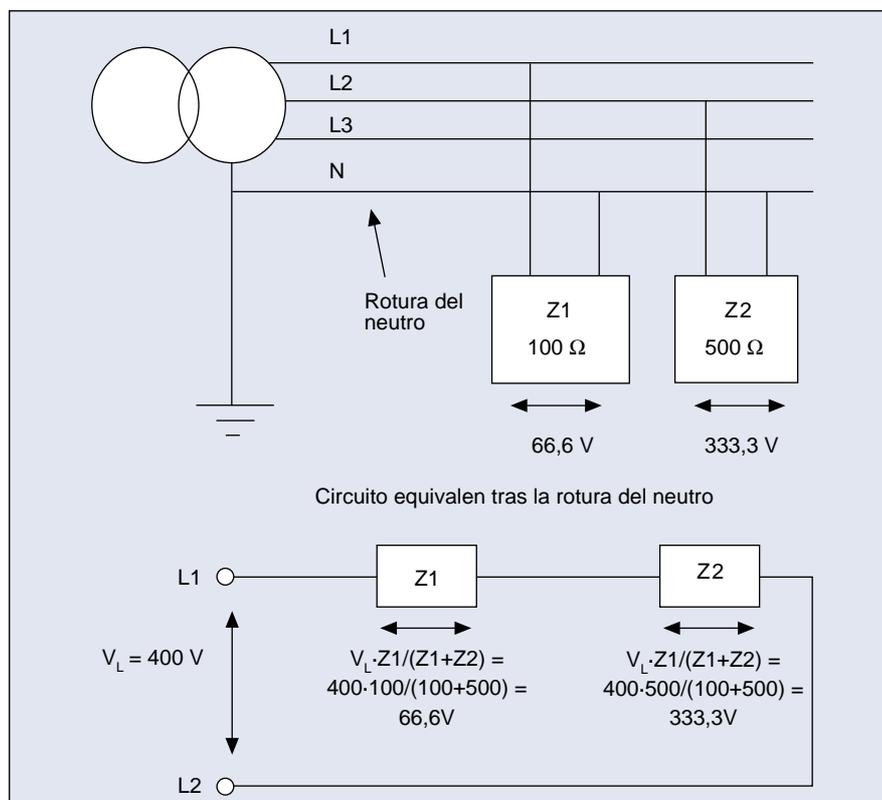


Figura 1. Sobretensión permanente debido a la rotura del neutro.

| Esquema | Tensión máxima de régimen permanente, U_c , para modo común |
|---------|---|
| TT | $> 1,5 \cdot U_0 = 1,5 \cdot 230 = 345 \text{ V}$ |
| TN | $> 1,1 \cdot U_0 = 1,1 \cdot 230 = 253 \text{ V}$ |
| IT | $> U = 400 \text{ V}$ |

Tabla 1.

y los equipos a proteger no son estratégicos o de alto coste. En caso contrario, se elegiría $I_{max} = 65$ kA.

– Protector 2: Lo más cerca posible al equipo a proteger deberá colocarse un descargador fino ($I_n = 5$ kA, $I_{max} = 8$ kA, $U_c = 440 / 275$ V, $U_p = 0,5$ a $1,5$ kV), en modo común, diferencial o mejor mixto. El parámetro fundamental del protector del segundo escalón es U_p . Si el receptor es un equipo electrónico sensible, U_p deberá ser menor de $1,5$ kV, recomendándose 1 o incluso $0,5$ kV. Si es maquinaria eléctrica sensible se puede dejar U_p en $1,5$ kV.

Para conseguir la correcta actuación coordinada de los protectores se debe respetar una distancia mínima entre protectores de 10 m, ya que el comportamiento inductivo que presenta el cable eléctrico frente a las sobretensiones, provoca un retraso de la intensidad para conseguir que P1 se active primero y derive la mayor parte de la energía, y los protectores secundarios P2 realicen posteriormente la función de reducir el residual dejado por el primer protector. Si ambos descargadores están en el mismo cuadro, se colocarán entre ambos bobinas de desacoplo del orden de $15 \mu\text{H}$, para simular un cable de unos 15 m.

Para evitar disparos intempestivos del Interruptor Diferencial (ID), el protector contra sobretensiones debe colocarse aguas arriba del ID, es decir, entre el IGA y el ID. Si se instalan aguas abajo del ID,



Figura 2. Descargador de sobretensiones tetrapolar (3F + N).

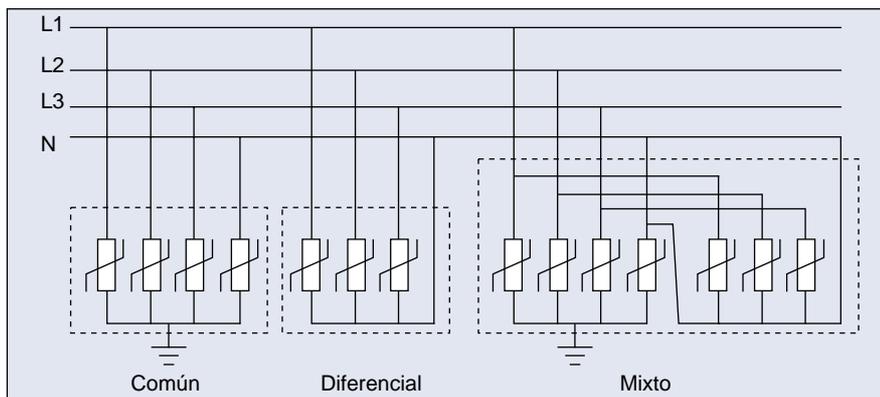


Figura 3. Modos de conexión de los descargadores en sistemas trifásicos.

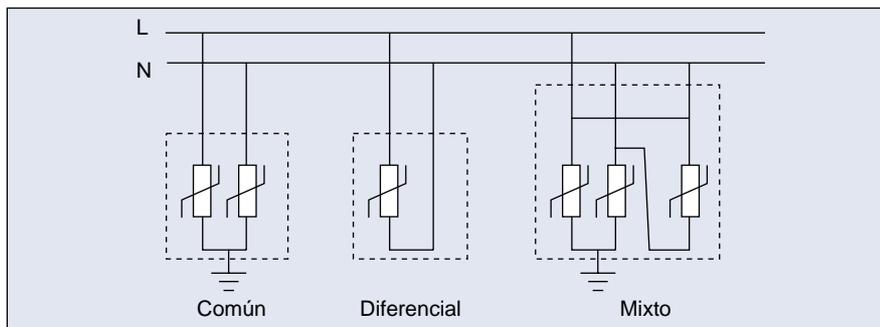


Figura 4. Modos de conexión de los descargadores en sistemas monofásicos.

éste será del tipo S (selectivo, es decir, con retardo), y deberá poder soportar una corriente de choque de 3 kA.

Los conductores de conexión del descargador serán cortos (< 50 cm), y deberán ser de al menos 4 mm² de cobre, aunque si hay pararrayos en el edificio se recomienda 10 mm². Deben llevar indicador de que han dejado de proteger. No deben colocarse descargadores de sobretensiones en locales con peligro de incendio o explosión.

Ejemplo

Calcular la protección frente a sobretensiones transitorias de una instalación trifásica, si la red de distribución BT que alimenta el edificio tiene tramos aéreos sin apantallar, el edificio está en zona rural y

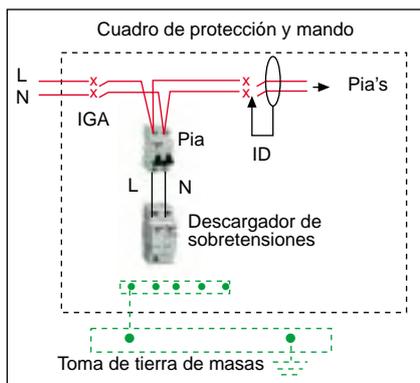


Figura 5. Descargador de sobretensiones en modo común en el cuadro general de protección y mando.

hay equipos electrónicos monofásicos sensibles que soportan tensión tipo rayo del orden de 1,5 kV. Véase la solución:

– Protector 1: En la cabecera de la instalación (en el cuadro general) un descargador basto 3F + N ($I_n = 20$ kA, $I_{max} = 65$ kA, $U_c = 440$ V, $U_p = 2,5$ kV), en modo común.

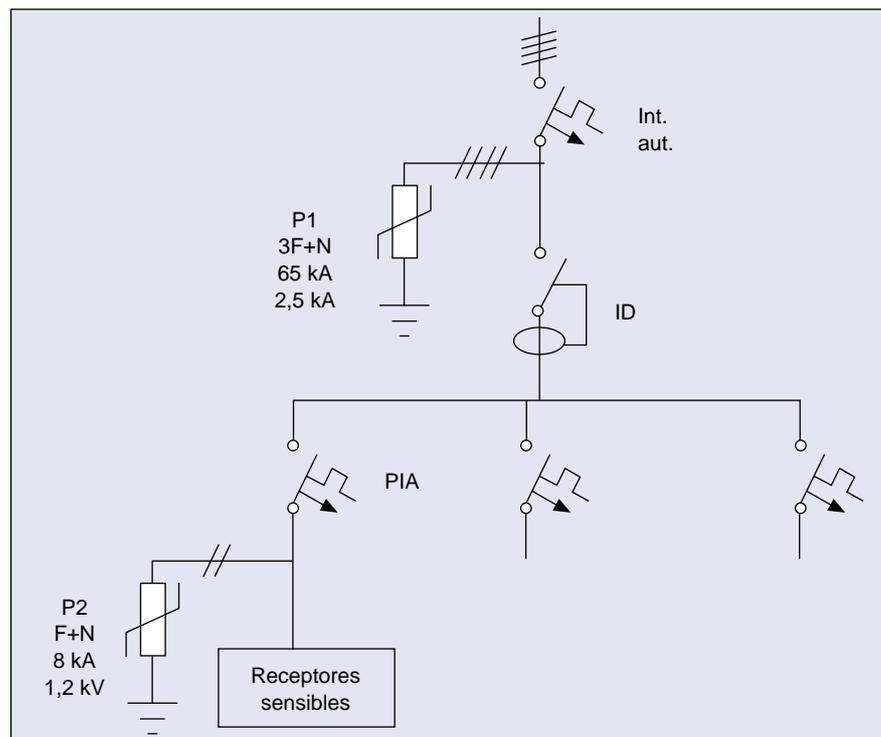


Figura 6. Esquema de protección frente a sobretensiones en dos escalones.

– Protector 2: Lo más cerca posible al equipo a proteger deberá colocarse un descargador fino F + N ($I_n = 5$ kA, $I_{max} = 8$ kA, $U_c = 440 / 275$ V, $U_p = 1,2$ kV), en modos común y diferencial (mixto).

Si la distancia entre ambos escalones de protección es menor de 10 m, colocar entre ambos una bobina de desacople de 10 o 15 μ H.

Bibliografía

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.

Norma UNE 20460-4-443.

José Luis Torres González. *Riesgos y protecciones en baja tensión. Choques, sobrintensidades y sobretensiones*. Ediciones AENOR, 2002.

Guía Técnica de Aplicación del REBT. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Septiembre 2003.

http://www.ffii.nova.es/puntoinformcyt/guia_rbt.asp

José Roger, Martín Riera y Carlos Roldán. *Tecnología Eléctrica*. Editorial Síntesis. 2002.

Catálogos y cuadernos técnicos Merlin Gerin y Telemecanique. Grupo Schneider.

AUTOR

Rodolfo Dufo López

rdufo@unizar.es

Ingeniero técnico industrial en Electricidad (EUITI Zaragoza). Ingeniero industrial (CPS Universidad de Zaragoza). En la actualidad está realizando la Tesis Doctoral. Técnico de I+D en una empresa del sector del automóvil durante un año. Desde 1998, está trabajando como profesor de secundaria de formación profesional (especialidad "Sistemas Electrotécnicos y Automáticos"). Desde 2004, es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza.