

CONTENIDO

	página
PERFIL DE LA COMPAÑÍA	3-4
LA DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA DE ACUERDO A LA NORMA IEC 61 643-1:1998, EN 61 643-11:2002	6-7
COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	7-8
CICLO Y - PARÁMETROS DE TENSIONES Y CORRIENTES DE RAYO	8
TIPOS DE ACOMPLAMIENTOS DE SOBRETENSIÓN	8-9
DIVISIÓN DEL ÁREA PROTEGIDA EN ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	10-11
COMPONENTES USADOS PARA LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	11
CONDUCTORES PROTECTORES Y DE TIERRA	11-13
SUMARIO DE DIRECTRICES SOBRE CATEGORÍAS DE LOCALIZACIÓN DE SOBRETENSIONES SEGÚN IEEE C62.41.2 - 2002	14-16
SOBRETENSIONES – IDENTIFICACIÓN	17
SELECCIÓN FÁCIL	20-25
PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES Y CORRIENTES DE RAYO PARA SISTEMAS DE POTENCIA HASTA 1000V TIPO 1	26-39
PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES Y CORRIENTES DE RAYO PARA SISTEMAS DE POTENCIA HASTA 1000V TIPO 1 + TIPO 2	40-71
PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES Y CORRIENTES DE RAYO PARA SISTEMAS DE POTENCIA HASTA 1000V TIPO 2	72-91
PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES Y CORRIENTES DE RAYO PARA SISTEMAS DE POTENCIA HASTA 1000V TIPO 3	96-120
INDUCTORES DE SEPARACIÓN	121-123
PROTECCIÓN DE INSTALACIONES FOTOVOLTÁICAS TIPO 1+2	124-125
PROTECCIÓN DE INSTALACIONES FOTOVOLTÁICAS TIPO 2	126-127
LAS PROTECCIONES DE LAS REDES INFORMÁTICAS <i>Xseries</i>	129-130
LAS PROTECCIONES DE LAS REDES INFORMÁTICAS	131-144
LAS PROTECCIONES DE LAS REDES TELECOMUNICACIONES	145
PROTECCIÓN DE REDES INFORMÁTICAS DE CATEGORÍA 6	146
PROTECCIÓN DE REDES INFORMÁTICAS DE CATEGORÍA 5	147-148
LAS PROTECCIONES DE LAS REDES DE SEÑALES DE VÍDEO	150-151
PROTECCIÓN COAXIAL DE ALTA FRECUENCIA	153-154
PROTECTOR MÚLTIPLE VIA CHISPAS DE POTENCIA	156-158
LECTOR DIGITAL DE LOS IMPULSOS DE RAYO	159



La compañía **Hakel-Trade Ltd.** es una compañía checa, que representa las empresas de fabricación **Hakel Ltd.**, **Acer HK Ltd.**

Una escuadra de los técnicos duchos garantiza la entrega de la línea de artículos sin fisuras no sólo por la toda Europa pero a todos los continentes.

Hakel-Trade pasa su conocimiento y la información por mediación del curso y seminario. Para los miembros de los programas educativos ČKAIT se otorgó puntajes. Hakel-Trade también pasa su experiencia a los estudiantes de las escuelas electrotécnicas y les ayuda conocer los nuevos enfoques para hacer frente EMC. Una descripción de las funciones esenciales es la participación de la empresa en las ferias en todo el mundo.



Hakel Ltd. pertenece desde su creación en 1994 hasta principales productores de dispositivos de protección contra sobretensiones en Europa. La empresa obtuvo la certificación ISO 9001 en 1997. La producción de dispositivos de protección contra sobretensiones es una área específica con grandes exigencias en el conocimiento profesional de la dirección de la empresa, así como la producción y personal de investigación. Introducción con las nuevas tecnologías y uso de los equipos modernos da importancia a los conocimientos técnicos de los trabajadores técnicos. El uso de dispositivos de protección contra sobretensiones se ha convertido en una necesidad común. Los grandes sistemas de energía que operan mediante electrónica compleja, son cada vez más sensibles a la contaminación electromagnética. La falla de estos equipos electrónicos a causa de sobretensiones puede reducir la rentabilidad o incluso provocar la bancarrota de las empresas. Los descargadores de sobretensiones que fabrica la empresa HAKEL se pueden aplicar a cada industria, hogar, oficina, hospitales y también a edificios militares. La compañía HAKEL además, transmite su experiencia a los estudiantes universitarios y les ayuda a familiarizarse con nuevas soluciones en la compatibilidad electromagnética. La experiencia obtenida en el área de electrónica de potencia y su uso en la industria, está estrechamente relacionado con el primer puesto de la compañía en la República Checa y en el mercado de Europa Central. HAKEL productos se exportan a todo el mundo. La protección contra sobretensiones gama de productos ofrecidos por la empresa Hakel permite a los clientes aplicar los productos con facilidad en todas las industria, oficinas o hogares. HAKEL productos se utilizan en el mundo industrial, en las oficinas o institutos de cualquier clase de manera que puedan proteger todos tipos de comunicación, datos y sistemas coaxiales contra sobretensiones. Tras el desarrollo electrónico continua ayudar Hakel para lograr estándares más altos y mejores parámetros técnicos. Eso es una de las razones por Hakel se encuentra entre el mundo líderes del mercado. Las pruebas de los descargadores se realizan de acuerdo a la norma IEC 61643-1:1998.



HAKEL – TRADE Ltd.
EMPRESAS CONCESIONARIAS:
HAKEL, ACER HK, AVARISA

HAKEL – TRADE s.r.o.
Bratri Stefanu 980
500 03 Hradec Kralove
Czech Republic

tel.: +420 494 942 300
fax: +420 494 942 303
e-mail: info@hakel-trade.com
www.hakel-trade.com

HAKEL spol. s r.o.
Bratri Stefanu 980
500 03 Hradec Kralove
Czech Republic

tel.: +420 494 942 300
fax: +420 494 942 303
e-mail: info@hakel.cz
www.hakel.com

hakei® HAKEL Ltd. – HAKEL S.L. es una compañía dinámica que, desde su establecimiento en 1994, ha multiplicado su volumen de negocios así como su rango de productos. Habiendo aplicado un sistema gerencial de calidad, la compañía ha desarrollado dispositivos de protección contra sobretensiones de alta calidad. HAKEL produce and expornte a los países en todo el mundo.



ACER HK S.L., establecida en 1992, desarrolla y fabrica descargadores de sobretensión para la protección de sistemas de potencia de alta tensión hasta 39kV y varistores basados en óxido de zinc. Otro punto fuerte de nuestra empresa es la fabricación de aisladores compuestos y componentes de cerámica. ACER HK S.L. cumple y renueva de forma periódica la certificación de calidad EN ISO 9001 para todos los productos. Gracias a la alta calidad de producción, nuestras ideas innovadoras y nuestro buen servicio de atención al cliente, siguiendo el compás del desarrollo mundial de los descargadores de sobretensión y aisladores, ACER HK S.L. ha conseguido un gran número de clientes en el mundo de la energía y la fabricación de equipos electrónicos. Además de los productos estándar, realizamos pedidos especiales y a medida, según las especificaciones de nuestros clientes.

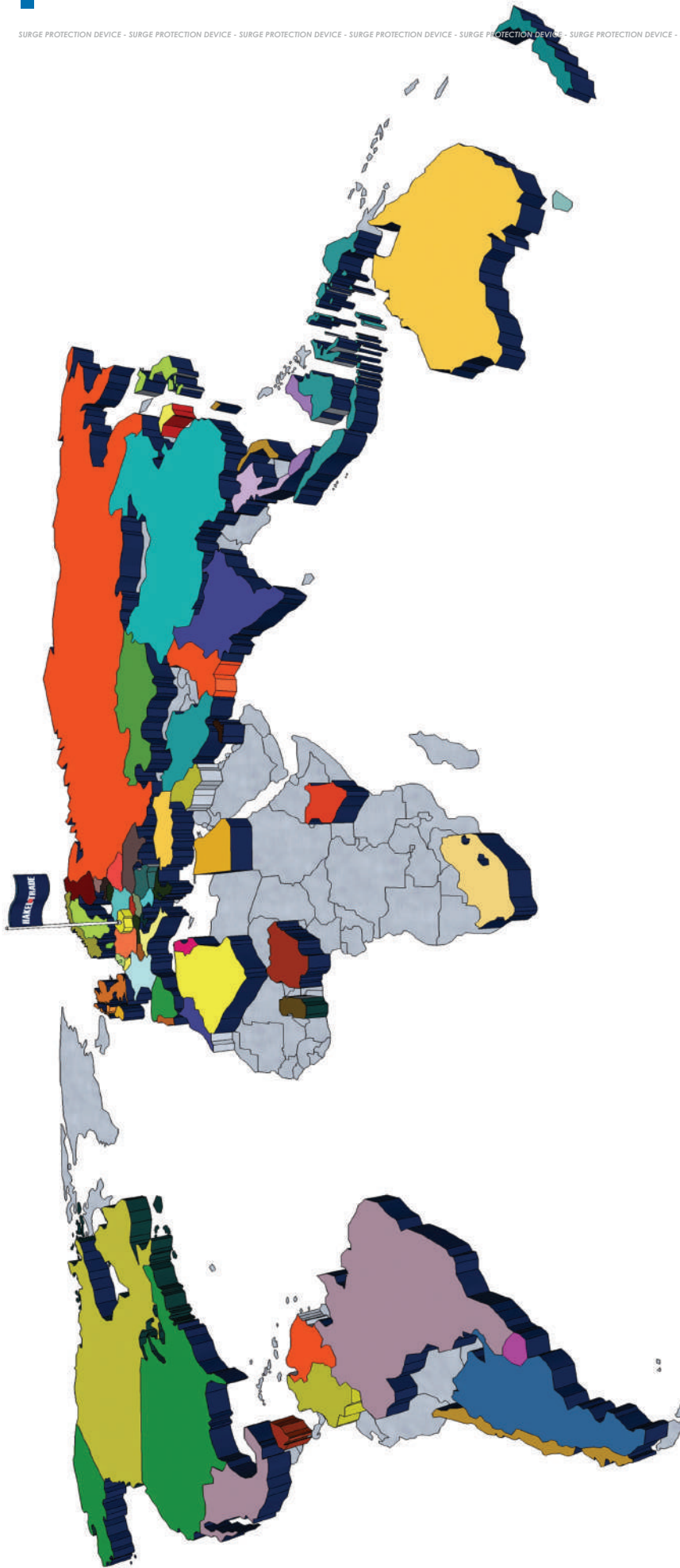


ACER HK s.r.o.
Bratri Stefanu 967
500 03 Hradec Kralove
Czech Republic

tel.: +420 494 942 305
fax: +420 494 942 306
e-mail: info@acerhk.cz
www.acerhk.cz

AVARISA s.r.o.
Bratri Stefanu 980
500 03 Hradec Kralove
Czech Republic

tel.: +420 494 942 300
fax: +420 494 942 304
e-mail: info@avarisa.com
www.avarisa.com



- Greece
- North Korea
- Singapore
- Slovakia
- Spain
- Sweden
- Switzerland
- Thailand
- Tunisia
- Turkey
- Ukraine
- United States
- Great Britain
- Vietnam

- Latvia
- Hungary
- Macedonia
- Malaysia
- Mexico
- Germany
- Nigeria
- Norway
- New Zealand
- Poland
- Portugal
- Austria
- Russia

- Hollandia
- Croatia
- India
- Indonesia
- Iraq
- Iran
- Ireland
- Italy
- Japan
- South Korea
- Canada
- Kenya
- Lithuania

- UAE
- Australia
- Belgie
- Belarus
- Brazil
- Bulgaria
- Tchai-wan
- Denmark
- Egypt
- Estonia
- Finland
- France
- Ghana

La definición y terminología de acuerdo a la norma IEC 61 643-1:1998, EN 61 643-11:2002

La norma internacional IEC 61-643-1, EN 61 643-11 compila los descargadores de corriente de rayo y los descargadores de sobretensión bajo el término integrado SPD (Surge Protection Devices).

Definición:

Dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD)

- Dispositivos que están diseñados para limitar sobretensiones transitorias y desviar corrientes de sobretensión. Contienen al menos un elemento no lineal.

SPD de puerto único

- Dispositivos SPD conectados paralelamente con el circuito a proteger. Los dispositivos de puerto único pueden tener separados los terminales de entrada y salida sin una impedancia en serie específica entre estos terminales.

SPD de dos puertos.

- Dispositivos SPD con terminales de entrada y salida, entre las cuales se inserta una impedancia en serie específica.

SPD tipo tensión conmutable.

- Dispositivos SPD que tienen impedancia alta cuando la sobretensión no está presente, sin embargo pueden tener un cambio repentino de impedancia a un valor bajo en respuesta a una sobretensión. Ejemplos de descargadores tipo tensión conmutable serían vía de chispas, tubos de gas, tiristores (rectificadores controlados de silicio) y triacs. Estos SPDs se llaman a veces „tipo palanca“.

SPD tipo tensión limitante.

- Dispositivos SPD que tienen impedancia alta cuando la sobretensión no está presente, sin embargo la reducirán considerablemente con el aumento de la tensión y corriente. Ejemplos de dispositivos no lineales serían varistores y diodos supresores. Estos SPDs se llaman a veces „tipo abrazadera“.

SPD tipo combinado.

- Dispositivos SPD, que incorporan tanto tipo tensión conmutable como tipo tensión limitante, pueden exhibir o tensión conmutable o tensión limitante, o ambos comportamientos de tensiones, conmutable y limitante, dependiendo de las características de cada tensión aplicada.

Modos de protección.

- Los dispositivos SPDs se pueden conectar: línea-a-línea, línea-a-tierra, línea-a-neutro, neutro-a-tierra o las combinaciones de ellas. Estas trayectorias son referidas como modos de protección.

Tensión de sobreencendido de SPD tipo tensión conmutable.

- Valor máximo de tensión antes de la descarga disruptiva entre los electrodos del vacío de un SPD. Se usa para la clasificación del SPD clases I y II mediante prueba por impulso con forma de onda 1,2/50µs.

Corriente nominal de descarga I_n (8/20µs)

- El valor de cresta de la corriente a través del SPD con forma de onda 8/20µs. Se usa para pruebas de clasificación y pre-acondicionamiento del SPD clases I y II. El SPD debe descargar esta corriente al menos 15 veces sin sufrir cambio esencial de su calidad.

Corriente máxima de descarga I_{max} para prueba clase II

- El valor pico de la corriente a través del SPD con forma de onda 8/20µs y magnitud de acuerdo a la secuencia de prueba de rendimiento operacional clase II. I_{max} es mayor que I_n . El SPD debe descargar con seguridad esta corriente sin sufrir daño obvio o aberración de la estabilidad de temperatura. Los registros del desarrollo de tensión y corriente no deben mostrar algunas marcas de descarga disruptiva o sobreencendido.

Corriente de impulso I_{imp}

- Se define como valor de corriente pico I_{peak} y carga Q, probados de acuerdo a la secuencia de prueba de rendimiento operacional. Se utiliza para pruebas de clasificación del SPD clase I. El SPD debe descargar con seguridad esta corriente sin sufrir daño obvio o aberración de la estabilidad de temperatura. Los registros del desarrollo de tensión y corriente no deben mostrar algunas marcas de descarga disruptiva o sobreencendido.

Impulso de tensión 1,2/50µs

- Impulso de tensión con un tiempo frontal virtual (tiempo para elevarse del 10% al 90% del valor pico) de 1,2s y un tiempo para la mitad del valor de 50s. Se usa para la clasificación del SPD clase I y II.

Onda combinada de prueba

- La onda combinada se entrega por un generador que aplica un impulso de tensión 1,2/50µs a través de un circuito abierto y un impulso de corriente 8/20µs al cortocircuito. La tensión, la amplitud de corriente y las formas de onda que se entregan al SPD se determinan por un generador y la impedancia del SPD a los que se aplica la sobrecarga. La relación del pico de la tensión en circuito abierto al pico de corriente en cortocircuito es de 2. Esto se define como la impedancia ficticia Z_c . Para la corriente en cortocircuito se utiliza el símbolo I_{sc} y para la tensión en circuito abierto el símbolo U_{oc} .

Nota: En la práctica, en caso de descargadores clase III, por motivos comerciales, se mencionan muy a menudo valores U_{oc} en lugar de valores I_{max} (8/20µs) e I_n (8/20µs), siempre en relación al nivel de protección definida U_p (los datos concernientes son resultados de las pruebas por impulso combinado estándar con la amplitud U_{oc} ejecutadas mediante generador híbrido con una resistencia interna 2Ω).

Energía específica W/R para la prueba clase I

- La energía disipada por una corriente de impulso I_{imp} en una unidad de resistencia de 1 y es igual al tiempo integral del tiempo del cuadrado de la corriente. Se expresa en kJ/Ω o en KA²s.

$$W/R = \int i^2 \cdot dt$$

Carga Q

- Es igual al tiempo integral de la corriente de acuerdo al tiempo. Se expresa en As.

$$Q = \int i \cdot dt$$

Estabilidad térmica

- Un SPD se considera térmicamente estable si, después de una prueba de rendimiento operacional del descargador energizado con tensión U_c máxima especificada, mediante la corriente I_{max} (8/20µs) o I_{imp} (10/350µs), la temperatura del SPD disminuye (se monitorea por 30 minutos, la disipación de potencia activa debe mostrar una declinación constante los últimos 15 minutos).

Resistencia de cortocircuito I_p

- La capacidad del SPD de soportar la potencia de la corriente en cortocircuito hasta que se interrumpe, ya sea por el mismo SPD, por un desconector de sobrecorriente interno o externo, o por la protección de sobrecorriente previa. Se expresa en kA_{rms} (examinado de acuerdo a la prueba de resistencia de cortocircuito junto con la protección de sobretensión previa).

Tensión nominal U_N

- Valor efectivo de la tensión alterna o valor de la tensión continua, fijadas para el SPD por el fabricante.

Máxima tensión permanente de servicio U_c

- Valor efectivo máximo de la tensión alterna o continua, que puede aplicarse permanentemente a los SPDs en modo de protección. Por lo general, corresponde a la tensión nominal.

Corriente nominal de carga I_N

- Valor efectivo máximo de la corriente alterna o continua, que puede llevarse permanentemente mediante la carga conectada a la salida del SPD.

Corriente permanente de servicio I_C

- La corriente que fluye a través de cada modo de protección del SPD cuando se energiza con la tensión máxima permanente de servicio U_C para cada modo.

Nota: La I_C corresponde a la suma de corrientes que fluyen en los componentes protectores del SPD y de corrientes que fluyen en los circuitos internos del SPD.

Corriente residual I_r

- La corriente suministrada por el sistema de energía eléctrica que fluye a través del SPD después de un impulso de corriente de descarga. La corriente residual es significativamente diferente de la corriente de servicio I_C . Se expresa en kA_{rms} .

Cociente de interrupción de la corriente residual I_{ri}

- El eventual cortocircuito de la corriente residual que un SPD es capaz de auto-extinguir después de su activación previa (sin un fusible previo). Esta corriente se indica en la documentación de HAKEL ("Capacidad de extinción de la corriente residual en U_C ", "Eliminación de la corriente de cortocircuito sin fusible previo en U_C ", o "Corriente de extinción de cortocircuito sin fusible previo").

Nivel de protección U_p

- Parámetro que caracteriza el rendimiento del SPD en la limitación de la tensión a través de los terminales, que se selecciona de una lista de valores preferidos. Este valor deberá ser mayor que el valor más alto de las tensiones limitantes medidas.

Temperatura de servicio

- Una extensión de las temperaturas circundantes permitidas, donde el fabricante garantiza la operación correcta del SPD.

Tiempo de respuesta t_a

- Define la velocidad de reacción de los elementos protectores integrados en el SPD. El tiempo de respuesta puede variar en diferentes límites que dependen de la tasa de aumento du/dt de la tensión de impulso o en el di/dt de la corriente de impulso.

Pérdida de inserción

- A una frecuencia dada, la pérdida de inserción de un SPD se define como la relación entre la tensión de entrada y tensión de salida del SPD bajo prueba. Se expresa en decibelios (dB).

Desconector de SPD

- Dispositivo para desconectar el SPD del sistema eléctrico de baja tensión en caso que falle. Se utiliza para prevenir una falla persistente en el sistema y para dar una indicación visible de la falla del SPD. Algunos tipos de SPDs están además provistos de contacto con señalización a distancia de falla (contacto conmutado libre de potencial).

Protección contra sobretensiones previa

- Descargador de sobretensión (p.ej. fusible o interruptor de circuito), que es parte de la instalación eléctrica, situado externamente en la entrada del SPD, para evitar sobrecalentamiento y destrucción en caso de que el SPD no sea capaz de interrumpir la corriente por cortocircuito.

Dispositivo de corriente residual

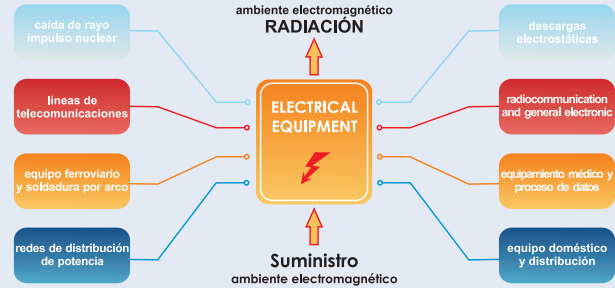
- Dispositivo de conmutación electromecánica o asociación de dispositivos, diseñados para causar la apertura de los contactos cuando la corriente desequilibrada o residual llega a un valor dado bajo condiciones específicas.

Grados de protección provista de cubierta (código IP)

- Nivel de protección provista de una cubierta para impedir la entrada de partes peligrosas, objetos sólidos extraños y/o de agua (véase IEC 60 529).

Compatibilidad electromagnética

La compatibilidad electromagnética es una disciplina, que está comprometida a asegurar la máxima fiabilidad de cada equipo y dispositivo eléctrico y electrónico. Básicamente son relaciones entre los diferentes elementos o sistemas que deberán ser determinadas anticipadamente con objetivo de prevenir la interferencia.



La compatibilidad electromagnética parece ser relativamente una disciplina nueva, que surgió en los años sesenta en USA a base de la necesidad de asegurar una actividad fiable y perfecta de equipos y dispositivos electrotécnicos utilizados especialmente en los sistemas aéreos o militares. La compatibilidad electromagnética comienza a afectarnos a todos nosotros debido al desarrollo de la electrónica, especialmente la técnica del microprocesador, que afecta nuestras vidas a diario. Por esto la Unión Europea publicó la directiva No. 89/336/EEC, cuya meta es poner en vigor las condiciones de compatibilidad electromagnética en todos los países implicados, incluyendo aquéllos que han firmado un acuerdo de asociación.

La República Checa también firmó este acuerdo, con lo que está comprometida a cumplir las condiciones establecidas por la directiva. Obviamente, era necesario que la República Checa hiciera los pasos legislativos apropiados y necesarios que pusieran esta directiva en vigencia. El decreto del gobierno checo No. 169/97 y la ley No. 22/97 Coll. son los pasos necesarios en este campo. Otros decretos muy importantes también, y normas obligatorias son, por ejemplo, la CSN 332000-1 párrafo 131.6.2 que dice:

"La gente, el ganado y también la propiedad deberán protegerse contra daños causados por sobretensiones, que pueden surgir por diferentes razones, por ejemplo: eventos atmosféricos, sobretensiones de conmutación y electricidad estática." La figura de arriba muestra los enlaces entre los diferentes objetos. Pueden expresarse como dos relaciones:

- Susceptibilidad electromagnética (resistencia)
- Interferencia electromagnética (perturbación)

La sobrecarga es uno de los principales problemas que surgen a la hora de resolver los temas de compatibilidad electromagnética. Si tratamos con parámetros de energía eléctrica, debemos tener en cuenta los siguientes cuatro aspectos principales:

- El nivel de la tensión.
- El nivel de la frecuencia.
- La distorsión no lineal.
- El nivel de sobrecarga (la frecuencia de picos de sobrecarga).

En base a estos aspectos, la energía eléctrica puede tomarse como mercancía y estos parámetros cualitativos pueden requerirse. La meta principal es crear tales condiciones que sean capaces de asegurar la máxima fiabilidad y funcionalidad del equipo electrónico conectado a los sistemas de energía eléctrica para baja tensión.

Términos y definiciones de sobretensión

La sobretensión es cualquier tensión, cuyo valor pico excede el valor pico correspondiente a la más alta tensión de servicio en el sistema de energía para baja tensión. Generalmente, la sobretensión es un fenómeno accidental que difiere en tiempo y lugar de origen. Sus parámetros se definen tanto por su causa (rayo, conmutación en una red de intensa energía, etc.), como por las características del circuito eléctrico (onda de resistencia, impedancia final, capacidad de descarga, etc.). En los últimos años, se ha estandarizado el rango de ondas tipo de corriente y tensión para diferentes aplicaciones. Estas ondas tipo, permiten realizar las pruebas con equipos y elementos constructivos bajo las mismas condiciones. En el texto siguiente se definen los parámetros más importantes de las ondas tipo estandarizadas más comunes (de acuerdo a IEC 61643-1, IEC 60-1 y CSN 61 000-4-5).

Valor pico (amplitud) U_{max} , I_{max}

- Valor máximo de tensión o corriente que se ha logrado mediante un ciclo de impulso monitoreado.

Frente del impulso.

- Parte del impulso de tensión o corriente antes del valor pico.

Tiempo frontal del impulso de corriente T_1

- Múltiplo de 1,25 del intervalo de tiempo necesario para que el valor actual de corriente se incremente del 10% al 90% del valor pico.

Tiempo frontal del impulso de tensión T_1

- Múltiplo de 1,67 del intervalo de tiempo necesario para que el valor actual de la tensión se incremente del 30% al 90% del valor pico.

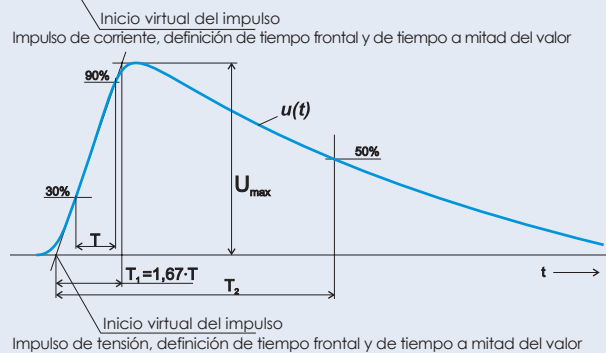
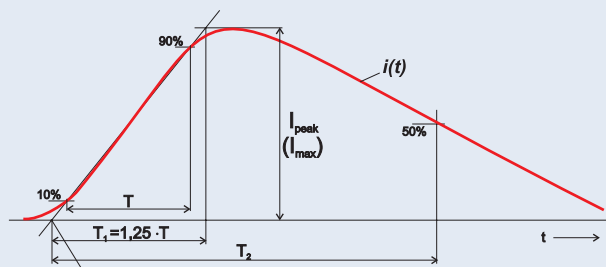
Final del impulso

- Una parte del impulso de tensión o corriente después del valor pico.

Tiempo a mitad del valor T_2

- Intervalo de tiempo entre el inicio virtual del impulso y el momento en que se ha observado que el ciclo se reduce al 50% de su valor pico.

Nota: El inicio virtual es una intersección del eje de tiempo y el bisector, que pasa a través de los siguientes puntos: el valor actual del frente del impulso en el que alcanza por primera vez un valor bajo determinado y el valor en el que alcanza por primera vez un valor alto determinado... véase el detalle en las dos figuras siguientes.



Impulso de corriente de prueba estándar

- Se usan dos tipos básicos de impulsos de corriente para las pruebas del SPD:

a) Impulso de corriente de rayo I_{imp} (10/350 μ s) - se usa para la simulación de la corriente de rayo (también conocida como la prueba de corriente de rayo).

b) Impulso de corriente I_{max} (8/20 μ s) - se usa para la simulación del efecto indirecto de la corriente de rayo y de conmutación. El descargador debe descargar aprox. 17,5 veces más carga durante la prueba de impulso de corriente de rayo I_{imp} (10/350 μ s) que durante la prueba de impulso de corriente I_{max} (8/20 μ s) con la misma amplitud. Infiere también la estructura diferente de los descargadores de corriente de rayo probados mediante el impulso de corriente de rayo I_{imp} (10/350 μ s) y descargadores de sobretensión probados mediante el impulso de corriente I_{max} (8/20 μ s).

Ciclo y parámetros de tensiones y corrientes de rayo

En la siguiente tabla se muestran los ciclos y parámetros típicos de tensiones y corrientes de impulso de rayo que se producen en las partes conductoras del paisaje, edificios y líneas metálicas como consecuencia de choque de rayos (tomando en cuenta influencias causadas por acoplamientos galvánico, inductivo o capacitivo). consequence of inductive coupling is most often carried out by the testing current impulses in the waveform of 8/20 μ s. The examination of lightning effects in relation to interfering surges (currents) in consequence of capacitive coupling is similarly carried out by the testing voltage impulses in the waveform of 1,2/50 μ s.

Los valores típicos de tensión y corrientes de impulso de rayo que se producen en partes conductoras del paisaje, edificios y líneas metálicas.

	Sobretensión (valores máximos)	Corrientes (valores máximos)	Tiempo a mitad del valor
Choque directo de rayo	- hasta cientos de kV	> 30 kA (50% de todos los rayos) > 100 kA (5% de todos los rayos) > 150 kA (1% de todos los rayos)	aprox. 200 ms ... 1000 ms
Acoplamiento galvánico	- hasta decenas de kV	chocques lejanos: hasta 1kA chocques cercanos: hasta unos cuantos kA chocques directos: hasta decenas de kA	típico: aprox. 700 ms
Acoplamiento inductivo	- sobretensiones transversales hasta unos cuantos kV - sobretensiones longitudinales hasta decenas de kV	hasta unos cuantos kA hasta decenas de kA	típico: aprox. 20 ms
Acoplamiento capacitivo	- sobretensiones transversales hasta unos cuantos kV - sobretensiones longitudinales hasta unos cuantos kV	hasta unos cuantos kA	típico: de 50 a 100 ms

El impulso de corriente de prueba en forma de onda de 10/350 μ s es el usado más habitualmente para la simulación de corrientes que se infiltran en líneas de energía y equipos eléctricos como consecuencia del acoplamiento galvánico. En caso de acoplamiento inductivo y capacitivo, los impulsos de tensión y corriente son considerablemente cortos. El examen de los efectos de corriente de rayo en relación a sobrecargas interferentes (corrientes) como consecuencia del acoplamiento capacitivo, se lleva a cabo mediante impulsos de tensión de prueba en forma de onda 1,2/50 μ s.

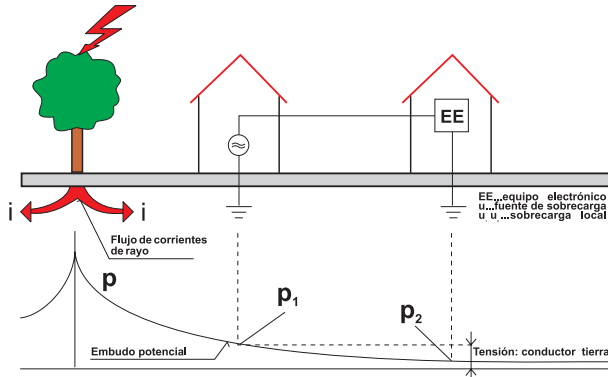
Tipos de acoplamientos de sobretensión

En general, las energías perturbadoras (p.ej. tensiones, corrientes, campos) pueden infiltrarse en los edificios mediante diferentes acoplamientos, por lo que el cableado y su trazado representan aquí una parte importante. A continuación se describen los tres mecanismos de acoplamiento más importantes.

Acoplamiento galvánico

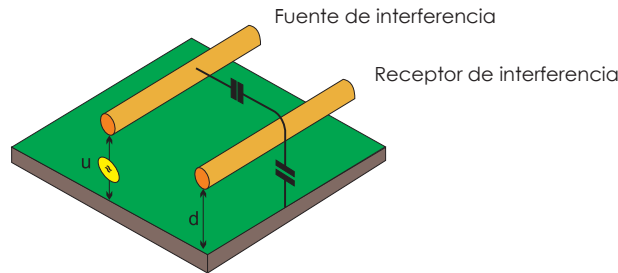
El acoplamiento galvánico se produce durante los choques de rayos cercanos o directos contra pararrayos de los edificios, a consecuencia de un acoplamiento galvánico. El acoplamiento galvánico se da por diferentes tamaños de potenciales de tierra a lo largo del edificio. Mediante la disposición de lazos equipotenciales

(electrodos de tierra, conexión protectora, etc.), es posible lograr el alisamiento del embudo potencial, cuyo resultado es reducir la diferencia de potenciales respecto a su centro – el lugar del choque directo. Sin embargo, la diferencia de potenciales nunca puede eliminarse del todo, a consecuencia de impedancias en líneas conductoras de sistemas eléctricos de baja tensión y la impedancia imprescindible de la tierra.



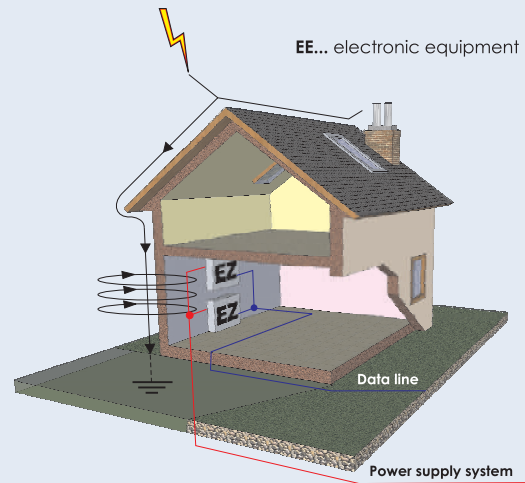
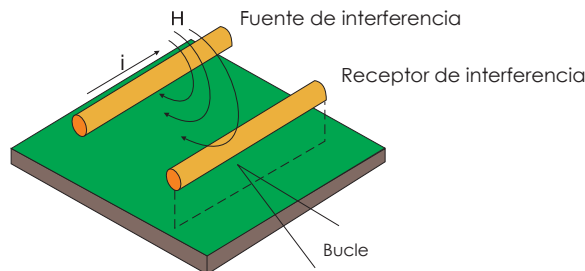
Acoplamiento capacitivo

Siempre hay un acoplamiento capacitivo (capacidad parásita) entre la fuente de interferencia y el receptor. Cuanto más grande sea la pendiente frontal del impulso de la tensión perturbadora (du/dt), mayor será el efecto de interferencia.



Acoplamiento inductivo

Siempre hay un acoplamiento inductivo (campo magnético) entre la fuente de interferencia y el receptor. Cuanto más grande sea la pendiente frontal del impulso de la corriente perturbadora (di/dt) que activa el campo magnético, mayor será el efecto de interferencia.



Tipos de sobretensión

Choque directo de rayo

Básicamente, un rayo es una descarga eléctrica, entre una nube eléctricamente cargada y la superficie de la tierra (rayos de tierra), entre dos o más nubes, o entre diferentes partes de una nube (rayos de nube). Solo un pequeño porcentaje de rayos se produce entre las nubes y la tierra. Los rayos se originan en “celdas de tormenta”, que se extienden en el espacio de hasta varios kilómetros. Cada celda de tormenta está activa durante 30 minutos como máximo y genera entre dos y tres rayos cada minuto. Alcanza a menudo una altura de hasta 10 kilómetros, con lo que la parte inferior visible de las nubes está generalmente a una altura de uno o dos kilómetros. En el centro de la celda de tormenta existe un fuerte flujo de aire ascendente que causa la separación de las cargas positivas y negativas. La carga positiva se une generalmente a cristales de hielo en la parte superior de la celda, mientras que la carga negativa se une a las gotas de agua en su parte inferior. En las proximidades de la tierra, las celdas se cargan con cargas positivas a consecuencia de descargas salientes, principalmente, de los bosques. Además de surgir durante las altas temperaturas estivales, las celdas de tormenta se producen también en la nubosidad frontal a consecuencia del movimiento de las grandes masas de aire. La frecuencia de las tormentas está relacionada a las estaciones del año. En los meses de julio y agosto hay en promedio de cinco veces más tormentas que durante el invierno. La causa de las tormentas estivales es el calentamiento del ambiente. En cambio, en el otoño, es el agua caliente del mar la que fomenta el origen de las tormentas en la costa. Según la norma IEC 1312-1:1995, la descarga de rayo se puede describir con cinco parámetros básicos.

	Unidad de medida	Margen
Carga del rayo total Q_t	C	max 300C
Carga del impulso de corriente de rayo Q_w	C	max 100C
Amplitud del primer choque de rayo I_{imp}	kA	max 200kA
Energía específica W/R	MJ/Ω	max 10MJ/Ω
Inclinación de la corriente di/dt	kA/μs	max 200kA/μs

Otro parámetro importante, para clasificar la actividad de la tormenta es la llamada intensidad de la actividad de la tormenta, o la frecuencia de los rayos por $km^2/año$. La frecuencia en nuestras latitudes geográficas varía de 2 a 8 rayos/ $km^2/año$, pero en climas tropicales y subtropicales varía de 30 a 70 rayos/ $km^2/año$.

La división general de las corrientes de rayo al chocar contra un objeto, es el principio de la protección de un sistema de energía eléctrica para baja tensión mediante protección en cascada de 3 etapas.

El sistema de protección de líneas de suministro de corriente en BT compuesto de descargadores de corriente de rayo y de descargadores contra sobretensiones (SPD) debe ser capaz de descargar corrientes de rayo o sus partes sustanciales sin sufrir daño. Generalmente se recomienda partir de la resistencia óhmica de la conexión a tierra del edificio, tubería, sistema de distribución de energía, etc., con el fin de establecer una distribución de corriente que vaya a través del SPD, en caso del choque directo de rayo en un edificio protegido por un sistema de descarga externo. La siguiente figura muestra un ejemplo típico de la distribución de corriente de rayo en un objeto golpeado por choque directo de rayo.

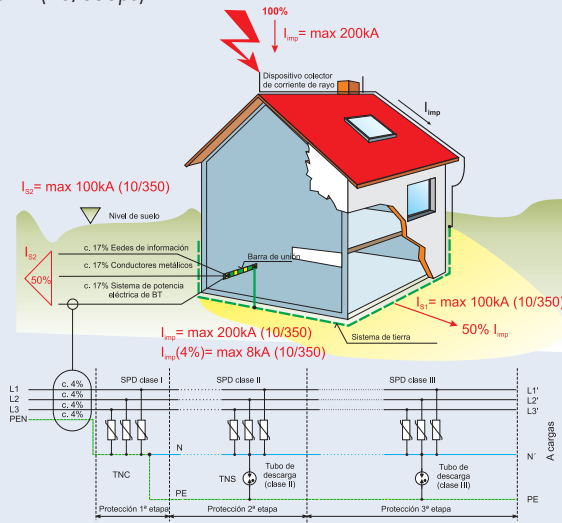
Donde no sea posible una evaluación individual, se puede asumir que:

- 50% de la corriente total de rayo $I_{imp} = 200kA (10/350\mu s)$... $I_{S1} = 100kA (10/350\mu s)$ entra al sistema de conexión a tierra del sistema de protección de rayos (LPS - Lightning protection system) a través del dispositivo colector
- 50% de $I_{imp} = 200kA (10/350\mu s)$... $I_{S2} = 100kA (10/350\mu s)$ se distribuye uniformemente en las diferentes entradas de la estructura (partes conductoras externas, energía eléctrica, líneas de comunicación, etc.). El valor de la corriente que fluye en cada entrada I_i es dado por I_i/n , donde n es el número de las entradas arriba mencionadas (véase la figura de arriba).

Para evaluar la corriente I_v en conductores individuales en cables sin pantalla, la corriente de cable I_i se divide por m , el número de conductores, esto es $I_v = I_i/m$.

Para cables apantallados, la mayor parte de la corriente fluirá a lo largo del apantallamiento. Por ello, el requerimiento del dimensionamiento del sistema protector SPD en las conexiones de edificios más frecuentes con el sistema de suministro de energía para baja tensión (TNC - sistema 230/400 V/50Hz) es el siguiente:

Para un máximo de corriente de rayo, $I_{imp} = 200kA (10/350\mu s)$, en la mayoría de casos, es suficiente dimensionar la cascada protectora de cada conductor de fase que entra al objeto, a aprox. 4% I_{imp} , esto es aprox. 8kA $(10/350\mu s)$.



División del área protegida en zonas de protección contra rayos

Las normas IEC 13 12-1 e IEC 62 305 definen las zonas de protección contra corriente de rayo (LPZ - Lightning protection zones) según los efectos directo o indirecto de los rayos. Estas zonas se caracterizan por las rupturas

fundamentales de las condiciones electromagnéticas en sus límites.

LPZ 0^A:

Zona donde los objetos están sujetos a choques directos de rayo, por lo que se puede llevar toda la corriente del rayo. El campo electromagnético no atenuado se encuentra aquí.

LPZ 0^B:

Zona donde los objetos no están sujetos a choques directos de rayo, sin embargo se encuentra aquí el campo electromagnético no atenuado.

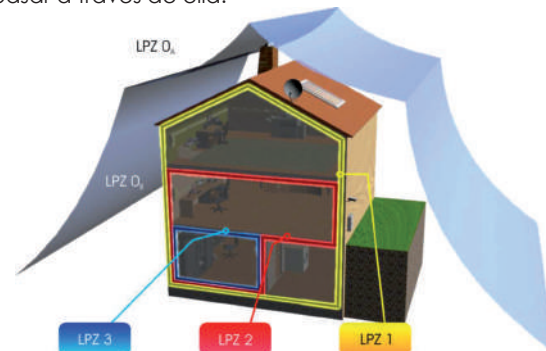
LPZ 1:

Zona donde los objetos no están sujetos a choques directos de rayo y donde las corrientes de todas las partes conductoras dentro de esta zona son considerablemente reducidas en comparación con las zonas LPZ 0^A y 0^B. En esta zona el campo electromagnético ya puede atenuarse dependiendo de las medidas de protección.

Las zonas subsecuentes (LPZ 2, etc.):

Si se requiere una reducción posterior de las corrientes conductoras y/o del campo electromagnético, se deberán introducir zonas subsecuentes. El requerimiento de estas zonas deberá seleccionarse de acuerdo a las zonas ambientales requeridas del sistema a proteger. En general, mientras más grande sea el número de zonas, los parámetros ambientales electromagnéticos serán menores. En la frontera de las zonas individuales, la vinculación de todas las penetraciones de metal deberá ser provista y deberán instalarse medidas de protección. Nota: La vinculación en los límites de LPZ 0^A, LPZ 0^B y LPZ 1 se define en IEC 13 12-1 e IEC 62 305, artículo 3.1. Los campos electromagnéticos dentro de una estructura están influenciados por las ventanas de apertura, por las corrientes en conductores metálicos (p.ej. barras de unión, apantallamiento de cables y tubos), y por la trayectoria del cable.

La siguiente figura muestra un ejemplo de división de una estructura protegida en varias zonas. Todas las líneas de telecomunicación y de suministro de energía entran en la zona protegida (LPZ 1) en un punto, y son conectadas a la barra de unión 1 en los límites de LPZ 0^A, LPZ 0^B y LPZ 1. Además, las líneas se conectan a la barra interna de unión 2 en los límites de LPZ 1 y LPZ 2. Por otro lado, el recubrimiento externo 1 de la estructura se conecta a la barra de unión 1 y el recubrimiento interno 2 a la barra de unión 2. Donde pasan los cables de un LPZ al otro, la conexión deberá ejecutarse en cada límite. El LPZ 2 se construye de tal manera que las corrientes parciales de rayo no se transfieran a la zona protegida y no puedan pasar a través de ella.



La división descrita arriba del objeto protegido en las zonas de protección da posibilidades de protección activa del sistema de energía eléctrica para BT gracias a la inserción de SPD protectores (generalmente en los límites de zonas LPZ 0-1 y LPZ 1-2) y otros SPD protectores en los límites de LPZ 2-3. Normalmente, en los límites de zona LPZ 0-1, se recomienda insertar la llamada primera etapa de protección, en

concreto el descargador clase I probado con la corriente de rayo I_{imp} (10/350 μ s). En los límites de zona LPZ 1-2, se recomienda insertar la segunda etapa de protección, o sea el descargador clase II probado con el impulso I_{max} (8/20 μ s). En los límites de zona LPZ 2-3 y subsecuentemente a lo largo del circuito siguiente se recomienda insertar aproximadamente cada 10m, la llamada tercera etapa de protección (descargadores clase III) también probada con el impulso I_{max} (8/20 μ s). Para la protección de equipos particularmente susceptibles e importantes, se recomienda asegurar los límites de zona LPZ 2-3 con una protección contra sobretensión clase III con filtro de alta frecuencia. Si hay estructuras adyacentes entre el paso de cables de comunicación y energía, el sistema de conexión a tierra deberá interconectarse, y es recomendable disponer de muchas trayectorias paralelas para reducir la corriente en los cables. Un sistema de tierra de malla cumple con este requerimiento. Otra manera de reducir los efectos producidos por choques de rayo es colocar todos los cables en tubos metálicos o conductos de hormigón armado, integrados en la malla del sistema de tierra.

Componentes usados para la protección contra sobretensiones

Generalmente

Los componentes y equipos de protección contra sobretensiones y corrientes de rayo están siempre basados en un principio fundamental, el mantener el estado de aislamiento a un nivel de tensión aceptable. El cortocircuito sucede después de exceder este nivel, y por eso una diferencia de potenciales muy alta entre partes conductoras de un equipo o electrodoméstico, se restringe a un valor aceptable. Los interruptores electrónicos usados para este propósito se llaman descargadores o dispositivos contra sobretensiones. Para proteger contra sobretensiones y corrientes de rayo, actualmente se usan vías de chispas abiertas, vías de chispas cerradas, tubos de descarga de gas, varistores, diodos limitadores y/o sus combinaciones.

Vía de chispas

Las aplicaciones más frecuentes de SPD basados en vía de chispas son los descargadores clase I diseñados para la primera etapa de protección. Acorde a su presentación, es posible dividirlos en las vías de chispas abiertas o cerradas. La forma de los electrodos, su material y la distancia entre electrodos determinan el nivel de protección y la capacidad de descarga, que caracterizan el comportamiento de la vía de chispas cuando se extingue la corriente residual. Las vías de chispas abiertas destacan por su capacidad de descarga (hasta $I_{imp} = 50$ kA (10/350 μ s) en elevados valores de corriente residual auto-extinguible (hasta $I_{fi} = 50$ kArms). Sin embargo, su defecto fundamental es que producen una explosión de plasma del almacenaje del SPD durante su activación mediante una corriente de rayo. Este hecho complica significativamente la preparación del proyecto (la construcción de tableros de distribución) en relación a seguridad de fuego. La realización de vías de chispas cerradas ha superado este defecto, aunque a costa de disminuirse los parámetros de la corriente residual auto-extinguible ($I_{fi} = \text{max } 25$ kArms). Algunos tipos de vías de chispas cerradas tienen capacidad de descarga muy alta ($I_{imp} > 100$ kA (10/350 μ s) pero, por otro lado, el nivel de corriente residual auto-extinguible es bajo ($I_{fi} = 100$ Arms), así que sus posibilidades de aplicación son comparables con los tubos de descarga de gas.

Tubos de descarga de gas

En estado de reposo, los descargadores de gas y las vías de chispas se comportan como aisladores de alta resistencia gracias a la aplicación de la cerámica de corindón. Generalmente se realizan en forma de bastidor cilíndrico cerámico, cerrado en ambos lados mediante electrodos metálicos. Se llenan con una mezcla de gas

inerte de baja presión. Se destacan por su corto tiempo de respuesta y su capacidad de alto nivel de descarga de hasta $I_{imp} = 100$ kA (10/350 μ s). Tienen una pequeña auto-capacitancia (pocas unidades de pF) y alta resistencia de aislamiento (> 1000 M). Las posibilidades de aplicación de tubos de descarga de gas son limitadas, por lo general, por valores bajos de corriente residual auto-extinguible ($I_{fi} = 100$ Arms). La garantía de calidad para una aplicación particular se realiza mediante una selección específica del material usado, gas de relleno y geometría de electrodos. La aleación especial de dilatación se usa para una producción moderna de tubos de descarga de gas, capaces de asegurar alta resistencia contra altas temperaturas hasta de 2000°C y presión extrema durante la descarga de gas, con corrientes hasta de 100kA en forma de onda de 10/350 μ s. Los parámetros eléctricos se pueden predeterminar en un gran rango. P.ej. la tensión conmutable directa puede ajustarse de 100V a 2000V con una tolerancia típica de +/-20%. Los tubos de descarga de gas se caracterizan por larga vida y estabilidad de parámetros. Cumplen los requerimientos básicos de aplicación en la fabricación de descargadores libres de mantenimiento con larga vida

Varistores

Los varistores son resistencias que dependen de una tensión con características simétricas de tensión y corriente. Consisten de 90% de ZnO como base cerámica y 10% de aditivos, que sirven para el crecimiento granular y la creación de la capa de agotamiento entre granos de ZnO. Durante la sinterización, alrededor de granos ZnO de alta conductividad se crean capas de agotamiento comparables con los diodos Zener. Su resistencia (> 1M) disminuye durante una sobrecarga. La resistencia cae por debajo del valor de unas cuantas décimas en unos nanosegundos. Aprovechando la capacidad total de absorción de energía de la cerámica, se logra una gran posibilidad de cargas de este tipo de descargadores mientras están cargados por corrientes de impulso. Las posibilidades de uso casi universales de los varistores están limitadas tan sólo en campos de alta frecuencia, donde su capacidad relativamente alta (pocas unidades de nF) tiene un efecto negativo.

Diodos limitadores

Los diodos limitadores son básicamente diodos Zener dimensionados para valores pico de corriente y tiempo de acceso extremadamente corto (una cuantas unidades de ps). Estos diodos son adecuados especialmente para protección de circuitos electrónicos sensibles por su tamaño reducido, tiempo corto de acceso y niveles bajos de protección en sistemas de datos y telecomunicaciones. Sin embargo, debido a su capacidad limitada contra sobrecargas, generalmente no es recomendado usarlos en instalaciones eléctricas de CA y CC altamente expuestas a redes de distribución de baja tensión.



Vía de chispas



Tubos de descarga de gas



Varistores



Diodos limitadores

Conductores protectores y de tierra

De estos temas se ocupa la norma CSN 33 2000-5-54 que determina la realización de los diferentes conexiones con tierra, el valor de resistencia de los electrodos de tierra, el nivel de tensión de estos electrodos, la tensión de contacto

y la capacidad de transporte de corriente de los diferentes electrodos de tierra.

A continuación procedemos a dar más información acerca de los conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra debe ser adecuada, o sea no deberá ser menor que la sección resultante de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

(Esta fórmula es aplicable en caso que el tiempo de flujo de I no exceda 5 segundos)

S – sección del conductor de tierra en [mm²]

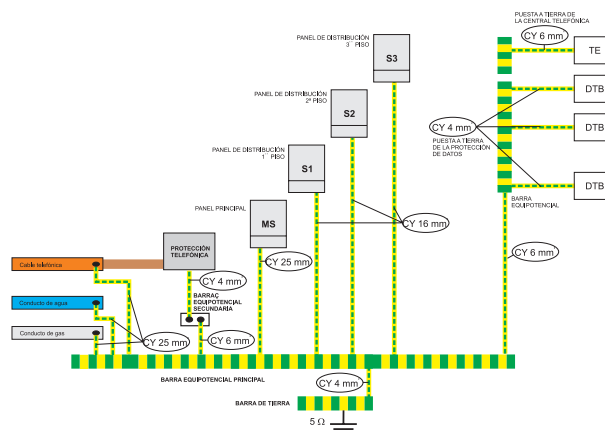
I – valor efectivo de corriente alterna en [A], atravesando el elemento protector a causa de un fallo con impedancia irrelevante

t – tiempo de desconexión del desconectador en segundos [s]

k – coeficiente que depende del material de conductor protector, en aislamiento y en otras partes, a una temperatura antes y después del cortocircuito (valores k para diferentes diseños de conductores protectores se determinan en la norma CSN 33 2000-5-54)

La sección mínima de los conductores de tierra debe ser de 16mm². Son colocados en tierra y protegidos contra corrosión, pero no protegidos contra daño mecánico. Si no se protegen contra corrosión (sean protegidos contra daño mecánico o no), la sección mínima del conductor de tierra debe ser 25mm² Cu (excepcionalmente A1, pero no se recomienda para uso en tierra).

El conductor de tierra debe colocarse de manera que resista todas las influencias externas que puedan surgir durante el servicio. Al mismo tiempo, no debe causar peligro de fuego ni afectar el funcionamiento de otros equipos. Su instalación debe ser lo más corta posible, sin formas curvas, innecesarios arcos y bucles. Las partes de los conductores sobresalientes de la tierra deberán colocarse de manera que puedan controlarse. La parte externa del conductor de tierra debe ser adecuadamente protegida, o por un revestimiento o colocándola dentro de tubos en lugares donde pueda surgir peligro de daño (por ejemplo en su paso a través de una pared o dentro de la tierra). Como conductores ocasionales de tierra se pueden utilizar elementos conductivos de estructuras metálicas que forman un complejo permanentemente conectado, como por ejemplo bandejas de cables, bastidores de cables, pilares, rieles de grúa, postes de acero, refuerzo de columnas de hormigón de flujo hilado y tubería de metal. Las conexiones de conductores y electrodos de tierra deben llevarse a cabo correctamente y deben dimensionarse adecuadamente. Mientras se usen abrazaderas, por principio, la abrazadera no debe dañar mecánicamente ni al electrodo (p.ej. la tubería), ni al conductor de tierra.



Equipos de comunicación y energía – interrelación

La distancia más pequeña entre la parte de la tierra de un equipo de comunicación, que no está conectada a su transformador, deberá ser al menos 20m desde la parte de tierra del equipo de energía de hasta 1000V, y 40m desde la parte de tierra del equipo de energía mayor a 1000V. Si no es posible cumplir al menos la mitad de las distancias especificadas, habrá que tomar las siguientes medidas:

a) Es necesario asegurarse, mediante cálculos o mediciones, que la tensión del equipo de comunicación, a causa de las corrientes en la tierra del equipo de energía más altas, no exceda el límite permitido.

b) Ambas tierras se conectan entre sí, siempre que no se provoquen consecuencias indeseables de acoplamiento directo (por ejemplo importación de tensión peligrosa o perturbadora en el sistema de comunicación, formación de trayectorias para corrientes sueltas o formación de macroceldas con electrodos creados por las diferentes tierras).

Las tierras de los pararrayos y del equipo de energía no necesariamente tienen que estar unidas, si la distancia entre las dos tierras es mayor que 5m. La tierra del equipo de comunicación debe estar lo más lejos posible de la tierra de los conductores. Si la distancia entre la tierra de los conductores y cualquier otra parte de tierra del equipo de comunicación es menor que 5m, ambas tierras deben conectarse entre sí.

Entonces el sistema de conexión con tierra común debe estar de acuerdo a la norma CSN 34 1390 y las reglas para equipos de comunicación. La tierra de descargadores de sobretensión se conectan a la tierra protectora del equipo que está a su vez, protegido con un descargador de sobretensión. En el capítulo "Conductores protectores y de tierra" se menciona que, por lo general, el conductor protector PE puede ser descubierto y debe colocarse junto a los conductores excéntricos. El conductor de tierra, que va al conductor de tierra secundario, debe aislarse para evitar su contacto con el conductor protector o con cualquier otra parte conectada con él o con las partes muertas, que estén o puedan estar conectadas al conductor protector. Es necesario cumplir esta condición para evitar p.ej., el sobrepaso del detector de sobretensión.

El conductor protector sólo puede conectarse a las partes muertas de aquellos objetos y equipos eléctricos, cuya fuente de energía se desconecte en caso de falla del equipo protector de tensión. Las partes muertas deben conectarse a un conductor protector cumpliendo las condiciones dadas para cada tipo de conexión con tierra de la red. Las partes muertas, que a su vez están accesibles al contacto, deben conectarse al mismo sistema de conexión con tierra, individualmente, en grupos

o juntos. En cada edificio deben estar conectadas una a otra, a la llamada conexión principal, las siguientes partes conductoras: conductor de protección, conductor de tierra o abrazadera principal de protección, conductos de distribución en el edificio, p.ej. de agua y gas, estructuras metálicas y aire acondicionado o calefacción (si las hay en el edificio). Las partes conductoras, que entran al edificio desde fuera, deben conectarse lo más cerca posible de la entrada y la sección de los conductores de la conexión principal deben ser aducados. La conexión principal debe hacerse en cada cubierta metálica de los cables de comunicación. Sin embargo, es necesaria la aprobación del operador o propietario de los cables.

Toma a tierra

Uno de los requerimientos para funcionamiento correcto de los descargadores de sobretensión es su conexión a tierra de calidad, representada por el conductor de protección PE. El conductor PE se coloca separadamente en el sistema TN-S de 5 conductores, que la norma decreta para hogares, oficinas e industria. Los diseñadores deberían asegurar este tipo de sistema ya en la parte secundaria del transformador. Todos los descargadores de sobretensión instalados se conectan mediante los conductores PE a la barra conductora equipotencial PAS que tiene el potencial más cercano al potencial de tierra. En los sistemas TN-C, los descargadores de sobretensión se aterrizan en el conductor PEN, donde fluyen las corrientes de diferenciales, por lo que no se aseguran las mismas condiciones de funcionamiento de la protección contra sobretensiones que del conductor PE. Los valores de la resistencia total, tanto de tierra como de los conductores de tierra PE, PEN en el paso y en los extremos, es determinada en la norma CSN 33 2000-4-41. Durante la realización de la tierra del edificio, es necesario evitar la conexión en bucle de los tableros de distribución. Una conexión en bucle inadecuada podría causar flujo de corrientes defectuosas, inducción de sobretensiones, y aumentar el potencial de los conductores PE y PEN en su paso por encima del potencial distinto al de tierra. El esquema de la configuración estrella de los conductores de tierra de acuerdo a IEC 1312-1 e IEC 62 305 es la solución óptima de cómo eliminar estos efectos no deseados.

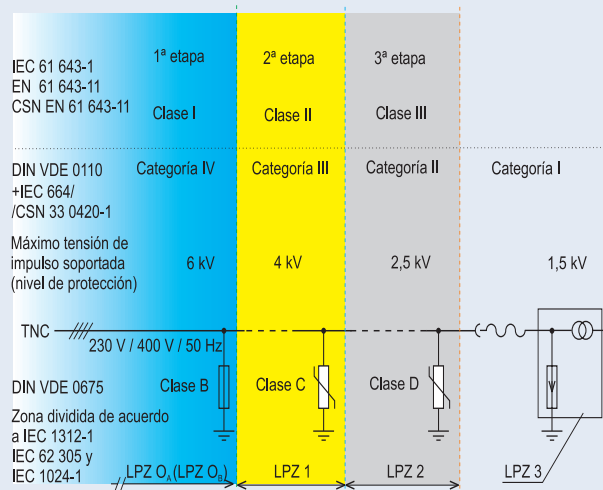
Normas técnicas relacionadas a la instalación de descargadores contra sobretensiones

Todas las normas EN involucran a la República Checa, puesto que la República Checa ha firmado el acuerdo de asociación con la Unión Europea. La directiva CEE No. 89/336, la ley Coll. No. 22/97 y las regulaciones Coll. NV 17 y 18/20µs03 decretan el cumplimiento de las condiciones de compatibilidad electromagnética (EMC) para equipos eléctricos. La instalación de los descargadores de sobretensión resuelve los problemas relacionados y protege de manera adecuada la electrónica contra efectos de sobretensiones que se extienden a través de las rutas galvánicas.

Actualmente, es necesario seguir las normas IEC 61 643-1:1998 y EN 61 643-11:2002 internacionalmente reconocidas, que caracterizan las etapas de protecciones de sobretensión y sus pruebas. Otras normas relacionadas están siendo preparadas (como las revisiones de descargadores de sobretensión).

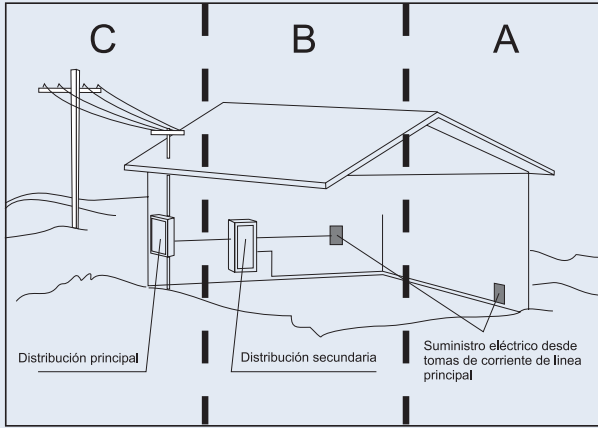
Debido a que actualmente en la República Checa hay una oferta considerable de SPDs con su respectiva

documentación, de acuerdo a DIN VDE 0675 o DIN VDE 0110, es oportuno hacer una comparación de la división básica de SPDs de acuerdo a estas normas frente a las normas obligatorias en la República Checa, en particular a las IEC 61 643 e IEC 664/CSN 33 0420-1. Mientras que la norma EN 61 643-11 obligatoria en la República Checa divide los SPDs de la 1ª, 2ª y 3ª etapa de protección en clases I, II y III, la norma DIN VDE 0675 divide los SPDs en clases A, B, C y D, cuando los descargadores clase A se diseñan para protección de sobretierra de la instalación eléctrica de baja tensión fuera de los objetos protegidos y los descargadores clase B, C y D se diseñan para el uso en los límites LPZ 0, 1, 1-2 y 2-3. Por otra parte, la norma DIN VDE 0110 presenta la definición de la categoría de sobretensión que ha sido adoptada también por la norma IEC 664/CSN 33 0420-1. Estas normas clasifican el sistema de energía para baja tensión en cuatro categorías (IV, III, II, I) y definen las llamadas tensiones máximas de impulso de oposición (niveles de protección), permitidas para los equipos conectados. Por ejemplo, para el sistema TNC 230/400V50Hz, la sobretensión en la entrada del equipo no debe exceder el nivel de 6kV, detrás del tablero de distribución principal no debe exceder 4kV, en las salidas de los tableros de distribución secundaria no debe exceder 2, 5kV y en la parte de la conexión de los equipos protegidos en una instalación fija no debe exceder 1,5kV).



La comparación de la clasificación de los diferentes segmentos del sistema de energía eléctrica de baja tensión (de acuerdo a IEC 61 643-1, EN 61 643-11, CSN EN 61 643-11 DIN VDE 0110, IEC 664/CSN33 0420 y DIN VDE 0675) en relación a los niveles de la cascada de protección contra sobretensiones y a la división en zonas, de acuerdo a IEC 1312-1, IEC 62305 e IEC 1024-1.

Es interesante una comparación similar de las diferentes partes del sistema de red de baja tensión pertenecientes a las etapas de la cascada de protección de las instalaciones eléctricas de edificios basadas en la norma ANSI/IEEE (Instituto Americano de Estándares Nacionales/ Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Esta norma divide la 1ª, 2ª y 3ª clase de SPD en categorías C, B, A (Categorías de localidad). No obstante, cada una de ellas se puede clasificar en 3 niveles (bajo, medio, alto) de acuerdo a los llamados "grados de exposición" resultantes de mapas isoceráunicos de niveles de "actividad de tormenta".



Sumario de directrices sobre categorías de localización de sobretensiones según IEEE C62.41.2 - 2002

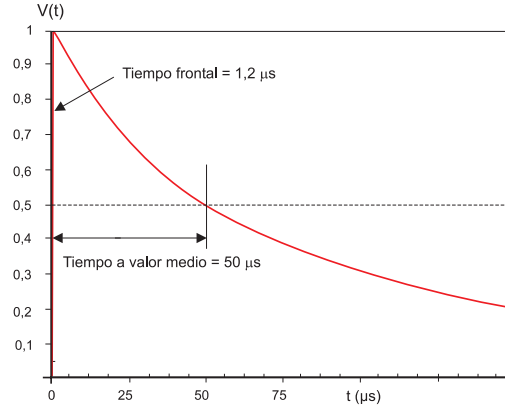
Localización A	A	
Interior de edificios		6kV 0,2kA 0,5µs - 100kHz
Tomas en largos circuitos de derivación		Onda oscilatoria amortiguada (30Ω)
Todas las tomas a más de 10m de la Categoría B		6kV 0,5kA 1,2/50µs 8/20µs (12Ω)
Todas las tomas a más de 20m de la Categoría B		
Localización B	B	
Cerca de la acometida		6kV 0,5kA 0,5µs - 100kHz
Alimentadores en cortos circuitos de derivación		Onda oscilatoria amortiguada (12Ω)
Paneles de distribución		6kV 3kA 1,2/50µs 8/20µs (2Ω)
Líneas de plantas industriales		
Tomas de grandes aparatos cerca de la entrada de servicio		
Sistemas de iluminación en grandes edificios		
Localización C	C Bajo	
Exterior de edificios		6kV 3kA 1,2/50µs 8/20µs (2Ω)
Fuera y punto de entrada		6kV 100kHz Onda oscilatoria amortiguada
Caida de servicio desde el poste al edificio		2,0 x V _{Peak} 10/1000 Onda combinada
Recomido entre contador y panel		
C Alto		
Línea aérea a edificios separados		10kV 10kA 1,2/50µs 8/20µs (1Ω)
Línea subterránea a pozo surtidor		6kV 100kHz Onda oscilatoria amortiguada
		2,3 x V _{Peak} 10/1000 Onda combinada

Merece la pena mencionar que actualmente el rango completo de SPD categoría C, B y A según la ANSI/IEEE, se basa en las pruebas mediante impulso combinado (1,2/50µs; 8/20µs) con un generador de resistencia interna de 1, 2 o 12Ω y en parte mediante un impulso de prueba con forma de onda 0,5µs/100kHz (con el generador, la resistencia interna es de 12Ω para las categorías B y C y de 30Ω para la categoría A).

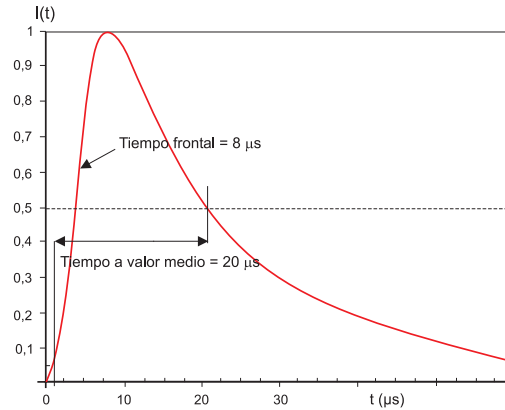
La norma ANSI/IEEE incluye adicionalmente la prueba por impulso de corriente con forma de onda 10/1000µs. Sin embargo, se recomienda realizarla solo como una „prueba adicional“ de funcionalidad. La prueba por impulso con forma de onda 10/350µs fue definida por primera vez en la norma VDE 0675 en 1986 y, posteriormente, adoptada por las normas IEC 61643-1 y EN 61643-1.

Las cinco imágenes siguientes ofrecen información sobre las formas de onda de impulsos de prueba más usadas según las normas IEC, EN y CSN, o bien según la norma ANSI, para las pruebas de SPD diseñados para líneas de suministro de corriente de energía en baja tensión.

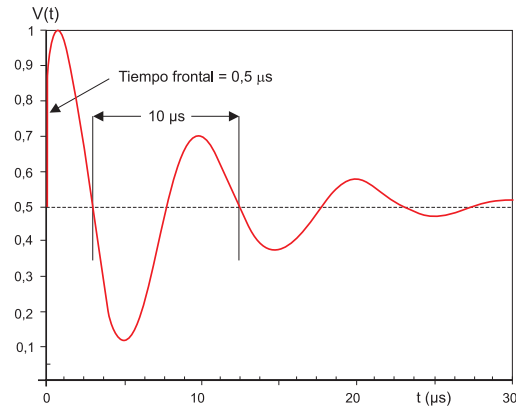
Impulso de prueba de tensión 1,2/50 µs



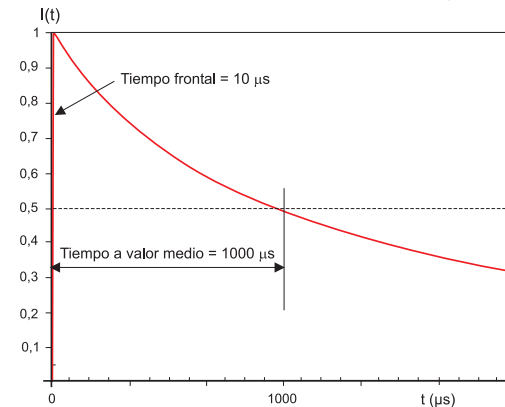
Impulso de prueba de corriente 8/20 µs

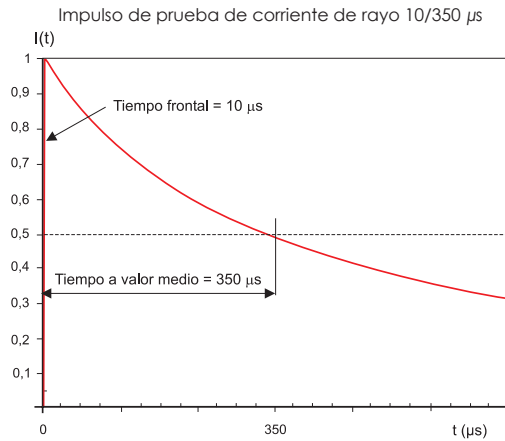


Impulso de prueba de corriente de forma de timbrado 0,5/100 kHz



Impulso de prueba de corriente 10/1000 µs





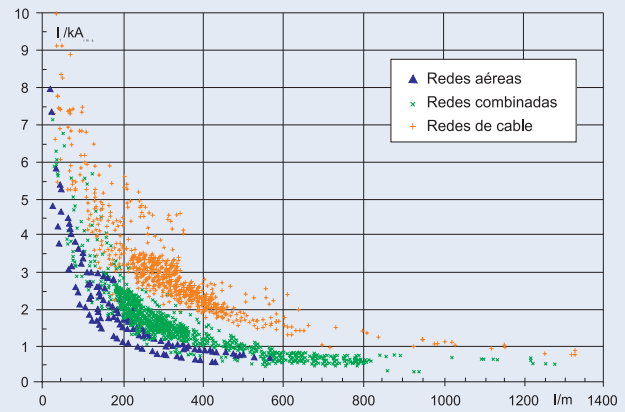
Posibilidades de uso de protección contra sobretensiones de primera etapa

Los varistores descargadores de corriente de rayo ofrecen protección de calidad en aplicaciones en la primera etapa de la cascada de protección contra sobretensiones con amplitud hasta $I_{imp} = 20 \text{ kA} (10/350\mu\text{s})$. La mayoría de aplicaciones son adecuadas también para el caso de la llamada entrada sobretierra en un edificio para baja tensión. Si se requiere una resistencia contra amplitudes de corriente de rayo mayores, se recomienda el uso de descargadores tipo vía de chispas. A la hora de elegir el vía de chispas más adecuado, es necesario prestar especial atención al valor de nivel de la corriente residual auto-extinguible I_{fi} en U_c , puesto que durante la activación de un vía de chispas se produce cortocircuito en el lugar de su instalación. En cambio, los varistores descargadores no tienen esta característica.

Las corrientes residuales en aplicaciones de vías de chispas en la cascada de protección contra sobretensiones

El cortocircuito de la corriente residual surge en los descargadores de sobretensiones basados en vía de chispas (HS 45, HS 55, HS 60-20, HS 50-50, HS 50-16, HS 50-3) después de su activación mediante impulso de corriente de descarga, mientras que su magnitud se restringe por la impedancia total del cortocircuito del sistema de energía. Estas corrientes residuales se extinguen espontáneamente mediante una sobrepresión que actúa en las diferentes cámaras de carbón encapsuladas durante el primer medio-periodo de la red en su tránsito hacia un cero. La amplitud de un eventual cortocircuito de corriente, en el lugar de una aplicación definida, depende tanto del tipo de sistema de energía como de la distancia de la aplicación dada del transformador de distribución. El diagrama siguiente describe los resultados de la medición de estas corrientes residuales en 2325 redes trifásicas de 29 plantas de distribución, de las que 315 en líneas aéreas, 1215 en líneas combinadas y 715 en redes de cable. El diagrama muestra que el valor de un eventual cortocircuito de corriente nunca excede el valor de 3kArms para cualquier tipo de red (aérea, combinada o red de cable), por ejemplo, para una distancia de aplicación de 600 m desde el transformador de distribución. El diagrama arriba mencionado es muy útil en prácticas de diseño para una elección adecuada de vía de chispas para una aplicación definida, antes que nada para la determinación del parámetro I_{fi} (corriente residual autoextinguible en). Las dudas eventuales, que puedan surgir de una especificación de aplicación definida, dependen totalmente del diseñador para que las cubra con un coeficiente de seguridad correspondiente

(la medición exacta es difícil desde un punto de vista económico y técnico). Por ejemplo, si el valor de una corriente residual según una estimación calificada es 3kArms, es conveniente elegir un descargador con el parámetro de I_{fi} aproximadamente dos veces mayor.



Uso de inductores separadores entre las diferentes etapas de protección contra sobretensiones

Los inductores separadores con impedancia $Z=15\mu\text{H}$ en algunos casos aseguran la coordinación energética de las diferentes etapas de la cascada de protección contra sobretensiones. Se insertan en el conducto en caso de que la distancia entre 1ª y 2ª etapa, o entre 2ª y 3ª etapa, sea menor que 10m. El incumplimiento de esta distancia u omisión de un inductor separador puede causar daño del descargador de una de las etapas al avanzar el impulso de corriente de rayo. Es necesario prestar especial atención a la coordinación energética entre 1ª y 2ª etapa de la cascada de protección en aquellos casos en que la primera etapa esté provista de descargadores de corriente de rayo tipo vía de chispas. La manera más económica es asegurar que la primera etapa de la cascada de protección se coloque en tablero de distribución diferente que la 2ª etapa (con una distancia mínima de 10m entre ellas). Si esta distancia mínima es imposible de cumplir, ya sea por razones estructurales o de construcción, se recomienda usar inductores separadores de $15\mu\text{H}$. Aseguramiento de la protección contra sobretensiones Es necesario usar protección adicional de los diferentes SPDs para asegurar la resistencia contra cortocircuito en 1ª y 2ª etapa de la cascada de protección contra sobretensiones mediante fusibles previos. Generalmente, cada fabricante de dispositivos de protección contra sobretensiones especifica el dimensionamiento de estos fusibles previos en la respectiva documentación adjunta.

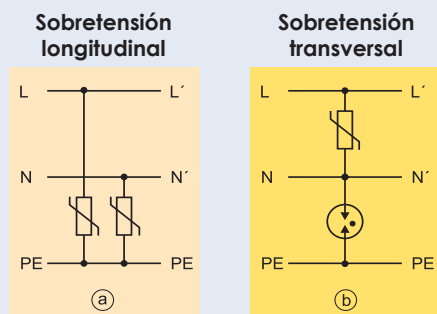
Recomendación para la instalación de la 3ª etapa de protección con filtro de alta frecuencia

La 3ª etapa protectora es la parte esencial de la cascada de protección contra sobretensiones. Los típicos representantes de este tipo de protección son por ejemplo los descargadores de sobretensiones transitorios de rangos PI-k y PI-3k, que reducen la sobretensión gracias a su conexión interna (protección basta, filtro, protección fina) al nivel $U_p < 0,8$ hasta 1kV, que es seguro para los equipos terminales. Por lo general, están diseñados para ser colocados en riel DIN de 35mm. Es importante colocar estos dispositivos lo más cerca posible del equipo protegido (p.ej. en tableros de distribución del hogar). La distancia entre el tablero de distribución y el equipo no debe sobrepasar los 15m. Para distancias mayores

es necesario colocar otros dispositivos de protección de clase III (p.ej. enchufes protegidos o descargadores de sobretensión para rieles DIN) en intervalos de 10m a lo largo de la línea de enchufes protegida. Por otro lado, los enchufes protegidos no son de ninguna manera la sustitución equivalente de la 3ª etapa de protección con filtro de alta-frecuencia.

Las diferentes etapas de la cascada de protección estandarizadas

Hay dos formas posibles de conexión de las etapas de la cascada de protección contra sobretensiones:

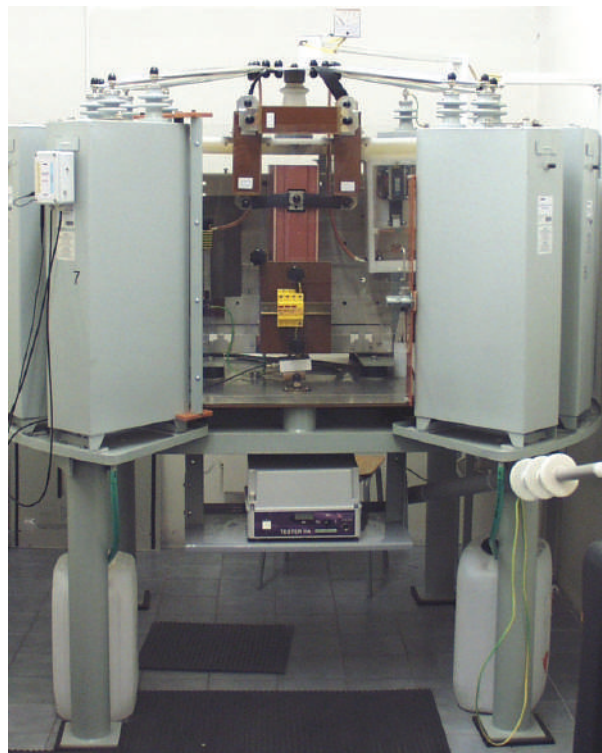


La conexión del punto **a)** prefiere protección contra la sobretensión longitudinal mientras que la conexión **b)** prefiere protección contra la llamada sobretensión transversal. Debido a que los resultados estadísticos de mediciones realizadas a largo plazo afirman generalmente una peligrosidad mayor de la sobretensión transversal (en abrazaderas de electrodomésticos U/N) que la de sobretensión longitudinal (en abrazaderas de electrodomésticos L/PE, L/PE), todas las conexiones y aplicaciones de dispositivos SPD de la compañía HAKEL, están orientadas preferentemente a la protección de electrodomésticos contra sobretensión transversal.

Laboratorios de prueba

La única manera de verificar y asegurar la resistencia y funcionamiento de los descargadores son las pruebas y exámenes realizados en las condiciones de servicio más duras. Dentro del marco de las pruebas y del procedimiento de certificación, se examina el nuevo producto final, así como sus componentes principales. Las pruebas se realizan mediante generadores de sobrecarga, que de una manera "sustituyen" los impulsos de corriente de rayo de carácter natural bajo unas condiciones definidas. Las formas de onda de prueba están definidas también por otras normas relacionadas, en particular la CSN EN 616 43-11:2003, IEC 1312-1, IEC 60-1 y CSN 61 000-4-5. Existen contados lugares de trabajo, equipados con los generadores de sobrecarga con forma de onda 8/20µs, en la República Checa. La mayoría de ellos con $I_{max} = 10kA$ hasta $20kA$ (8/20µs). Y tan sólo un lugar en toda la República Checa está equipado con generadores de corriente con forma de onda 10/350µseg. En particular se trata del laboratorio eléctrico de la empresa HAKEL S.L. en Hradec Kralove, que tiene a su disposición dos de tales generadores, cuya capacidad de servicio I_{imp} es de hasta $110kA$ (10/350µs). Uno de éstos, opera como equipo estacionario en la compañía y el segundo, en una versión móvil, que sirve para verificación de resistencia de tejados, pararrayos y puestas a tierra, incluidas las instalaciones eléctricas, contra sobretensiones producidas por choques de rayo en edificios, de acuerdo con las especificaciones de los clientes (inversores). Además, este laboratorio

dispone de dos generadores de impulso de corriente con capacidad de servicio $I_{max} = 60kA$ (8/20µs) e $I_{max} = 240kA$ (8/20µs). Los dispositivos de prueba arriba mencionados se muestran en las siguientes dos fotografías.











HAKELGUN 240: Generadores de impulso de corriente con capacidad de servicio $I_{max} = 240kA$ (8/20µs)






Generador de corriente de rayo con capacidad de servicio $I_{imp} = 210kA$ (10/350).







Sobretensiones – identificación

-  Relámpago y sobretensionamiento de tipo I de acuerdo con la norma EN 61643-11 y/o IEC 61643-1
-  Relámpago y sobretensionamiento combinado de tipo I y II de acuerdo con la norma TIPO 1 y TIPO 2 y EN 61643-11 y/o IEC 61643-1
-  Sobretensiones de tipo II de acuerdo con la norma EN 61643-11 y/o IEC 61643-1
-  Sobretensiones de tipo III de acuerdo con la norma EN 61643-11 y/o IEC 61643-1
-  Prueba de clase I de acuerdo con la norma IEC 61643-1
-  Prueba de clase I de acuerdo con la norma CLASS 1 y CLASS 2 y IEC 61643-1
-  Prueba de clase I de acuerdo con la norma IEC 61643-1
-  Prueba de clase I de acuerdo con la norma IEC 61643-1





Zonas de protección contra rayos

-  Zona LPZ 0 - 1
-  Zona LPZ 1 - 2
-  Zona LPZ 2 - 3





Utilización

-  Empleo en hogares y oficinas
-  Empleo en industria
-  Temperatura de trabajo
-  Señalización remota
-  Señalización remota
-  Conveniente para la instalación en partes no medidos EL. distribución (delante del electrómetro)

Las marcas de prueba

-  Unión de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de la Información, Alemania
-  ATEX certificado para zonas peligrosas
-  Declaración de conformidad de acuerdo con la normativa CE
-  La Federación de Rusia

Grado de protección

-  Grado de protección IP00
-  Grado de protección IP20
-  Grado de protección IP64
-  Grado de protección IP66

Conexión recomendada

-  Sistema TT
-  Sistema TN-C
-  Sistema TN-S

