

MCG

Protección contra Transientes de Voltaje

La verdad sobre el Asunto

Para aquellos que seleccionan los dispositivos de Protección contra Transientes de voltaje se ha vuelto muy difícil escoger los más confiables y rentables del mercado.

Hacer la selección correcta debería de ser muy fácil, y puede lograrse con un conocimiento suficiente y algo de sentido común.

La siguiente es una recolección de temas relacionados con los Supresores de Transientes, presentados en un formato conciso y preciso.

Contenido	Página
Preguntas Frecuentes Sobre la Protección Contra Transientes de voltajes	3
Consideraciones sobre los Rayos y los Transitorios	
Anatomía de un rayo	5
Justificación Económica para la Protección Contra Transientes de voltajes	6
Síntesis de Protección contra Transientes de voltajes	7
Recomendaciones para la Protección del Sistema	8
Comparación sugerida de Productos	
Temas Importantes que usted necesita considerar	9
Capacidad de Corriente Pico	10
Guías de Protección	11
Voltaje de Paso – ¿Puede ser Reducido?	12
Voltaje de Paso - Consideraciones sobre el tamaño del cable	13
Concepto Micro-Z (micro-impedancia) - Para un mejor desempeño	14
Caídas de voltaje a lo largo del cableado de alimentación	15
Voltaje AC Alta - Requiere Varias Estrategias	
Otros Temas Importantes	16
Fusible y estrategias de desconexión térmica	17
Redundancia – Verdadera vrs. Falsa Redundancia	18
Consideraciones de diseño modular y problemas relacionados	19
Monitoreo y Diagnóstico	20
Expectativa de vida	20
Factores Ambientales	20
Cajas - NEMA	
Notas de Instalación	21
Instalación: Preguntas y Respuestas	22
Diagramas de Cableado / Conexión de Fases	23
Consideraciones sobre el interruptor de desconexión de seguridad	23
Puesta a Tierra – El Concepto de un Solo Punto	
Ideas Promovidas de Mérito Cuestionable	24
Rastreo de Onda Sinusoidal y Filtrado EMI/RFI	25
Circuito Híbrido de Protección	26
#Listado por UL\$ vrs. #Cumple con UL\$	
Observando la Escena	27
Tecnología Abierta - ¿Porque Tanto Secreto?	28
Publicidad & Usos exóticos del Idioma Inglés	
Normas	29
Normas & Industria y Seguridad	30
ANSI C62.41-2002 Formas de Onda	
Glosario de Términos Técnicos	31
Garantía	31
Índice	32

Preguntas Frecuentes Sobre la Protección Contra Transientes de voltajes

Por qué la Protección contra Transientes de voltajes

La enorme proliferación en la utilización de equipos electrónicos sensibles, (sensibles en virtud de los circuitos que tienen literalmente millones de transistores en un solo chip), predispone cualquier discusión sobre la necesidad de protección contra transientes de voltajes. Es más que obvio.

La circuitería, cada vez más vulnerable, tiene que existir en un entorno que le resulta extremadamente hostil. Diariamente se ve sometido a transientes de voltajes potencialmente perturbadores y destructivos provenientes de fenómenos industriales, tales como la conmutación de la red de servicios públicos, y, por supuesto, la caída de rayos. La defensa más lógica y costo-efectiva es por lo consiguiente, el uso de protección contra transientes de voltajes.

Para servir mejor sus necesidades, defina Usted que es lo que quiere lograr:

- Para protegerse contra los apagones, los picos y los valles, elija un UPS.
- Para proteger a un UPS, elija un protector contra transientes de voltajes.
- Para protegerse contra inconvenientes o daños por transientes de voltaje elija un protector contra transientes de voltajes.
- Y en caso de daños en los puertos de I/O, elija un protector de línea de datos.

¿Cuál es el tamaño apropiado del protector?

Un transiente de sobre voltaje que entra en una instalación se disipará subdividiéndose por todo el sistema de distribución de energía del edificio.

La capacidad de un protector contra Transientes de voltajes está determinada por su ubicación. En el punto de entrada la energía contenida en el transiente de voltaje está en su punto máximo. Al distribuirse en su viaje a través de todo el sistema, ofrecerá menor magnitud a cada panel de ramal que encuentre en forma sucesiva. Finalmente, la menor cantidad dañina de corriente de sobrecarga será experimentada por las tomas de corriente ubicadas en lo más profundo del sistema.

Los protectores de transientes de voltaje MCG van desde el punto de protección del panel de servicio en la entrada, hasta las protecciones de bajo perfil en los equipos internos.

¿Por qué las Protecciones contra Transientes de voltaje de MCG?

Desde 1967 **MCG Surge Protection** se ha especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de protecciones de alta calidad contra rayos, transientes de voltaje continuadas y supresoras de voltajes transitorios. MCG fue la pionera en muchas de las innovaciones que hoy en día son comunes a otros sistemas, tales como la modularidad, la redundancia, la muy baja impedancia, el cableado "Micro-Z", los diagnósticos locales extensos para facilitar el servicio, la supervisión de eventos, las alarmas sonoras, etc.

El mejor protector contra Transientes de voltaje es aquel que funciona bien y dura mucho tiempo. Los SPD (Dispositivos de protección contra transientes de voltaje) deben tener una protección redundante, ser de diseño modular, venderse a un precio razonable y venir con un "soporte de ventas" antes y después de la compra.

¿Cómo elijo un protector contra transientes de voltajes?

La persona que especifica y es usuario de un SPD tiene la poca envidiable tarea de tener que buscar entre los muchos y muy variados datos de rendimiento de los fabricantes de supresores de transientes de voltaje para seleccionar el óptimo. Uno debería de cuestionar prudentemente si las afirmaciones que encuentra son realistas o no. Las especificaciones deben ser documentadas y más aún, fundamentadas con pruebas tales como las trazas de osciloscopio que verifican las pruebas en relación con las formas de onda pre definidas. Debe insistirse en la divulgación de la tecnología y los fabricantes "tímidos" deben ser considerados sospechosos.

¿Cómo funciona un SPD?

La Supresión de los transientes y las Transientes de voltaje se logra mediante el uso de varistores de óxido metálico (MOV), instalados en paralelo con las líneas de corriente alterna. El MOV, en condiciones normales, representa un elemento de alta resistencia que es prácticamente invisible para la línea. Cualquier transitorio que exceda el nivel de umbral (típicamente 125% de su valor nominal) hará que la resistencia del MOV caiga rápidamente (en nanosegundos) para proporcionar un camino fácil (obligado) para el exceso de corriente transitoria. Un SPD efectivo desviarán transitorios perjudiciales, de manera inofensiva y lejos de la carga sensible en nanosegundos.

Cuando ocurre un evento y la supresión tiene lugar, un voltaje remanente o **de paso** será lo que el equipo protegido verá. Obviamente, es deseable limitar este voltaje a un nivel muy bajo. Un factor importante en el logro de esto es la reducción de la impedancia a la transientes de voltaje. Aquí es donde MCG brilla.

¿Qué significa exactamente "Micro-Z"?

Cualquier impedancia entre la línea de alimentación y la puesta a tierra limitará la desviación de la corriente transitoria a tierra. Dos condiciones son necesarias para que la desviación a tierra sea eficaz:

- 1.) Mantener baja la impedancia de los cables de conexión del SPD a la línea de alimentación de AC haciendo el cableado corto y directo. Unir todos los cables firmemente y forrar con cinta adhesiva los cables a lo largo de todo su recorrido. El cableado Micro-Z propio de MCG tiene un 50% menos de caída que el mejor cableado convencional.
- 2.) La impedancia interna del SPD debe reducirse mediante una cuidadosa atención en el diseño. Los circuitos internos y el cable Micro-Z patentados por MCG han sido diseñados para crear un camino de baja impedancia a través del dispositivo de protección que reduce significativamente la caída de voltaje en el cableado interno del SPD. *(cont en p.4)*

La combinación de los beneficios de una baja impedancia interna en un SPD con una conexión de baja impedancia a la AC permite a MCG utilizar MOVs para voltajes más altas sin sacrificar el desempeño del supresor. La **holgura de amplitud** por encima del +/- 10% de la voltaje de línea se traduce en una mayor vida útil para el SPD.

Tiempo de respuesta - ¿Cuán rápido debe ser?

Algunos fabricantes argumentan tiempos de respuesta de menos de un nanosegundo (y a veces) hasta de menos de un picosegundo para detener un transitorio. Esto debe llevar a una reflexión. Un nanosegundo es una billonésima parte de un segundo. WOW! ¿Cómo se mide físicamente esta velocidad para verificar tal argumento? Una mirada a la literatura publicada por los fabricantes de MOVs muestran estos números, pero la lectura adicional revelará que se basan en el elemento MOV operando en ambientes coaxiales ideales, sin cables. NO EN EL MUNDO REAL. Es de sentido común que el MOV colocado en un SPD debe tener cables de conexión a la línea de alimentación y la inductancia resultante hace que los tiempos de respuesta sean poco realistas. Organizaciones como NEMA y Underwriters Laboratories (UL) han optado por ignorar esta especificación completamente puesto que los MOV tienen tiempos de respuesta de 100 a 1000 veces más rápido que cualquier transitorio que pudieran encontrar.

¿Cuál es la diferencia entre el umbral de voltaje y el voltaje residual (clamp voltaje)?

El umbral de voltaje es el punto en el que un SPD conduce cuando 1mA de corriente está siendo enviado a la entrada del dispositivo. Esto, como criterio de desempeño, está incompleto. La voltaje residual es el voltaje medido, con un osciloscopio, en las terminales del SPD cuando se aplican las formas de onda estándar, tales como las definidas por ANSI / IEEE C62.41-2002.

Las Normas Underwriters Laboratories UL 1449, 2da. Ed. establecen rangos de supresión para comparar los SPDs. Unidades cableadas de SPD se prueban a 6000V, 500Amps (con una forma de onda de 8x20us) y se mide la voltaje del voltaje de supresión SVR (Suppressed voltaje rating). A modo de ejemplo, veamos que ocurre en una gama UL establecida de 400 voltios. Si los resultados para un SPD fueron de 340 voltios y para otro de 390 voltios, UL clasificará a ambos como unidades de 400 voltios, teniendo en cuenta que la calificación UL es una gama. Cuando se comparan SPDs, deben tenerse en cuenta los niveles "reales" de supresión.

¿Qué debo saber sobre Absorción de Energía?

Un varistor de óxido metálico desvía, absorbe y disipa la energía de un transitorio. De ello se desprende que esta actividad debe ser medida en unidades de energía (Julios). Como una medida del rendimiento del SPD, los Julios, pueden ser útiles cuando se comparan las unidades que emplean

tecnología MOV.

Generalmente más Julios se traduce en una mayor vida útil de diseño. Sin embargo, un fabricante serio, debe de justificar los datos publicados.

Si un protector contra Transientes de voltaje tiene un dimensionamiento para 4000 Julios, (8x20us) y otro tiene de 2000 Julios (8x20us), entonces el protector de 4000 julios tiene una esperanza de vida útil 10 veces mayor que la del segundo. ¡Los Julios si importan!

¿Qué significa realmente "Corriente transitoria" (8x20us) en una hoja de datos de MCG?

Estas son evaluaciones del tiempo de vida. Para ilustrar, tomemos la calificación final de 10.000 impulsos a un nivel de 5000A. Esto indica que el SPD puede desviar un transitorio de 5000 Amperios diez mil veces, lo que se traduce en la supresión de un transitorio de 5000 Amp diariamente (días festivos incluidos) durante 27,4 años. No está nada mal! ¿Cuál es la probabilidad de que esto ocurra? Muy improbable. Por consiguiente la vida útil del SPD será muy larga.

¿Qué se entiende por "Modos de Protección"?

Los modos de protección son los elementos de protección contra transientes del MOV conectados de línea a neutro, línea a línea, línea a tierra y neutro a tierra. Para un sistema en estrella, esto es: 3-línea a neutro, 3-línea a tierra y 1-neutro a tierra, o 7 modos de protección.

Seguimiento de la onda sinusoidal - ¿real o mito?

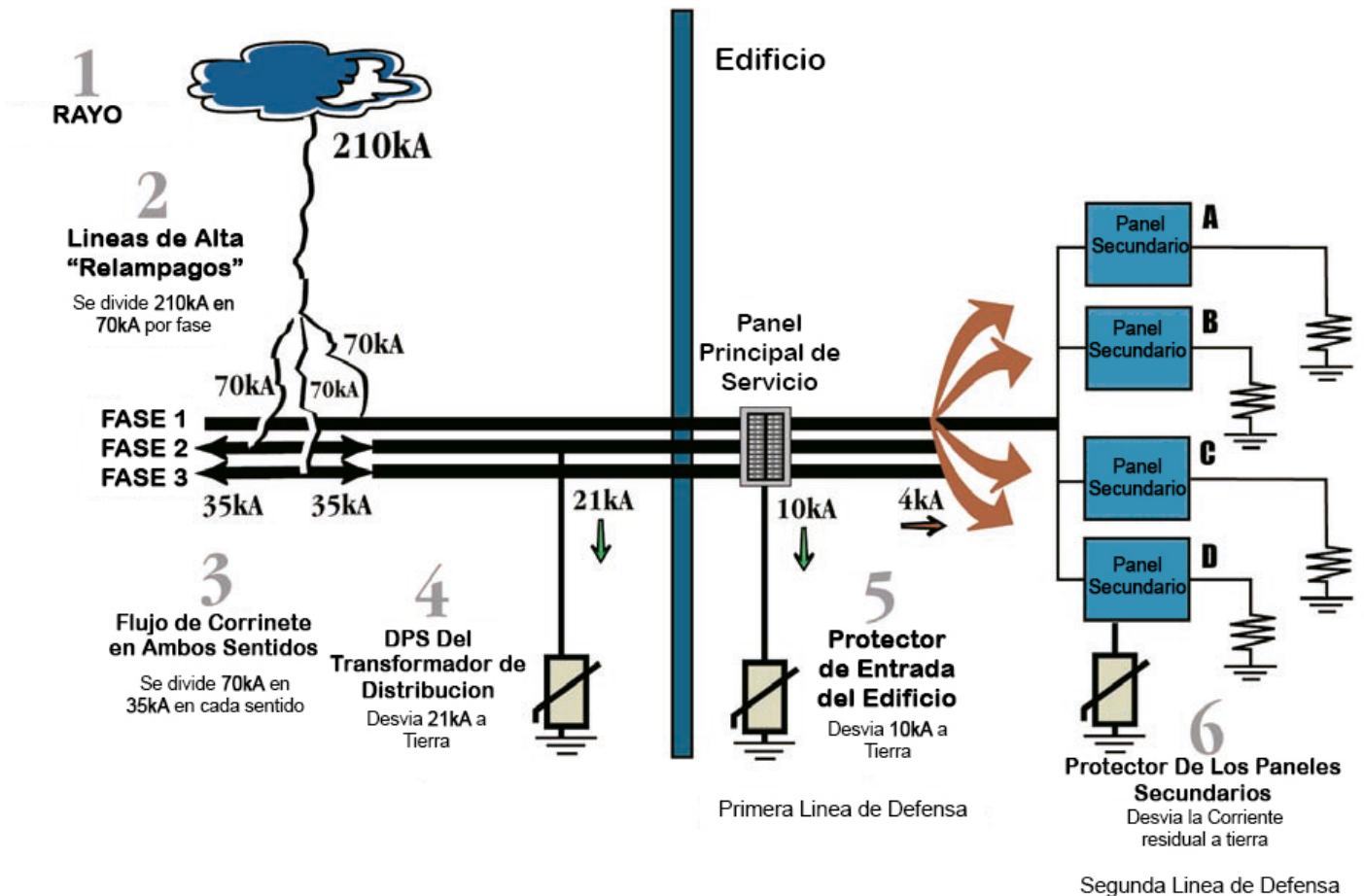
Ambos, en realidad.

El objetivo del seguimiento de onda es eliminar el "ruido" eléctrico y esto generalmente se logra mediante la adición de capacitores a los circuitos de protección. El ruido eléctrico en general es de origen local (fotocopiadoras, luces fluorescentes, aspiradoras, ascensores, etc.), el verdadero lugar para resolver eficazmente este tipo de problema es a nivel del equipo. La protección contra el ruido en el lugar de entrada de la casa ("antes de que el ruido sea generado") parece ser algo así como un mito.

%
%
%
%
%
%

Anatomía de un Rayo

Que Puede Esperar*



Su primera línea de defensa – La Protección en la entrada del edificio

Una de las mayores corrientes transitorias de rayos registradas alguna vez, fue 210kA con una duración de decenas de nanosegundos. Por mucho, la mayor amenaza para los equipos sensibles son los rayos que impactan las líneas aéreas de energía eléctrica y que luego conducen el transitorio hacia lo interno de una instalación.

Su segunda línea de defensa

Las otras fuentes más comunes de picos de voltaje transitorio ocurren en lo profundo del edificio y son causadas por ascensores, fotocopiadoras, aparatos de aire acondicionado, soldadores de arco, etc. Un protector contra transientes de voltaje, de dimensiones adecuadas, ubicado en los paneles secundarios suprime de manera muy eficaz los transitorios generados localmente. Cualquiera de los voltajes transitorios que llegan a un panel de servicio protegido se limitará a niveles seguros de voltaje.

**Surge Protection: ! Donde y Cu" nto? - Dion Neri/MCG Electronics in EC&M, Mar. 1997, page 58.*

Justificación Económica de la Protección Contra Transientes de voltajes

Los SPD vienen en diferentes tamaños

Los SPDs que se ubican en la entrada a los edificios deben proporcionar una capacidad muy significativa de desvío de la corriente, mientras que los equipos ubicados dentro de los edificios pueden equiparse con protectores mucho más pequeños para hacer frente únicamente a los efectos residuales del rayo, así como a los transitorios generados localmente.

Una descarga directa de un rayo puede tener picos de corriente de hasta 200kA

Los impulsos de corriente transitoria de muy alta amplitud, generados por los rayos, son afortunadamente, relativamente pocos. Éstos posibles - pero algo improbables eventos - deben ser tomados en serio en los sitios que tienen un historial de descargas directas, (cercanos a torres altas, a chimeneas industriales o en los estacionamientos). Estas situaciones requieren de un dispositivo de protección contra transientes de voltaje en el punto de entrada del edificio que sea robusto y capaz de, en una forma rápida y fiable, desviar a tierra las enormes corrientes en una forma segura.

Afortunadamente, la mayoría de los rayos son de magnitud más moderada

Sin embargo, son mucho más frecuentes, aquellos con picos de corriente de 5kA a 20kA. Extraordinariamente pueden encontrarse hasta con 100kA de amplitud. Se ha estimado que un rayo cae sobre los 48 estados de USA con una frecuencia de 9 a 20 millones de descargas por año.

Otro factor a considerar es el costo económico asociado al equipo dañado o perturbado, la pérdida de capacidad de producción y la productividad de los trabajadores. Estos costos inesperados en una instalación crítica, como bancos, aeropuertos, fábricas, edificios de oficinas, etc., son muchas veces superiores al costo de los SPD más robustos. Un protector contra transientes de voltaje de alta resistencia, cuesta alrededor de US\$ 3,650. Asumiendo para el cálculo una vida útil de diez años (la vida real=20 años en MCG), proporcionará una excelente protección contra las transientes de voltaje durante 24 horas a un costo de US\$1.00 por día.

Los Protectores contra Transientes de voltaje de menor tamaño se emplean dentro de los edificios a un costo considerablemente mucho menor por día.

Recomendaciones de Protección del Sistema

Este gráfico muestra un típico sistema de distribución de energía dentro de un edificio y sugiere el tamaño correcto de los protectores a utilizar a lo largo de toda la instalación.

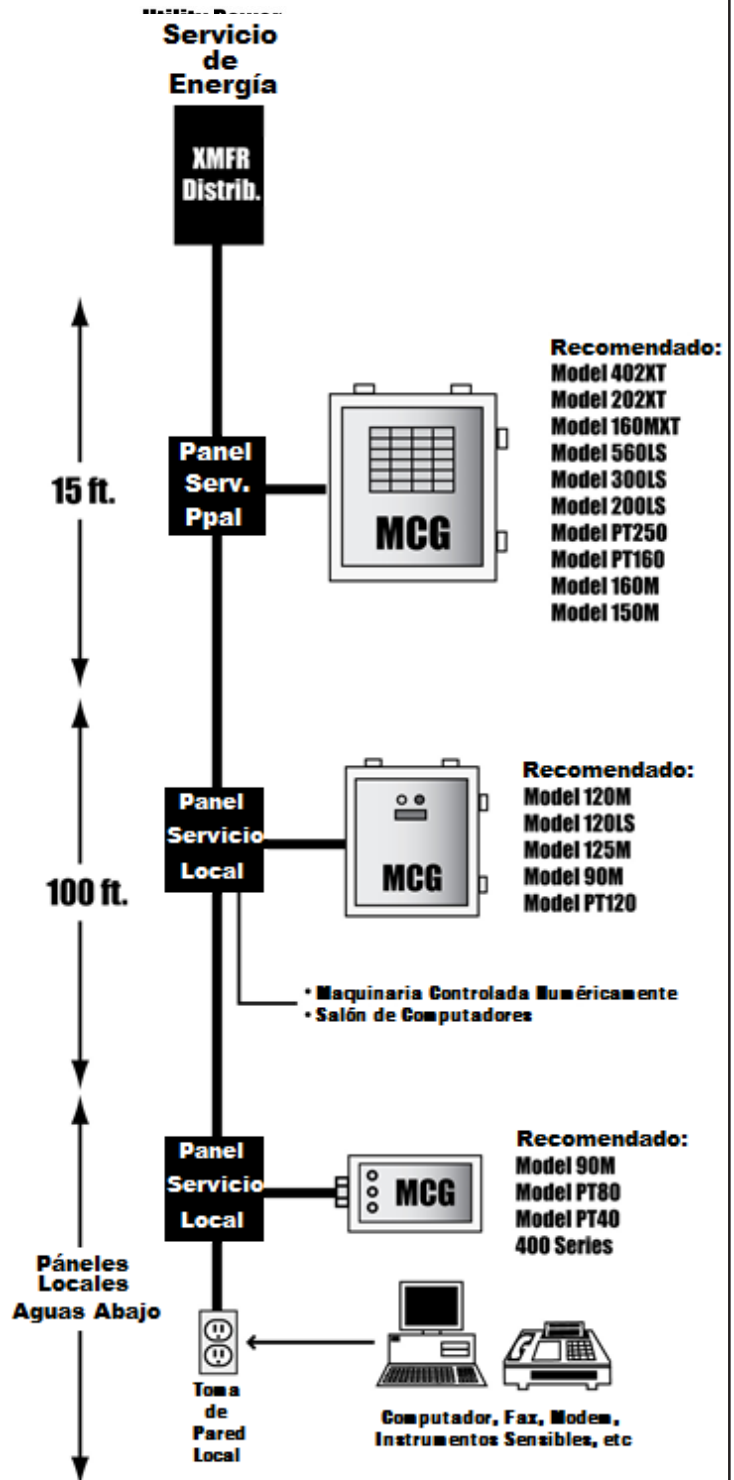
Las Sobrevoltajes más graves (rayos, conmutación de servicios públicos, etc.) tienen mayor probabilidad de ser encontrados en la entrada del edificio o en el panel de distribución principal.

La probabilidad de ocurrencia de rayos en un lugar, los kVA nominales del transformador de distribución al servicio del edificio, y el riesgo financiero asociado con el tiempo de inactividad determinará la recomendación adecuada para el dimensionamiento de la protección (160kA+). Consulte con MCG para una evaluación de ingeniería.

En la zona media de un edificio, ocurren transitorios adicionales causados por la frecuencia de apagado y encendido ó arranque y desconexión de grandes cargas inductivas (por ejemplo, ascensores y aparatos de aire acondicionado), así como las operaciones de fusibles o interruptores automáticos. Un protector modular para transientes de voltaje de tamaño medio (100 a 150kA), es una buena opción para resguardar el panel secundario,

En el panel de servicio local, muchas de las sobrecargas son el resultado de la operación de equipos de oficina, es decir, fotocopiadoras, iluminación fluorescente y aires acondicionados. Para ello, un protector más pequeño de la clase 80kA o 40kA es el más adecuado.

Para aplicaciones del tipo OEM, debe usarse un protector de transientes de voltaje de CA con una voltaje nominal de 10kA que incluya un filtro de red dentro de él.



Hoja de Comparación de Productos

Ubicación <input type="checkbox"/> Entrada <input type="checkbox"/> Secund. <input type="checkbox"/> Local Panel	MCG	Competidor	Comentarios
Modelo	_____	_____	_____
Voltaje Nominal (50/60/400Hz)	_____	_____	_____
Servicio (Fase, Y/delta, etc.)	_____	_____	_____
MCOV	_____	_____	_____
Capacidad de rendimiento			
Supresión de voltaje: 3kA (8x20us)	V	_____	_____
Supresión de voltaje: 10kA 8x20us	V	_____	_____
Tiempo de respuesta	---	---	No es un problema
Energía (Julios) 8/20us	_____	_____	_____
UL 1449 Listado (Incluidos los requerimientos de Feb. 9th 2007)	_____	_____	_____
SPD Vida (8x20) @ 1 Pico	A	_____	Independiente, 3ra prueba.
1 Evento - NEMA LS-1 Nominal	A	_____	_____
10,000 Eventos	_____	_____	_____
Diagnósticos	si	_____	_____
Contador de eventos transitorios	si	_____	_____
Contador LED en el panel frontal	si	_____	_____
Indicadores LED internos	si	_____	_____
Indicadores de alarma audible	si	_____	_____
Capacidad de alarma remota	_____	_____	_____
Seguridad			
Coordinación entre MOV y Fusible/Desconexión térmica	si	_____	_____
Mantenimiento	si	_____	_____
Protección redundante	20 años	_____	_____
Módulos y fusibles reemplazables en el campo. Diseño de vida (mínimo)	a 13,000 pies.	_____	_____
Ambiente	-40° a +70°C	_____	_____
Altitud de funcionamiento	_____	_____	_____
Temperatura de funcionamiento	_____	_____	_____
Características Mecánicas			
Tipo de caja (NEMA 4, 12)	_____	_____	_____
Dimensiones de Montaje	_____	_____	_____
Peso del producto	_____	_____	_____
Garantía	Reemplazo de unidades	_____	_____
	Reemplazo de módulos y fusible	_____	_____
		20 años	_____
		De por vida.	_____

Capacidad de Corriente Pico ¿Cuánto se Necesita?

No hay una respuesta simple. El número de descargas de rayos que ocurren en los 48 estados de Estados Unidos varían de 9 a 20 millones por año. Lo que visualmente parece ser un rayo pueden ser de 2 a 23 impulsos separados, con diferentes corrientes pico y formas de onda. La corriente pico (I_p) es la especificación más visible que un SPD posee. Para un protector contra transientes de voltaje s, ubicado en la entrada del edificio, su tamaño dependerá de la geografía, las características de la línea de alimentación y los riesgos económicos que se están dispuestos a aceptar. Los protectores contra transientes de voltaje más pequeños pueden utilizarse de manera eficaz en los paneles locales y los secundarios. Una conversación de cinco minutos con un ingeniero de MCG puede ahorrar muchas horas de tiempo de diseño.

Los impulsos de corriente creadas por descargas de los rayos vienen en muchos tamaños - desde pequeños hasta muy grandes

Naturalmente, de vez en cuando, se producirá un impulso de corriente de descarga de un rayo en el rango de 200kA a 300kA. Sin embargo, la gran mayoría de las corrientes pico se producirá a partir de 5kA a 20kA. En los EE.UU., las oficinas de las centrales telefónicas han estandarizado con éxito los protectores de transientes de voltaje en 20kA, con tipos de forma de onda de 8/20us. ¿Dónde caerá un rayo? es impredecible. Podría ser en lugares tales como campos abiertos, campos de golf, montañas, edificios altos, torres, chimeneas industriales y muy frecuentemente, en líneas eléctricas aéreas. La mayor amenaza a los equipos, por el momento, provendrá de la caída de rayos a las líneas eléctricas.

¿Cómo se define un rayo?

Los ingenieros eléctricos y los físicos de EE.UU., Europa y Asia han definido amplitudes y formas de onda para modelar los parámetros de la descarga de un rayo. Los factores considerados fueron: la geografía, los sistemas de potencia existentes y las experiencias de las personas en el campo. Para la entrada del edificio, el Grupo de normas IEC seleccionó una forma de onda 10/350us, mientras que el grupo IEEE (ANSI C62.41 después) escogió la forma de onda de corriente de 8/20us. Al parecer, el grupo IEC eligió una forma de onda de muy alta de voltaje para proteger contra cualquier rayo concebible. El grupo de la norma ANSI C62.41 eligió las formas de onda de corriente de rayo que son más probables. Existe un considerable desacuerdo dentro de la comunidad IEC en cuanto a la validez de la forma de onda 10/350us. Dentro de la comunidad ANSI C62.41 sin embargo, existe un alto acuerdo en cuanto a la utilidad de la forma de onda 8/20us.

Enfoque de USA: ANSI C62.41 - 2002

Enfoque Europeo: IEC Norma 61643

¿Qué Norma utiliza MCG y Por qué?

La Norma ANSI C62.41 ha dado excelentes resultados para el dimensionamiento de los protectores de transientes de voltaje para su uso en la entrada y dentro de los edificios.

Además, MCG emplea la Norma NEMA LS-1 que certifica sus módulos y protectores de transientes de voltaje para edificios (La Serie XT y la Serie LS) cubriendo impulsos de hasta 200kA 8/20us con éxito - sin daños. Estos dispositivos son probados por un tercer organismo de pruebas independiente.

“La existencia del pastel se demuestra al comerlo” ó “El movimiento se demuestra andando”

El número de los SPD con MOV que ahora protegen sitios en los EE.UU. y alrededor del mundo es muy alto – en el orden de millones y sigue creciendo. Los fracasos en los protectores no han sido frecuentes y se han debido primariamente a sistemas de potencia inadecuadamente regulados. El uso de varistores de MCG con amplia holgura de amplitud virtualmente elimina las fallas debido a las elevaciones repentinas en la provisión de los servicios eléctricos comunes.

Normas de Protección – “Normas CBEMA”

Equipo susceptible a daños generados por transitorios

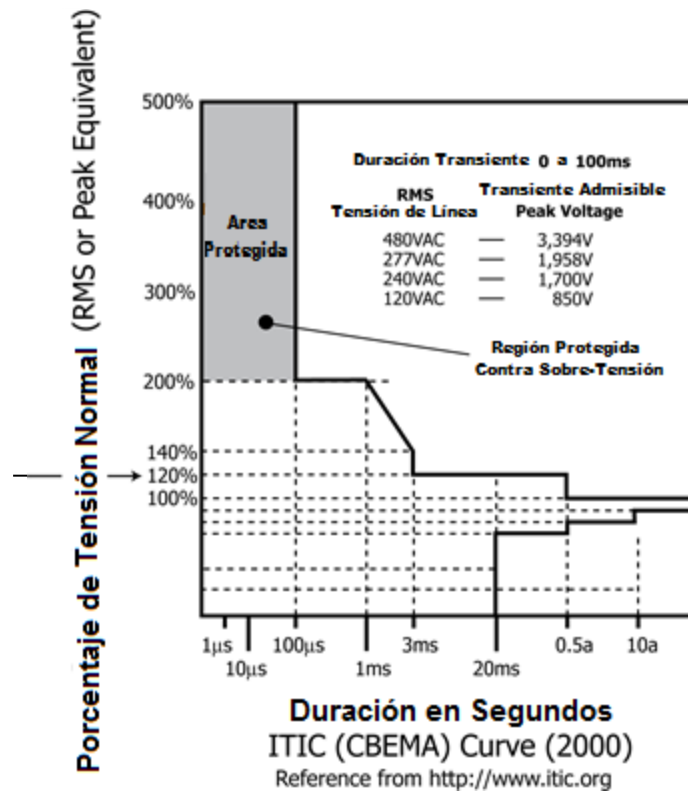
Los fabricantes de computadoras (ordenadores) no reconocen umbrales de sensibilidad para sus equipos. Su renuencia es comprensible, ya que esta información puede y probablemente sería utilizada por sus competidores en su perjuicio.

Normas FIPS

En la Publicación de las “Normas Federales de Procesamiento de la Información” (The Federal Information Processing Standards(FIPS)) en lo referente a las Directrices sobre la energía eléctrica para las instalaciones de procesamiento automático de datos (Guidelines on Electrical Power for Automatic Data Processing Installations) (FIPS Pub. DU294) se incluye un perfil de susceptibilidad (curva CBEMA), el cual constituye un objetivo para los ingenieros de diseño de hardware. El perfil muestra la relación entre los niveles máximos permisibles de supresión de voltaje, voltaje del sistema y duración de las transientes de voltaje s.

CBEMA Standard

La Asociación de Fabricantes de Equipos Informáticos y Empresariales proporciona un perfil de rendimiento para equipos de computación conocida como la curva CBEMA. La curva ilustra la corriente transitoria pico admisible cuando el voltaje de la red de AC y la duración transitoria son consideradas.



¿Son realistas los niveles de voltaje residual de los SPD publicados?

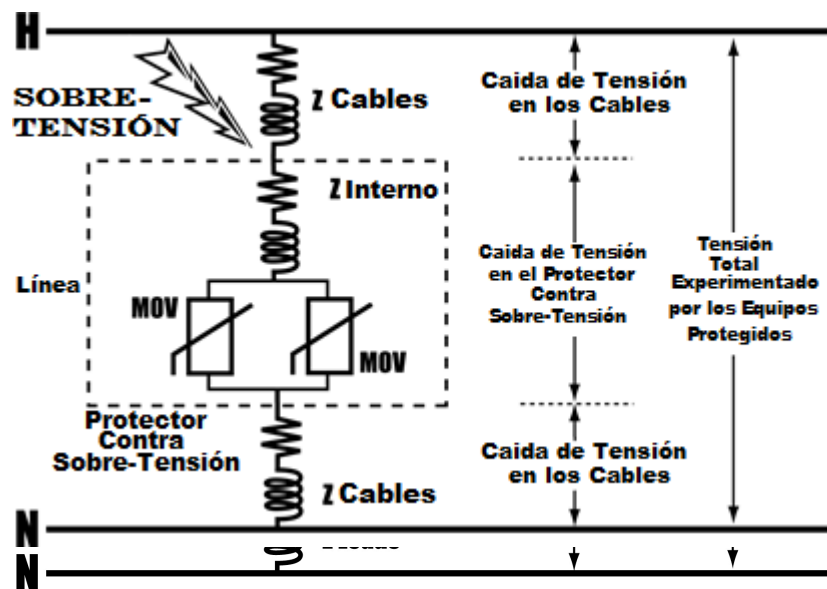
No. Los fabricantes de SPDs generalmente informan sólo la capacidad residual (clamping capability) de sus SPD a 6" (~16cm) del cable de conexión del cableado para el protector. Este es un requisito UL 1449 para estandarizar la comparación entre fabricantes de protectores contra transientes de voltaje s. No hay ninguna mención de las grandes caídas de voltaje que se producirán en el cableado real del protector contra Transientes de voltaje y el panel de servicio.

Voltaje de Paso

¿Puede reducirse?

Normalmente la inductancia del cableado presenta un camino de relativamente alta impedancia a tierra. Esto puede producir caídas indeseables de voltaje que hacen aparecer altos "voltajes de paso" transitorios en los equipos sensibles.

El siguiente diagrama ilustra la distribución de las caídas de voltaje y cómo la suma de las caídas de voltaje aparece a través de la carga.



Esta inductancia indeseable está presente tanto en el cableado de la línea de alimentación de AC como dentro del propio protector. Los protectores convencionales intentan reducir al mínimo la impedancia inductiva por medio de:

- 1.) El uso de cableado muy corto - holgura mínima, no hay caídas extra, no hay bucles.
- 2.) El uso de conductores de gran diámetro para la conexión a la línea de alimentación de AC.
- 3.) Revestimiento de todos los cables firmemente unidos o atados y envueltos con cinta adhesiva en toda su longitud.

Mientras que éstas medidas ofrecen algunos beneficios, se quedan cortas en lo que se puede lograr. Para minimizar verdaderamente la inductancia, el enfoque MICRO-Z para el control de la inductancia seguramente captará su atención.

Voltaje de Paso – Consideraciones sobre el Tamaño del Cable

Es deseable limitar el voltaje de paso que aparece a través de los equipos sensibles aguas abajo, a un valor tan bajo como sea práctico. El cable tiene dos características inherentes que aumentan el Voltaje de Paso de un protector contra transientes. Estos parámetros son su inductancia en micro henrios (μH) y la resistencia, en ohmios. Es deseable mantener la inductancia y la resistencia del cableado con valores bajos para reducir la caída de voltaje inherente que se producirá a todo lo largo. Esto podría implicar el uso de cables de gran diámetro. Los cables de gran tamaños cuestan bastante más, tanto en los materiales como en la mano de obra para su instalación.

Inductancia del Cableado

El valor de la inductancia aumenta con la longitud del cableado y disminuye a medida que aumenta el diámetro del mismo. En una longitud dada, la inductancia para un cable #10 AWG y un cable 4/0 AWG es esencialmente equivalente, a pesar de que su área (medido en circular mils) difiere en una relación de 40/1.

La inductancia de un cable 4/0 es **1,0 μH por 40" de largo**. Área=420000 circular mils.

La inductancia de un cable #10 AWG es de **1,1 μH por 40" de largo**. Área=10380 circular mils.

Observación: La inductancia del cable #10 AWG es equivalente a la del 4/0 AWG.

Consideraciones de la Resistencia del Cable

El valor de la resistencia también aumenta con la longitud del cable y disminuye a medida que aumenta el diámetro del mismo. El voltaje que cae a través del cable #10 AWG y el 4/0 AWG son tan bajos que pueden ser ignorados.

- La resistencia del cable 4/0 AWG es 0.049 miliohmios/pie. Un pulso de 10kA tendrá una caída de 0,5 voltios por pie.
- La resistencia del cable #10 AWG es 0.999 miliohmios/pie. Un pulso de 10kA tendrá una caída de 10 voltios por pie.

Conclusión

El cable 4/0 AWG no ofrece ninguna ventaja significativa sobre el cable #10 AWG. Para lograr un voltaje de paso mínimo debe mantenerse el cableado tan cortos como sea posible. Muchos de los protectores de MCG incorporan el cableado de alimentación "Micro-Z" sin ningún costo adicional.

Concepto Micro-Z (propietario) Para un Mejor Rendimiento

El concepto Micro-Z combina el diseño patentado interno del protector contra transientes de voltaje con una innovadora configuración del cableado externo. La combinación produce un voltaje de paso significativamente menor a través de la carga. El enfoque Micro-Z se compone de tres partes:

Conexión del Cable Micro-Z entre el panel de servicio y el protector contra transientes de voltajes

El Cableado Micro-Z obliga a una muy eficiente cancelación del campo magnético en el interior del cable. Esto conlleva a una baja caída de voltaje inductivo a lo largo del cableado que es un 50% inferior a la lograda con un cableado convencional

Enfoque de construcción Micro-Z (U.S. Patente No. 5, 303, 116)

La construcción Micro-Z reduce la impedancia interna del SPD mediante el diseño de la disposición física del cableado, el cual crea la cancelación de sus campos magnéticos. Esto produce menores caídas de voltaje a través de cableado interno del protector.

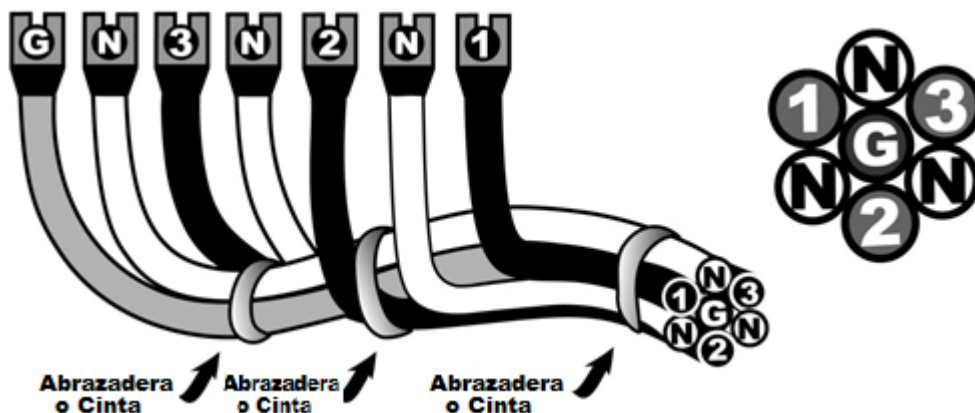
Bus de Potencia Micro-Z

El conductor Micro-Z ofrece conductores masivos de cobre sólido de extraordinaria capacidad de manejo de la corriente pico I_p dentro del protector contra transientes de voltaje s.

Conclusión

El concepto de Micro-Z mejora significativamente la conducción del voltaje transitorio a tierra lo que conlleva un esfuerzo mucho menor en los equipos sensibles aguas abajo.

Corte Transversal del Cable MICRO-Z que Muestra la Ubicación de Cada Conductor



La mayoría de los protectores de transientes de voltaje de MCG están equipados con cable Micro-Z ya instalado.

Las caídas de voltaje a lo largo de cableado de alimentación

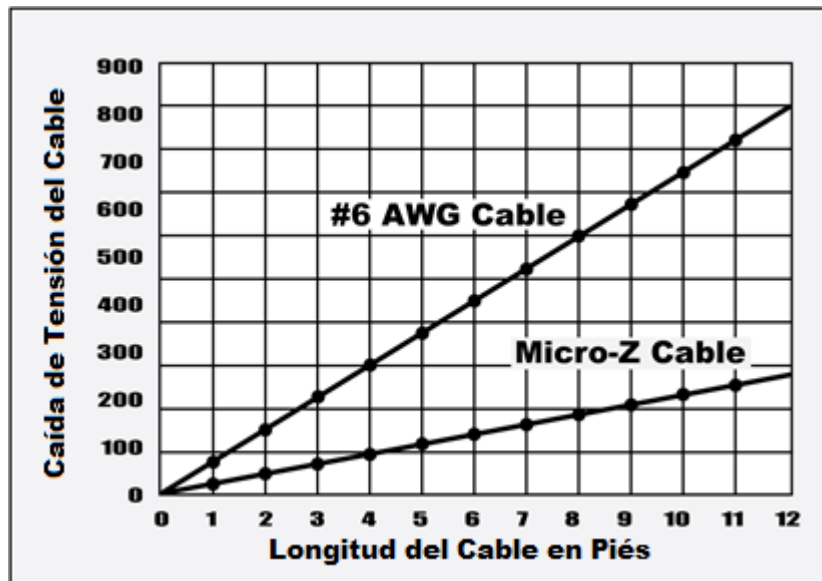
Caída de voltaje en el Cable - Micro-Z vs. #6 AWG

Condiciones de prueba:

El Generador de Pulsos Velonex entrega una forma de onda estándar ANSI C62.41 (6kv / 3kA, 8/20us) a un par de cables de 12 pies, que consta de dos Cables #6 AWG de alimentación, fuertemente apretados a lo largo de toda su longitud.

Medidas:

Mediciones de caída de voltaje fueron realizadas a intervalos de 1 pie a lo largo de la longitud del cable.



Cable Micro-Z

La configuración axial del cableado de alimentación del protector del panel de servicio realiza la cancelación de los campos magnéticos existentes dentro del cable. Esto da como resultado una caída de voltaje de baja "inductancia" a lo largo del cable, la cual es hasta 67% más baja que la que ocurre con los cableados convencionales.

Observación

Su equipo sensible será expuesto a un voltaje transitorio pico que será la suma del Voltaje residual" del protector de transientes de voltaje + la caída de voltaje en el cable, que está en función de su longitud.

Ejemplo

Un protector contra Sobrevoltaje diseñado para ser utilizado en un servicio de 120 VAC limitará un transitorio de 6kA/3kA (8x20) con un voltaje residual de 464V entre sus terminales.

...con 3 pies de cable #6AWG, la exposición total del equipo será: 464V + 220V = 684V

...con 3 pies cable Micro-Z, la exposición total del equipo será: 464V + 70V = solo 534V

Usando 9 pies de cable Micro-Z, la exposición total del equipo será: 464V + 207V = 671V, o aproximadamente lo mismo que 3 pies de cable #6 AWG.

Conclusión:

El uso del cable Micro-Z reduce el voltaje de paso en 150 voltios.

Sobrevoltaje de Operación Permanente. Requiere de Varias Estrategias

El sobrevoltaje de Operación permanente es una condición anormal de largo plazo, cuya amplitud es 10% mayor que la del voltaje de línea nominal. Los MOV se dañan cuando el voltaje de red supera el máximo voltaje de Operación continuo del protector contra transientes de voltaje (MCOV), que suele ser un 15% superior al voltaje nominal de la línea de AC.

Un protector contra transientes de voltaje tiene ciertos requisitos inherentes que debe cumplir.

El equipo sensible requiere un bajo voltaje residual (clamping voltaje) en la línea de alimentación de AC.

El equipo sensible debe ser protegido de los transitorios de alto voltaje de corta duración (microsegundos) que aparecen en las líneas de alimentación de AC y que causan daños internos a los semiconductores, microprocesadores, etc.

El SPD necesita soportar un mayor voltaje residual (clamping voltaje) si quiere sobrevivir.

El peligro para un SPD ocurre cuando sus MOV intentan eliminar el pico de sobrevoltaje de operación anormal permanente. Los MOV comenzarán a sobrecalentarse y la corriente de línea AC, que produce el calentamiento, estará muy por debajo de la corriente de apertura del fusible. El calentamiento del MOV se prolongará, producirá humo, se creará hollín y se dañará a sí mismo y a sus componentes vecinos. Es decir, ocurrirá un daño mayor para el protector.

Las Soluciones

- Puede utilizarse un MOV de voltajes superiores que sea mucho menos susceptible a los voltajes de la línea de AC.
- Puede utilizarse una conexión de cable Micro-Z desde el protector de transientes de voltaje hasta el panel de alimentación de AC que mantenga la caída del voltaje inherente del cable a un mínimo. La menor caída de voltaje en el cable Micro-Z compensa fácilmente los voltajes altos que aparecen en el MOV.
- Puede también utilizarse un protector que tenga desconexiones térmicas internas y que saque de operación a cualquier MOV que se esté sobrecalentando

Precaución:

Una voltaje residual (clamping voltaje) inferior se puede lograr mediante el uso de varistores de óxido metálico de voltaje nominal inferior. Sin embargo, la pequeña reducción en el voltaje residual se obtiene a cambio de un gran aumento en el riesgo de ocurrencia de fallas en el protector contra transientes de voltaje.

Consideraciones sobre Fusibles y Estrategias de Desconexión Térmica

Dimensionamiento de los Fusibles KAIC

Los protectores contra transientes de voltaje están conectados en paralelo con las líneas de corriente alterna. En algunas ocasiones, un severo sobrevoltaje causado por un rayo puede hacer que un elemento MOV falle como cortocircuito, lo que obligaría a su fusible serial a abrirse y retirar el MOV cortocircuitado de la línea de corriente alterna. El fusible debe ser capaz de interrumpir la corriente de falla en la línea de alimentación cortocircuitada. La corriente rms disponible de corto circuito está limitada por la impedancia del transformador de distribución y sus cables de conexión. Un fusible con 200.000 Amperios de interrupción de corriente (KAIC) ha demostrado ser universalmente adecuado para casi todos los tamaños.

El dimensionamiento KAIC no debe confundirse con la capacidad de manejo de corriente pico I_p de los protectores de transientes de voltaje

- El dimensionamiento KAIC aplica solo a líneas de 50/60 Hertz con corrientes de corto circuito.
- La I_p aplica a grandes amplitudes, con impulsos de microsegundos, como las que se generan durante un rayo.

Fusible/Coordinación MOV

Es esencial que los fusibles de un protector contra Transientes de voltaje resistan una corta duración de alta amplitud de corrientes transitorias sin abrirse en el curso de las actividades normales de supresión. Una adecuada coordinación entre fusibles y MOV requiere además que un fusible se abra rápidamente en el momento justo antes del punto de falla del MOV. Por ejemplo, un MOV de 40mm tiene una calificación I_p de 40kA para una forma de onda $8 \times 20 \mu s$. En realidad está más cerca de los 50kA, dimensionado para $8 \times 20 \mu s$. Es muy importante que el fusible sea capaz de abrirse rápidamente cuando se supera la calificación de los 40kA. Las características de los fusibles varían ampliamente y no todos los fusibles son adecuados para las actividades de coordinación.

Capacidades de Desconexión Térmica

En las líneas de alimentación de AC que no están bien reguladas, de vez en cuando sucede que la línea de alimentación de AC aumentará repentinamente en un 30% a 50%. Este voltaje de la red hará que el MOV del protector contra transientes de voltaje trate de limitar el pico de la onda sinusoidal desviando la corriente de la línea de AC a través de los MOV a la línea de neutro. Los MOV se sobrecalentarán rápidamente, se convertirán en un cortocircuito y posteriormente tendrán su ruptura. Un interruptor térmico es un dispositivo, montado en o muy cerca de cada elemento MOV, que responde a un calentamiento excesivo del MOV desconectándolo mecánicamente de la línea de alimentación. Cada MOV debe ser protegido de forma individual y el mecanismo de desconexión térmica no debe ser sensible a la orientación física.

MCG emplea actualmente varistores protegidos térmicamente en un número de protectores. Estos nuevos varistores protegidos térmicamente contienen un fusible térmico integrado que supera a cualquier mecanismo térmico exterior, proporcionando así lo último en seguridad de protectores.

Redundancia: Verdadera vrs. Falsa

Es crítico el poder contar con múltiples rutas de protección a tierra. Un rayo consiste a menudo en varios golpes de corriente a las líneas de energía, o a la tierra. Desde dos hasta veinte descargas pueden ocurrir en un solo evento.

Para proporcionar una protección adecuada al sistema, la protección contra transientes de voltaje a la entrada del edificio debe tener al menos dos, y preferiblemente más secciones paralelas de protección por fase con un fusible independiente. De esta manera, la falla de una sola sección de la protección durante una tormenta eléctrica severa por ejemplo, no sería catastrófica. La protección del sistema seguiría siendo mantenida.

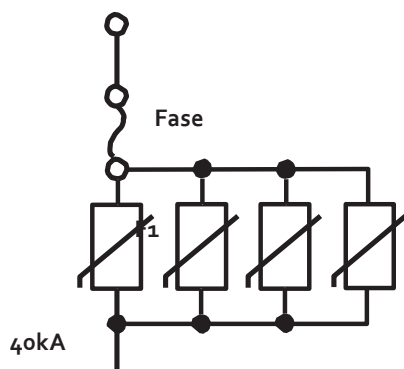
Se recomienda que este concepto de redundancia continúe al medio del edificio/ a nivel de ramal, mientras que en los servicios locales, los protectores del panel pueden emplearse con seguridad bajo un enfoque de protección individual.

Sin los fusibles adecuados, la protección redundante o de "Backup" es el eslabón débil. Para conseguir una protección sólida, fiable y sin inconvenientes de ruptura de fusibles, la capacidad de manejo de corriente del fusible debe coincidir con la capacidad nominal de corriente pico del MOV.

Falsa Redundancia

Múltiples caminos de corriente: Si
Protección Redundante: No

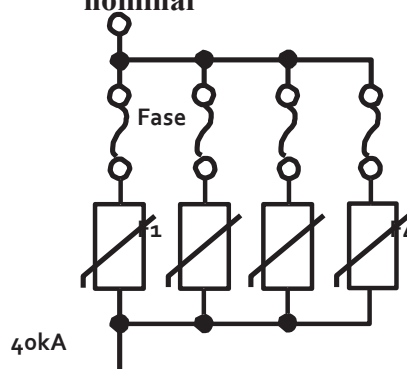
Si la F1 falla:
La capacidad de supresión se elimina por completo.



Verdadera Redundancia

Múltiples Caminos de Corriente: Si
Redundante: Si - 4x

Si la F1 falla:
La capacidad de supresión se reduce al 75% del valor nominal



Conclusión:

La redundancia verdadera requiere múltiples fusibles con su correspondiente MOV y una coordinación efectiva entre fusibles y MOVs.

Consideraciones de Diseño Modular y Problemas

El diseño modular en la construcción es un enfoque de empaquetamiento diseñado para ayudar en la reparación y el mantenimiento de un SPD cuando se encuentra instalado en un sitio. Estrechamente asociadas con el diseño modular está la necesidad de identificar el módulo defectuoso(s) en caso de falla.

Localización del Módulo Defectuoso

Por lo general, cuando se produce un fallo interno el protector contra transientes de voltaje operará un LED en el panel frontal. Los protectores bien diseñados indicarán por medio del LED (u otros medios) el módulo defectuoso en cuestión.

Los Protectores que Emplean Construcción Modular son Reparables en el campo

Cuando es identificado un módulo defectuoso éste se puede desenchufar o desatornillar en forma rápida. Típicamente, los módulos removibles pueden ser reemplazados en un periodo de 10 a 15 minutos.

Algunos Protectores No Modulares Tienen Varias y muy graves Limitaciones

- Si se indica un fallo, la unidad o una parte importante de ella deben ser removida y reemplazada por un sustituto, o enviados a la fábrica para su reparación. Estas unidades no son del todo reparables ya que los elementos críticos de protección a menudo están imbuidos en una mezcla de material epóxico y arena.
- El uso de MOV de bajo costo crea un problema de monitoreo muy grande. ¿Debe controlarse cada combinación fusible/MOV? Esto aumenta considerablemente el costo del monitoreo por un factor de cinco veces más en MOV de 34 mm cuadrados o 40 mm en los MOV redondos. Un enfoque alternativo es monitorear grupos de combinaciones MOV / fusibles. Esto reduce el costo y la complejidad de vigilancia, pero crea otro problema grave.
- Cuando se exponen a corrientes voltajes transitorias, Los MOV fallan al azar - volando su fusible en serie, esto no indica necesariamente una capacidad de protección reducida. Los fallos aleatorios entre los diversos grupos pueden conducir a una capacidad de protección contra Sobrevoltajes muy reducida, sin que se dé la alarma.

Y cuando se necesite la capacidad de protección - puede que no esté allí.

Monitoreo y Diagnóstico

¿Por qué es Necesario el Monitoreo?

Los protectores contra transientes de voltaje limitan los voltajes transitorios que aparecen en la línea de alimentación de AC a un valor menor que el nivel de susceptibilidad de los equipos sensibles. Es importante saber inmediatamente cuando la capacidad de un SPD ha disminuido, ya sea por la degradación a largo plazo en el modo "standby" o porque haya estado involucrado en una actividad de supresión activa.

Factores que Afectan la capacidad del SPD

Degradación a Largo Plazo

A pesar de hechos indocumentado afirmando lo contrario, los extensos datos de fiabilidad sobre los MOVs indican que no hay degradación significativa a largo plazo en los varistores de óxido metálico que operan en modo standby. Ver el manual, Harris "1995 Transient Voltage Suppression Devices" Dispositivos de Supresores de Transientes de Voltaje (Tensión), paginas 5-20.

Falla en el Servicio Activo

"Los varistores fallan inicialmente en un modo de cortocircuito cuando son sometidos a transientes más allá de su capacidad de manejo de energía de corriente pico. También se cortocircuitan cuando la línea opera en estado estacionario con voltajes más allá de su capacidad..." (Harris Handbook, page 6-6.) Un SPD de capacidad adecuada para la aplicación funcionará sin interrupción durante 20 o más años.

Práctica de Monitoreo de corriente

La mayoría de los protectores proporcionan un fusible en serie con el MOV para desconectarlo de la red eléctrica si éste falla. Mediante el monitoreo del fusible, el sistema de protección indicará una disminución en la capacidad de protección. Para manejar corrientes transitorias muy grandes, es una práctica común poner en paralelo los MOVs con un fusible en serie cada uno. Es en este punto en el que hay una divergencia en la filosofía de protección.

El Enfoque Conservador

Requiere que todas las secciones de fusibles/MOV sean monitoreados cuando se produzca un fallo en cualquier sección y aparezca de inmediato la indicación de existencia de falla interna por medio de un LED, sonido, etc. Además, el LED del panel debe indicar una menor protección. Algunos protectores de transientes de voltaje indicarán el porcentaje de capacidad de protección restante para cada fase. Este enfoque es 100% eficaz. Señala un mal funcionamiento de inmediato con sólo un costo adicional leve, en comparación con un enfoque de supervisión menos amplio.

El Enfoque Mínimo - A Espera De Que Un Desastre Suceda

El enfoque mínimo monitorea sólo en unas pocas, y, a menudo sólo en una combinación de circuito (fusibles/MOV) y señala la caída en la capacidad de protección cuando se abre el fusible solitario. Desafortunadamente, algunos fabricantes siguen utilizando este método para monitorear la integridad de la protección.

El enfoque mínimo tiene una falla grave - los fusibles no monitoreados pueden abrirse, habrá una reducción muy importante en la capacidad de protección y no será del conocimiento de nadie. En algún momento futuro, un gran aumento transitorio aparecerá y el fusible final se abrirá. Entonces los equipos sensibles aguas abajo estarán expuestos a daños catastróficos debido a un número insuficiente de MOVs para manejar una corriente grande de descarga.

Conclusiones

- Cada circuito fusible/MOV debe ser monitoreado para evitar fallas por erosiones en la protección.
- Los Indicadores del panel frontal para señalar problemas internos son obligatorios.
- Deben emplearse LEDs internos para identificar módulo(s) y fusible(s) defectuosos.
- Deben proporcionarse contactos de relé con capacidad de señalización remota para fines de monitoreo.

Expectativa de Vida

Durabilidad del Producto

Es útil conocer la durabilidad de los protectores de transientes de voltaje de diferentes fabricantes.

Importancia del dimensionamiento en Julios

El dimensionamiento en Julios de un protector basado en MOV es una medida directa de su capacidad para manejar un gran número de impulsos transitorios estandarizados ($8 \times 20 \mu s$). La esperanza de vida relativa de protectores competitivos basados en MOVs puede ser fácilmente evaluada mediante la comparación de sus clasificaciones en Julios. En cualquier comparación, las variaciones en la capacidad en Julios de un +/- 10% no se consideran significativas. El dimensionamiento del SPD en Julios debe compararse con la misma forma de onda de 8/20 microsegundos y la misma tecnología MOV.

La Comparación a Recordar

Una regla fácil de recordar es que si un protector tiene el doble de capacidad en Julios que otro, entonces la esperanza de vida es diez veces más grande debido a las características no lineales de los MOV.

Factores Ambientales

Altitud

El funcionamiento a altitudes de hasta 13.000 pies. (4000m) es deseable, ya que cubre casi todos los sitios, a excepción de los más extremos. El diseño de supresores de transientes de voltaje para una gran altitud requiere mayor espaciamiento de los conductores a fin de proporcionar un holgura adicional de seguridad.

Temperatura

Temperaturas de funcionamiento de $-40^{\circ}C$ a $+55^{\circ}C$ cubrirán la mayoría de las aplicaciones. Es deseable que los componentes estén dimensionados para operar a $85^{\circ}C$.

Humedad

Las unidades de protección deben operar de manera confiable con un 95% de humedad, sin condensación.

Cajas NEMA

NEMA 4

Uso general
Ubicaciones interior/exterior
Resistente al agua y al clima
Hardware de acero inoxidable

NEMA 4X

Servicios Especiales
Exteriores / corrosivo/ mojado
Clima, agua y resistente a la corrosión
Acero inoxidable calibre 14
Resistente a la corrosión
Hardware de acero inoxidable

NEMA 12

Trabajo liviano
Ubicaciones de interior
Resistente a la suciedad y el polvo
A prueba de goteo
Acero calibre 14
Hardware standard

Instalación: Preguntas y Respuestas

¿Debería el SPD estar en el lado de la línea o de la carga de un panel de servicio?

El SPD, cuando se instala en el lado de la línea de un panel de servicio, protegerá continuamente todas las cargas conectadas al panel de servicio. Si alguna de las cargas se elimina por la operación del interruptor de circuito, las cargas restantes seguirán siendo protegidas. Por razones de seguridad, el lado de la línea del protector contra un transientes de voltaje requiere de un fusible dedicado y/o un dispositivo disyuntor de sobrecorriente (breaker) dimensionado para el calibre del cable del protector. Sin embargo, los SPD que aparecen listados en UL1449 sólo deben conectarse del lado de la carga del interruptor principal. La Conexión en el lado de la línea no se recomienda por razones de seguridad.

!Podemos instalar el SPD en el lado de la carga de un panel de servicio?

Sí. Es preferible conectar el SPD del lado de la carga del interruptor principal. El interruptor principal es prácticamente "transparente" a un transitorio. Si alguna de las cargas se elimina por la operación del interruptor de circuito, las cargas restantes seguirán siendo protegidas. El protector debe ser conectado a través de un limitador de sobrecorriente correctamente dimensionado para el calibre del cable del protector que opere aguas arriba (es decir, el disyuntor o el fusible). La apertura de este interruptor permitirá trabajar en el protector contra transitorios (si fuera necesario) sin los peligros potenciales que conlleva operar en la presencia de voltajes peligrosos. **Esta es la forma recomendada de conexión de un protector contra Transitorios de sobrevoltajes para el panel de servicio y cumple con la Norma de seguridad UL1449.**

!Qu\$ tan cerca se debe montar el SPD del panel de servicio?

Tan cerca como sea físicamente posible. El SPD debe instalarse inmediatamente al lado del panel de servicio. Cualquier pulgada ahorrada proporcionará una considerable mejora en los resultados de supresión de transitorios del SPD. El Cable Micro-Z reduce la caída de voltaje en un 60% comparado con la caída de voltaje en un cable normal

!Qu\$ tan importante es el cable de conexión?

El cable de conexión es muy importante. Los equipos sensibles aguas abajo no deben ser expuestos a voltajes transitorios superiores a los niveles recomendados por CBEMA. El cable Micro-Z tiene un voltaje de paso mucho menor que el cableado convencional. Muchos de los SPD de MCG proporcionan el Cable Micro-Z ya instalado.

!Qué tama&o de cable debe utilizarse para instalar el SPD?

Contrariamente a algunas opiniones, el di#metro del cable es relativamente poco importante, pero es muy importante lograr la m#s corta longitud posible del cableado al panel de servicio. Ver *Consideraciones del Tama%o del Cable*, p#gina 12, para obtener m#s detalles.

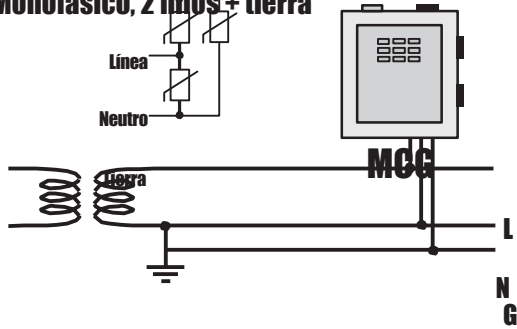
!Cuál debería ser la capacidad de amperaje del interruptor (breaker)?

Para #8 AWG (8mm²) de alambre trenzado... usar un breaker de 50Amperios.

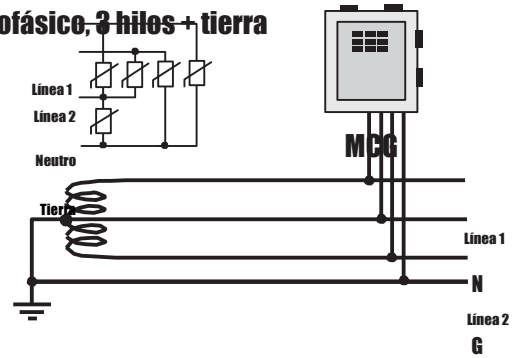
Para #10 AWG (5mm²) de alambre trenzado... usar un breaker de 30Amperios.

Diagramas de Cableado – Conexión de Fases

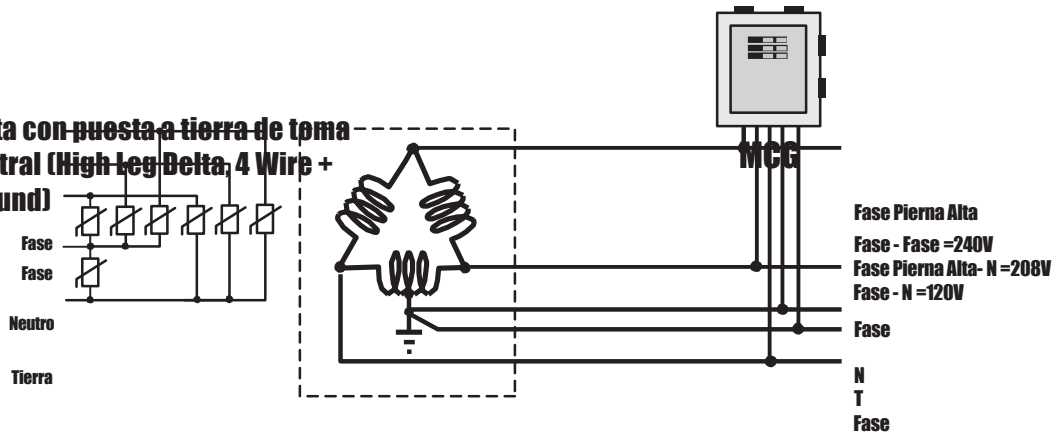
Monofásico, 2 hilos + tierra



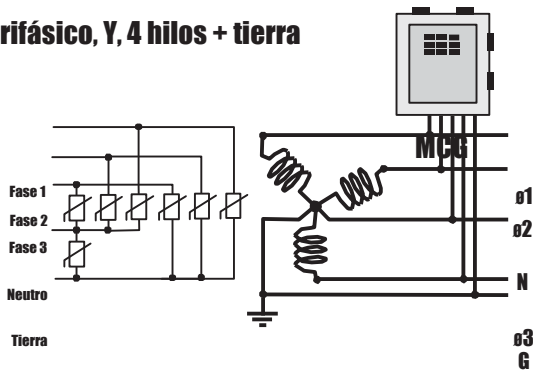
Monofásico, 3 hilos + tierra



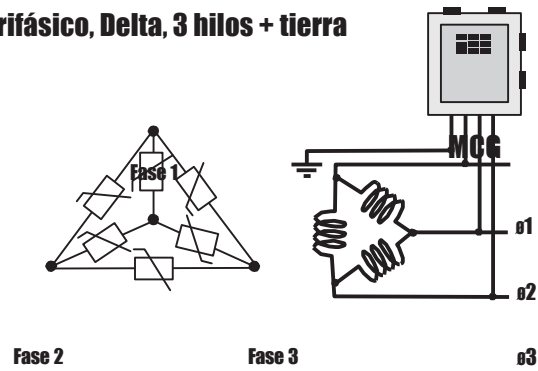
Delta con puesta a tierra de toma central (High Leg Delta, 4 Wire + Ground)



Trifásico, Y, 4 hilos + tierra



Trifásico, Delta, 3 hilos + tierra



Consideraciones del interruptor de Desconexión de Seguridad

En algunas ocasiones puede ser necesario realizar mantenimiento o reparación a un SPD que ha sufrido daños en el desempeño de su función de protección. Para ello será necesario desconectar las líneas de alimentación del SPD. Hay dos maneras de hacer esto:

1. Interruptor termo magnético dedicado

Este enfoque se basa en el funcionamiento de un interruptor de circuito crítico, ubicado en el panel de servicio, para eliminar el voltaje de línea del SPD. Se tiene la doble ventaja de que no hay longitud de cable adicional (inductancia) ya que se añade en serie con el SPD y se tiene la certeza de que las voltajes de línea nocivos no estarán presentes dentro del dispositivo. El costo del Interruptor termo magnético es mínimo, además UL requiere un dispositivo de sobrecorriente aguas arriba.

2. Interruptor de Desconexión del Panel Frontal

Los fabricantes proporcionarán, por un costo adicional, un interruptor de desconexión interna, una parte del cual se asomará en el panel frontal para permitir la desconexión de los voltajes de línea del SPD. Estos interruptores adicionales, no fueron originalmente concebidos para ser utilizados en dispositivos de protección contra transientes, por lo que a menudo requieren de un cableado adicional, que es inductivo. Debido a la inductancia extra y al aumento cuestionable de la capacidad para el manejo de la corriente, este tipo de interruptores de desconexión deben evitarse ya que hay mejores alternativas disponibles.

Aunque un interruptor de desconexión interno (o integrado) no es necesario para el funcionamiento adecuado y la seguridad del SPD, a veces es requerido por el usuario final o por una especificación. Cuando esto sea necesario, busque uno que haya sido cuidadosamente diseñado para el propósito del SPD y no como una idea de último momento. Un interruptor adecuado para la desconexión interna de un SPD debe tener las siguientes características: 1) Una construcción de baja impedancia (por ejemplo, no utilizar cables de gran longitud) a fin de no aumentar el voltaje residual del protector; y 2) proveer un área de contacto suficientemente grande como para poder manejar las altas corrientes pico asociadas con los transitorios. Si no es así, el interruptor incrementará sustancialmente los niveles de voltaje residual experimentados por el equipo, o el interruptor podrá dañarse por un evento de transitorios de sobrevoltaje. Un SPD no debe tener ningún cableado adicional en la ruta del transitorio, además del cable de conexión.

En conclusión

Un SPD diseñado por un fabricante de renombre es la opción correcta, independientemente de si tiene o no tiene un interruptor de desconexión interna. Si su aplicación requiere uno, en algunos protectores está disponible y es una característica normal. Si se requiere un SPD y no es necesaria una desconexión interna, entonces sencillamente no se debe especificar.

Tierra – El Concepto de un Solo Punto

Hay muchos requisitos de puesta a tierra que deben ser abordados para garantizar el debido funcionamiento de un circuito eléctrico. Sin embargo, en cuanto a la protección de su equipo de anomalías eléctricas transitorias, una buena tierra es lo más importante. Pero además es vital que todas las tierras de la instalación estén interconectadas entre sí y se lleven a un solo punto de puesta a tierra (Electrodos o varillas de agua enterrados) en la entrada del servicio.

Las tierras no conectadas permiten diferencias de potencial dentro de una instalación. El resultado es que un equipo sensible puede estar expuesto a esta diferencia de voltajes, lo cual causará daños - incluso con protectores de transientes de voltaje instalados. Si no se conoce el sistema de puesta a tierra de una instalación, la protección puede ser asegurada ubicando el protector en el lado de la carga y poniéndolo a tierra en el chasis del equipo.

Rastreo de Onda Senoidal y Filtrado EMI/RFI

No Siempre Creíble

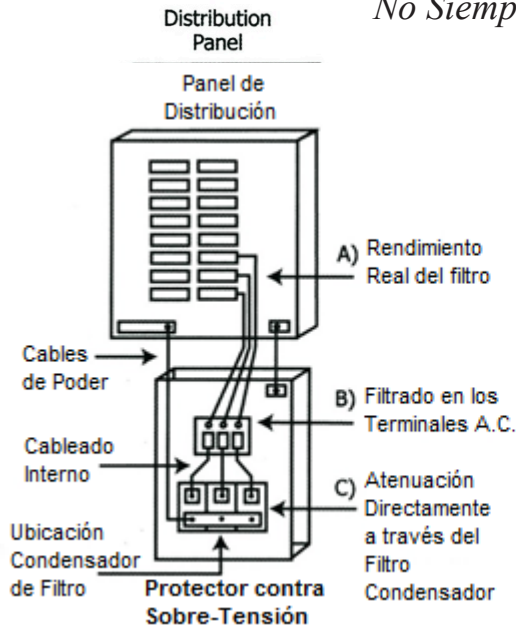


Fig.1 Ubicación de las Mediciones de Frecuencia.

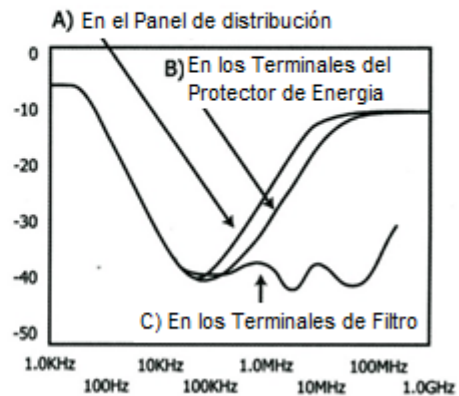


Fig. 2 Atenuación (dB) vs. Frecuencia en diferentes lugares

¿Es el rastreo de onda senoidal y el filtro de EMI/RFI lo mismo?

Sí. El rastreo de onda senoidal y/o el filtrado EMI/RFI es un enfoque que añade una capacidad de filtrado de alta frecuencia a la función normal de limitar los sobrevoltajes transitorios a niveles seguros en un SPD. Este filtrado se logra mediante la conexión en paralelo con las líneas de alimentación de cada una de las fases a neutro, mediante un capacitor de polipropileno de bajo costo. La capacidad de filtrado de un capacitor de alta calidad es significativa cuando se mide directamente en los terminales de éste, pero cae bruscamente cuando las mediciones se realizan en el panel de servicio como se muestra en la siguiente tabla. La mayoría de los fabricantes incluyen la filtración como un estándar.

Ubicació	100kHz	1MHz	10MHz	100MH	Comentarios
C	40	39	37	36	Rendimiento Publicado – en el Módulo de Filtrado
B	40	28	11	6	Atenuación en las Terminales del SPD
A	39	20	7	6	Panel de Servicio – Rendimiento Real

Observación

Las ineludibles conexiones de cableado entre los "capacitores de filtrado" en el SPD y la línea de alimentación introducirán una inevitable impedancia. Al operar por encima de 1 Megahertz, ésta impedancia del cableado degradará fuertemente el rendimiento del filtrado.

Conclusión: Si el filtrado no aparece en el panel de servicio – entonces no existe.

Circuito de Protección Híbrido

Un Circuito de Protección Híbrido es la mezcla de dos (o más) enfoques técnicos para conseguir un nuevo resultado que de otra manera no puede ser alcanzado por cualquier tecnología en forma individual. Varios enfoques híbridos son promovidos en el mercado.

El Enfoque de Celdas de Selenio + MOVs

Bajo este enfoque, las celdas de selenio están diseñadas para comenzar a conducir en algún punto justo por encima del valor pico del voltaje de la onda senoidal. Las corrientes transitorias de relativamente pequeña amplitud son desviadas por el selenio lejos de la carga.

A medida que las corrientes transitorias aumentan en magnitud, el umbral de encendido de los MOV será excedido y casi todos los futuros aumentos de corriente transitoria se desviarán por los elementos protectores MOV. El rápido aumento del voltaje residual del selenio se debe a su inherente pequeño exponente no lineal. Los MOVs ahora sufrirán el principal detrimento por causa del voltaje residual efectivo en corrientes transitorias mayores de 1000 Amperios.

Conclusión

Para los grandes eventos transitorios, de 1.000 amperios y superiores, el bienestar del sistema protegido radica únicamente en el rendimiento de los dispositivos MOV. La tecnología de selenio parece ser una herramienta de marketing en lugar de una verdadera mejora en el rendimiento.

El Enfoque MOV + SAD

Bajo este enfoque, los Diodos de Avalancha de Silicio (SADs) están diseñados (como en el enfoque selenio/MOV) para iniciar la conducción en algún punto justo por encima del pico de la voltaje de la onda sinusoidal. Relativamente pequeñas amplitudes de corriente transitoria son desviadas de la carga por medio de los SADs.

Debido a la capacidad muy limitada de manejo de corriente de los SAD, son necesarios muchos diodos de avalancha de silicio, en una matriz serie paralelo, para igualar la capacidad de manejo de corriente de un MOV de 40 mm en la línea de 120 VAC. Claramente, una proposición ineficaz y muy cara.

En consecuencia, el típico módulo SAD empleado por fase, contiene 250 diodos en una configuración matricial con una capacidad nominal de corriente pico de 1.000 amperios para una forma de onda de 10/1.000 microsegundos. Este módulo de baja energía da al enfoque SAD/MOV la apariencia inicial de proporcionar una baja voltaje residual. **Cuando las corrientes transitorias se hacen grandes - los MOV hacen todo el trabajo pesado.**

Conclusión

Para los grandes eventos transitorios, 1.000 Amperios y mayores, el bienestar del sistema protegido se basa casi por completo en el rendimiento de los dispositivos MOV. La tecnología de diodos de avalancha tiene que ser protegida - ya que no puede manejar eventos de gran magnitud.

Equipo de prueba - Útil o Ilusorio

Algunos fabricantes optan por vender costosa instrumentación de prueba externa para medir periódicamente el bienestar de su protector contra transientes de voltaje.

El equipo de prueba toma como referencia de un SPD los niveles iniciales de fábrica de voltaje residual y luego los utiliza como guía para los chequeos de mantenimiento periódico. Un fabricante ofrece el equipo de prueba en US \$2.000, una oferta muy por encima del costo de muchos de los nuevos protectores de transientes de voltaje

A lo sumo, este enfoque requiere una espera de uno a seis meses para que el "equipo de prueba" pueda "evaluar" el bienestar del SPD. Bastante opuesto al sistema de monitoreo continuo, directamente del tablero.

En el peor de los casos, el daño por un transitorio puede producirse un día después del día de la prueba y no se tendrá conocimiento de ello sino hasta la próxima medición. Como cuestión práctica, el tiempo del molesto mantenimiento periódico requerido conducirá inevitablemente a que esta costosa pieza de equipo caiga en desuso.

Existe un problema más grave al utilizar este enfoque.

La creación de un impulso, normalmente de 3 a 5 amperios, mediante el equipo de prueba, significa que los elementos de protección en paralelo (MOV, células de selenio, Diodos de Avalancha y otros) compartirán esta corriente de prueba con el elemento de protección de voltaje residual de más baja maniobra al colocarlo en paralelo y hasta con el 100% de la corriente de prueba. **Esto no es un ensayo adecuado.**

En los enfoques de protección híbrida, MOV/selenio o MOV/ Diodos de Avalancha, una corriente de prueba pequeña es manejada exclusivamente por las células de selenio o diodos de avalancha, ya que estos elementos de supresión fueron elegidos deliberadamente para encenderse primero. **Los elementos MOV no se pueden probar en absoluto.**

Conclusión

El importante manejo de grandes energías del MOV en configuraciones híbridas, puede no ser probado correctamente. El uso de equipo de prueba externo promueve una falsa sensación de seguridad y gastos innecesarios. El monitoreo continuo del bienestar del protector contra transientes de voltaje directamente en el tablero es mucho más eficaz y menos costoso.

Tecnología Abierta - ¿Por qué la secretividad?

Es nuestra creencia que el cliente necesita saber completamente acerca de las características del producto y espera documentación concisa y clara sobre el dispositivo que está siendo considerado.

¿Qué es "Tecnología Abierta"?

El cliente necesita conocer plenamente sobre la construcción interna del producto y espera una clara y concisa descripción de las características especiales del dispositivo.

¿Hay "secretos comerciales"?

No, en realidad no. Después de más de 40 años de continua investigación técnica sobre la fabricación de SPDs, lo que implicó la disección ocasional de algunos productos para realizar una inspección detallada, pocas veces hubo sorpresas.

¿Qué pasa con las patentes?

MCG Electronics, Inc. tiene dos patentes en Estados Unidos que se relacionan con la protección contra transitorios de voltaje.

U.S. Patente No. Inventor/Asignado a

Descripción

5,303, 116

Glenn Grotz/MCG Electronics, Inc.

Describe la construcción interna del SPD para reducir las caídas de voltaje inductivas creando la cancelación de campos magnéticos.

6,211,770B1

Michael J. Coyle/MCG Electronics, Inc.

Describe métodos para combinar fusibles y construcción de MOV.

Descripción

Describe métodos constructivos para combinar fusibles y MOV.

¿Por qué el secreto?

Los SPD se construyen utilizando la tecnología disponible. Un aspecto de la unicidad puede crearse si uno tiene cuidado para restringir la información sobre su sistema de protección. Las demandas de tecnología propia que no están respaldadas por una patente, justifican el escepticismo.

Para Tener en Cuenta

Las tecnologías de supresión de voltaje involucradas en el diseño de los SPDs son bien conocidas y entendidas. La forma en que un fabricante aborda los fundamentos es lo que separa a un buen producto de uno débil o vulnerable.

Condiciones de Publicidad - Usos exóticos del idioma Inglés

Esta sección muestra las formas creativas utilizadas para que conceptos relativamente sencillos hayan sido elevados a niveles de poco entendimiento. Al intentar arrojar algo de claridad, no pretendemos proporcionar una descripción completa de cualquiera de estos conceptos.

Dejamos la explicación completa a las personas que los crearon.

Matriz de rejilla SAD (Lattice Matrix SAD)

Diodos de Avalancha de silicio conectados en una configuración serie-paralelo.

Sistema de Filtro EMI/RFI

En los supresores de transientes cableados, se utilizan los tipos más simples de filtros de alta frecuencia; por lo general éstos emplean algunos capacitores en paralelo con la línea de alimentación. El uso de capacitores y el largo del cableado de estas aplicaciones limita en gran medida su capacidad de eludir efectivamente las señales de alta frecuencia. Si el filtrado es importante en su aplicación, mantenga los cables del protector lo más corto que pueda. (Preferiblemente menos de 2 pies.)

Seguimiento Senoidal

Hay una variedad de términos que utilizan varias combinaciones de las palabras senoidal, onda y rastreo. En realidad, El Rastreo de Onda Senoidal es simplemente uno o más capacitores en paralelo con la línea de alimentación, utilizados para atenuar las altas frecuencias. Véase la sección de *EMI/RFI* y *Rastreo de Onda Senoidal*.

Compuesto químico "Único"

Es un compuesto epóxico utilizado para encapsular módulos. Con frecuencia, las unidades están encapsulados para evitar que los clientes sepan lo que hay adentro. Los argumentos dicen que el calentamiento del MOV es absorbido por el epóxico, permitiendo así que el MOV opere a una temperatura reducida. En realidad, los MOV encapsulados con epóxico absorberán el calor generado por el transitorio, mucho antes de que cualquier transferencia de calor pueda ocurrir a través de la resina.

Enlaces 99% de Plata

Un fusible con cualquier otro nombre sigue siendo un fusible.

Protección Híbrida

Es la combinación de dos o más tecnologías de protección contra transientes para proporcionar un rendimiento "mejorado". Para más detalles ver Enfoques de Protección híbridos, página 25,

Supresor de Silicio

Un espacio abierto entre dos electrodos convencionales enterrados en arena (silicio).

Normas - Industria y Seguridad

ANSI C62.41-2002 – IEEE, Práctica Recomendada en la caracterización de sobre voltajes en circuitos de alimentación AC de bajo-Voltaje (1000V y menos).

Describe en una forma simplificada el entorno de las líneas de alimentación de AC y establece un conjunto representativo de formas de onda de transientes de sobrevoltaje. Pretende simular la dinámica del entorno de línea de alimentación de AC.

ANSI-C62.45-2002 – IEEE, Guía para las pruebas de transitorios en los equipos conectados a los circuitos de alimentación de CA. Proporciona orientación técnica para el uso de equipos de prueba de transitorios de sobrevoltaje en la evaluación de un SPD. El documento llama la atención sobre los aspectos importantes de seguridad en las pruebas contra transitorios. Esta Norma no evalúa, simplemente prueba el protector.

NEMA LS-1 – 1992, Dispositivos de protección contra Sobrevoltajes operando en bajo voltaje

Establece una guía para los fabricantes de equipos SPD a fin de fomentar la uniformidad en la presentación de especificaciones. La prueba NEMA LS-1 realizada por un tercero asegura que el producto de un fabricante cumpla con las especificaciones de corriente pico publicadas.

UL 1283, 3rd Edition – Filtros de Interferencias electromagnéticas

Esta Norma revisa la construcción y adecuación del filtro de EMI para su uso seguro en líneas eléctricas de 600 VAC (o menos).

No prueba la atenuación del ruido realizada por el filtro EMI vrs. los datos de frecuencia. Algunos fabricantes están posicionando la reputación de su filtro diciendo que sus cifras son adyacentes a las discutidas en UL 1283 y tratando así de inferir un respaldo de UL 1283. Vea la sección sobre Filtro EMI/RFI filtrado.

UL 1283 es sólo una especificación de seguridad, no es una Norma de desempeño.

UL 1414, 4th Ed. – Del otro lado de la Línea...Capacitores

Esta Norma evalúa para efectos de seguridad únicamente, los capacitores conectados en paralelo y en forma directa con la línea principal (sin ninguna otra impedancia o circuito de protección), cuando se usan para protectores de transientes en los modelos L-N y L-G. Esta especificación no evalúa ninguna característica de filtrado que pueda ocurrir como resultado de su uso.

UL 1414 4th Ed. Es solo una Norma de seguridad.

UL 1449, 2nd Ed. - Norma UL estándar para supresores de transientes de sobrevoltaje.

Esta Norma evalúa los aspectos de seguridad de un SPD conectado a través de la línea de alimentación y mide la Supresión de Voltaje (Suppressed Voltage Rating, SVR). La calificación SVR está impresa en la etiqueta del producto. Un protector contra transientes de voltaje podría tener 450V de voltaje residual, pero recibirá un grado de UL (SVR) de 500 voltios. La calificación SVR es una calificación de categoría de grupo - no necesariamente el voltaje residual nominal.

UL1449, 2nd Ed. Incluye los requerimientos de Feb. 9th, 2007.


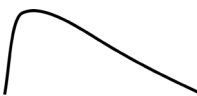



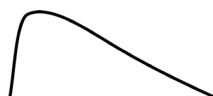



A partir del 09 de febrero de 2007, un SPD listado conforme UL1449 segunda edición debe cumplir con los nuevos requisitos. Los productos fueron probados para los nuevos requisitos de seguridad durante la reciente revisión del expediente UL1449. **Sólo los productos que cumplen con estos nuevos requisitos y se sometieron a pruebas de laboratorios UL, son habilitados para llevar la marca UL.**

UL1449, 3rd Ed. Sept. 29, 2006 – Normas UL para la seguridad de los Dispositivos de Sobre-Voltajes

Esta es la última revisión de UL1449. Se hizo efectiva en el 2009.

Estándar ANSI C62.41-2002

Categorías de Protección

Entrada del Servicio	Cat. C	Cat. B	Cat. A
Categoría	1.2/50 μ s	8/20 μ s	
C1	6kV	3kA	
C2	10kV	5kA	
C3	20kV	10kA	
			
	Impulso	Impulso	
Páneles Secundarios			
Categoría	1.2/50 μ s	8/20 μ s	0.5 μ s 100kHz
B1	2kV	1kA	170A 2kV
B2	4kV	2kA	330A 4kV
B3	6kV	3kA	500A 6kV
			
		Impulso	Bucle
Panel Local			
Categoría			0.5 μ s 100kHz
A1			2kA 70kV
A2			4kA 130kV
A3			6kA 200kV
			
			Bucle

Glosario de Términos Técnicos

Voltaje Residual

El voltaje residual es el voltaje máximo medido que aparece a través de un protector contra transientes de sobrevoltaje cuando se aplica una forma de onda estándar (simulando un transitorio ocasionado por un rayo) al protector contra transientes.

Algunos fabricantes, para ganar un voltaje residual ligeramente inferior, limitarán la holgura de amplitud utilizando MOVs de mas bajo voltaje – esto aumenta en gran medida la probabilidad de falla del protector en el campo. **Con todo y todo es un gran riesgo para lograr una mejora muy pequeña en el desempeño; si es que hay alguna.**

Holgura de Amplitud

Es la diferencia de voltaje entre el pico de la onda sinusoidal y el más alto nivel de voltaje de umbral, donde el MOV comienza a encenderse. Si la holgura de amplitud es demasiado pequeña, los MOV pueden actuar con mayor frecuencia, lo que resulta en una vida más corta. **Holguras de Amplitud** del 15% y mayores no causan prácticamente ningún efecto sobre el rendimiento del supresor. En algunas áreas, las fluctuaciones de la línea eléctrica pueden superar el 15%. En estas situaciones, un diseño prudente requiere mayor voltaje residual del MOV. Por ejemplo, ciertas empresas de energía (o países) tienen a menudo voltajes momentáneos elevados, superiores al 115% y sobre una base regular. Estas elevaciones momentáneas de voltajes son inofensivas para el equipo, pero pueden causar una falla prematura en los SPD con espacio insuficiente en los márgenes de amplitud. Si la regulación de AC es pobre, asegúrese de usar un protector con suficiente holgura de amplitud.

Voltaje de paso

Los equipos sensibles situados aguas abajo en las líneas de alimentación están expuestos a los voltajes residuales del SPD mientras éste está desviando el transitorio a tierra. Siempre es deseable minimizar este voltaje de paso.

MCOV

MCOV es el máximo voltaje de Operación Continua que se puede aplicar al protector contra transientes sin dañarlo. Las empresas de energía generalmente mantienen los voltajes de línea a tolerancias muy estrechas. Sin embargo, si el voltaje de la línea se eleva por encima del valor determinado como MCOV durante un período sostenido de tiempo, los MOVs del protector contra transientes comenzarán a conducir y eventualmente ocurrirá el fallo del protector a menos que se tomen ciertas medidas.

Voltaje Nominal

El voltaje nominal del protector corresponde al voltaje de línea nominal suministrado por las empresas de energía. El tipo de protector debe ajustarse a la configuración de la empresa suministradora del servicio, es decir, una o tres fases, delta o estrella, etc.

Voltaje de Umbral

Es el punto de encendido en el que un protector contra transientes empieza a conducir 1mA de corriente. Por sí mismo, esto no es un indicador incompleto del desempeño.

Garantía

Lea (y comprenda) la letra pequeña. Algunas garantías, a primera vista, prometen grandes cosas, pero en realidad son elaboradas meticulosamente para que sea legalmente imposible de cobrar. Esto suele ser el resultado de renuncias a derechos que protegen al fabricante. Al momento de considerar a un fabricante de protectores contra transientes, evite los que contienen los siguientes tipos de garantías:

1. Garantías de equipo Conectado - Estos tipos de garantías, superficialmente, afirman reemplazar no sólo el protector, sino que también el equipo protegido si el equipo está dañado. Pero si lee la letra pequeña a menudo se verá un descargo de responsabilidad que establece que la garantía es nula si el equipo es dañado por un acto de Dios (es decir, un rayo.)

2. Garantías que requieren de un abogado para interpretar - Si una garantía está llena de jerga legal que es demasiado difícil de entender, las probabilidades son que está diseñado para proteger al fabricante y no al consumidor. Una garantía debe ser clara y fácil de entender.

3. Las garantías que no tienen "el reemplazo gratuito de por vida de los módulos y de los fusibles" - Los módulos de protección son los fusibles, éstos son el corazón de un protector contra transientes. Si un fabricante no está detrás de sus productos y no ofrece una garantía de reemplazo gratuito de por vida en los módulos y los fusibles, debe cuestionarlo. Esto significa que los componentes probablemente no durarán mucho tiempo, y como resultado, usted tendrá que comprar eventualmente otros nuevos.

Que Ofrece MCG

MCG suministra una garantía "sin absurdos" de 20 años - Si el montaje básico del SPD sufre daño en servicio, MCG reemplazará la unidad inmediatamente, sin costo alguno. (Consulte la garantía MCG para los detalles completos en www.mcgsurge.com).

MCG ofrece Módulos de Reemplazo Gratis y Fusibles DE POR VIDA Si algún módulo o fusible debe ser reemplazado en un SPD, MCG lo reemplazará sin cargo, aún más allá de la garantía de veinte años.

Calidad – Certificado ISO 9001: - MCG diseña, fabrica y entrega equipos de protección contra transientes que satisfacen las expectativas de los clientes a un precio justo y razonable, y respaldado con nuestra garantía "sin absurdos".

En MCG, estamos comprometidos con nuestros clientes, empleados y proveedores. Nuestro curso de acción es dirigido por los principios de "Mejora Continua de la Calidad". Nuestro compromiso con la "Mejora Continua de la Calidad" nos impulsa a sobresalir en nuestra industria mediante el establecimiento de objetivos que se revisan y actualizan de forma programada.

Indice

Página

Ambiente - Altitud, Humedad, Temperatura	20
Cajas, NEMA 4, 4X, 12	20
Capacidad de Energía	20
Categorías de Protección - ANSI, UL	29
Clasificación de por vida	20
Concepto Micro-Z	13
Condiciones de Publicidad	28
Consideraciones del Tamaño del Cable	12
Construcción Modular	18
Construcción, Cable Micro-Z vs. Convencional	14
Corriente, 1mA Umbral	9
Dispositivo de Protección contra Transientes de voltaje	25
Enfoques de Protección Híbrido - MOV/SAD, MOV-Selenio	25
Equipo de Prueba, Utilidad	26
Fallos de Puertos I/O – Línea de Protección de datos	3
Filtro EMI/RFI	24
Formas de Onda	30
Fusible – Coordinación MOV, KAIC nominal	16
Garantía	31
Hoja de Comparación de Productos	8
I Pico	9,
Impedancia, Cableado Interno/Externo	11
Inductancia	11
Justificación económica de la protección contra transientes de KAIC Nominal	6
La Vida de los Componentes	16
Holgura de Amplitud	19
Monitoreo - LEDs, Alarmas, Etc.	31
Múltiples Caminos – Combinación Fusible/MOV	19
NEMA LS-1	17
Notas de Instalación	9
Panel de Servicio - Principal/Distribución. Secundario, Local	21
Protector - Requisitos para una Adecuada Coordinación	7
Rayo - Múltiples descargas, líneas de servicios públicos, etc.	16
Redundancia, Falsa Redundancia	5
Seguimiento de Onda Seno	17
Standards - ANSI, IEC, NEMA, UL	24
Standards – CBEMA	29
Tecnología abierta - Patentes, Secretos Comerciales	10
Voltaje– El Paso de	27
Voltaje– MCOV nominal , Umbral, Residual, Tolerancia	12
Tiempo de Respuesta - Transitorios	31
Tierra – El Concepto de un solo punto	4
Tolerancia de Tensión	23
Transformador de Distribución	12
Vida del MOV	9
	19