

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**TRANSITORIOS Y SOBRETENSIONES EN SISTEMAS
ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

LUIS ALBERTO FLORIAN TUTAYA

**PROMOCIÓN
2001 – II**

**LIMA – PERÚ
2006**

**TRANSITORIOS Y SOBRETENSIONES EN SISTEMAS
ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN**

A mis padres, a mí esposa, a mi
pequeño hijo Diego Sebastián y
hermanos, gracias por su apoyo
incondicional

SUMARIO

Las redes eléctricas se encuentran expuestas a múltiples perturbaciones producidas por distintos agentes. Las sobretensiones son fenómenos eléctricos que se manifiestan debido a cierto tipo de perturbaciones. Sus efectos pueden ser desde el deterioro del dispositivo de protección, el daño en las cargas, hasta el colapso de una red entera de distribución. A lo largo del presente informe se presentan conceptos relacionados con las sobretensiones, sus fuentes, sus características y sus efectos en las redes de baja tensión, ello con la finalidad de sintetizar criterios para identificar, dependiendo de la aplicación, los equipos adecuados para la protección contra las sobretensiones. Estos conceptos y criterios se aplican a una situación real que se presentó en de la mina BHP Billiton Tintaya

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

NOCIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA

1.1. Introducción.	2
1.2 Perturbaciones eléctricas en baja tensión. Tipos.	3
1.2.1 Caída de tensión y interrupciones	4
1.2.2 Armónicos	4
1.2.3 Sobre tensiones	7
1.2.4 Desbalance de tensión	7
1.3 Normas relacionadas con las variaciones de voltaje	7

CAPITULO II

SOBRETENSIONES

2.1 Introducción	9
2.2 Concepto de sobretensión	9
2.3 Origen de las sobretensiones	11
2.3.1 Descargas atmosféricas	11
a Formación de las descargas atmosféricas	11
a.1 Carga eléctrica del rayo.	11
a.2 Descarga del rayo	13
b Efectos producidos por la caída de un rayo	14
b.1 Efectos producidos por la caída directa de un rayo	15
b.2 Efectos secundarios producidos por la caída de un rayo	15
2.3.2 Sobretensiones por conmutación	17
a Conmutación de corrientes inductivas	17
b Conmutación de circuitos capacitivos	18
c Interrupción de una gran corriente por un órgano de corte	18
2.4 Formas de ondas recomendadas para representar los transitorios de sobre voltaje	18

2.4.1 Ondas oscilatorias, 100 kHz ring wave	19
2.4.2 Onda combinada: transitorios de alta energía	20
2.4.3 Ráfagas EFT	22
2.5 Esquema Categorías definidas en Norma IEEE C62.41	23
2.6 Formas de onda de prueba recomendadas por categoría	25
2.7 Consideraciones de puesta a tierra	27

CAPITULO III

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

3.1 Introducción	28
3.2 Componentes de un dispositivo de protección contra sobretensiones	28
3.2.1 Los varistores	29
3.2.2 El expulsor	31
3.2.3 Los componentes de silicio	31
3.3 Dispositivos de protección contra sobretensiones	32
3.3.1 Dispositivos de protección primaria. Los pararrayos.	32
3.3.2 Dispositivos de protección secundaria.	36
a. Limitadores de sobretensiones.	37
b. Los filtros.	38
c. Los supresores de transitorios.	39
d. Otros tipos de protección.	39

CAPITULO IV

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

4.1 Introducción	42
4.2 Enfoque en 2 zonas.	42
4.3. Especificación de los equipos de protección contra sobretensiones.	44
4.3.1 Tensión de protección transitoria	45
4.3.2 Capacidad de corriente transitoria	45
4.3.3 Tensión transmitida	45
4.3.4 Filtración	46
4.4 Coordinación de aislamiento	46
4.5 Sensibilidad del equipo	47
4.6 Aplicación: Planta de óxidos de BHP Billiton Tintaya.	49
4.6.1 El problema	49
4.6.2 La solución	50
a. Dispositivos de protección primaria. Los pararrayos	50
b. Dispositivos de protección secundaria	51

b.1	Primer nivel de protección: Zona C	51
b.2	Segundo nivel de protección: Zona B	52
4.6.3	Comparación de la situación antes y después de la instalación de los equipos	53

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

ANEXOS

Anexo A: Definiciones de términos eléctricos relacionados con la calidad de energía.

Anexo B: Línea de equipos de protección contra sobretensiones marca Cutler Hammer

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

En las instalaciones eléctricas de baja tensión los proyectistas utilizan 2 criterios generales para el análisis de la protección de equipos eléctricos: **corto circuito y sobre carga**, criterios mediante los cuales se seleccionan los equipos de protección necesarios: los interruptores termomagnéticos y magnéticos, fusibles, contactores, relés de protección, guarda motores, etc. Sin embargo, en muchos casos se obvia la protección frente a un fenómeno eléctrico que en la actualidad cobra mayor importancia: las **sobretensiones**. Este fenómeno reviste mayor importancia debido a que el uso de equipos electrónicos es cada vez más frecuente en las plantas industriales y edificaciones modernas, necesitando estos equipos una tensión “limpia” de perturbaciones para su correcto funcionamiento (arrancadores de estado sólido, variadores de velocidad, servidores, PLCs, computadoras, etc.; así mismo en las plantas industriales que se encuentran en zonas de tormentas eléctricas¹.

Frente a este problema, el objetivo del presente informe es el de mostrar criterios para el diseño de la protección contra las sobre tensiones. Para ello, se presentará un marco teórico para entender el fenómeno de las sobre tensiones definiendo sus principales características y su clasificación según la norma **IEEE C62.41-1991 Recommended Practice on Surge Voltajes in Low – Voltaje AC Power Circuits**, norma que es usada por los principales fabricantes de equipos contra sobretensiones.

A continuación se expondrán criterios de selección de los equipos de protección contra las sobretensiones. Cabe señalar que el fenómeno de las sobretensiones tiene una manifestación difícil de cuantificar, es por ello que los criterios son generales. Para mostrar la aplicación práctica de estos criterios, se presentará un problema de sobretensiones que se presentó en la mina BHP Tintaya, específicamente en la planta de óxidos, la cual manifestó un problema de sobretensiones debido a descargas atmosféricas, el mismo que se pudo corregir con la adquisición de los equipos adecuados.

¹ en nuestro medio la mayoría de plantas mineras se encuentran expuestas a descargas atmosféricas por lo tanto expuestas a las sobretensiones.

CAPITULO I

NOCIONES DE CALIDAD DE ENERGIA

1.1. Introducción.

En el presente capítulo se resumen las principales nociones de calidad de energía así mismo se indican cuales son las principales distorsiones en las redes eléctricas, y se introduce el concepto de **sobretensiones** como una de estas perturbaciones que serán modeladas

El desarrollo de nuevas tecnologías orientadas a mejorar los procesos industriales, ha marcado un acelerado crecimiento de nuevas y mejores técnicas para diseñar sistemas automatizados, cada vez más precisos y óptimos en la industria de hoy en día. Tanto el monitoreo como el control de complejos sistemas pueden ser implementados utilizando modernos equipos electrónicos que elevan la calidad y precisión de dichos procesos industriales como son los variadores de velocidad, arrancadores de estado sólido, reles de protección electrónicos, medidores multifunción, PLCs, sensores y equipos de instrumentación, etc. Como resultado tenemos una mejor utilización de los recursos, de forma óptima teniendo como resultado una alta eficiencia.

Sin embargo, este desarrollo ha traído consigo nuevas exigencias en cuanto a la calidad del suministro eléctrico, ya que los equipos electrónicos, diseñados en base a microprocesadores de una densa compresión, tienen un comportamiento altamente sensible (pues trabajan con señales cada vez más débiles) a los fenómenos transitorios, como por ejemplo, transitorios de menos de 3 V pico o niveles de energía más bajos que 10^{-7} Julios que pueden tener como efecto el “confundir” o de dañar al sistemas y sus componentes.

Pero los mismos equipos electrónicos son fuentes de transitorios, ya que estos distorsionan la forma de onda debido a que se tratan de cargas no lineales, como los variadores con tiristores o transistores de potencia, dispositivos de arco y otros.

Dichas perturbaciones son generadas entonces por los mismos equipos electrónicos, pero además por las cargas que trabajan en la red (motores, hornos, etc.), los transformadores, etc. Adicionalmente, si se toma en cuenta que el distribuidor local entrega muchas veces un suministro ya perturbado, este ocasionará una pérdida de rendimiento en la mayor parte de cargas convencionales, y al mismo tiempo de sobrecargar innecesariamente las redes de transporte.

No obstante, el mayor problema no es muchas veces la pérdida de rendimiento sino el deterioro que producen en la calidad de la onda de tensión, superponiendo perturbaciones, algunas de carácter periódico y otras de carácter transitorio. Dichas perturbaciones ponen muchas veces en peligro el buen funcionamiento de una serie de equipos electrónicos, informáticos, de comunicaciones, equipos eléctricos, etc.

Es por ello, que urgen tomar las previsiones de protección contra los efectos de dichas distorsiones eléctricas al momento de diseñar sistemas eléctricos e implementar correctivos en el caso de redes ya existentes.

Para ello se debe contar con 3 puntos imprescindibles:

Primero: el contar con un sistema de puesta a tierra adecuado que garantice un nivel resistivo bajo para la descarga de las corrientes de fallas,

Segundo: un sistema ininterrumpible de entrega de energía para las cargas consideradas críticas

Tercero la protección con equipos en puntos específicos que ayuden a mitigar las fallas producidas por los disturbios eléctricos.

1.2 Perturbaciones eléctricas en baja tensión. Tipos.

Las perturbaciones eléctricas se pueden clasificar en base a según se afecte a la amplitud, la forma de onda, la frecuencia y la simetría de la tensión; aunque, normalmente, una perturbación afecta no solo una de las características mencionadas. También, se pueden clasificar de acuerdo a su carácter: aleatoria, permanentes o semi permanentes. En este caso, los efectos que tienen dichas perturbaciones son:

- Caída de tensión y interrupciones
- Armónicos
- Sobre tensiones (temporales y transitorias)
- Desbalance de tensión
- Variación de frecuencia de alimentación

1.2.1 Caída de tensión y interrupciones

Es una caída súbita de la tensión en un punto de la red de energía eléctrica, hasta un valor definido –la norma IEEE considera entre el 90% y el 10% de una intensidad de referencia, la norma CEI entre 90% y 1%- seguida de un restablecimiento de la tensión de red después de un corto lapso de tiempo comprendido entre un semiperíodo de la frecuencia de red y 3 minutos según IEEE y 1 minuto según CEI. Estos según la norma europea. Para las normas americanas tenemos la siguiente clasificación para las caídas de tensión (**sag**) : Instantáneo ($T/s < t < 30 T$), momentáneo ($30 T < t < 3 s$) temporal ($3 s < t < 1 \text{ min}$) y mantenido ($t > 1 \text{ min}$).

Cuando la perturbación dura menos de un semiperiodo se denominan **transitorios**.

Para un sistema trifásico, las características de tensión y corriente son distintas en cada fase. Es por ello que una caída de tensión debe de detectarse y caracterizarse separadamente en cada una de las fases. Un sistema trifásico sufre una caída de tensión si al menos una de las fases sufre este tipo de perturbación.

Orígenes

- Defectos en la red de distribución en alta baja y media tensión, o en la instalación en sí misma.
- La conmutación de cargas de gran potencia respecto a la potencia de corto circuito (motores asíncronos, hornos de arco, máquinas de soldar, calderas, etc.)
- Se producen cortes largos cuando los dispositivos de protección aíslan definitivamente un defecto permanente, o cuando se produce la apertura, voluntaria o intempestiva de un aparato mecánico.

1.2.2 Armónicos

Toda función periódica se puede descomponer en una suma de senoides de frecuencias hf , donde h : es un entero y f es la frecuencia de la red (fórmula 1.1). A la variable “ h ” se le llama rango del armónico. La componente de primer orden es la componente fundamental

$$y(t) = Y_o + \sum_{h=1}^{\infty} Y_h \sqrt{2} * \text{Sen}(2\pi h f + \varphi_h)$$

Fórmula 1.1

Descomposición de una función periódica

El valor eficaz se muestra en la fórmula 1.2

$$Y_{ef} = \sqrt{Y_o^2 + Y_1^2 + Y_2^2 + Y_h^2 + \dots}$$

Fórmula 1.2

Valor eficaz

La tasa de distorsión armónica (THD: Total Harmonic Distortion) da una medida de la deformación de la señal:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} \left(\frac{Y_h}{Y_1} \right)^2}$$

Fórmula 1.3

THD (Total Harmonic Distortion)

Los armónicos proceden principalmente de cargas no lineales cuya característica es absorber una corriente que no tiene la misma forma que la tensión que los alimenta. Esta corriente es rica en componentes armónicos y su espectro será función de la naturaleza de la carga. Al circular a través de las impedancias de la red, estas corrientes armónicas crean las tensiones que pueden perturbar el funcionamiento de otros usuarios conectados a la misma fuente. La impedancia de la fuente a las diferentes frecuencias armónicas tiene pues un papel fundamental en la gravedad de la distorsión en tensión. Hay que observar que, si la impedancia de la fuente es baja (Pcc elevada), la distorsión en tensión es menor.

Orígenes

Las cargas industriales, equipos de electrónica de potencia, variadores de velocidad, rectificadores con diodos o tiristores, onduladores, fuentes de alimentación conmutadas.

Las cargas que utilizan arco eléctrico: hornos de arco, máquinas de soldar, alumbrado (lámparas de descarga, tubos fluorescentes). Son también generadores de armónicos (temporales) los arranques de motores con arrancador electrónico y la conexión de transformadores de potencia.

Las cargas domésticas con convertidores o con fuentes de alimentación conmutadas: televisores, microondas, computadoras, impresoras, fotocopiadoras, reguladores de luz, equipos electrodomésticos, etc.

También se presentan en la red, componentes senoidales que no son múltiplos enteros de la frecuencia de red, debiéndose a variaciones periódicas o aleatorias de la potencia absorbida por diferentes receptores como los hornos de arco, las máquinas de soldar y los variadores de velocidad. Las señales de telemando utilizadas por el distribuidor también generan este tipo de componentes, llamadas interarmónicos.

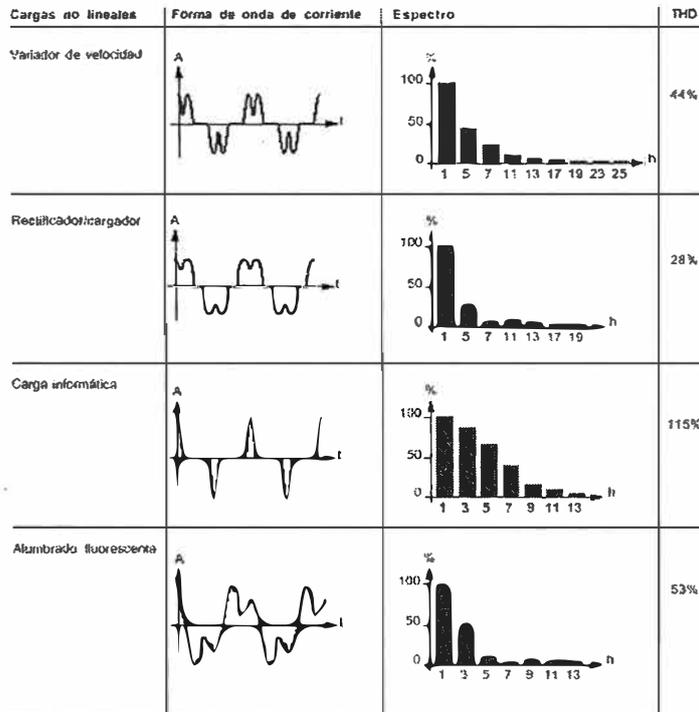


Figura 1.1

Características de algunas cargas generadoras de armónicos

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaboración: Philippe Ferracci

1.2.3 Sobre tensiones

Es el motivo del presente estudio, los detalles se mostrarán en el Capítulo II.

1.2.4 Desbalance de tensión

Un sistema trifásico está desbalanceado cuando las 3 tensiones no son iguales en amplitud y/o no están desfasadas unas respecto a otras 120° . El grado de desequilibrio se define utilizando el método de las componentes Fortescue, calculando la razón de la componente homopolar de la fundamental respecto a la componente de la fundamental.

1.3 Normas relacionadas con las variaciones de voltaje

Los disturbios eléctricos en los sistema industriales fueron un factor en el diseño de sistemas de alimentación para computadoras a finales de los 60's y 70's. Sólo en los últimos 5 ó 10 años fue que los controles por computadora se han hecho comunes en todas partes del sistema eléctrico.

Consecuentemente, muy pocas normas tratan con la definición de variaciones de tensión de corto tiempo aceptables, pero se ha trabajado para desarrollar normas en esta área. Las normas significativas con respecto a variación de tensión se resumen como sigue:

Las variaciones de tensión en estado estacionario son definidas por la norma ANSI C84.1. Para tensiones de servicio hasta de 600 V, se espera que la tensión normal de servicio esté dentro de $\pm 5\%$ de la nominal, con variaciones de $+5.8\%$ hasta -8.3% para períodos cortos.

La Publicación de Normas NEMA no. MG-1 motores y Generadores (Sección-12.45) establece que *los motores polifásicos de corriente alterna deberán operar satisfactoriamente bajo condiciones de operación a carga nominal cuando el desbalance de tensión en las terminales del motor no exceda del 1%*. La sección I-14.5 de la misma norma proporciona una curva de reducción de carga para desbalances de tensión mayores: 90% con desbalance de 3% y 75% con desbalance de 5% . No se recomienda la operación de motores para desbalances de tensión de más de 5% . La Norma ANSI C84.1 recomienda que *los sistemas de suministro eléctrico deberán estar diseñados y operar para limitar el desbalance máximo de tensión al 3 % cuando se mida en el medidor de la empresa eléctrica, bajo condiciones sin carga.*

A través de los años se han desarrollado curvas de parpadeo, que proveen guías sobre los límites de variaciones de tensión en cargas de cambio rápido ya que éstas afectan a otros equipos en el sistema. Una de las cargas de mayor interés han sido los hornos de arco, así como muchos otros tipos de cargas que varían con mucha frecuencia. Estas variaciones de tensión están generalmente en el rango de 0.5 a 6%, que puede variar en frecuencia desde 10/s hasta 1/hr. Esta información se resume en la sección 10.5 de la norma IEEE 519.

El proyecto de Norma IEEE 1250 proporciona una buena discusión de disturbios momentáneos y algunas guías para la atenuación de estos problemas. Este documento no recomienda límites.

Los voltajes bajos temporales a frecuencia fundamental, las cuales llegan a caer a un 88.3% de lo especificado por la Norma ANSI 84. 1, pueden dar como resultado la interrupción de la operación de algún equipo. No existen normas relacionadas con este tipo de disturbios; pero si hay una curva incluida en la Norma ANSI/IEEE 446, el libro naranja, que es un buen punto de referencia. Esta curva fue desarrollada subsecuentemente hacia la curva CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturers Association), como una guía en el diseño de fuentes de alimentación para computadoras. Se trabaja actualmente para considerar los requerimientos sobre disturbios de tensión de corta duración en la ANSI C84. 1. (Fueron desprendidos del documento en 1982).

La Norma IEEE 493, el libro dorado, se revisa para incluir un capítulo sobre métodos para predecir la cantidad y magnitud de los bajos voltajes esperados en cualquier punto de interés sobre el sistema eléctrico. Además, el grupo de trabajo IEEE P1346 trabaja para desarrollar un consenso amplio de acuerdo a cuestiones de compatibilidad.

La norma que sirve de base para la elaboración del presente informe es la norma de protección de equipo de baja tensión contra sobre tensiones transitorias: Normas ANSI/IEEE C62. Las normas existentes incluyen: ANSI/IEEE C62.41, Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage ac Power System y ANSI/IEEE C62.45, Guide on Surge Voltage in Low-Voltage ac Power Circuits. Se trabaja también para proveer guías sobre los dispositivos de protección contra sobre tensiones, que serán incluidos en los documentos C62.42, C62.43 y C62.64.

CAPITULO II SOBRE TENSIONES

2.1 Introducción

Para desarrollar procedimientos que mejoren la inmunidad de las redes eléctricas frente a las sobretensiones es indispensable tener un conocimiento completo de cómo el transitorio se genera, de cómo el viaja a través de los conductores de la instalación, y de los niveles de intensidad para los cuales la presencia de estos provoca fallas o mal funcionamiento en ellos. Es necesario evaluar con precisión la capacidad de soporte (withstand capability) de todos los dispositivos, de los aparatos y los equipos. Las especificaciones conservadoras pueden incrementar el costo del protector sin necesidad; del otro lado, la liberalización de las especificaciones puede provocar fallas o mal funcionamiento frecuentes en los equipos.

Debido a ello en el siguiente capítulo se especifica a la sobretensión, clasificándola siguiendo los criterios de la norma **IEEE C62.41-1991 Recommended Practice on Surge Voltajes in Low – Voltaje AC Power Circuits** , además de presenta una extensa teoría de las sobretensiones.

Las normas son un gran apoyo para este caso, ya que definen parámetros concretos que permiten clasificar a las sobre tensiones. En base a estas normas los fabricantes de dispositivos contra sobre tensiones diseñan sus equipos.

2.2 Concepto de sobretensión

La sobretensión es una onda de tensión de corta duración que aparece en un circuito eléctrico, superponiéndose a la tensión nominal del circuito. Las unidades que identifican los tiempos de la onda transitoria son los microsegundos para las sobretensiones atmosféricas, nanosegundos para las descargas electrostáticas, milisegundos a las producidas por maniobras y segundos las producidas a frecuencia industrial, según la norma CEI 1000-4.

Detectado solo por sofisticados analizadores de energía, estos disturbios provocan daños directos o deterioro a los equipos eléctricos. Estos son causados por 2 motivos: **descargas atmosféricas (rayos)** o **la conexión y desconexión de cargas**.

Las sobre tensiones se pueden manifestar de distintas formas.

- Este es un ejemplo de un disturbio repetitivo (transitorio menor a 330 voltios) causado por una carga con SCRs.

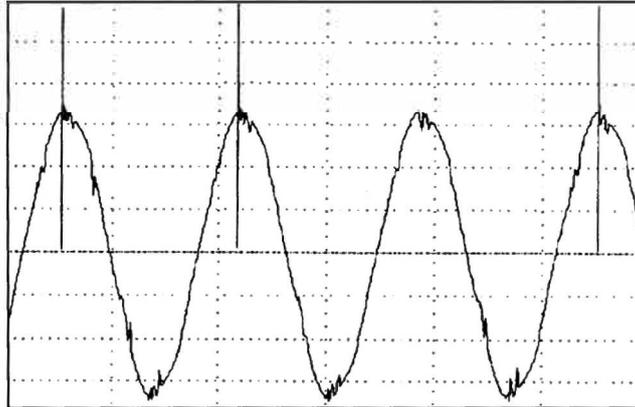


Figura 2.1

Disturbio repetitivo

Fuente: Fuente: Dranetz Handbook for Power Quality Analysis

Elaborado por: Fuente: Dranetz Handbook for Power Quality Analysis

- Sobretensión generada internamente (causada por los arcos y rebotes de los contactos en un contactor). Típicamente tienen resonancia en un sistema a frecuencias entre 50 kHz y 250 kHz.

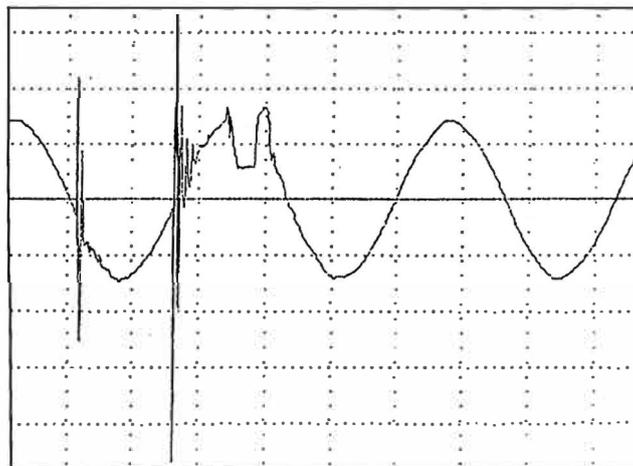


Figura 2.2

Sobretensión generado internamente

Fuente: Fuente: Dranetz Handbook for Power Quality Analysis

Elaborado por: Fuente: Dranetz Handbook for Power Quality Analysis

- Este es un ejemplo de una sobretensión inducida externamente por una descarga atmosférica

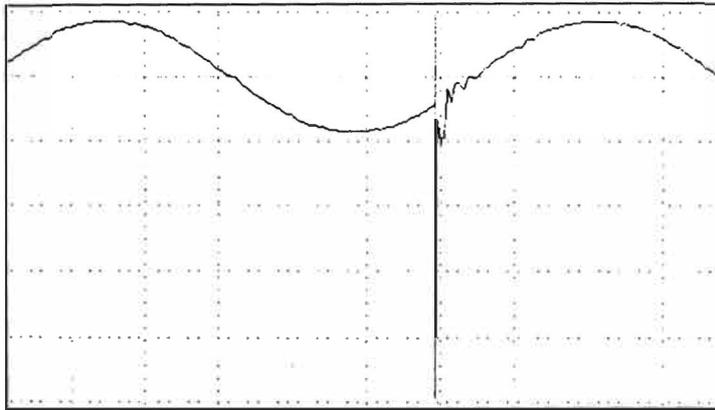


Figura 2.3

Sobretensión impulsional.

Fuente: Fuente: Dranetz Handbook for Power Quality Analysis

Elaborado por: Fuente: Dranetz Handbook for Power Quality Analysis

2.3 Origen de las sobre tensiones

- 1) Los efectos de las descargas atmosféricas tanto directas como indirectas
- 2) Los transitorios ocasionados por las conmutaciones en el sistema.

2.3.1 Descargas atmosféricas:

Las descargas atmosféricas (rayos) son eventos naturales que constan de una fuerte liberación de energía (descarga) eléctrica sobre la superficie de la tierra. A continuación se presenta de forma resumida cómo se forman dichas descargas atmosféricas:

a. Formación de las descargas atmosféricas.

a.1 Carga eléctrica del rayo.

El gradiente eléctrico en la atmósfera, con el cielo despejado, es del orden de 100V/m, debido al campo eléctrico producido por las cargas negativas que normalmente existen en la superficie terrestre. En situación tormentosa, las variaciones de presión y temperatura en la atmósfera dan lugar a la formación de cumulonimbus, cuya columna central puede alcanzar más de 15.000 m. Cuanta más alta sea la columna del núcleo de

la nube, más frecuente será el rayo. Para ser capaz de generar un rayo, dicha columna interna necesita superar los 3.000 m de altura.

Existen diversas y complejas teorías para explicar el mecanismo real de la separación de cargas, pero ninguna desvela con exactitud qué empuja las cargas dentro de la nube tormentosa. En la columna central del núcleo del cumulonimbus existen corrientes ascendentes con velocidades superiores a 120 Kms/h que separan las cargas eléctricas que originan la descarga del rayo. Por estudios sobre la lluvia se sabe que la precipitación fina adquiere una carga eléctrica positiva, mientras que partículas más grandes adquieren una carga negativa. El fuerte desplazamiento de aire en la columna interior del cumulonimbus separa estas cargas empujando las partículas más finas (positivas) hacia las zonas altas. La carga negativa más pesada permanece en la base de la nube. A medida que se separan las cargas, las diversas zonas de la nube se cargan tanto, que las fuerzas eléctricas originan cada vez más y más fragmentos cargados (figura 2.4).

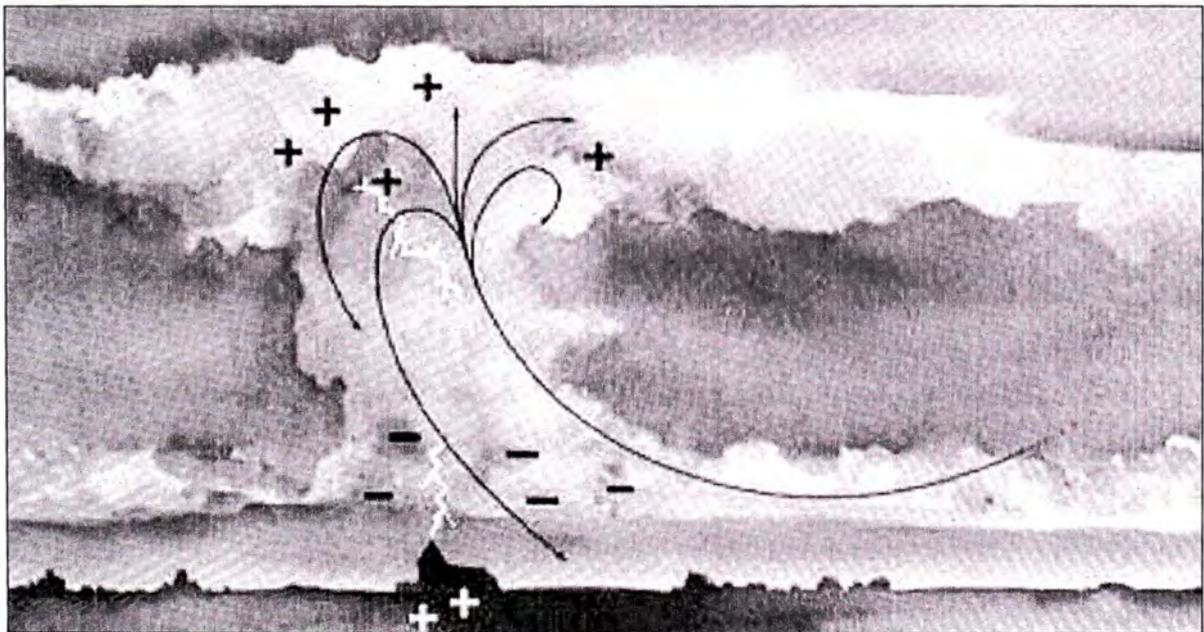


Figura 2.4

Separación de cargas eléctricas en un las nubes

Fuente: Catálogo Prototal

Elaborado Prototal

Como la tierra tiene muchas menos cargas negativas que la base de la nube situada encima, se genera una atracción entre ambas cargas. Por lo tanto, los electrones liberados cerca de la nube son atraídos hacia la tierra. A medida que se van moviendo estos electrones chocan con moléculas de aire que encuentran en su camino, rompiendo sus enlaces (ionizándolos) y creando así más fragmentos cargados.

Estos nuevos fragmentos son arrastrados hacia la parte inferior junto con los electrones originales, creándose el efecto de avalancha eléctrica.

Los iones positivos dejados atrás crean una nueva atracción al conjunto de electrones hacia la nube. A su vez más electrones continúan liberándose en la nube arrastrando hacia la base a los que pretendían subir. Este proceso de freno y aceleración se repite continuamente, haciendo seguir al grupo de electrones iniciales un camino en zig zag, con avances de unos 50m en 50ms, desde la nube hacia la tierra, que se conoce como camino trazador o "stepped leader" (figura 2.5).

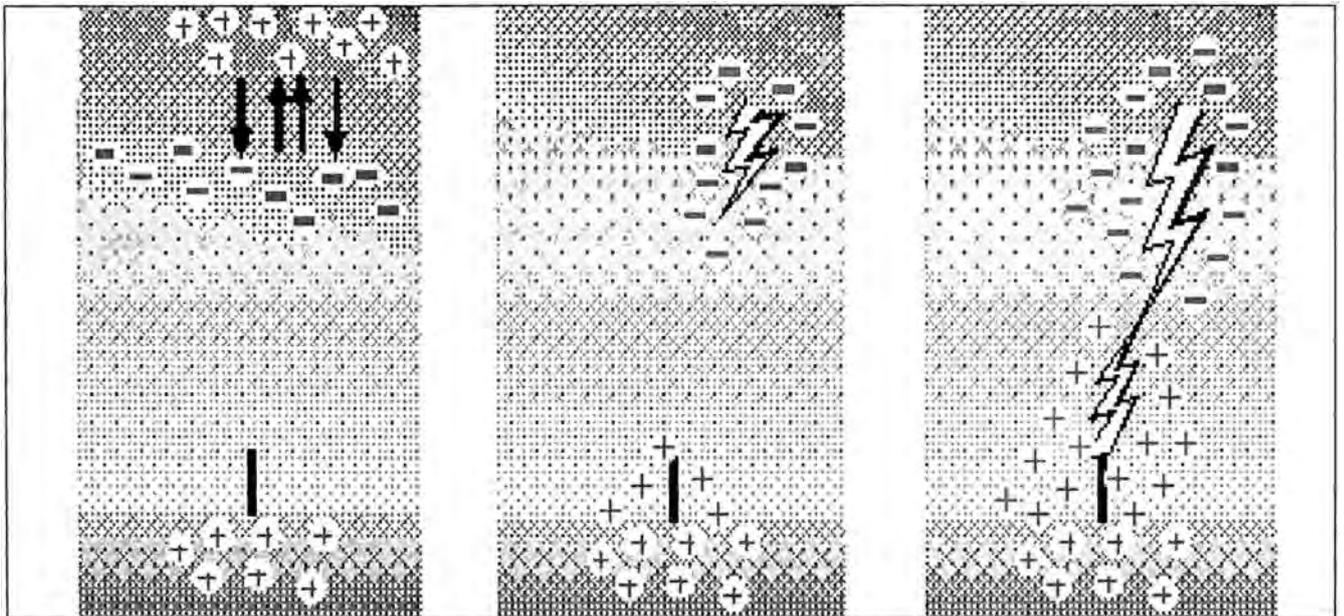


Figura 2.5

Esquematización del mecanismo de formación del rayo.

Fuente: Catálogo Prototal

Elaborado: Prototal

Al aproximarse al suelo la cabeza del efluvo trazador descendente (stepped leader), produce, por inducción, un rápido incremento del gradiente eléctrico en la superficie terrestre, que se añade a la componente continua, ya existente como consecuencia de la distribución estática de cargas en la nube.

a.2 Descarga del rayo.

Se divide en 4 fases:

1ª fase: Predescarga o efluvios descendentes, aparición de efluvios trazadores descendentes, que se extienden desde la nube en dirección al suelo.

2ª fase: Aparición de efluvios eléctricos ascendentes, cuando la cabeza del trazador descendente se aproxima al suelo. Estos efluvios surgen en la mayoría de los casos a partir de elementos que sobresalen de la superficie terrestre tales como árboles, chimeneas, antenas, pararrayos etc., consecuencia del efecto punta.

3ª fase: Creación de un canal ionizado entre la nube y el suelo cuando la cabeza del trazador se une al efluvo ascendente. Se crea un cortocircuito entre la nube y la tierra permitiendo el paso de una corriente de alta intensidad. Es el llamado "return stroke".

4ª fase: Trazo de gran luminosidad entre la nube y la tierra. Los electrones situados cerca del suelo son los primeros en sentir la conexión y acelerarse hacia abajo. A continuación los sucesivos grupos superiores van haciendo lo mismo.

Por lo tanto, aunque las cargas negativas se mueven de la nube hacia la tierra, el flash luminoso del rayo se mueve de la tierra hacia la nube con un tiempo de 100ms. Al mismo instante en su camino hacia tierra, las partículas negativas colisionan con el aire calentándolo y causando una expansión repentina que se propaga en forma de onda sonora llamada trueno.

Los picos de corriente oscilan desde 1kA hasta 400kA, aceptándose internacionalmente un valor medio de 30kA.

Es posible observar que no se produce un único rayo, por el contrario aprovechando el mismo canal ionizado las descargas son múltiples, se han llegado a contabilizar hasta 40. La energía liberada por la descarga se produce durante un tiempo de 100 a 300ms y la duración del pico máximo de descarga es de tan sólo 1 o 2 microsegundos.

Más del 90% de las descargas de la nube hacia tierra tienen lugar entre la nube cargada negativamente y la tierra cargada positivamente como se ha explicado, aunque también puede suceder a la inversa.

b Efectos producidos por la caída de un rayo.

Los rayos son señales eléctricas de alta frecuencia, gran potencial y alta corriente, por ello, son causa de interferencias en sistemas electrónicos. Por ello, para dirigir a tierra las descargas atmosféricas se requiere de las técnicas para señales en altas frecuencias.

A la frecuencia debida a la descarga del rayo, la impedancia de un cable de cobre usado en las puestas a tierra (de unos 1.64 uH/m) presenta un carácter predominantemente inductivo. En conductores de más de 10 metros la impedancia que representan es muy elevada, lo cual impide la conducción de la corriente.

Como los rayos se reflejan como cualquier onda de alta frecuencia, es básico que la impedancia a tierra sea baja para la descarga, ya que todas las partes del sistema conectadas a tierra, elevarán y bajarán su potencial con respecto de tierra al tiempo de la descarga.

b.1 Efectos producidos por la caída directa de un rayo

Los efectos directos de un rayo son la destrucción física causada por el impacto de los que pueden resultar incendios. Cuando un impacto directo golpea una instalación donde hay materiales combustibles, pueden estar expuestos al rayo, al canal del rayo o al efecto de calentamiento del rayo, produciéndose importantes incendios.

Cuando cae un rayo en una instalación siempre buscará el camino a tierra de más baja impedancia y por él circulará hasta tierra. Si el conductor tiene algún equipo eléctrico conectado a un equipo y es atravesado por esa corriente, muy probablemente será destruido. Si bien la caída directa del rayo es la más devastadora, también es la más improbable.

b.2 Efectos secundarios producidos por la caída de un rayo

Los efectos secundarios de un impacto de rayo directo o cercano a una instalación incluye:

La carga electrostática: La célula de tormenta induce una carga estática en cualquier estructura inmersa en la tormenta. Esta carga estática estará relacionada con la carga de la célula de la tormenta. Por esto se inducirá una diferencia de potencial en la estructura o conductor respecto a tierra que será un posible causante de interferencias. Como consecuencia de la carga electrostática se producen los arcos secundarios que es una de las interferencias más frecuentes.

Los pulsos electromagnéticos: Los pulsos electromagnéticos, son el resultado de los campos electromagnéticos transitorios que se forman por el flujo de corriente, a través del canal de descarga del rayo. Después de que se

establece el canal de descarga del rayo entre la nube y la tierra, llega a formarse un camino tan conductivo como un conductor eléctrico. La corriente de neutralización comienza a fluir rápidamente y produce un campo magnético en relación a la misma. Ya que estas corrientes de descarga crecen rápidamente y alcanzan corrientes pico de cientos de miles de amperios, los pulsos magnéticos que ellos crean pueden ser muy significativos. El voltaje inducido resultante (EMP) dentro de cualquier grupo donde existen varios cables que corren paralelamente, puede también ser muy significativo.

Los pulsos electrostáticos: Los transitorios atmosféricos o pulsos electrostáticos, son el resultado directo de la variación del campo electrostático que acompaña a una tormenta eléctrica. Cualquier conductor suspendido sobre la superficie de la tierra, está inmerso dentro de un campo electrostático y será cargado con un potencial en relación a su altura, sobre la superficie de la tierra. Por ejemplo, una línea de distribución o telefónica aérea, a una altura promedio de 10 metros sobre la tierra, en un campo electrostático medio, durante una tormenta eléctrica, se cargará con un potencial de entre 100 kV y 300 kV con respecto a la tierra.

Las corrientes de tierra: La corriente transitoria de tierra es el resultado directo del proceso de neutralización que sigue a un impacto de rayo. El proceso de neutralización, es consumado por el movimiento de la carga a lo largo o cerca de la superficie de la tierra, desde el punto donde se induce la carga, hasta el punto donde termina el rayo. Cualquier conductor enterrado o cercano a esa carga, proveerá un camino más conductivo desde el punto donde se inicia, al punto donde termina el rayo. Esto induce un voltaje en relación con la carga, que se maneja en esos conductores, lo cual otra vez está relacionado con la cercanía a donde el rayo impactó.

A este voltaje inducido se le llama "corriente transitoria de tierra" y aparece en alambres conductores, tuberías y otras formas de conductores. Aunque el proceso de descarga es muy rápido (20 microsegundos) y la relación de crecimiento al pico es tan pequeña como 50 nano segundos, el voltaje inducido será muy alto. La terminación de un rayo de retorno en la tierra puede causar los efectos siguientes:

- Puede causar arcos a través de la tierra a tuberías de gas adyacentes, cables o sistemas de tierra.

- La corriente de sobrecarga, puede correr por la tierra paralelo al sistema de tierras electrónico existente, lo cual originará una distribución de elevación de potencial de tierra no uniforme en el sistema de tierra.

El sobrevoltaje transitorio: Se produce como consecuencia de los anteriores y pueden causar graves daños en los equipos o sistemas si no están convenientemente protegidos. La carga electrostática (y consecuentes arcos secundarios) es la más común.

Como ejemplo tenemos la carga electrostática y los pulsos electromagnéticos que inducen altos voltajes transitorios en cualquiera de los conductores eléctricos que se encuentren dentro del área de influencia de esos transitorios. Estos transitorios causarán arcos entre alambres o cables conductores y entre tuberías y tierra. Los arcos o chispas de corriente electrostática en un punto vulnerable, pueden iniciar incendios o explosiones.

Además, estas sobre tensiones pueden llegar por los conductores hacia los equipos o sistemas que estén dentro del área de influencia, causando fallos y averías en los mismos si estos no están protegidos contra las sobre tensiones.

2.3.2 Sobretensiones por conmutación

Este tipo de fenómenos se presentan en redes eléctricas que sufren modificaciones bruscas en sus circuitos (apertura de aparatos de protección, apertura y cierre de aparatos de mando). Estas sobretensiones producidas se propagan en general en forma de ondas de alta frecuencia con amortiguamiento rápido. Aquí algunos tipos:

a Conmutación de corrientes inductivas

Cuando se establecen o interrumpen circuitos inductivos se pueden producir impulsos de gran amplitud y de un tiempo corto de subida. Así el interruptor de mando de un motor eléctrico, un transformador de baja tensión a baja tensión, un contactor, y hasta un simple relé producen sobretensión de modo diferencial cuya amplitud puede sobre pasar los 1,000 voltios con frentes de subida de algunos microsegundos.

Las sobretensiones de maniobra por conmutación de corrientes inductivas también pueden tener su origen en la red MT.

b Conmutación de circuitos capacitivos

Aunque las redes eléctricas son normalmente inductivas, la presencia de capacitancias (baterías de condensadores o simplemente líneas en vacío), constituye un circuito resonante LC. Las maniobras producen entonces sobretensiones de tipo oscilatorio. En caso de cebado después de un corte, se pueden encontrar sobretensiones hasta 3 veces mayores.

c Interrupción de una gran corriente con un órgano de corte

Interrumpir una corriente de cortocircuito produce sobretensiones si el corte es muy rápido y sin consumo de energía en el arco. Estas sobretensiones pueden ser muy importantes al fundirse ciertos fusibles (del orden de 1,5KV). Un caso similar bien conocido es el corte de corriente que se produce en la soldadura por arco: las sobretensiones observadas alcanzarán la decena de Kilovoltios.

2.4 Formas de ondas recomendadas para representar los transitorios de sobre voltaje

El estudio estadístico de las sobretensiones de maniobran ha llevado a la normalización de las ondas, según la norma IEEE C62.41-1991 se tienen las siguientes formas de onda recomendadas:

- **Onda oscilatoria 100 KHz ring wave** las de mayor frecuencia tienen una capacidad limitada de energía pero presentan altos voltajes.
- **Onda combinada: Transitorios de alta energía** de diversas formas de onda asociados con descargas atmosféricas cercanas, operación de fusibles o conmutación de capacitores.
- **Ráfagas EFT: Transitorios muy rápidos**, asociadas a conmutaciones de cargas locales de baja energía pero capaces de producir interferencia o bloqueo de la operación de equipo sensible.

2.4.1 Onda oscilatoria 100 KHz ring wave

Las mediciones en campo y en laboratorio indican que la mayor parte de las sobretensiones de voltaje que se propagan en los sistemas de bajo voltaje en instalaciones interiores tienen formas de onda oscilatorias.

Cuando un pico impacta en un sistema, aun cuando originalmente sea unidireccional, excita las frecuencias naturales de resonancia del sistema, generándose transitorios de diferentes amplitudes y formas de onda, teniendo estos transitorios frecuencias de oscilación que se ubican en el rango de 1kHz, asociadas a conmutación de capacitadores, a 500kHz causadas principalmente por oscilaciones locales.

La representación de este tipo de transitorios fue presentada en la edición de 1980 de la norma IEEE C62.41, habiéndose definido la onda oscilatoria con un tiempo de crecimiento de $0.5\mu\text{s}$ y frecuencia de 100kHz, siendo cada pico de 60% de la amplitud del pico precede de polaridad opuesta tal como se muestra en la figura 2.6

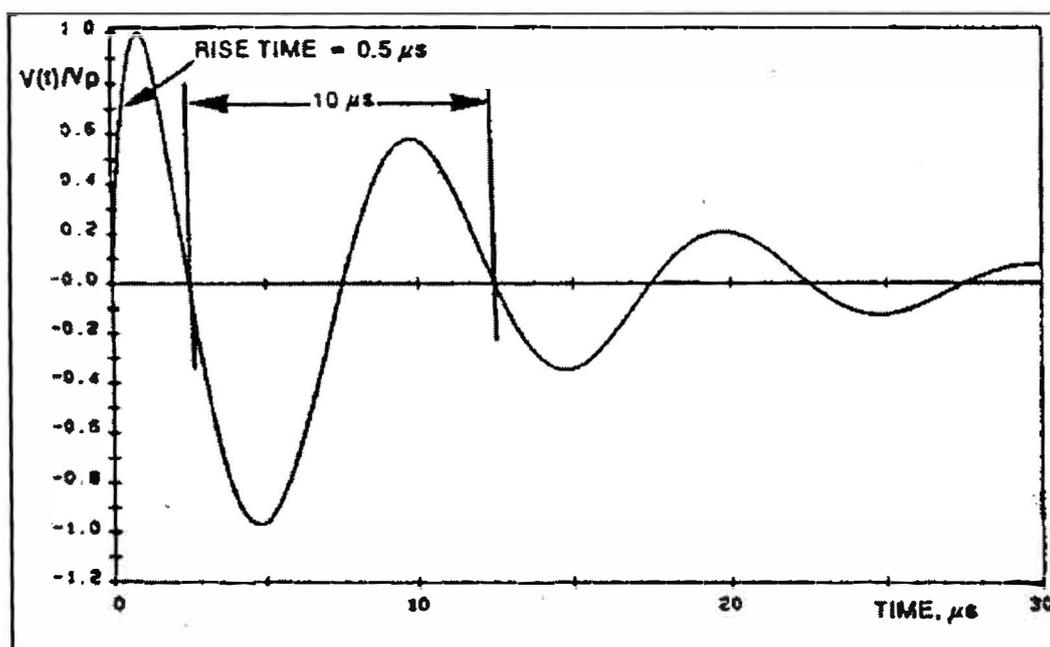


Figura 2.6
Onda oscilatoria

Fuente: Norma IEEE C62.41

Elaborado: Norma IEEE C62.41

Debido a que es necesario representar estas situaciones con más de una forma de onda, en la versión de la norma IEEE62.41-1991 SECCION 10, se propone en forma adicional una forma de onda oscilante de menor frecuencia.

Las razones de crecimiento rápidas en el frente de la onda oscilante, producen fallas a ciertos dispositivos semiconductores sensibles a altos dv/dt , particularmente cuando están en la transición de los estados de conducción, dependiendo del momento en que ocurre el pico con relación a la frecuencia de la línea.

La amplitud del voltaje del pico puede producir la ruptura del aislamiento en equipos y componentes, aun si la energía involucrada en la onda de 100kHz es pequeña.

2.4.2 Onda combinada: Transitorios de alta energía

Experiencias de campo muestran que diversos dispositivos de protección contra sobretensiones, con capacidades limitadas de manejo de corriente e instalados en la acometida han fallado repetidamente, mientras que cuando el mismo dispositivo es instalado al interior de la instalación opera adecuadamente.

Debido a los factores de energía e impedancia de la fuente, las ondas oscilatorias de kHz no depositan suficiente energía en los dispositivos de protección contra transitorios para producir las fallas observadas.

Son representados por un pico de voltaje de $1.2/50\mu s$ y un pico de corriente de $8/20\mu s$, siendo descrito como impulso en el de la IEC 99 aparta rayos y como onda combinada en la norma IEEE C62.41-1991, tal como se muestra en la figura 2.7

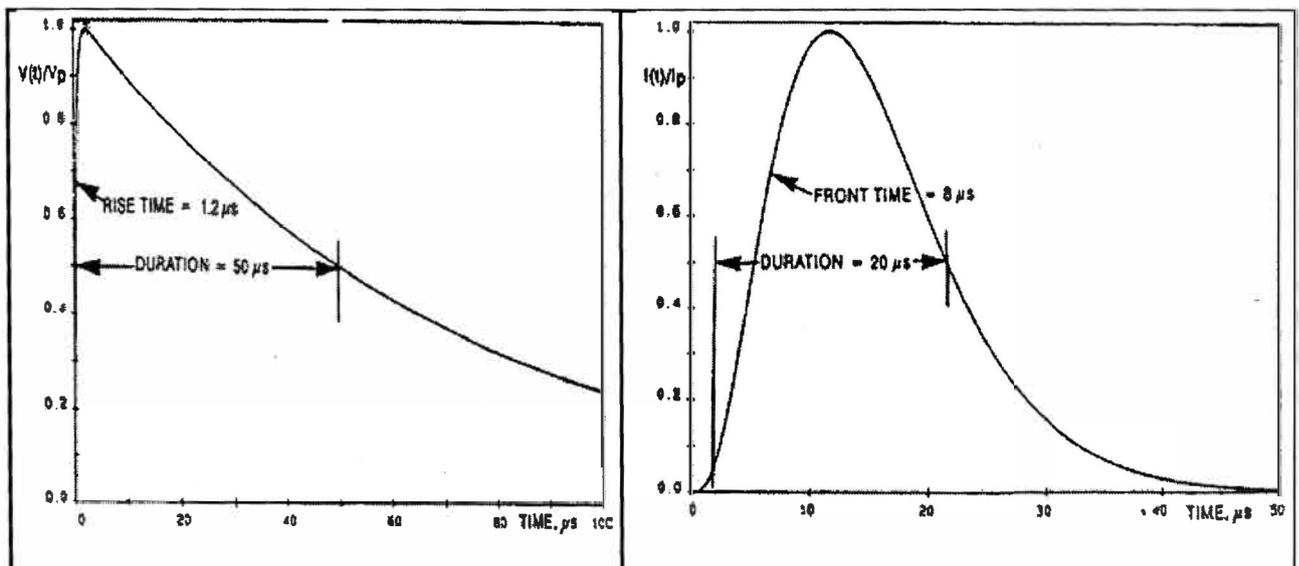


Figura 2.7
Transitorios de alta energía

Fuente: Norma IEEE C62.41

Elaborado: Norma IEEE C62.41

Diferentes tipos de eventos pueden dar origen a transitorios de alta energía y sus consecuentes daños

- a) **Sobretensiones causados por rayos en sistemas con líneas de distribución aéreas.** Estas formas de onda son una simplificación apropiada del ambiente cercano en las acometidas de construcciones conectadas a sistemas de distribución con líneas aéreas teniendo una capacidad substancial de energía para provocar esfuerzos al equipo conectado.

Debido al tiempo frontal corto del pico de corriente de $8\mu s$ no se propagará muy lejos en la instalación. La caída de voltaje asociada con la propagación de un pico de corriente de alta amplitud y por lo tanto de alto di/dt en la impedancia inductiva del cableado requiere de un voltaje alto en la acometida que lo impulse (sostenga).

- b) **Sobretensiones causados por rayos originados en líneas aéreas y que viajan por cable subterráneo.** Involucran mayores duraciones. En longitudes considerables de cables tienen frentes de onda con pendientes menores que las originales.

- c) **Sobretensiones generados por la operación de fusibles, involucrando energía atrapada en la inductancia del sistema de potencia.** Tiene características unidireccionales con duraciones del orden de cientos de microsegundos que dependen de la inductancia del cable y del transformador que alimenta a la falla que esta siendo librada por los fusibles

- d) **Sobretensiones generados por la conmutación de bancos de capacitores para la compensación del factor de potencia.** Involucran oscilaciones amortiguadas con frecuencias de 300 Hza a 5 Khz y duraciones máximas de unos cuantos milisegundos. Desde el punto de vista de intercambio de energía, una oscilación tan larga puede simplificarse como una envolvente de oscilación teniendo un orden de magnitud y duración similar a los transitorios generados por la operación de fusibles.

Los transitorios de menor frecuencia contienen mayor energía, pudiendo llegar a ser excesiva para un dispositivo protector de transitorios que trata de efectuar la sujeción del voltaje particularmente entre él y el protector de transitorios.

Los transitorios descritos en b), c) y d) tienen amplitudes máximas relativas al voltaje del sistema en contrastarse con el descrito en a).

Otros tipos de forma de onda han sido especificadas como requerimientos para protección de transitorios tales como:

Frecuencia o Duración	Tipo	Aplicación	Norma
10/1000 us	Unidireccional	Control de procesos y comunicaciones	IEEE Std 518-1982
100/1300 us	Unidireccional	Compatibilidad electromagnetica	IEC
10/1000 us	Unidireccional	Específica	IEEE C62.41-1991
5 kHz	Oscilatoria	Específica	IEEE C62.41-1991

Tabla 2.1
Tipos de forma de onda

Fuente: Norma IEEE C62.41

Elaborado: Autor del informe

Para ondas largas en cables de sistemas de potencia con tiempos de viaje mayores que el tiempo del frente del pico, la impedancia de la fuente será la impedancia característica del cable, ubicándose típicamente entre 10 Ω y 100 Ω , sin embargo para líneas aéreas abiertas los valores serán mayores.

Si los tiempos de viaje son menores que el tiempo del frente del pico, la impedancia inductiva prevalecerá y su valor puede ser solo una fracción de ohm.

2.4.3 Ráfagas EFT

La apertura de circuitos por interruptores por separación de aire, tales como interruptores termo magnéticos o contactores, producen una sucesión de separaciones y re-igniciones que generan ráfagas de transitorios de oscilaciones rápidas en los circuitos que son conmutados, relacionándose con ondas cuyos tiempos de elevación son de 5 ns y duraciones de 50 ns denominadas transitorios eléctricos rápidos (EFT).

La duración de este transitorio es corta comparada con el tiempo de viaje en el cableado (50 ns es el tiempo requerido para viajar 10 m), por lo que los conceptos de

líneas de transmisión son aplicables para describir su propagación en el cableado de edificaciones y grandes equipos.

2.5 Esquema Categorías definidas en Norma IEEE C62.41

La norma ANSI/IEEE C62.41 define las formas de onda estándar de sobre tensiones, las cuales representan los peores eventos que pueden esperarse, y recomienda que los equipos sean diseñados para soportar la aplicación de estas formas de onda de prueba. Se definen así tres categorías de formas de onda asociada cada una a un punto de la instalación eléctrica (cerca, intermedio y lejos de la acometida) y a su vez tres niveles de exposición a los fenómenos transitorios, como sigue:

	Categoría C	Categoría B	Categoría A
Exposición Alta	C 3	B 3	A 3
Exposición Media	C 2	B 2	A 2
Exposición Baja	C 1	B 1	A 1

Tabla 2.2
Categoría y tipos de exposición

Fuente: Norma IEEE C62.41

Elaborado: Autor del informe

La categoría "C" es el servicio eléctrico de entrada a la instalación eléctrica (acometida), la categoría "B" son los tableros de distribución secundarios y la categoría "A" son los toma corriente de los cuales se alimentan directamente las cargas. En la Categoría C se está expuesto a transitorios de mayor nivel, esperando voltajes que excedan los 10 kV y corrientes de descarga de 10 kA y mayores.

La experiencia en campo muestra que la aplicación por años de aparta-rayos con capacidades de 10 kA, 4/10 μ s han demostrado su efectividad para desviar la mayor parte de las corrientes asociadas con este entorno. Aun cuando descargas directas de rayos en el punto de interés producen voltajes y corrientes mayores.

La mayoría de las aplicaciones de protección involucran entornos interiores distantes de la conexión de entrada de servicio y de las condiciones de la categoría C, por lo que no deberá aplicarse indiscriminadamente como una especificación para todos los equipos.

Los niveles de exposición están dados por la actividad transitoria tanto interna como externa a la instalación a proteger, las fuentes externas de transitorios son por ejemplo; naturales (rayos), subestaciones eléctricas cercanas, grandes industrias cercanas, etc. Las fuentes internas son cargas conectadas en la misma instalación a proteger, como por ejemplo; motores, ascensores, bombas eléctricas, rectificadores controlados y en general conmutación de cargas inductivas.

El nivel de exposición se considera bajo, si solo existe una moderada actividad transitoria interna, medio si existe una abundante actividad transitoria interna y alto si existe actividad transitoria externa.

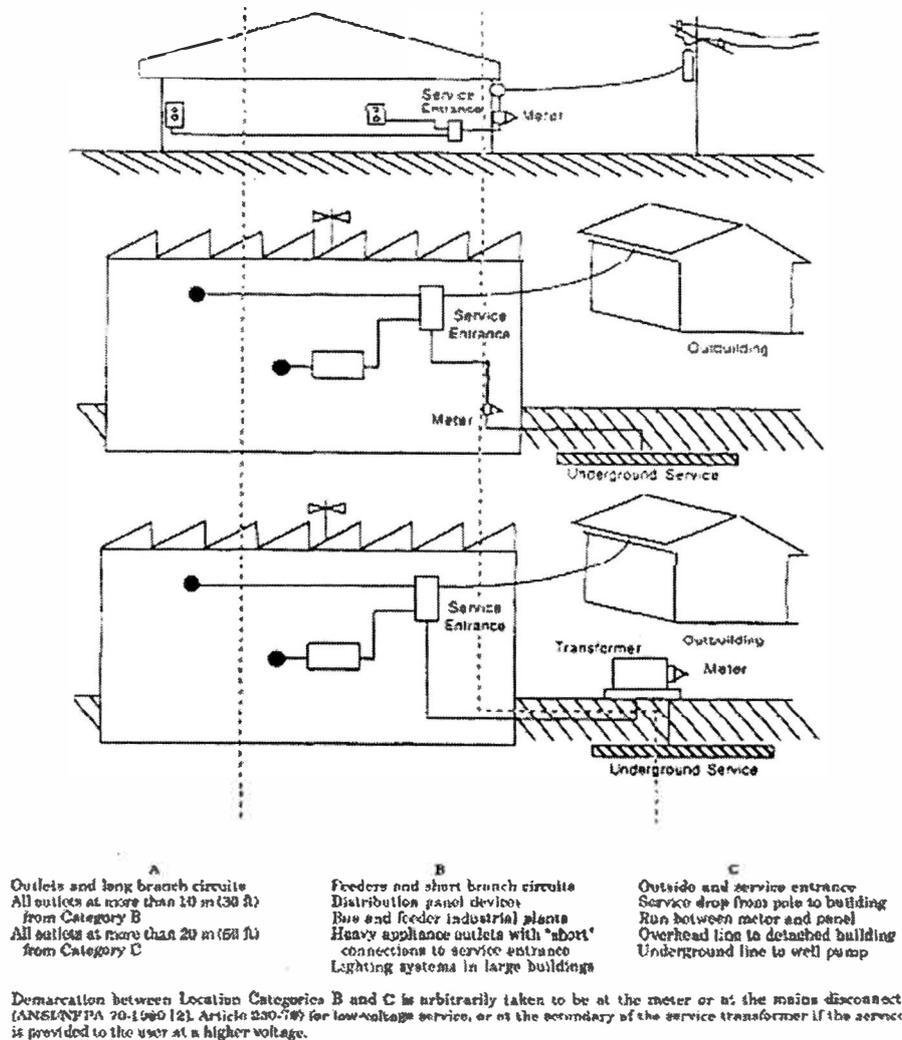


Figura 2.8

Esquema Categorías definidas en Norma IEEE C62.41

Fuente: Norma IEEE C62.41

Elaborado: Norma IEEE C62.41

2.6 Formas de onda de prueba recomendada por categoría

Las formas de onda de transitorios se aplican de acuerdo a la categoría de localización siendo la onda oscilatoria de 100 kHz ring wave y la onda combinada recomendadas para el diseño básico y pruebas. Las formas de onda adicionales solo deben ser incluidas cuando existe evidencia suficiente que garantice su uso. La siguiente tabla presenta un sumario de las formas de onda, mostrando en que categoría de localización son aplicadas:

Categoría de localización	100 kHz Onda Oscilatoria	Onda Combinada	5/50 ns Ráfaga EFT	Onda 10/1000 us	5 kHz Onda Oscilatoria
A	Estándar	No	Adicional	Adicional	Adicional
B	Estándar	Estándar	Adicional	Adicional	Adicional
C	No	Estándar	No	Adicional	Adicional

Tabla 2.3
Forma de ondas

Fuente: Norma IEEE C62.41

Elaborado: Autor del informe

A continuación se muestran 3 ejemplos de los tipos de formas de onda según la categoría A, B y C respectivamente:

- Categoría A: 6.000 Volts, 200 Amperes, 0.5 Microsegundos

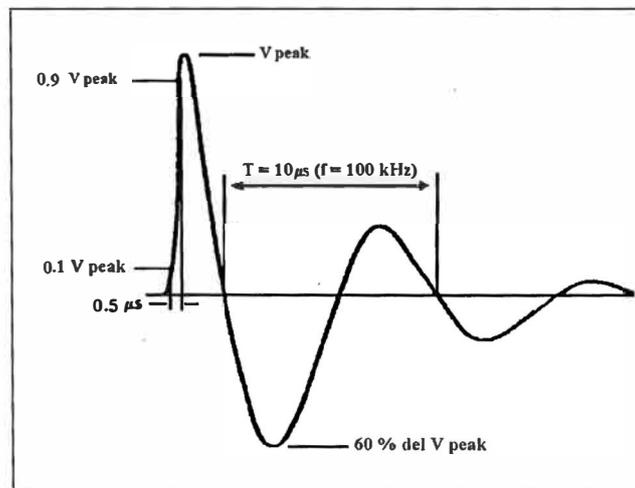


Figura 2.9
Categoría A

Fuente: Norma IEEE C62.41

- Categoría B: 6.000 Volts, 500 - 5.000 Amperes, 8 x 20 Microsegundos

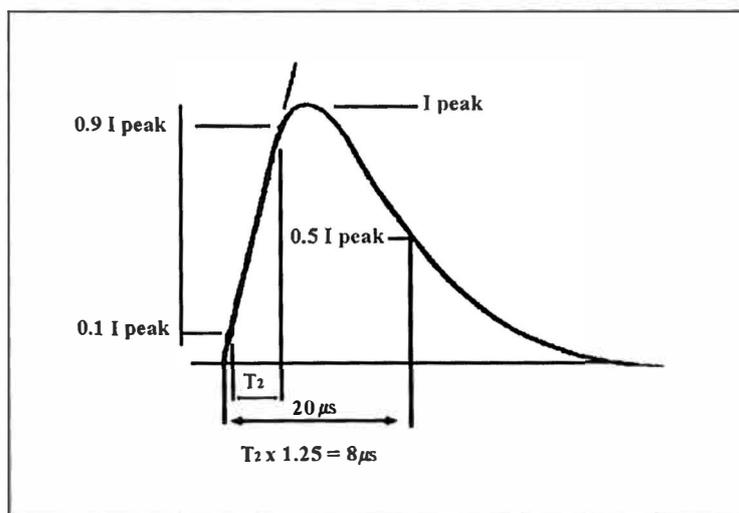


Figura 2.10
Categoría B

Fuente: Norma IEEE C62.41

- Categoría C: 10.000 Volts, 10.000 Amperes, 1.2 x 50 Microsegundos

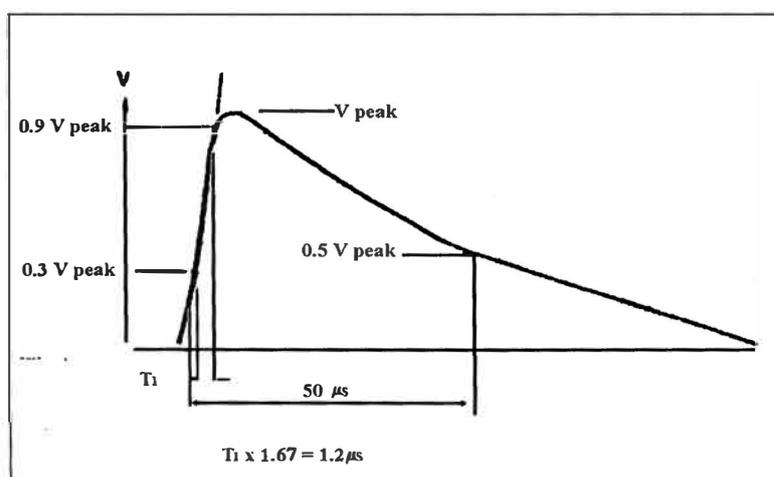


Figura 2.11
Categoría C

Fuente: Norma IEEE C62.41

La relación nominal del voltaje pico de circuito abierto con la corriente pico de corto circuito definen la impedancia efectiva, en una onda de 100 Kz se especifica en 12

ohm para simular los entornos de la categoría de localización B y 30 ohm para la categoría de localización A.

La relación nominal del voltaje pico de circuito abierto con la corriente pico de corto circuito, en una onda combinada se especifica en 2 ohm para todos los niveles de severidad.

2.7 Consideraciones de puesta a tierra

La puesta a tierra es esencial para obtener un desempeño seguro y satisfactorio en cualquier red eléctrica, debiendo cumplir con tres requerimientos:

- 1) Proporcionar una trayectoria de baja impedancia a las corrientes de falla, de forma que los dispositivos de protección de sobre-corriente operen oportunamente.
- 2) Mantener una diferencia de potencial baja entre las partes metálicas expuestas para evitar daños al personal.
- 3) Controlar el sobre voltaje.

La puesta a tierra de equipo sensible tal como equipo de procesamiento de información, involucra otro aspecto, ya que cuenta con líneas de comunicación con otros equipos que cuentan con su propio conductor de referencia cero que puede no estar unido a la tierra de seguridad del equipo, por lo que puede haber una trayectoria común entre los circuitos de señal y los circuitos de alimentación, provocando problemas de ruido por acoplamiento.

- Las líneas de datos conducen señales de alta frecuencia, de forma que las consideraciones de impedancia de puesta a tierra para la alimentación y seguridad en el, equipo puede que no proporcionen la baja impedancia deseada a la frecuencia de la señal.

CAPITULO III

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

3.1 Introducción

En el capítulo anterior se mostró las distintas formas de onda que se utilizan para modelar a las sobretensiones, concluyendo que las más típicas se resumen en 2: la onda ondulatoria (100 kHz) y la onda combinada. Estas formas de onda son tomadas de la norma IEEE C62.41-1991 la cual han sido seleccionadas como resultado de muchas pruebas y un registro estadístico de sobretensiones. En la misma norma, se delimitan las categorías dentro de una red eléctrica de baja tensión: **Zona C** Cerca de la acometida, **Zona B**: Tableros principales y cableado intermedio, **Zona A**: Cargas finales, es decir los dispositivos más alejados de la acometida. Se delimitan las zonas dentro de una red, porque según la zona es más probable encontrar un tipo de onda definido: la ondulatoria o la combinada. Por ello, los fabricantes de equipos de protección contra sobretensiones prueban sus equipos sometiéndolos a la exigencia de un tipo de onda, dependiendo de la zona en la que se piensa trabajará el equipo. Para protecciones específicas, deberá hacerse un análisis más exhaustivo del tipo de onda al cual estará sometido y realizar las pruebas del caso con ese tipo de onda en particular.

3.2 Componentes de un dispositivo de protección contra sobretensiones

Los equipos de protección están diseñados con diversos componentes; algunos de ellos, como las bobinas, las resistencias o los condensadores, son ya perfectamente conocidos por los electricistas. El comportamiento de otros elementos, como, las varistancias, descargadores o componentes de silicio se explican a continuación. Antes de ello, se muestra la tabla 3.1 comparativa de las distintas respuestas que tendrían cada dispositivo de protección frente a una sobretensión:

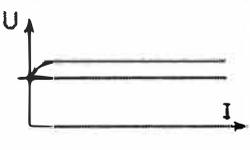
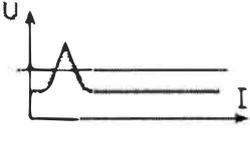
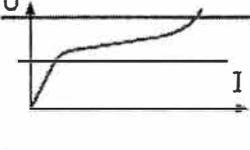
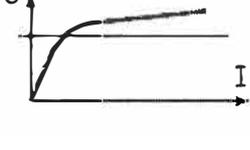
característica U/I	componente	corriente de fuga	corriente subsiguiente	tensión residual	energía conducida	tiempo de conducción
		I_f	I_s	U_r	E	t
	dispositivo ideal	0	0	baja	alta	corto
	explosor	0	fuerte	baja pero U_s alta	alta	largo
	varistancia	baja	0	baja	alta	medio
	diodo	baja	0	baja	baja	corto

Tabla 3.1

Principales características para los dispositivos de protección contra las sobretensiones

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaborado: Christopher Séraudie

3.2.1 Los varistores

Este componente se llama también MOV (**Metal Oxide Varistor**) o simplemente resistencia variable, puesto que su comportamiento no es lineal.

Dicho componente se presenta la mayoría de veces, en forma de pastilla cilíndrica, es un sólido cerámico compuesto, al principio, de carburo de silicio y ahora de óxido de cinc. El grosor de la pastilla determina su característica en tensión, y, su superficie, la energía que puede disipar.

Su ventaja principal es la razón entre la energía disipada y el costo, que la sitúa como un componente incomparable en la fabricación de limitadores de sobretensiones. La mayor dificultad está en su colocación:

Una serie de descarga de poca energía provoca un calentamiento que acelera su envejecimiento.

Una energía mayor implica la destrucción del componente, porque se queda en cortocircuito.

Una energía mucho más fuerte provoca, normalmente, la explosión de la varistancia.

Actualmente, estos inconvenientes se han minimizado por la experiencia de los fabricantes:

Un sistema de desconexión evita el embalamiento térmico y deja fuera del circuito el elemento defectuoso.

Así mismo, un revestimiento con una resina ignifuga sirve también para encerrar las grandes energías que hay que disipar.

En el siguiente esquema se muestra como trabaja un equipo de protección contra sobretensiones diseñado con MOV.

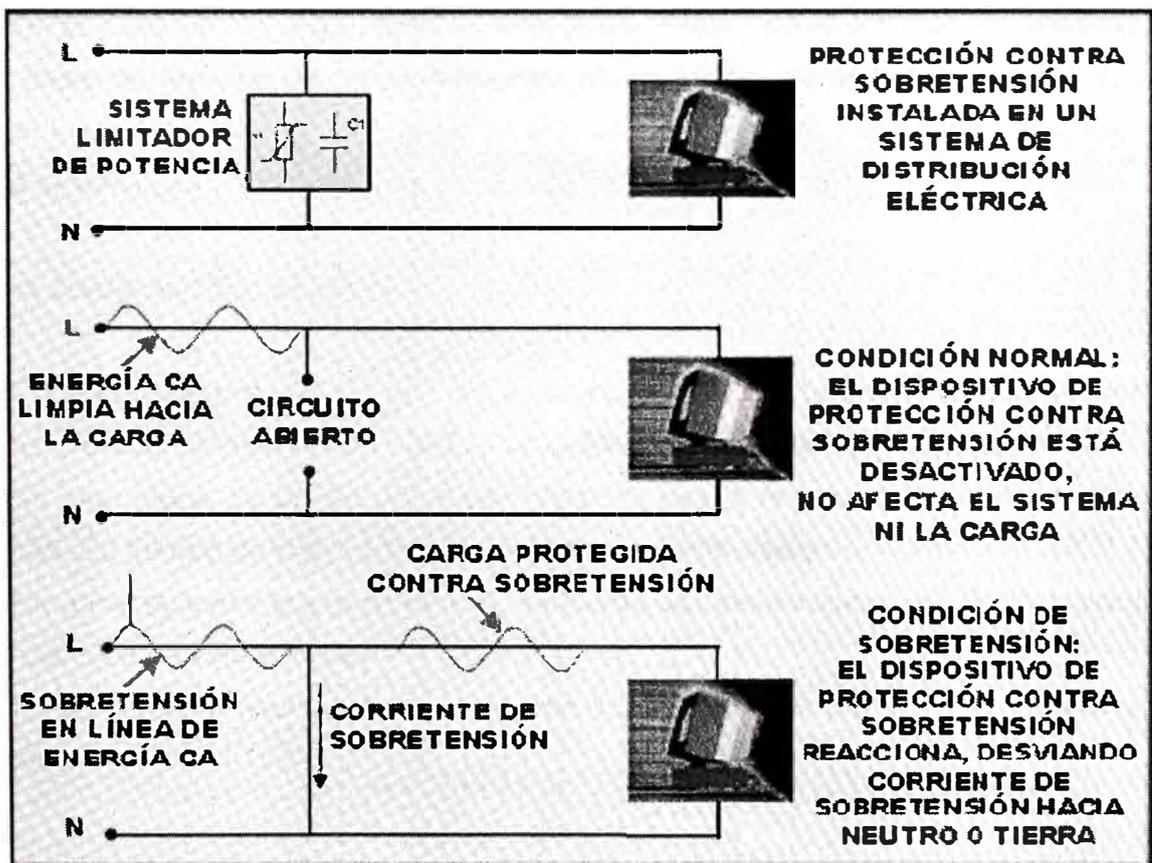


Figura 3.2

MOV protege contra sobretensiones dañinas

Fuente: Módulo de aprendizaje: Protección contra picos y acondicionamiento de energía

Elaborado: Cutler Hammer

3.2.2 El explosor

Puede ser el aire (como los antiguos explosores situados en las redes aéreas de media tensión), o con envolvente aislante para el encaminamiento por la superficie de un dieléctrico, o con gas en el interior de un tubo en vacío.

Tiene la ventaja de permitir transportar grandes energías y tener una capacidad parásita muy baja.

Sus inconvenientes radican en:

- Su elevada tensión de paso a conducción que depende de lo brusco del frente de la onda.
- Su tiempo de respuesta largo que depende, también de lo escarpado del frente de la onda.
- La existencia de una corriente de fuga (de difícil extinción).

En el caso de los explosores al aire (baja tensión en el interior), la tensión de cebado depende también de las condiciones atmosféricas (humedad y presión) y, por tanto, del lugar de utilización (humedad local y altitud) se pueden observar desviaciones de hasta el 40%.

3.2.3 Los componentes de silicio

Con este nombre se agrupan varios componentes electrónicos (diodos, tiristores, triacs, etc.). Estos componentes, desde el punto de vista de su baja capacidad de disipación energética, se utilizan principalmente en baja tensión y, sobre todo, en líneas telefónicas. Su tiempo de respuesta y tensión residual son bajas.

En general, estos componentes al destruirse se cortocircuitan, es decir, producen un fallo eléctrico fácil de detectar

En la siguiente figura 3.3, se comparan los tamaños de los MOV vs un diodo de avalancha.

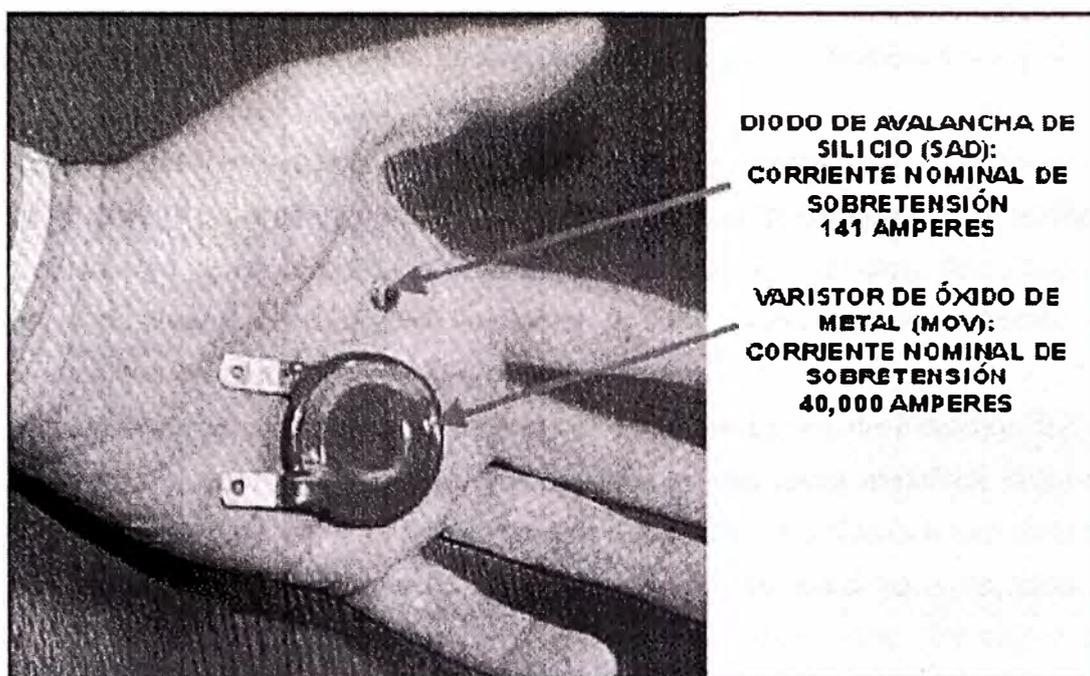


Figura 3.3

MOV vs Diodo de avalancha

Fuente: Módulo de aprendizaje: Protección contra picos y acondicionamiento de energía

Elaborado: Cutler Hammer

3.3 Dispositivos de protección contra sobretensiones.

Diseñados para garantizar la seguridad de las personas, la protección de equipos y la continuidad del servicio, los equipos de protección contra sobretensiones buscan reducir la probabilidad de fallo de origen dieléctrico. Estos dispositivos se pueden presentar en 2 tipos:

3.3.1 Dispositivos de protección primaria. Los pararrayos.

Estas protecciones se componen de un captador, de un conductor eléctrico específico y de una tierra, y cumplen tres funciones: captan los rayos, los derivan a tierra y los dispersan en el suelo. Los dispositivos de captura vienen a ser los pararrayos, de los que ya todos conocemos, tales como los cables de guarda en las líneas aéreas de alta tensión o las puntas de Franklin que se colocan en la parte superior de los campanarios. Todos ellos conectados a tierra para derivar la corriente de rayo, mediante un solo conductor o un conjunto de conductores de cobre. La toma de tierra debe estar especialmente cuidada, se realiza normalmente con varios conductores enterrados separadamente, formando una malla de tierra. La instalación y elección de un pararrayo

se determina a partir de la corriente de rayo máxima aceptable para la instalación y para la zona a proteger.

El principio fundamental de funcionamiento del pararrayos clásico es el de provocar y ofrecer al trazador descendente un camino predeterminado a tierra que permita al máximo la descarga de la fuerte corriente eléctrica del rayo, disminuyendo así los efectos destructivos en las edificaciones y sus consecuencias directas. Existen diversos sistemas de pararrayos y diferentes técnicas.

El primer sistema se basa en la aplicación de las Leyes de Faraday. Se limita a envolver el edificio que se desea proteger con una densa **jaula metálica** (figura 3.4) a través de la cual, el rayo, en caso de caer sobre el edificio, se disipará a tierra a través de dicha jaula causando los mínimos daños a las estructuras, pero no evita, sino todo lo contrario aumenta los destructivos efectos llamados secundarios, causados por las inherentes y potentes inducciones electromagnéticas en los aparatos electrónicos y eléctricos.



Figura 3.4

Jaula de Faraday

Fuente: Internet

Los demás sistemas pretenden ser más activos, porque en ellos se incentiva la provocación de la caída del rayo, mediante la ionización de la punta del pararrayos, generando la aparición de los efluvios ascendentes. Estos sistemas activos se basan en el llamado modelo electro geométrico.

Dicho modelo parte de la certeza experimental de que el avance del trazador del rayo no se produce de forma continua sino que lo hace en forma de impulsos, avanzando una cierta distancia, parando, avanzando otra vez, parando, y así sucesivamente.

Según este modelo el punto de impacto del rayo es el primer punto de tierra que se encuentre a distancia límite del trazador descendente. Esta distancia límite, R , es la que separa la cabeza del efluvio eléctrico descendente del punto de impacto, en el momento en que se crea un efluvio eléctrico ascendente, y depende en parte de la intensidad máxima de la corriente del rayo. Por tanto, se puede suponer que la punta del trazador está envuelta por una esfera imaginaria de radio R , que la acompaña en su trayectoria. Al aproximarse a tierra, el primer punto que entre en contacto con la imaginaria esfera determinará el punto de impacto del rayo (figuras 3.5 y 3.6).

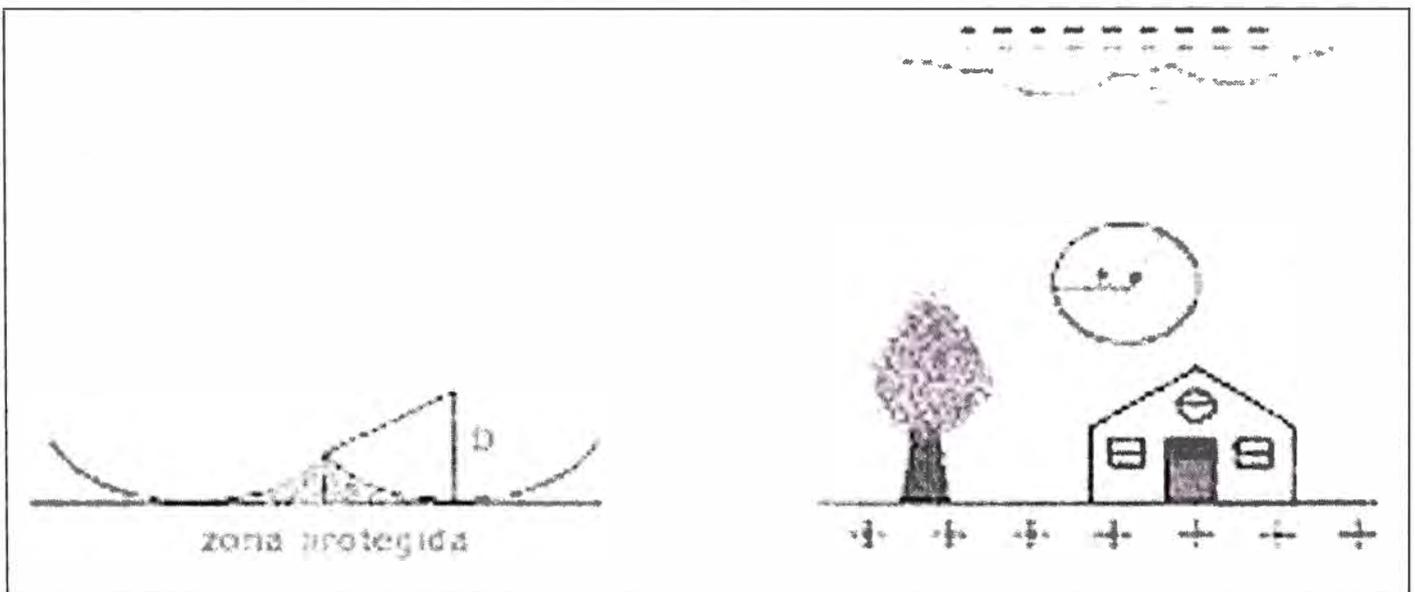


Figura 3.5

Esquema de distancia de "cebado" o límite y zona protegida por un pararrayos

Fuente: Catálogo Prototal

Elaborado: Prototal

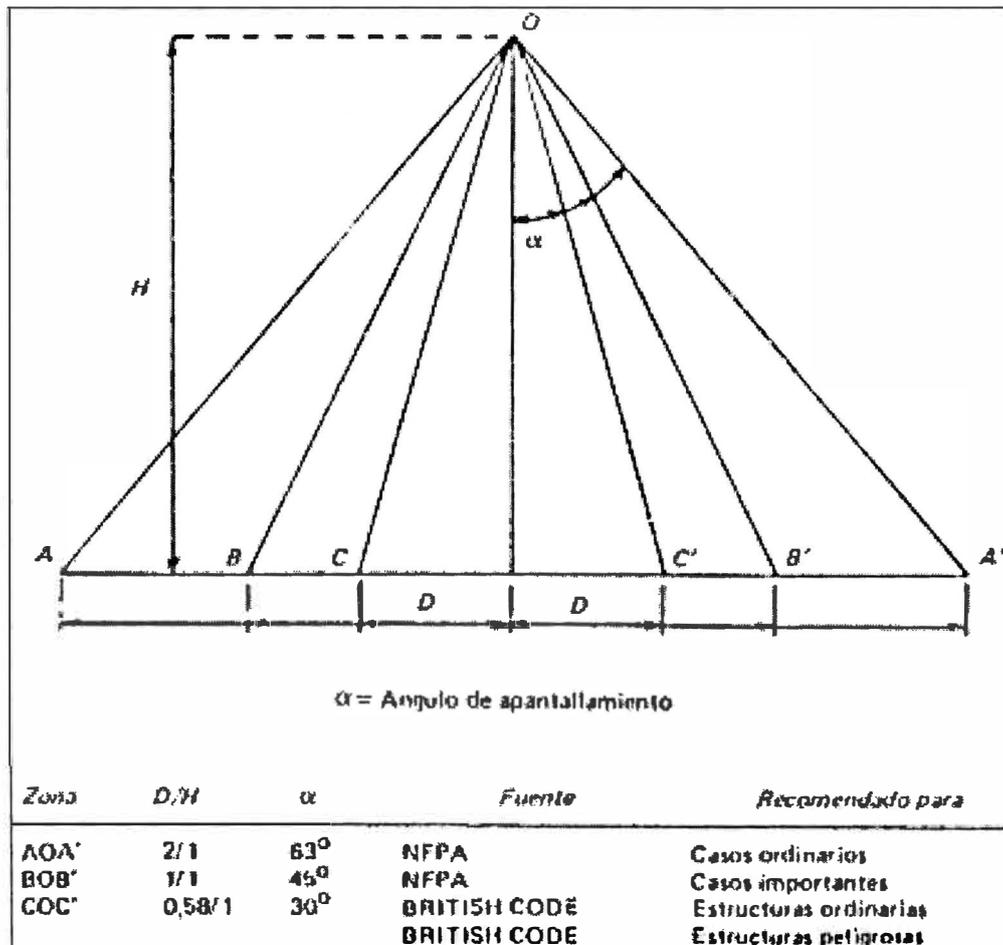


Figura 3.6

Distancias de apantallamiento según el tipo de protección requerida.

Fuente: Catálogo Prototal

Elaborado: Prototal

El sistema de punta activada se basa en las consideraciones siguientes: el gradiente de campo eléctrico aumenta alrededor del pararrayos a causa de su diseño geométrico (efecto punta). Cuando se le acerca un efluvo descendente durante la 1ª fase, el gradiente del campo eléctrico alrededor del vértice toma un valor superior al mínimo requerido para que se produzca la descarga. Esta, pues, se inicia desde la punta, dando lugar a un efluvo ascendente que sale al encuentro del efluvo descendente (2ª fase). El resultado final es la unión entre ambos y el drenaje de la corriente del rayo (fases 3ª y 4ª) a través del sistema de puesta a tierra.

El campo eléctrico influye en el desarrollo del rayo, en dos componentes simultáneos:

Por el lento crecimiento del campo en función de la carga espacial localizada en la nube.

Por el rápido crecimiento del campo asociado al efluvo descendente que se dirige a tierra.

Como no es posible controlar el efluvo descendente, una forma de mejorar la eficacia de estos sistemas es promover la creación y propagación del efluvo ascendente.

El primer pararrayos de este tipo que se utilizó fue el pararrayos de Franklin, consistente en una punta rodeada de aristas que aumenten la ionización del aire alrededor de la punta central. El radio de protección del pararrayos se calcula aproximadamente multiplicando su altura por 1,7.

El pararrayos actualmente prohibido por sus efectos contaminantes es el radioactivo, en el cual la ionización pretendía obtenerse mediante la emisión de partículas de un elemento radioactivo colocado en el extremo del pararrayos, efecto que en la práctica resultó ser nulo.

Otro tipo utilizado es el pararrayos ionizante, que funciona básicamente mediante el aumento de la tensión en la punta cuando el ambiente está cargado, de forma que se produzca un incremento del "efecto corona" (formación de iones alrededor de la punta en forma de corona), el cual tiende a aumentar la formación del efluvo ascendente.

Según lo mostrado los sistemas de protección convencionales contra las descargas atmosféricas se basan en provocar dichas descargas mediante un dispositivo mal llamado **pararrayos**, (ya que no los detiene sino todo lo contrario, los atrae, quizá deberían denominarse "captarrayos"), cuya misión consiste en canalizar la mayor parte de la enorme energía instantánea producida por la descarga, tratando de evitar así los graves daños primarios causados en los edificios y a sus ocupantes de no existir tal dispositivo, pero no siempre se consigue ya que depende de la magnitud de la descarga, cadencia, condiciones y dimensionado del conjunto de la instalación del pararrayos (resistencia eléctrica, trazado de la bajada y del estado de la toma de tierra, etc.).

Sin embargo, no protegen de los nada despreciables efectos secundarios de la inducción electromagnética causada por la gran energía que se desarrolla durante la descarga en el propio pararrayos, en todos los conductores de las diferentes instalaciones existentes, eléctricas, telefónicas, comunicaciones, informáticas, equipos electrónicos, gas, vallas metálicas, etc., ya que sus efectos impredecibles e imprevisibles pueden alcanzar considerables distancias.

3.3.2 Dispositivos de protección secundaria

Dispositivos que se encargan de los efectos indirectos mencionados líneas arriba. Tienen 2 efectos: o limitar la tensión de choque (que son las protecciones paralelas), o

limitar la potencia que se transmite (que son las protecciones serie). Agruparemos a estos dispositivos:

a Limitadores de sobretensiones

En baja tensión este tipo de protecciones a progresado mucho en materia de seguridad con el pasar de los años, teniendo una performance mucho más confiable. Las últimas normas indican, que una vez instalado un limitador de sobretensiones puede pasar sin mantenimiento, puesto que su eventual deterioro después de una falla muy fuerte debe quedar señalizado (señala distancia, alarma técnica, etc.)

Así existe toda una gama de limitadores de sobretensiones: desde modulares para montaje riel DIN simétrico, dentro de un tablero de distribución, hasta modelos empotrables situados en las cajas de las tomas de corriente (desde 1 a 65 KA) con niveles de protección variable (de 1,500 a 2,000 voltios)

En la figura 3.7 se muestra el esquema de un limitador típico, las 3 varistancias así conectadas protegen la instalación en modo común y en modo diferencial.

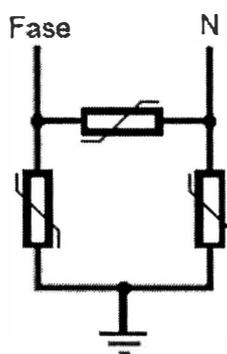


Figura 3.7

Esquema de un limitador de sobretensiones monofásico de baja tensión

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaborado: Christophe Séraudie

Para conseguir una buena tasa de disipación energética / tensión residual, se utiliza otra combinación de componentes hecha para una sola fase, según el esquema de la figura 3.8.

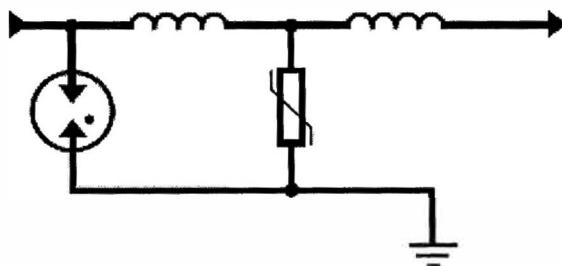


Figura 3.8

Esquema completo de un limitador de sobretensiones en baja tensión

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaborado: Christophe Séraudie

Donde:

- El explosor disipa la energía
- Las autoinducciones puestas en serie aplanan los frentes de onda, de modo que los componentes sensibles, durante las sobretensiones, se encuentran con esfuerzos eléctricos suavizados.
- Y la varistancia fija la tensión residual.

Las autoinducciones se dimensionan en función de las características de sus componentes y de la corriente nominal de la línea a proteger. Este último punto lleva muy frecuentemente a que este tipo de dispositivos de protección presenten un volumen y un precio considerable.

b Los filtros

Un filtro utiliza el principio de circuito RLC. Se calcula, suponiendo que la perturbación a filtrar ha sido correctamente identificada. Su objetivo se sitúa muy especialmente en la atenuación de sobretensiones de maniobra. Un transformador puede también realizar una función de filtro: su autoinducción atenúa las sobretensiones y reduce la pendiente del frente de onda.

Basados en la asociación de autoinducciones y condensadores, tienen muchas configuraciones posibles, estas se muestran en la figura 3.9, siendo del tipo L, T, o PI, su atenuación es diferente. Para conseguir una buena adaptación del dispositivo, la elección de los componentes, que se hace a partir de un cálculo en función de las bandas

pasantes de las perturbaciones a controlar, requiere conocer bien las impedancias de la instalación.

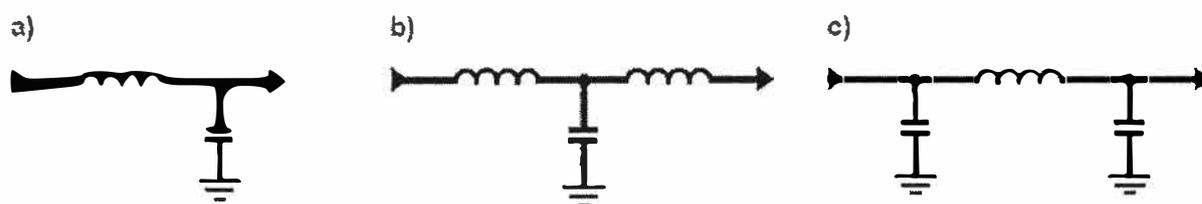


Figura 3.9

Esquema clásicos de filtros utilizados en baja tensión

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaborado: Christophe Séraudie

c Los supresores de transitorios

Un supresor de transitorios es un superlimitador / filtro en el sentido de que puede disipar energías importantes (debidas a las sobretensiones) y que su nivel de protección está bien adaptado a los equipos electrónicos.

Estos equipos tienen normalmente un gran defecto, puesto que sus filtros, por su montaje en serie, obligan a un dimensionamiento directamente ligado a la corriente nominal que conducen, por lo que se utilizan, sobre todo, en las últimas posiciones de la distribución.

Basados en esquemas que integran filtros – limitadores, eliminan eficazmente las sobretensiones energéticas. Eventualmente pueden necesitar además un transformador con pantalla conectada a tierra para bloquear las perturbaciones de alta frecuencia de modo diferencial, y las tensiones de baja frecuencia de modo común.

Reservados para instalaciones sensibles, se suelen presentar bajo la forma de un tablero autoportado de grandes dimensiones.

d Otros tipos de protección

Las sobretensiones afectan tanto a las redes telefónicas y conmutadas como a las de BT. La única diferencia con las redes de BT es el valor de las sobretensiones, que suele ser menor.

Existen diversas formas de protecciones telefónicas:

- Módulos para montar sobre tarjeta de circuitos impreso para centrales telefónicas
- Cajas modulares para montar sobre riel DIN pensadas para proteger uno o varios pares telefónicos.

El descargador de gas es un componente adecuado para las protecciones de las líneas telefónicas:

- La tensión de alimentación es lo suficientemente baja como para que el descargador no tenga corriente de fuga después del paso de una sobretensión.
- La tensión de recorte es superior a la corriente de llamada.

Entre el conjunto de dispositivos empleados, se usan varios esquemas electrónicos diferentes. Hay que distinguir especialmente:

- Los empleados en los nodos de transmisión de datos.
- Los previstos para instalarse en las centrales telefónicas.
- Los destinados a la protección de una simple salida telefónica, instalados por ejemplo, en la entrada de una vivienda.

Todos estos dispositivos tienen unas características eléctricas casi idénticas (tensión de paso a conducción, tiempo de respuesta, corriente de fuga), porque las tensiones de utilización de estas redes es baja. Pero su instalación y capacidad de disipación de energía son diferentes.

En una instalación telefónica se puede utilizar un limitador de sobretensiones destinado a proteger una acometida telefónica junto al tablero de baja tensión, pudiéndose utilizar la toma a tierra de la instalación eléctrica. En la figura 3.10 se muestra 2 esquemas internos de este tipo de limitador de sobretensiones para una salida telefónica, uno con 3 elementos y otro con una presentación compacta en una versión de 3 borneras. Ésta última es la mejor, permite equilibrar mejor las protecciones en modo común y, al estar más próximos los electrodos, reducir la tensión de descarga.

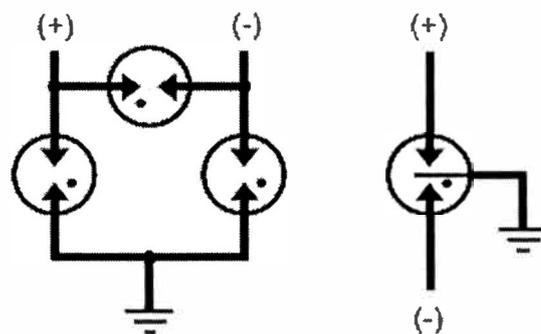


Figura 3.10

Empleo de explosor de gas en una red telefónica

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaborado: Christophe Séraudie

CAPITULO IV

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

4.1 Introducción

En este capítulo se presentan los criterios mínimos para la selección de los dispositivos de protección contra las sobretensiones.

4.2 Enfoque en 2 zonas

Se simplifica el estudio de la protección contra sobretensiones en las 2 zonas más importantes de la red eléctrica, definidas en el capítulo II: Zona C, cercana a la acometida, y Zona B, tableros que centralizan cargas críticas específicas. De esta forma se analizan los dispositivos de protección contra sobretensiones coordinados desde un enfoque escalonado o de cascada, considerando el punto inicial a la acometida y posteriormente las cargas críticas

Primer nivel de protección: Zona C. En este nivel debe colocarse el primer dispositivo de protección contra sobretensiones afín de suprimir un gran porcentaje del evento inicial. Es decir, el dispositivo de protección contra sobretensiones de primer nivel se sitúa en un tablero principal para reducir un pico de tensión a un nivel aceptable para los dispositivos de protección líneas abajo. Actualmente los equipos de protección vienen integrados al propio tablero, conectados directamente a las barras del mismo, eliminando la impedancia que se presenta al conectar el supresor con cables a un tablero independiente.

Segundo nivel de protección Zona B. Para manejar cualquier tensión residual, se debe colocar un segundo dispositivo de protección contra picos justo antes de cargas críticas, por ejemplo, en el caso de una planta, el dispositivo debe ser colocado en el tablero de distribución de la sala de cómputo.

De otro lado se recomienda que estos estén a 10 metros de distancia de la protección principal. Para este caso se podría utilizar uno de los **filtros** señalados en el capítulo III.

Resulta importante señalar que este enfoque en dos etapas reduce un pico de rayo de 20 KV a picos muy por debajo de 330 Volts. que es el límite impuesto recomendado por la norma IEEE C62.41.

A continuación se muestran un esquema de la posición de los equipos de protección, según las zonas indicadas:

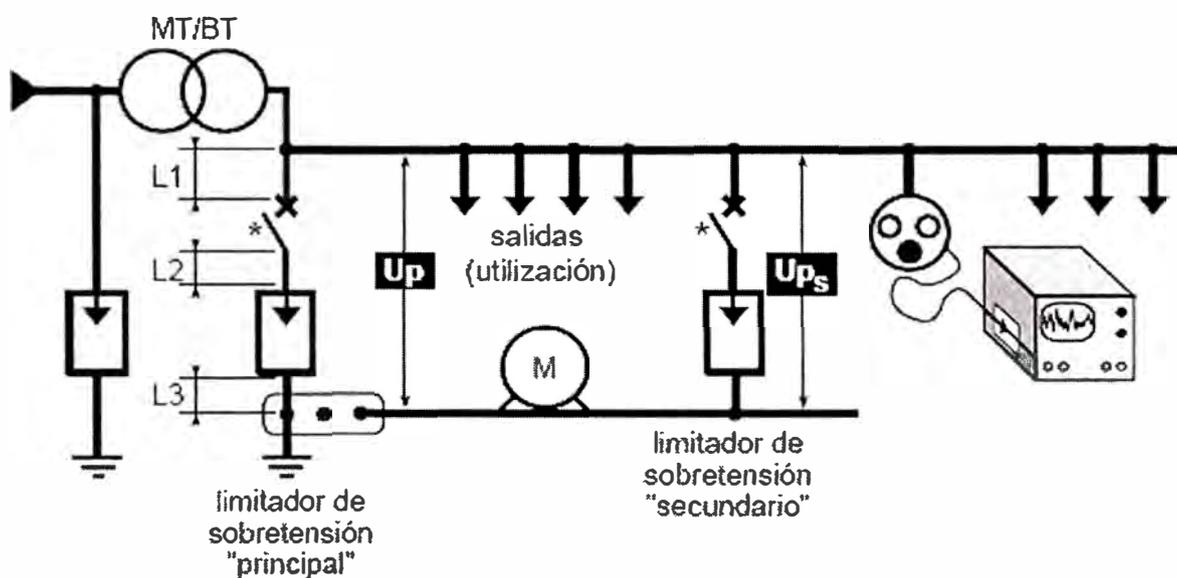


Figura 4.1

Posición de la protección contra sobretensiones en una instalación de BT

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaborado: Christophe Séraudie

Se recomienda que los equipos de protección contra sobretensiones se complementen con interruptores de protección, los mismos que desconectarían la carga en el caso de presentarse un corto circuito, tal y como se muestra en la Figura 4.2.

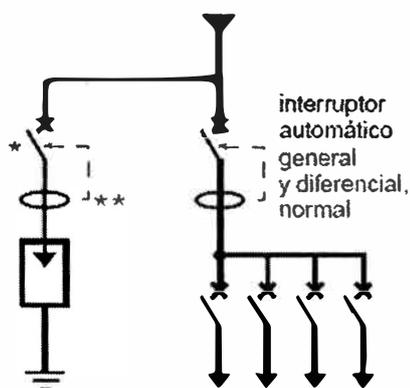


Figura 4.2

Interruptor de desconexión del supresor

Fuente: Cuaderno técnico Schneider

Elaborado: Christophe Séraudie

Se debe tener en cuenta que para instalar el equipo de protección, debe utilizarse la mínima cantidad de cable (50 cm como máximo), con la finalidad de que la tensión censada no llegue disminuida por la impedancia del cable.

La norma IEEE C62.41 especifica la tensión y corriente aplicables a cada zona, se detallará en el presente informe solo los 2 tipos de forma de onda más comunes, la de 100 kHz y la combinada

4.3. Especificación de los equipos de protección contra sobretensiones.

En la siguiente tabla se especifica la forma de onda de los transitorios de prueba según la categoría A, B y C, en función a su tensión y corriente máximas de pico, de acuerdo la norma IEEE C62.41

Categoría	Tensión (V)	Corriente (A)	Onda de combinación (impulso) 8 x 20u S (A)
		Onda vibratoria 0.5 uS x 100kHz	
A3	6,000	200	N/A
B3	6,000	500	3,000
C3	20,000	N/A	10,000

Tabla 4.1

Tensión y Corriente en zona A, B, C

Fuente: IEE C62.41

Elaborado: Autor del informe

De acuerdo con la presente tabla, los equipos de protección contra sobretensiones deben, necesariamente, con dichas exigencias.

A continuación se presentan las características principales que deben contemplar los dispositivos de protección contra las sobretensiones:

4.3.1 Tensión de protección transitoria:

Para la zona C: se recomienda 250 KA por fase por acometida, y 120 KA por fase para tableros y otras ubicaciones. Como es de verse en la tabla 4.1, las magnitudes de las sobretensiones, no superan los 10 KA, pero se dimensionan 25 veces más debido a un criterio de vida útil. Un supresor en la acometida experimenta miles de transitorios de varias magnitudes, por lo que de acuerdo con los datos estadísticos, un supresor apropiadamente construido con una corriente nominal de transitorio de 250 KA por fase tendrá una vida útil de más de 25 años en una ubicación de alta exposición.

4.3.2 Capacidad de corriente transitoria

Se define según la norma NEMA como el impulso máximo de corriente de sobretensión 8/20 us que el dispositivo de protección puede soportar sin destruirse en base a un solo impulso y sin afectar el desempeño o provocar una degradación de más de una desviación del 10 % de la tensión estabilizada.

4.3.3 Tensión transmitida:

Es una medición de la capacidad de un dispositivo de protección contra sobretensiones para atenuar un transitorio definido (figura 4.3).

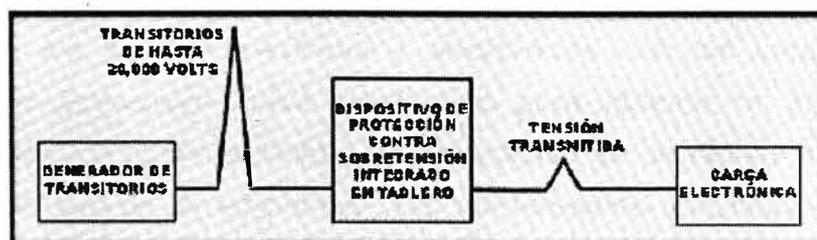


Figura 4.3

Onda transmitida

Fuente: Módulo de aprendizaje: Protección contra picos y acondicionamiento de energía

Elaborado: Cutler Hammer

4.3.4 Filtración

La filtración elimina el ruido en la línea eléctrica y los transitorios resonantes mediante la adición de capacitores al dispositivo de supresión.

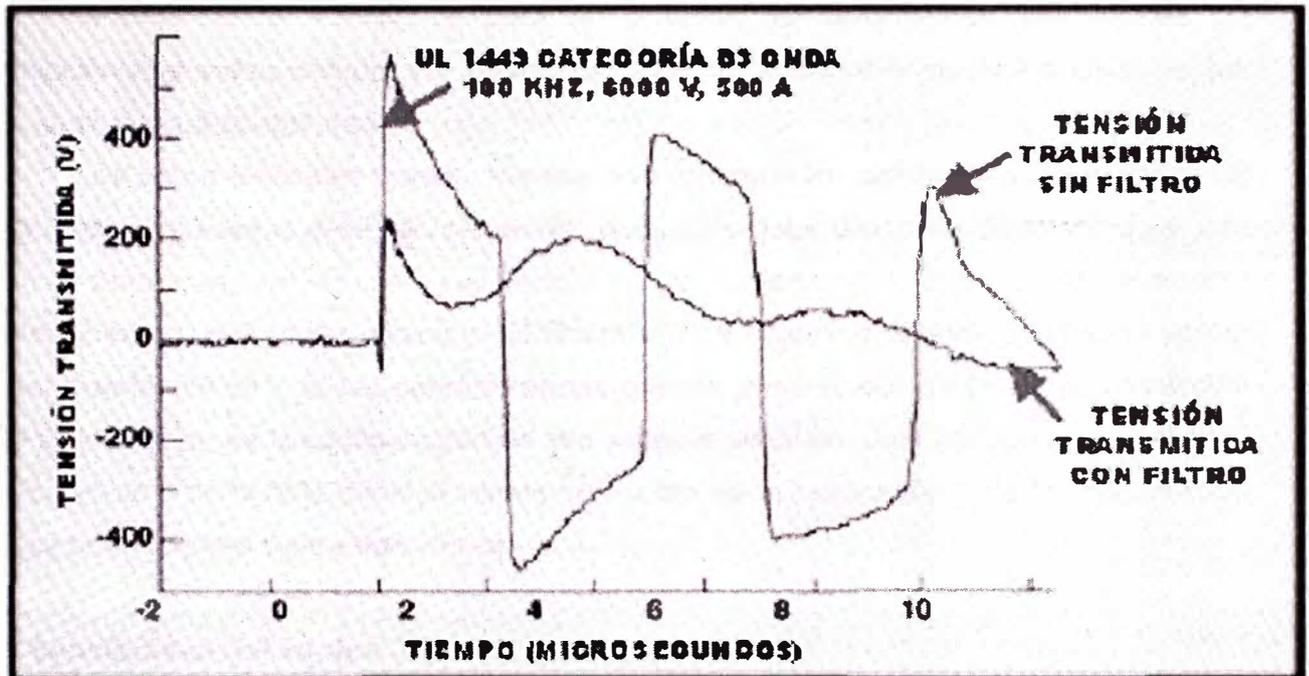


Figura 4.4
Filtración

Fuente: Módulo de aprendizaje: Protección contra picos y acondicionamiento de energía
Elaborado: Cutler Hammer

4.4 Coordinación de aislamiento

La coordinación de aislamientos es la correlación juiciosa del aislamiento de los circuitos y de los equipos eléctricos y electrónicos con las características de los dispositivos de protección contra transitorios para obtener un margen óptimo de protección contra las sobre tensiones. El aislamiento de un equipo eléctrico/electrónico obliga a que su tensión de resistencia bajo las tensiones transitorias sea superior a la tensión limitadora nominal del dispositivo de protección contra transitorios aplicado.

Es necesario tener en cuenta que la tensión de resistencia (soporte) de un aislamiento no es única. La capacidad de su soportabilidad varía con la tasa de cambio y la duración de la sobre tensión aplicada. El nivel de protección de un dispositivo de

protección contra sobretensiones, al igual que el aislamiento, es también sensible a la forma de onda de la sobre tensión transitoria aplicada.

El objetivo de la coordinación de aislamientos es no sólo proteger los componentes de una red eléctrica, los aparatos eléctricos y los equipos electrónicos sino también impedir el daño de los dispositivos de protección contra transitorios.

El principio básico de la coordinación de aislamientos es seleccionar dispositivos de protección contra transitorios para un sistema de aislamientos con niveles de protección que estén siempre por debajo del nivel de soportabilidad de los aislamientos con un margen de seguridad.

Las sobre tensiones transitorias que se presentan en una instalación eléctrica de baja tensión, y a las que se ven sometidos equipos y dispositivos de diversa índole, con gran probabilidad, sobrepasan sus tensiones de soporte. Por lo tanto, es necesario proteger éstos contra tales eventos. La filosofía y los objetivos de esta protección varían dependiendo del tipo de las sobretensiones que se encare, del punto de la instalación que se involucre, de la configuración de ese sistema eléctrico, del nivel de riesgo del sitio, de los efectos de la falla del aislamiento, del costo de la reparación y de la coordinación de las protecciones contra transitorios.

4.5 Sensibilidad del equipo

El concepto de protección implica la confrontación de un entorno hostil y de un equipo sensible.

La protección del equipo sensible que opera en un ambiente hostil es el objetivo de la tecnología de compatibilidad electromagnética, en la que los equipos eléctricos y electrónicos operen en este entorno sin sufrir o causar interferencia electromagnética que degrade su funcionamiento.

Determinar el nivel de sensibilidad del equipo es un aspecto difícil de cuantificar ya que se requiere la información precisa de los fabricantes, sin embargo un proceso de consenso ha producido una gráfica útil de los niveles típicos de sensibilidad que se muestra a continuación:

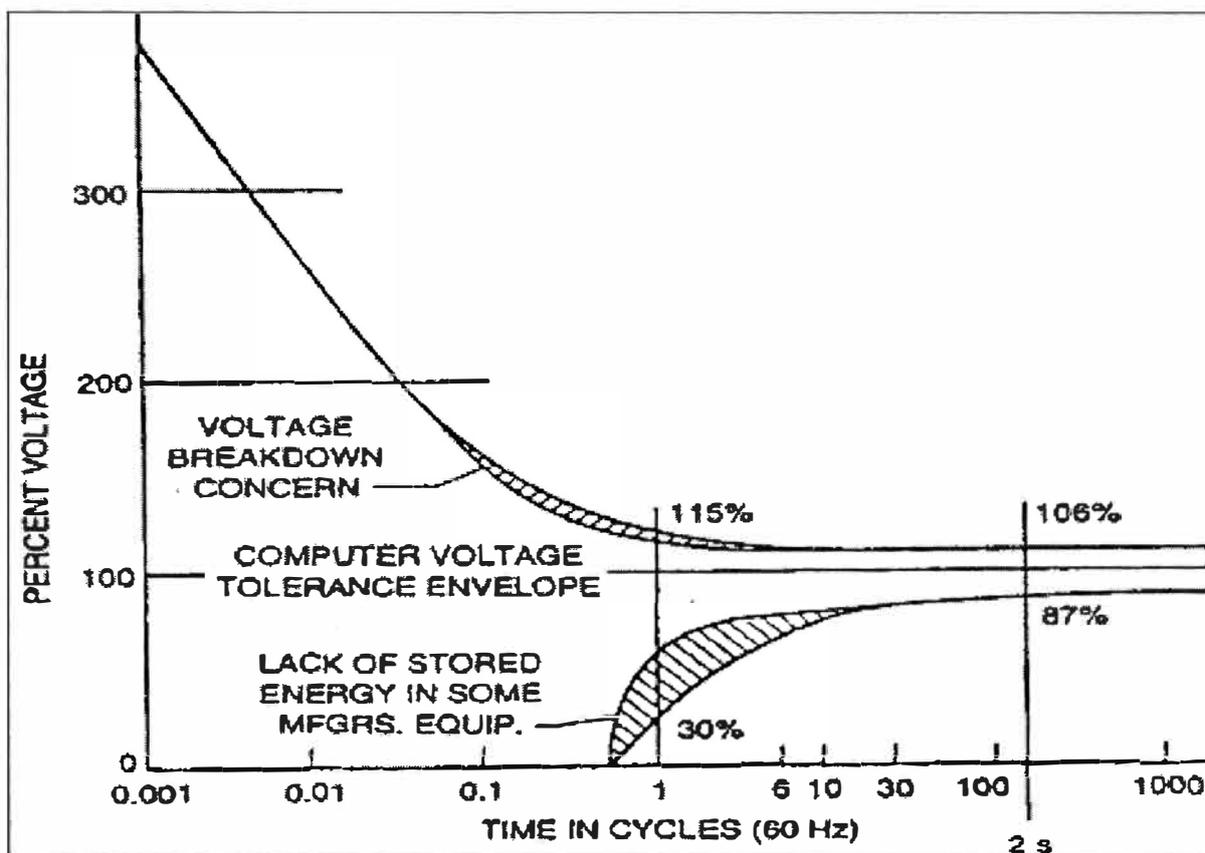


Figura 4.5

Meta típica de diseño de fabricante de equipos electrónicos.

Fuente: Programa de ahorro de energía. Eugenio Téllez Ramírez

La figura 4.5 solo señala la magnitud del voltaje con la correspondiente duración del disturbio, sin que indique la razón del cambio de voltaje, siendo este aspecto importante en dos puntos:

- 1) Una razón de cambio rápida tiene mayor capacidad de producir un disturbio en circuitos adyacentes por acoplamiento capacitivo e inductivo.
- 2) Una razón de cambio lenta puede hacer efectivo a un dispositivo de protección basado en insertar inductancia en la línea de potencia.

En la figura 4.6 se muestra el impacto que sobre los equipos tienen los disturbios considerando su amplitud, duración y razón de cambio

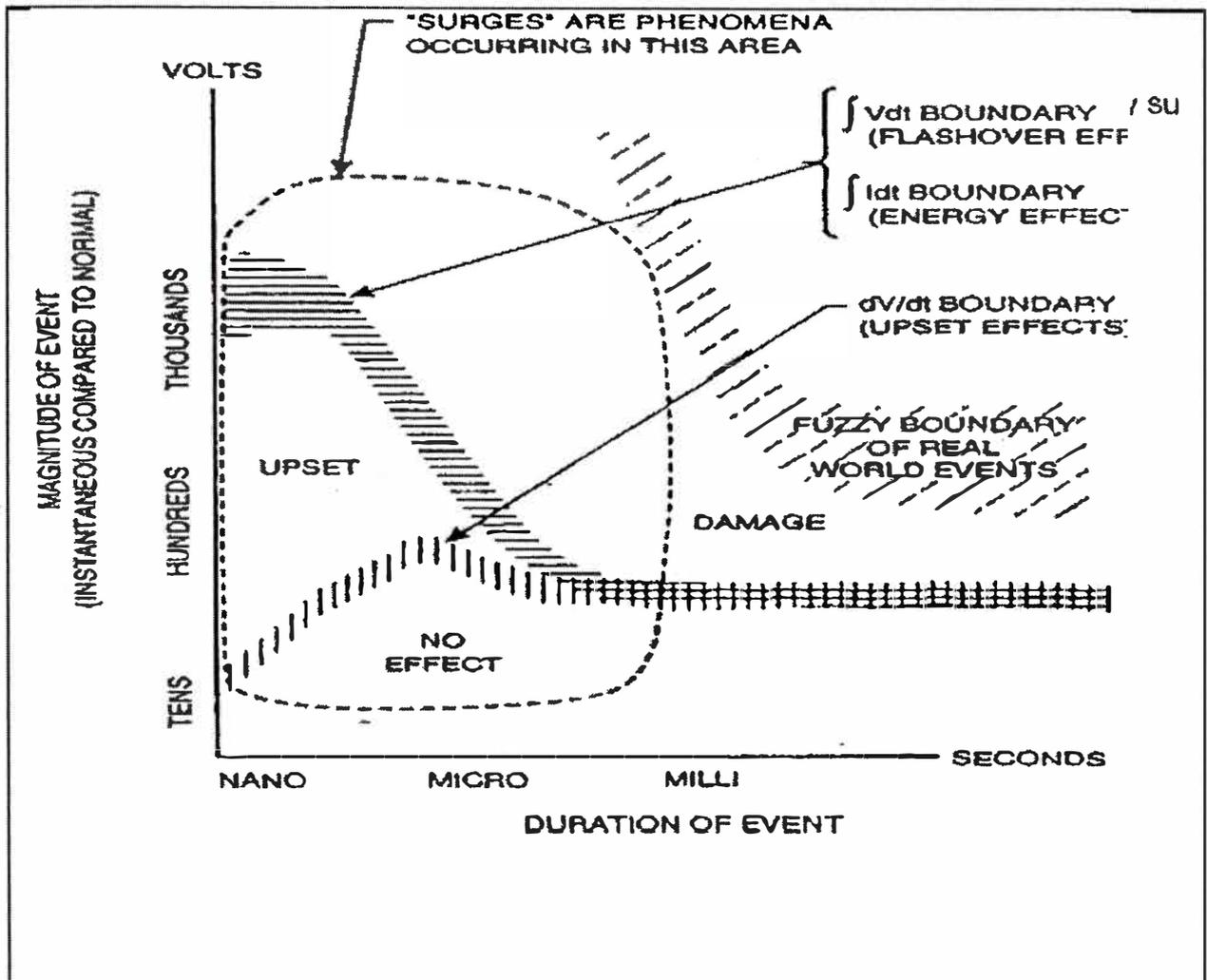


Figura 4.6

Efecto de las sobre tensiones sobre los equipos

Fuente: IEE C62.41

Elaborado: IEE C62.41

4.6 Aplicación: Planta de óxidos de BHP Billiton Tintaya.

4.6.1 Identificación del problema presentado

BHP Billiton Tintaya es una mina que se encuentra en el departamento de Cuzco, en la provincia de Espinar, a unos 4,800 m.s.n.m. La presencia de rayos es constante en cualquier temporada del año, el clima esta enrarecido debido a la altura y los equipos trabajan en condiciones especiales.

En el 2001 se puso en marcha la construcción de una nueva planta de óxidos, para tal fin se dispuso de una millonaria inversión con miras a contar con una planta moderna y, sobre todo, segura teniendo en cuenta que el concepto de seguridad de vital

importancia para las grandes mineras en el Perú, llámese Antamina, Cerro Verde, Yanacocha entre otras. Sin embargo en dicho proyecto se obvió un tema muy importante que es, precisamente, abordado en el presente informe: **las sobretensiones**.

Por ello, en diciembre del 2002, se presentó un problema bastante grave, que alarmo al personal de ingeniería de la mina y puso en evidencia la falta de previsión del personal a cargo del proyecto, al no considerar una adecuada protección contra sobretensiones en el diseño eléctrico de la planta.

En una de las celdas principales de transformación de 1.8 MVA 10 / 0.46 KV se presento una descarga a tierra, originando que toda la línea de alimentación de la planta saliera de servicio. Esta falla fue producto de la caída de una descarga atmosférica en la zona. La carga del transformador se encontraba trabajando al 60% de su capacidad total y únicamente alimentaba los motores de arranque directo las tomas eléctricas en las oficinas

Posteriormente se detectó que al producirse la descarga eléctrica los pararrayos de protección no funcionaron, siendo estos sistemas de protección primaria contra las sobretensiones.

4.6.2 Solución al problema

Es de precisar que una adecuada selección de equipos, desde el diseño original, no hubiera encarecido el proyecto dada la cantidad de dinero invertido y la necesidad de contar con un sistema extremadamente confiable. Sin embargo planteada por el departamento de ingeniería de la mina fue adquirir los equipos necesarios de acuerdo con los criterios planteados en el presente informe:

a Dispositivos de protección primaria. Los pararrayos

Se adquirió un nuevo pararrayos, fabricado en poliméricos de óxido de zinc, marca Raychem Tipo HDA-NA-10 (tyco electronics), con un voltaje de operación continua de 10Kv, con accesorio de indicación de falla de pararrayo, para instalación interior. Cabe precisar que el pararrayos defectuoso era del tipo Varisil modelo HD-12-NO marca Alstom 12KV, 10KA.

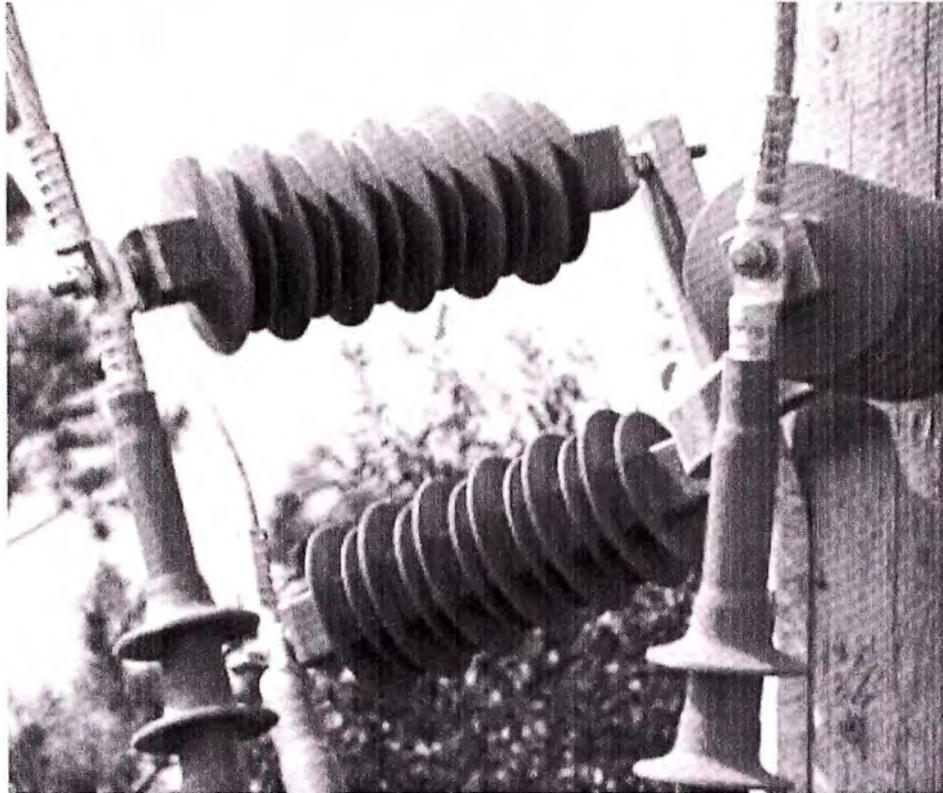


Figura 4.7

Parrayos tipo HDA, Raychem

Fuente: Catálogo Tyco electronics

b Dispositivos de protección secundaria.

b.1 Primer nivel de protección: Zona C

Adicionalmente se consideró instalar un sistema de protección a la salida en baja tensión del transformador, es decir, de acuerdo con lo descrito en el presente informe, en lo correspondiente a la zona C, y debiendo de ser esta la primera fase de protección contra las sobretensiones en la planta. El equipo seleccionado fue un Cutler Hammer, modelo CPS - 160 : Clipper Power System – Visor series, de 160 kA / fase con una corriente de prueba basada en la norma IEEE C62.41 de 8x20 microsegundos, con una atenuación de filtro de 50 dB en 100 kHz, capacidad de sostenimiento para una onda en zona C3 (10 kA), y con fusibles de 200 kA de capacidad.

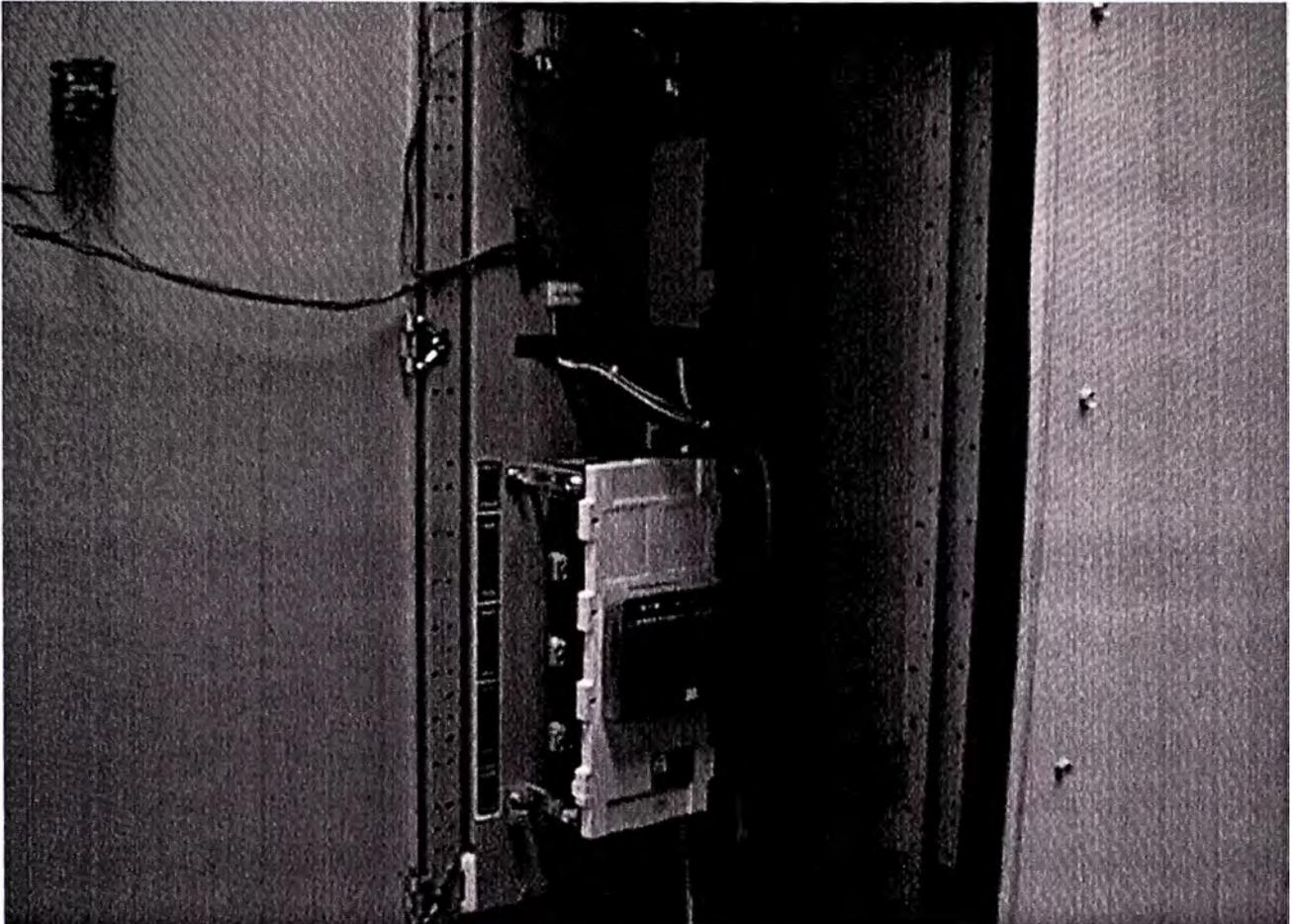


Figura 4.8

Supresor de transitorios instalado en tablero principal

Fuente: BHP Billiton Tintaya

Elaborado: Autor del informe

b.2 Segundo nivel de protección: Zona B

Para el caso de las cargas críticas, se agregaron los equipos de protección contra sobretensiones marca Cutler Hammer, modelos CPS – 100, CPS – 120, de 100kA y 120 kA, bajo las mismas características del CPS. Se anexa al presente informe, los catálogos técnicos de dichos equipos.

Finalmente, se concluye que la selección de los equipos de protección para la solución al problema presentado en BHP Billiton Tintaya fue bastante sencilla y a un bajo costo, teniendo en consideración el valor total de la inversión, es decir, los beneficios alcanzados por una mínima cantidad de dinero adicional justificaron plenamente el resultado.

4.6.3 Comparación de la situación antes y después de la instalación de los equipos

El equipo instalado en BHP tiene la característica de almacenar toda la información referente a las sobretensiones que se presenten durante su uso, es así que en el reporte de sobretensiones obtenido se pudo verificar una gran actividad perturbadora en la red, la cual se manifestó a razón de aproximadamente 100 eventos por día.

Al contar BHP con una gran carga aislada, la calidad de la energía es afectada por los propios equipos de la mina. Por ejemplo, los grandes molinos en las chancadoras registran potencias de 300 HP, 450 HP en 4.16 KV, mientras que las bombas de la presa de reláves, de 500 HP y 700 HP, presentan una gran inercia durante su arranque. Estas bombas, inclusive, tienen la opción de ser arrancadas y accionadas mediante variadores de velocidad en media tensión, lo cual como es sabido genera armónicos en la red.

En ese sentido, los nuevos equipos instalados proporcionaron una mayor seguridad y confiabilidad en el sistema, registrando además una disminución en el deterioro de las tarjetas y equipos electrónicos.

Como es de verse entonces, la solución definitiva al problema presentado se fundamentó en la utilización de mecanismos de supresión de transitorios fabricados en base a los dispositivos MOV, tecnología altamente superior a los anteriores equipos, tal y como se muestra en la **Tabla 3.1**. Además de ello, se instalaron protecciones escalonadas definidas por las zonas de operación (A, B, C), como se ha sugerido en el presente informe, ya que es importante que la protección no se sobredimensione en caso de que la sobretensión fuera ya considerablemente atenuada.

Finalmente, resulta importante señalar que hasta la fecha la mina no ha vuelto a manifestar problemas con las sobretensiones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las redes eléctricas actuales exigen un adecuado tratamiento de la electricidad (calidad de energía), parametrando las formas de onda con tolerancias que permitan indicar sí se encuentra "limpia" de perturbaciones o afectada por ellas.
2. Las dos principales fuentes de sobretensiones son, en orden de severidad: las descargas atmosféricas (rayos) y las maniobras de conmutación.
3. Las descargas atmosféricas generan corrientes de entre 20, 000 A en promedio en las peores condiciones, según la norma IEEE C62.41.
4. El primer paso para conseguir una adecuada protección contra sobretensiones es hacer una adecuada selección de los equipos de protección contra descargas atmosféricas, está la llama primaria.
5. La protección secundaria contra las sobretensiones se aplica en los circuitos de baja tensión, considerándose dos etapas de acuerdo con la severidad de la misma, una primera cercana a la acometida principal (zona C) y una segunda en los tableros de distribución (zona B).
6. La tecnología actual ha permitido la fabricación de equipos sofisticados que detectan y atenúan las sobretensiones a todo nivel, con distintas corrientes de sostenimiento.

7. La norma IEEE C62.41 especifica las ondas de prueba claramente definidas, según su zona de operación dentro de la instalación eléctrica (zona A; B o C). Mediante la aplicación de estas ondas en los equipos de protección contra sobretensiones, se simulan las fallas y se comprueba el correcto funcionamiento de la protección.

8. Los criterios de selección de estos equipos son bastante generales, es decir no se traducen en fórmulas de diseño, sino en lineamientos base ya que los fenómenos transitorios son de carácter aleatorio.

9. La experiencia en la mina BHP Billiton Tintaya – Planta de Óxidos muestra que una línea de distribución puede salir de servicio producto de una sobretensión es un problema real en las redes eléctricas.

10. Los métodos expuestos en el presente informe se pudieron aplicar de forma exitosa en la solución al problema de sobretensiones que tenía la mina BHP Billiton Tintaya – Planta de Óxidos.

RECOMENDACIONES

1. Considerar a las sobretensiones como los fenómenos eléctricos que deben incluirse en el diseño de la protección de una red eléctrica de distribución en baja tensión, por su importancia y complejidad, según lo mostrado en el presente informe.

2. Ser conscientes de lo que en la actualidad implican los conceptos de calidad de energía, adecuándolas a nuestras necesidades y buscando las soluciones más aceptables.

3. Identificar cuales son las situaciones de riesgo a las cuales estaría sometida nuestra instalación eléctrica (proximidad a zona de constantes descargas atmosféricas, cercanía a una sub estación principal de distribución, etc.) a fin de seleccionar la protección más conveniente.

4. Tener en consideración el comportamiento de los equipos de protección contra sobretensiones, así como el comportamiento de los MOVs en función a su tensión y corriente de aplicación.

5. La disponibilidad de equipos de protección contra sobretensiones en el mercado es abundante, por lo que se recomienda mantener una misma marca dentro de todos los supresores para que el sistema este coordinado de forma adecuada.

ANEXO A

Definiciones de términos eléctricos relacionados con la calidad de energía.

- **Red eléctrica de baja tensión (low voltage power supply lines):** El conjunto de conductores que suministran tensiones hasta de 1,000 Voltios eficaces a una instalación eléctrica.

- **Calidad de energía (power quality)** Es el concepto de alimentación y de puesta a tierra de equipo electrónico sensible en una manera que sea adecuado para su operación.

- **Disturbio (power disturbance)** Cualquier desviación del valor nominal, o de un límite seleccionado en la tolerancia de la carga, en las características de entrada de la energía de CA.

- **Transitorio (transient o surge)** Un disturbio que ocurre en la forma de onda de CA con una duración inferior a medio ciclo y que es evidente por la abrupta discontinuidad que presenta. Puede ser de cualquier polaridad y puede ser aditiva o subtractiva a la onda nominal.

- **Ruido de modo común (common – mode noise)** Es el voltaje de ruido que aparece igualmente y en fase desde cada conductor activo y tierra.

- **Ruido de modo diferencial (transverse – mode noise o differential mode noise)** Señales de ruido medidas entre los conductores activos del circuito que alimenta la carga, pero que no existen entre los conductores activos del circuito y el conductor de puesta a tierra del equipo o la estructura de referencia de señal.

- **Voltaje de recuperación (recovery voltage)** Es el voltaje que ocurre a través de las terminales de un polo del dispositivo de interrupción del circuito en el evento de su apertura.

- **Estructura de referencia de señal (signal reference structure)** Es un sistema de trayectorias conductoras entre equipo interconectado que reduce los voltajes de ruido inducidos a niveles que minimizan la operación inadecuada. Las configuraciones más comunes incluyen placas.

- **Blindaje (shield)** Aplicado normalmente a cables de instrumentación, siendo una envoltura conductora, usualmente metálica aplicada sobre el aislamiento de

un conductor o grupo de conductores, con el propósito de proporcionar un medio para reducir el acoplamiento entre conductores blindados que pueden ser susceptibles a campos electrostáticos o electromagnéticos no deseados y otros conductores.

- **Blindar (shielding)** Es el uso de una barrera conductora entre una fuente potencial de ruido y los circuitos sensibles. Se usa para proteger cables de datos y alimentación y circuitos electrónicos, pudiendo ser en forma de barrera metálicas, gabinetes o enrollamos alrededor de los circuitos fuente y de los circuitos receptores.

- **Regulación de voltajes (voltage regulador)** El grado de control en la estabilidad del valor eficaz (rms) de voltaje en la carga, generalmente especificado en relación con otros parámetros tales como cambios en el voltaje de entrada cambios de carga o cambios de temperatura.

- **Interrupción (Interruption)** Es la pérdida completa de voltaje por un periodo de tiempo.

- **Ruido (noise)** Se considera como ruido las señales eléctricas no deseadas que producen efectos indeseables en los circuitos de control en los que se presentan y que incluyen el equipo electrónico sensible en su totalidad o en alguna de sus partes.

- **Muesca (notch)** Una conmutación u otro disturbio en la forma de onda de voltaje del sistema con duración menor a medio ciclo la cual es inicialmente opuesta en polaridad a la forma de onda normal, siendo por lo tanto substractiva en términos de la amplitud. Incluye la pérdida completa de voltaje por medio ciclo.

- **Sobrevoltaje (overvoltaje)** Un incremento en el valor eficaz (rms) del voltaje de corriente alterna del sistema con duración mayor a algunos segundos.

- **Elevación (swell)** Un incremento en el voltaje eficaz (rms) del voltaje de corriente alterna a la frecuencia del sistema con duración entre medio.

- **Bajo voltaje (undervoltage)** Un decrecimiento en el valor eficaz (rms) del voltaje de corriente alterna a la frecuencia del sistema con duración mayor a algunos segundos.

- **Depresión (sag)** Una reducción en el valor eficaz (rms) del voltaje de corriente alterna a la frecuencia del sistema con duración entre medio ciclo a algunos segundos. La terminología que usa IEC es DIP.

- **Dispositivos de protección contra transitorios (surge protective device):** Es el ensamble de uno o más componentes que intentan ya sea limitar o derivar transitorios. El dispositivo así formado contiene al menos un componente no lineal. NOTA: Éste es un término genérico que se utiliza para describir un dispositivo por la función de su protección. En inglés se denominan SPDs.

- **Limitador de transitorio (surge arrester):** Un dispositivo de protección contra transitorios que al limitar el exceso de la sobre tensión transitoria permite que la corriente transitorio asociada se descargue o derive a su través. Éste fundamentalmente, absorbe cantidades grandes de energía, y se aplica para proteger los componentes eléctricos (transformadores, tableros, cableado de la red).

- **Supresor de transitorio (surge supresor):** Componente, dispositivo o circuito diseñado para atenuar suprimir o derivar los transitorios conducidos y su energía asociada a tierra para proteger de sus efectos potencialmente dañinos a los equipos electrónicos (PLs, computadoras,etc). Éste fundamentalmente se aplica en redes con tensiones de 600 Voltios o menos.

- **Tensión de soporte (Withstand voltage):** La tensión que un equipo eléctrico, electrónico o un componente de una instalación eléctrica es capaz de soportar sin presentar fallas o una formación de arco cuando se prueba en condiciones específicas. También se le llama tensión de resistencia o tensión de solidez.

- **Nivel de aislamiento (Insultion level):** Una calidad de aislamiento expresa en función de la tensión de soporte.

- **Impulso por norma tipo rayo (lighting Standard impulse):** Un impulso de tensión completo que tiene un tiempo de elevación frontal de 1,2 s, y un tiempo hasta su valor medio de 50 s. Se describe como un impulso de rayo 1,2/50.

- **Impulso por norma tipo conmutación (switching Standard impulse):** Un impulso de tensión completo que tiene un tiempo de elevación frontal de 250 s, y un tiempo hasta su valor medio de 2.500 s. Se describe como un impulso 250/2500. Se denomina también como impulso de maniobra. Existen ondas de conmutación con otros parámetros.

- **Nivel básico de aislamiento ante impulso de rayo (Basic insulation level):** Nivel específico de aislamiento expresado como la tensión de cresta de un impulso de rayo. En inglés éste se denota con la sigla BIL.

- **Nivel básico de aislamiento ante impulso de conmutación (Basic insulation level):** Nivel de específico de aislamiento expresado como la tensión de cresta de un impulso de maniobra. En inglés, éste se denota con la sigla BSL.

- **Coordinación de aislamientos:** La selección de la rigidez dieléctrica (dielectric strength) de un equipo con relación a las tensiones que pueden aparecer dentro del sistema eléctrico del cual forma parte y teniendo en cuenta el ambiente del servicio y las características de los dispositivos de protección contra transitorios aplicados.

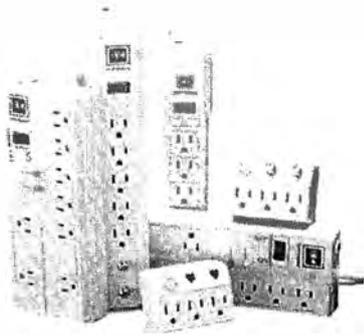
ANEXO B

Línea de equipos de protección contra sobretensiones marca Cutler Hammer USA.

Product Overview

Residential Protection

- **CHSP:** Cutler-Hammer complete home Surge Protectors for whole house protection installed at the loadcenter.
- **SurgeTrap:** plug-in surge strips for home and commercial applications.



Surge Trap Family

AC Electrical Distribution Protection

Clipper Power System (CPS)

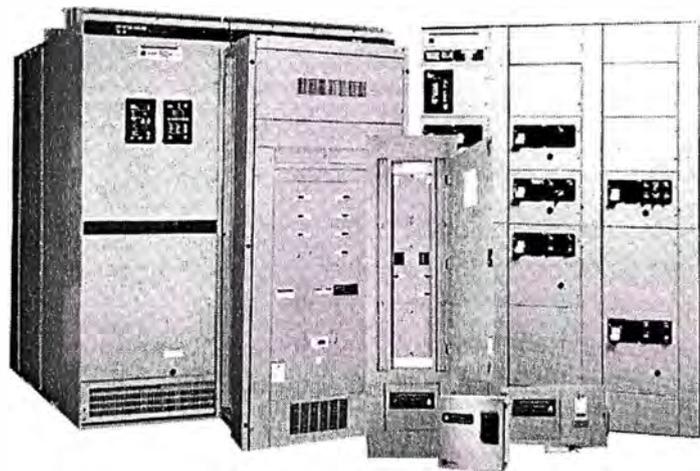
- **Clipper VL:** commercial/non-essential branch panels.
- **Retrofit:** suppressors externally mounted to distribution equipment.
- **Integrated applications** (suppressors built into switchboards, panelboards, motor control centers and busways).

Reflected Wave Trap

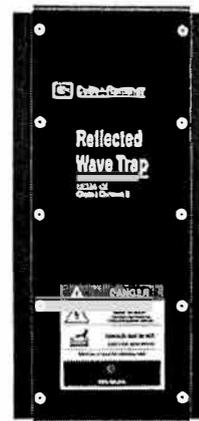
The Reflected Wave Trap (RWT) is installed at motor terminals to eliminate harmful spikes. This patented technology is a quantum leap over existing motor terminated or reactor based solutions, and is ideal for drives operating at switching frequencies ranging from 2 kHz to 12 kHz.



Family of CHSP Products



Clipper Power System (CPS) Family



Reflected Wave Trap (RWT)

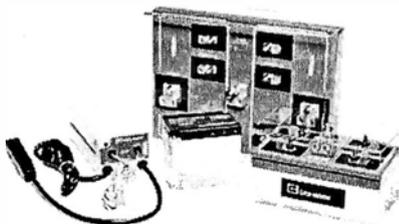
Application Recommendations

Table 10-1. Application Guide for Surge Products

Application Type	Cutler-Hammer Surge Products	Features and Competitive Advantages
Residential		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Home office ■ 120/240V loads 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CHSPT™ Whole Home Surge Protector ■ SurgeTrap™ plug-in surge protection 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CHSP protects all residential loads ■ Only product available with three levels of protection (AC, telephone, cable) ■ Single point ground eliminates differential ground voltages ■ SurgePlane™ construction ■ Value-added package for contractors and home builders
Light Commercial		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Design build ■ Chain stores ■ Small facilities 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Clipper VL ■ Clipper Power System Retrofit (seven models) ■ Clipper Power System Integrated (seven models) ■ AEGIS-PR powerline filter for cash registers and ATM machines (industrial grade) ■ SurgeTrap plug-in surge protection (commercial grade) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ideal package for any commercial facility ■ Cost-effective protection using CPS-B or CVL protection ■ AEGIS-PR has extremely high level of common mode noise filtering for cash registers, ATMs and other critical electronic loads
Large Projects		
Including: <ul style="list-style-type: none"> ■ Commercial ■ Government ■ Schools ■ Institution ■ Military 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Clipper Power System Integrated (seven models) available in panelboards switchboards, MCCs, switchgear, busway and automatic transfer switches ■ Clipper VL ■ Clipper Power System Retrofit (seven models) ■ Data signal link protectors ■ AEGIS for critical load applications ■ Power Conditioners (models: SRT and EVR) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Able to meet any competitor TVSS specification ■ Significant performance advantage using integrated Clippers (the preferred choice of consultants) ■ Quick ship capabilities from satellites and service centers ■ The industry's most comprehensive diagnostics ensure safe operation ■ Third party tested
Industrial		
Including: <ul style="list-style-type: none"> ■ Small and large facilities ■ WWTP 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Clipper MCC (Motor Control Center) ■ Clipper VL ■ Clipper Power System Integrated and Retrofit (switchgear, switchboards, busway, panelboards and automatic transfer switches) ■ AEGIS powerline filters for critical loads (PLCs, robotics, etc.) ■ Reflected Wave Trap (RWT) ■ Datacom protectors ■ Volt Shield (swell / sag controller) ■ Sag Ride Through (SRT) power conditioner ■ Electronic Voltage Regulator (EVR) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Clipper MCC offers surge suppression for drives (available for retrofit and new installations) ■ AEGIS products are industry leaders for critical load protection (DIN rail mounting, extended warranty for connected loads) ■ Facility-wide solutions ■ Protection for drive/motor applications ■ SRT — power conditioning for voltage sag problems ■ EVR — ideal for voltage regulation problems
OEM		
Any OEM customer including: <ul style="list-style-type: none"> ■ Integrators ■ Medical equipment ■ Automation and control ■ Traffic control 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Clipper Power System Caseless and Retrofit ■ Clipper VL ■ AEGIS powerline filter ■ DC, DC+ filters ■ Other custom components ■ Reflected Wave Trap (RWT) ■ Power conditioners ■ Datacom protectors 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 20 years experience in OEM applications ■ Ability to meet customized requirements ■ Application engineering assistance ■ CE approval (AEGIS filters) ideal for international integrators ■ Small footprint series and parallel power filters
Telecommunications		
including: <ul style="list-style-type: none"> ■ Cellular sites ■ Microwave ■ PCS ■ Paging systems 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tc Panelboards (clipper TVSS, transfer switch) ■ QuarterWave (TQP) protectors for RF coaxial lines ■ AEGIS+ ■ Clipper VL ■ DC protectors ■ Volt shield (sag / swell protection) ■ Engineering design support 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Complete solution for protecting cellular (or PCS, microwave, GPS) base stations ■ Independently tested at lightning labs ■ Experience in worldwide applications ■ Ability to meet customized requirements

Critical Load Protection

- **AEGIS-HW:** series filters for up to 20 amperes, single-phase (protection for PLCs, control equipment).
- **AEGIS+:** series filter >15 amperes (single- and three-phase) for robotics, rectifiers, automation equipment.
- **AEGIS-PR:** plug-in series filter for critical equipment (cash registers, medical equipment, ATW).
- **DC:** hardwire filters for DC applications.
- **Traffic Control:** suppression components for traffic control equipment/cabinets.
- **OEM Components:** a wide variety of components for domestic/international applications (including military).

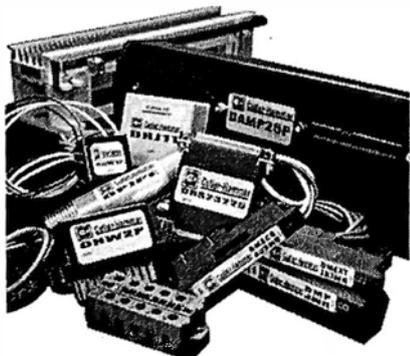


AEGIS Products

Datacom Protection

Protect your data and communication lines with Cutler-Hammer's Datacom surge protection products. Products include:

- Modular protection for Multi-pair applications
- Hardwire connected (1 or 2 Pair Protectors)
- Wiring connectors (D89, DB25 and RJ11)
- Coaxial Cable Protection
- Mounting Hardware



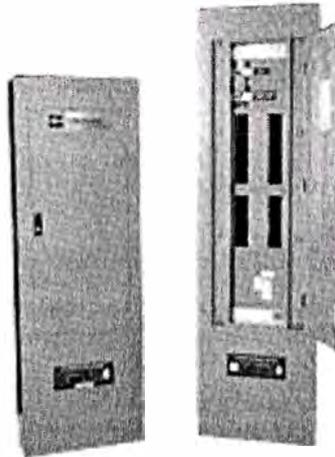
Datacom Products

Telecommunications Protection

Cutler-Hammer's Clipper Tc Panelboards, electrical distribution products, and family of surge protection devices are the total downtime protection package solution for your wireless telecommunications shelter.

Clipper Tc Panelboards

- Available in standard and custom configurations
- Ratings
 - 120/240V AC, 1-phase, 3-wire
 - 208Y/120V AC, 3-phase, 4-wire
 - 480Y/277V AC, 3-phase, 4-wire
 - 600Y/347V AC, 3-phase, 4-wire (Other voltage configurations are available.)
- Copper Bus
- 12, 18, 24, 30, 36 and 42 circuits
- Bolt-on branch breakers
- A full range of factory installed modifications and accessories
- Fully rated or series rated

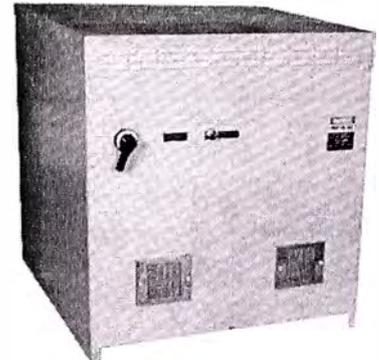


Innovative Electrical Control and Power Quality Solutions for Telecommunications Facilities

Power Conditioning

Sag Ride Through (SRT)

The Sag Ride Through (SRT) is a power conditioner that corrects voltage sags to maintain uptime and productivity.



Sag Ride Through (SRT) Corrects Deep Voltage Sags

Electronic Voltage Regulator (EVR)

The Electronic Voltage Regulator (EVR) is designed to meet the needs of customers who experience voltage regulation problems due to brown out conditions from their electric utilities.



Electronic Voltage Regulator (EVR) Corrects Voltage Regulation and Brownout Problems

Facility-Wide Power Protection Solutions

A facility-wide protection approach should be employed to address power quality issues. This approach minimizes overall lifecycle costs and optimizes facility uptime. The following is Cutler-Hammer's recommended design approach for implementing facility-wide power protection solutions.

The most accepted design methodology is based on three concepts:

- a. Ensure proper grounding conditions exist. All forms of power protection/conditioning rely on good grounding, bonding and earthing practices.
- b. Surge protection should be installed at key distribution panels and critical loads.
- c. Apply voltage regulation and UPS equipment on an "as needed" basis. These solutions are often 10 times more expensive than the cost of surge protection solutions.

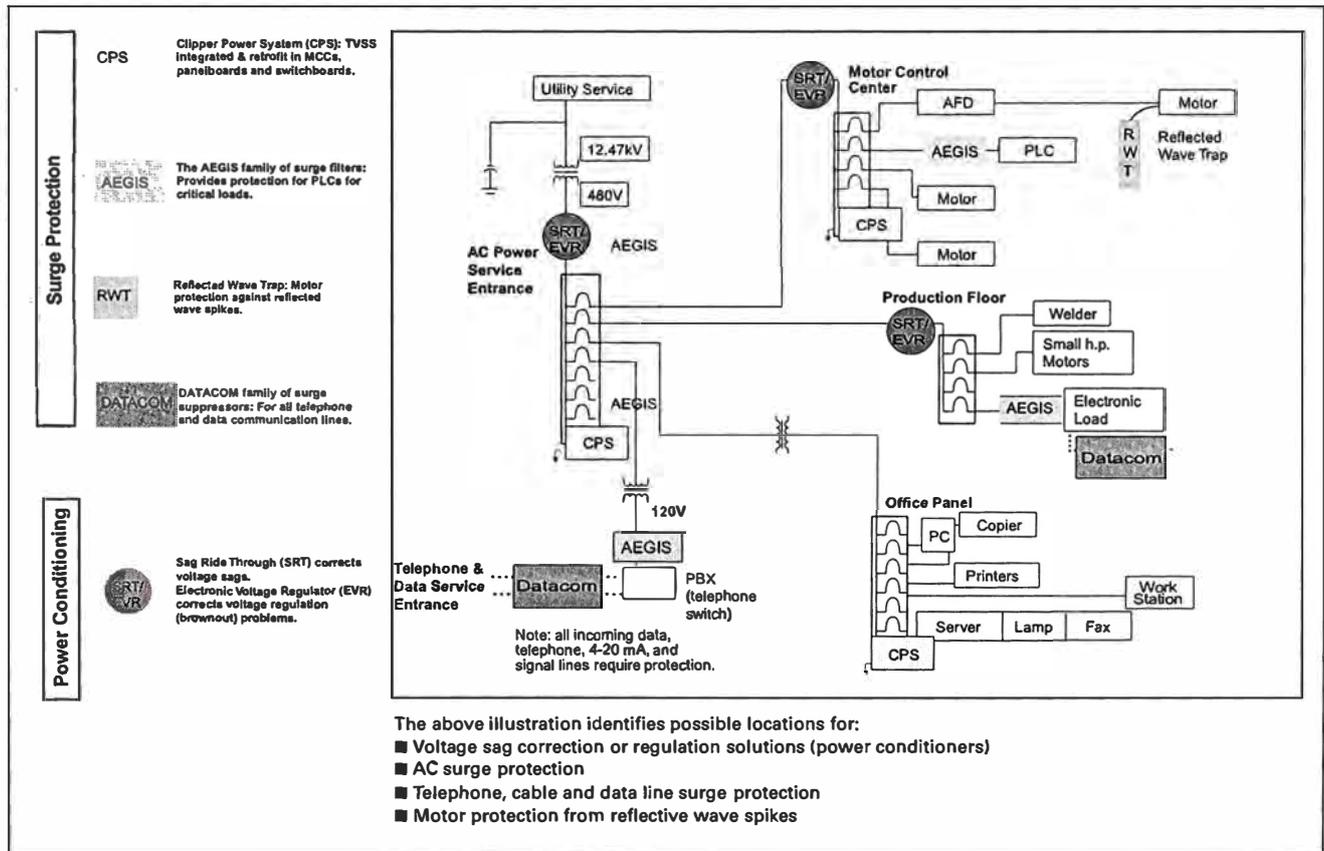


Figure 10-1. Application of Surge Protection/Voltage Regulation and Sag Correction Devices

Surge Protector (CHSP)

Product Description

Cutler-Hammer Surge Protector (CHSP)

The Cutler-Hammer Surge Protector (CHSP) is an externally mounted unit that provides industrial level surge protection in a residential design. The CHSP is available in four models and provides protection for all residential electrical equipment by reducing power surges, often caused by lightning, to an acceptable level for appliances and electronics. These units can be mounted into any manufacturer's breaker panel.

Cutler-Hammer Surge Protectors for Telephone and Cable

Cutler-Hammer also offers a full range of accessory products for telephone and cable, including SurgeTel which protects up to four telephone/modem lines; SurgeCable which protects up to two cable/satellite lines; and SurgeEthernet featuring protection for high-speed Internet hookups.

SurgeTrap™

Cutler-Hammer's SurgeTrap, plug-in surge protectors offer exceptional protection for electrical and electronic devices. Each of the SurgeTrap Ultra, Max and Micro are available in AC only, AC plus telephone/modem and AC plus cable. The SurgeTrap ULTRA 3-Way, in addition to having the above options, is available in AC plus telephone/modem and cable. SurgeTrap ValueLine products are also available.

Application Description

Two-Stage Protection

The Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) recommends two stages of surge suppression to provide the best protection for electronic equipment. Two-stage surge suppression should be provided for all cables entering a home, including power, Internet, coaxial and telephone.

Stage 1: Primary Protection for Service Entrance

The best place to install surge protection is at the electrical entrance point to your home. The service entrance (loadcenter or breaker panel) is often where AC power, telephone lines and cable lines are located. Applying a CHSP product to your service entrance (stage 1) will reduce a voltage surge to an acceptable level for appliances and surge strips. For added protection, it is recommended that you install surge protection for your cable and telephone lines (see accessories) at the service entrance. The benefit of installing these products is that your AC, cable and telephone lines will all have the same ground potential, in one common location, for passing the surge away from your equipment.

Stage 2: Secondary Protection for Point of Use

A quality Cutler-Hammer SurgeTrap surge strip is recommended for sensitive electronic loads like computers or entertainment centers. Using a SurgeTrap surge strip (stage 2) reduces any voltage remnant down to an acceptable level.

Features, Benefits and Functions

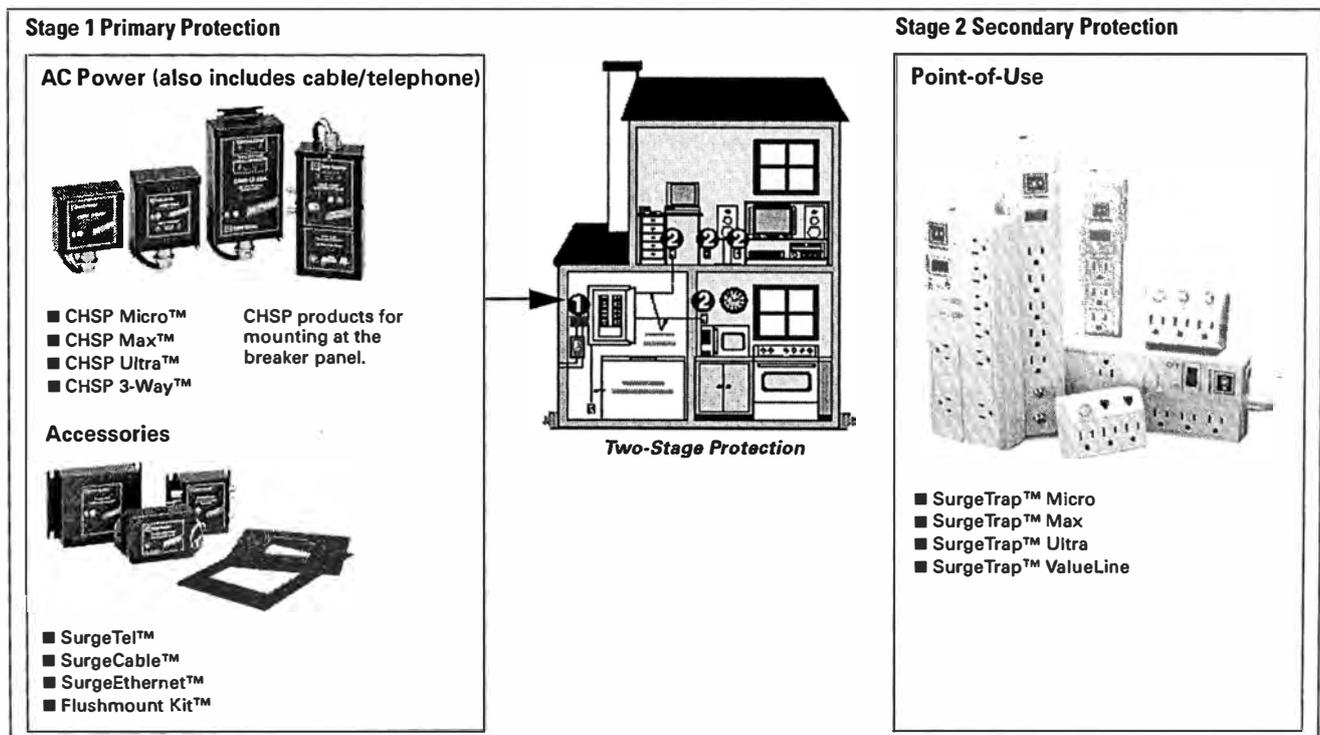


Figure 10-2. Surge Protection Home Solutions

Surge Protector (CHSP)

Product Selection

Table 10-2. Residential Surge Products

Product	Protection Levels and Application	Features	Warranty	Installation/Enclosure	Catalog Number	Price U.S. \$
Stage 1						
CHSP Micro™	Basic surge protection for appliances	<ul style="list-style-type: none"> ■ Surge current rating 20 kA ■ Metal enclosure ■ Easy to install mounting 	2 year product warranty ①	Indoor/Outdoor enclosure	CHSPMICRO CHSPMICRO230INT	130.00 130.00
CHSP Max™	Standard surge protection for major appliances and home electronics	<ul style="list-style-type: none"> ■ Surge current rating 50 kA ■ Thermal fusing ■ Compact, small footprint ■ Status monitor 	5 year product warranty ① \$10,000 connected equipment	Indoor/Outdoor enclosure Flushmount kit available	CHSPMAX CHSPMAX230INT	225.00 235.00
CHSP 3-Way™	Standard 3-way protection (AC power, phone, cable) for all home electronic equipment	<ul style="list-style-type: none"> ■ Surge current rating 40 kA ■ 4 telephone lines ■ 1 cable/satellite line 	5 year product warranty ① \$10,000 connected equipment	Indoor/Flush-mount enclosure	CHSPCHSR4P	492.00
CHSP Ultra™	Ultimate surge protection for major appliances, home electronics, computers/home office and entertainment systems	<ul style="list-style-type: none"> ■ Surge current rating 70 kA ■ Audible alarm ■ Thermal fusing 	Lifetime product warranty ① \$50,000 connected equipment	Indoor/Outdoor enclosure Flushmount kit available	CHSPULTRA	425.00

Accessories

SurgeTel™	Telephone/Modems	■ 4 Telephone Lines	—	—	DHW4PT	207.00
SurgeCable™	Cable/Satellite TV	■ 2 Cable/Satellite Lines	—	—	DCXCAB2	145.00
SurgeEthernet™	Ethernet	■ Protection for High Speed Internet	—	—	DRJ45D30R	228.00
Flushmount Kit™	Cover for CHSP Max or Ultra when used on finished wall	—	—	—	CHSPFMKIT	52.00

Stage 2

SurgeTrap™ Micro	Appliances	■ 3 Outlets; Wallmount	5 year product warranty \$1,500 connected equipment	— — —	SGXMICROAC ② SGXMICRONET ③ SGXMICROTV ④	47.25 58.00 62.50
SurgeTrap™ Max	Less critical electronic equipment	■ 7 Outlets; Angled plug-in	Lifetime product warranty \$5,000 connected equipment	— — —	SGXMAXAC ② SGXMAXNET ③ SGXMAXTV ④	102.00 116.00 116.00
SurgeTrap™ Ultra	Home entertainment systems and computer/home office	<ul style="list-style-type: none"> ■ 8 Outlets; Angled plug-in ■ Transformer spacing ■ Series filter and TCO fuses 	Lifetime product warranty \$25,000 connected equipment	— — — —	SGXULTAC ② SGXULTNET ③ SGXULTTV ④ SGXULT3WAY ⑤	198.00 214.00 225.00 290.00
SurgeTrap™ ValueLine	Basic surge protection	■ 6 outlets	5 year product warranty	— —	SGXVAL6 ⑥ SGXVAL15 ⑦	64.50 89.50

① Warranty coverage applicable when CHSP products are used in conjunction with SurgeTrap point of use strips and appropriate cable and telephone protectors (see accessories).

- ② AC Power
- ③ AC + Telephone/Modem
- ④ AC + Cable
- ⑤ AC + Telephone/Modem + Cable
- ⑥ AC Power and Coaxial Cable
- ⑦ 6 Foot Cord
- ⑧ 15 Foot Cord

10

Discount Symbol 22-CD

Clipper Power System

Clipper Power System

Product Description

Cutler-Hammer has developed the Clipper Power System (CPS) family of products to ensure that the quality power required to maximize productivity in today's competitive environment is supplied to commercial, industrial, institutional, medical and telecommunications facilities.

The CPS family of products used for Surge Protection Devices (SPDs), also known as Transient Voltage Surge Suppression (TVSS), incorporates clamping and filter components that are integrated into low voltage distribution equipment or assemblies — switchboards, switchgear, panelboards, MCCs, automatic transfer switches, and busway. Cutler-Hammer also offers CPS units that can be externally mounted to any manufacturers distribution equipment on new or existing installations (Retrofit CPS).

Features, Benefits and Functions

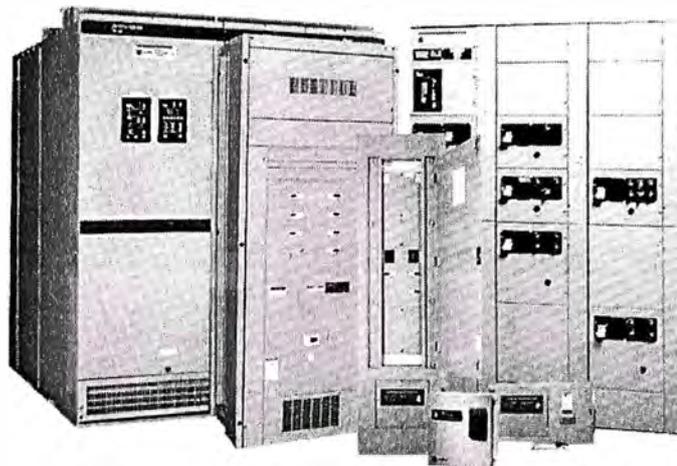
Wide Range of Surge Ratings

Surge current ratings from 100 kA to 500 kA per phase provide a range of cost-effective protection that is based upon life expectancy and offers an effective facility-wide solution. Products are third party tested to verify published surge current ratings.

Best-in-Class Extended Range Filter (55dB attenuation at 100 kHz)

The UL 1283 listed filter offers noise attenuation over the entire frequency spectrum that consist of 50 kHz to 100 MHz. Based upon recommended ANSI/IEEE Category B3 Ringwave (6 kV, 500 ampere at 100 kHz) the filter reduces this ringing transient to under 150 volts.

Note: Most suppression manufacturers claim "sine-wave tracking" or "EMI/RFI noise filtering," however, few publish filter performance at 100 kHz as most offer inadequate filtering protection.



Clipper Power System Family: Integrated Surge Suppression for Low Voltage Distribution Assemblies

Ten (10) Year Extended Warranty

An extended ten (10) year warranty is provided on all CPS units.

Low Impedance Surge Plane Construction

The Surge Plane diverts surge currents equally to all MOVs, resulting in lower let-through voltage and longer life.

Conductor Level Fusing Ensures Equal Current Diversion to all MOVs

High surge rated conductor level fusing ensures all surge components are equally stressed and provides effective short circuit protection. Other designs, using individually fused MOVs, have up to a 20% variation in fuse performance, resulting in unequal MOV current sharing.

Internal Component Diagnostics

Monitoring and diagnostics of all internal components is provided by our patented TRI-Monitor™ system.

Note: Engineered product: contact Cutler-Hammer for additional information and pricing.

Standards and Certifications

Industry Performance and Safety Standards

The CPS has been tested by all industry standards (UL 1449 2nd Edition, UL 1283, ANSI/IEEE C62.41 and C62.45, NEMA LS 1-1992, MIL-STD-220AS, and CSA C22.2). All CPS products have been independently tested to verify published surge current ratings.

Clipper Power System

Technical Data and Specifications

Table 10-3. Cutler-Hammer Clipper Power System Specifications

CPS Models	CPS-B	CPS-S	CPS-S2	CPS-S3 ①	CPS-H	CPS-H2 ①	CPS-M ①	CPS-M3 ①
Surge Current Per Phase	100 kA	120 kA	160 kA	200 kA	250 kA	300 kA	400 kA	500 kA
Surge Current Mode								
L-N (Line-to-Neutral)	50 kA	60 kA	80 kA	100 kA	125 kA	150 kA	200 kA	250 kA
L-G (Line-to-Ground)	50 kA	60 kA	80 kA	100 kA	125 kA	150 kA	200 kA	250 kA
N-G (Neutral-to-Ground)	50 kA	60 kA	80 kA	100 kA	125 kA	150 kA	200 kA	250 kA
L-L (Line-to-Line, Delta, and Ungrounded Applications Only)	50 kA	60 kA	80 kA	100 kA	125 kA	150 kA	200 kA	250 kA
Single Pulse Surge Current Test Based on IEEE C62.418x20 microsecond waveform	Yes							
Modes of Protection	All							
3-Phase Wye System	7	7	7	7	7	7	7	7
3-Phase Delta System	6	6	6	6	6	6	6	6
Filter Attenuation (Based on MIL-STD-220A) @ 100 kHz	55 dB							
Surge Withstand Capabilities IEEE C3 Wave (10 kA)	8,000	9,000	10,000	11,000	12,000	13,000	14,000	15,000
SPD TRI-Monitor System:								
Overcurrent Protection	Yes							
Infrared Detection	Optional	Yes						
Thermal Detection	Optional	Yes						
Diagnostic Package	BD	SD						
Direct Bus Bar Connection	Yes							
Warranty — Clipper Power System	10 Years							

① Optional sizes to meet competitive specifications. All CPS have been independently tested to verify all suppressor components can survive published surge current ratings. Test documents are available upon request.

Clipper Power System — Integrated Units

Clipper Power System Integrated Units

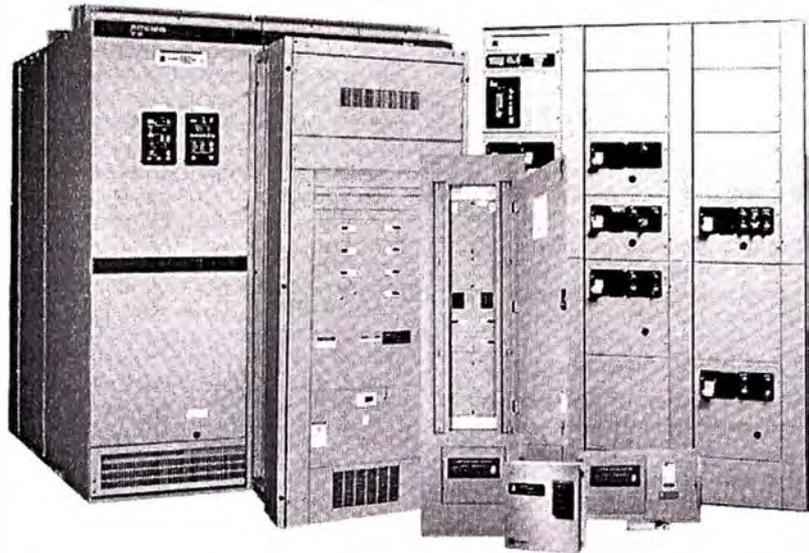
Product Description

Cutler-Hammer's Clipper Power System — Integrated Design Provides the Lowest System Let-Through Voltage at the Bus Bar Compared to Traditional Cable Connected TVSS Units

The Clipper Power System utilizes a direct bus bar connection to achieve the industry's lowest let-through voltage — effectively suppressing both high and low energy transients. This design provides superior suppression ratings and eliminates poor performance that results from cable connections and/or long lead lengths.

Due to the integrated design, the CPS also eliminates:

- Expensive horizontal "outboard" wall space;
- Field installation costs;
- Potential electrical code violations due to improper installation; and
- Invalidation of third party certifications when connecting to existing products.



Clipper Power System Integrated Offering Includes Panelboards, Switchboards, Switchgear, MCC and Busway

Other Products

Other suppressor manufacturers' measurements are made at the TVSS module or the suppressor terminal, not at the distribution equipment bus bar. The distance between the module or suppressor terminals and the distribution equipment bus bar is often 14 inches (355.6 mm) or more. The impedance associated with this lead length can significantly increase the transient let-through voltage.

Cross-Reference

Contact local sales office for competitor cross reference.

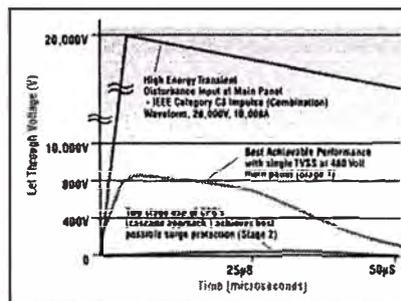
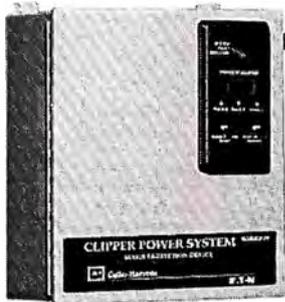


Figure 10-3. Let Through Voltage Based On Single and Cascaded SPD Design

Note: Optional sizes to meet competitive specifications. All CPS have been independently tested to verify all suppressor components can survive published surge current ratings. Test documents are available upon request.

Clipper Retrofit Systems

Clipper Retrofit Systems Retrofit Units



Clipper Retrofit — Just One Fit

Product Description

Retrofit Installation Recommendations to Reduce Installed Let-Through Voltage

Cutler-Hammer's revolutionary surge suppression system for retrofit applications offers the widest variety of surge current ratings, monitoring features, and enclosure options. The Clipper Power System is the most respected line of surge protection devices in the industry due to its exceptional performance at lightning labs, two decades of experience in the surge suppression industry, worldwide installations, and extensive R & D initiatives.



CPS-S with Hybrid Suppressor
Protecting Critical Computer Loads

When installing a surge suppressor in a retrofit environment, it is important to mount the suppressor as close to the electrical equipment as possible. Keep the wiring (lead length) between the electrical equipment and the suppressor as short as possible (less than 14 inches (355.6 mm) is recommended), and twist/wire tie the conductors to reduce inductive effects.

Installation lead length reduces the performance of any surge suppressor. For each inch of wiring (installation lead length), you must add between 10 and 25 volts to the surge suppressor's published let-through values (e.g., suppressor let-through at 400V and installation at 600V = 1000V installed rating).

Features, Benefits and Functions

Industry Leadership

- Patented designs provide superior performance and reliability.
- Independently tested by lightning laboratories to ensure performance, reliability, and quality standards are met.
- Installation flexibility for all low voltage distribution equipment.
- Worldwide customer, engineering, and applications support.

Increased Protection

- The UL 1283 listed filter protects against ringing transients and EMI/RFI noise disturbances. The tuned suppression filter achieves 55 dB attenuation at 100 kHz.

Application Flexibility

- 100, 120, 160, 200, 250, 300 and 400 kA ratings are available.
- All units utilize our low impedance SurgePlane suppression platform to ensure surge currents are equally diverted to all suppression components, therefore extending life expectancy.
- Our Series IV designs have been independently tested to verify published ratings and long-term reliability.

Comprehensive Mounting

- Patented TRI-Monitor provides real-time monitoring to detect any operational problem.
- Maintenance-free surge suppression (No external test set or routine maintenance required.)
- Features include:
 - 200 kAIC internal fusing system
 - Infrared system to detect failures in any mode
 - Thermal detection circuit

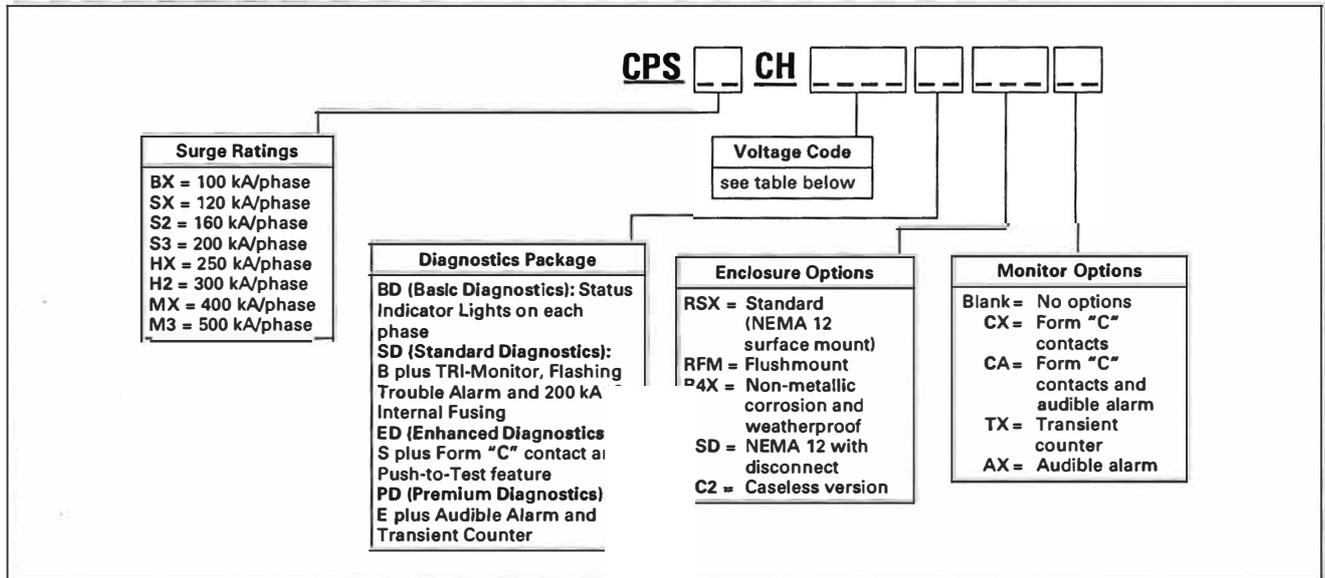
Standards and Certifications

- All Clipper units have been tested by UL and meet the requirements under UL 1449 for surge suppression devices.
- All Clipper units have been tested per NEMA LS-1 and ANSI/IEEE recommended high energy impulses (Cat. C3, 20 kV, 10 kA), and internally generated ringwave surges (Cat. B3, 6 kV 500A at 100 kHz).

Clipper Retrofit Systems

Product Selection

Table 10-4. CPS — Retrofit Unit Catalog Numbering System



Technical Data and Specifications

Table 10-5. Nominal Voltages

Nominal Voltages (use these codes to complete the model number)	Voltage Code		/480 V	347/600 600V
	120/200 240V	230/400V		
120/240 Single-Split Phase (3W plus G) Three-Phase Delta H-Leg (4W plus G)	240S 240H	— —	— —	— —
Three-Phase Wye (4W plus G) Three-Phase Delta (3W plus G) Three-Phase Resistive/Ungrounded Wye (4W+G)	208Y 240D 208U	400Y 400D 400U	Y D U	600Y 600D 600U

Contact Cutler-Hammer for single-pole (2W plus G) or other configurations

① Valid for 220/380 and 240/416 per IEC standards.

Dimensions

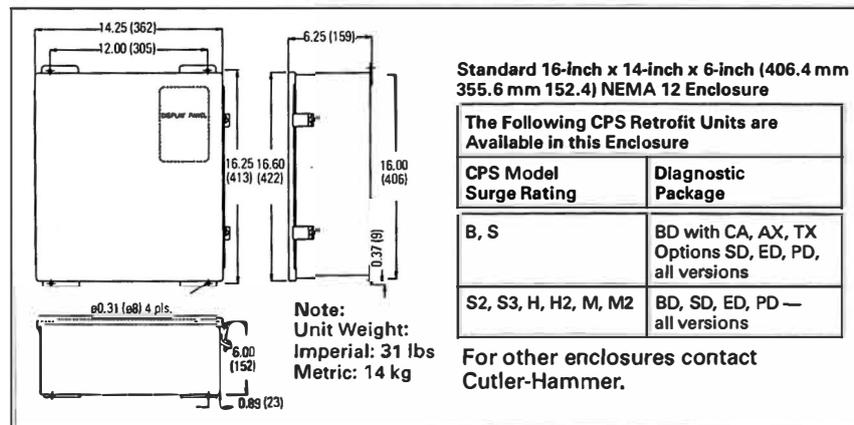
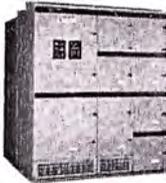
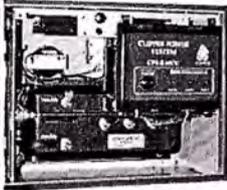


Figure 10-4. Dimensional Information in Inches (mm)

Application Description

Table 10-6. Service Entrance Applications

Switchboard	Switchgear	Motor Control Centers
 <p>Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ CPS can be integrated into any switchboard ■ Specifiers have the flexibility to install the CPS in any location within the switchboard ■ Disconnect switch is a standard feature ■ Unique design minimizes installation impedance <p>Safety Standards:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ UL891 (Switchboard) ■ UL1449 2nd Edition (Surge Suppressor) ■ UL1283 (EMI/RFI Filter) ■ CSA C22.2 Certified (Suppressor) 	 <p>■ Available on all switchgear designs</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Disconnect switch is a standard feature ■ Unique design minimizes installation impedance ■ CPS-H ideal for critical industrial switchgear applications <p>■ UL1558 (Switchgear)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ UL1449 2nd Edition (Surge Suppressor) ■ UL1283 (EMI/RFI Filter) ■ CSA C22.2 Certified (Suppressor) 	 <p>■ Ideal protection for PLCs, sensors, drives, electronic starters, or other digital equipment</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ CPS designed to fit in a standard (2x) size compartment (12-inch) for Freedom 2100 and Advantage MCCs ■ May be used in new/aftermarket applications ■ Ideal for water treatment, petrochemical and other industrial applications <p>■ UL845 (MCC)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ UL1449 2nd Edition (Surge Suppressor) ■ UL1283 (EMI/RFI Filter) ■ CSA C22.2 Certified (Suppressor)
Panelboards	Busway	Retrofit
  <p><i>Pow-R-Line 3a</i> <i>Pow-R-Line 4</i></p> <p>Features:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ CPS used extensively on branch panelboards for computer rooms, laboratories, schools, hospitals, industrial applications ■ 200% rated neutral is provided for non-linear loads ■ Cost-effective branch protection (assumes main panel protection employed) <p>Safety Standards:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ UL67 (Panelboards) ■ UL1449 2nd Edition (Surge Suppressor) ■ UL1283 (EMI/RFI Filter) ■ CSA C22.2 Certified (Suppressor) 	 <p>■ Ideal for busway fed distribution systems</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Easy to install CPS units, fit in standard bus plug assembly ■ Full diagnostic and monitoring capabilities ■ Isolates critical busway sections from nearby disturbance producing loads ■ Designed for new and existing facilities ■ Integral disconnect <p>■ UL857 (Busway)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ UL1449 2nd Edition (Surge Suppressor) ■ UL1283 (EMI/RFI Filter) ■ CSA C22.2 Certified (Suppressor) 	 <p>■ TVSS Filters can be externally mounted to existing distribution equipment</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Standard NEMA 12 enclosures ■ Requires field installation ■ Clipper Retrofit 100 to 400 kA/phase units ■ Clipper MAG 50 and 75 kA/phase units <p>■ UL1449 2nd Edition (Surge Suppressor)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ UL1283 (EMI/RFI Filter) ■ CSA C22.2 Certified (Suppressor)

Note: The CPS Surge components can be integrated into Safety Switches, Automatic Transfer Switches (ATS) and other assemblies.

Clipper VL (CVL) Surge Protection

Clipper VL (CVL)



CVL — Prevents Downtime and Equipment Damage

10 Product Description

Surge Protection Device to Prevent Downtime and Equipment Damage

The Clipper VL is a commercial grade and light industrial surge protection device (SPD) that combines surge suppression components and EMI/RFI filtering to provide effective protection for sensitive electronic loads.

Features, Benefits and Functions

- SurgePlane technology to ensure reliability and performance by using a low impedance copper platform
- Compact design to enable close mounting to electrical distribution equipment
- Parallel hybrid filter technology
- Individually fused surge suppression components
- Status indicator lights to monitor supply power, surge suppression component status and fusing.
- Can be remotely monitored using Form C contacts
- Audible alarm
- Ideal for OEM panel applications
- Proven track record in international applications
- Independently tested at lightning laboratories to verify published surge current ratings

Standards and Certifications

- UL 1449 2nd Edition Listed, UL 1283 Listed, CSA Approved, CE Marked
- All Clipper VL units have been tested per NEMA LS-1 and ANSI IEEE recommended high energy impulses (Category C3, 20 kV, 10 kA), and internally generated ring-wave surges (Category B3, 6 kV, 500A at 100 kHz).
- The UL listed filter protects against ringing transients and EMI/RFI noise disturbances. The tuned suppression filter achieves 40 dB attenuation at 100 kHz (IEEE Category B3 Ringwave).

Product Specifications

Three surge current ratings are available to meet a variety of applications — the CVL050 (50 kA/phase), CVL080 (80 kA/phase) and CVL100 (100 kA/phase).

Product Selection

Table 10-7. Clipper VL Price List

Catalog Number	Price U.S. \$
CVL050CH208YBDRSX	840.
CVL050CH208YBDR3R	1,220.
CVL050CH240DBDRSX	840.
CVL050CH240DBDR3R	1,220.
CVL050CH240SBDRSX	840.
CVL050CH240SBDR3R	1,220.
CVL050CH400YBDRSX	950.
CVL050CH400YBDR3R	1,480.
CVL050CH480YBDRSX	950.
CVL050CH480YBDR3R	1,480.
CVL050CH600YBDRSX	1,160.
CVL050CH600YBDR3R	1,610.
CVL080CH208YBDRSX	1,550.
CVL080CH208YBDR3R	1,160.
CVL080CH240DBDRSX	1,160.
CVL080CH240DBDR3R	1,540.
CVL080CH240SBDRSX	1,160.
CVL080CH240SBDR3R	1,540.
CVL080CH400DBDRSX	1,250.
CVL080CH400DBDR3R	1,610.
CVL080CH400YBDRSX	1,170.
CVL080CH400YBDR3R	1,610.
CVL080CH480DBDRSX	1,250.
CVL080CH480DBDR3R	1,610.
CVL080CH480YBDRSX	1,250.
CVL080CH480YBDR3R	1,610.
CVL080CH600DBDRSX	1,240.
CVL080CH600DBDR3R	1,610.
CVL080CH600YBDRSX	1,240.
CVL080CH600YBDR3R	1,610.
CVL100CH208YBDRSX	2,500.
CVL100CH208YBDR3R	2,850.
CVL100CH240DBDRSX	2,430.
CVL100CH240DBDR3R	2,850.
CVL100CH230LBDRSX	2,430.
CVL100CH240SBDRSX	2,430.
CVL100CH240SBDR3R	2,850.
CVL100CH400DBDRSX	2,500.
CVL100CH400DBDR3R	3,100.
CVL100CH400YBDRSX	2,500.
CVL100CH400YBDR3R	3,100.
CVL100CH480DBDRSX	2,900.
CVL100CH480DBDR3R	3,900.
CVL100CH480YBDRSX	2,900.
CVL100CH480YBDR3R	3,900.
CVL100CH600DBDRSX	3,400.
CVL100CH600DBDR3R	3,900.
CVL100CH600YBDRSX	3,400.
CVL100CH600YBDR3R	3,900.

Discount Symbol 22-CD

AEGIS Powerline Filters

AEGIS Powerline Filters



AEGIS Solutions

Product Description

Cutler-Hammer's AEGIS solutions are specifically designed to protect expensive electronics from the hazards that exist within a facility. This critical load protection is effective at reducing harmful surges and noise. Applying this high performance series power-line filter at your critical loads results in "clean" power entering the electronics and reduction of "soft" errors, operational malfunction, and damage to components.

Standards and Certifications

Cutler-Hammer's products are designed in accordance with ANSI/IEEE C62.41 (1991) recommended spectrum of transient wave forms. The AEGIS protects against all ringing and impulse disturbances.

Application Description

The AEGIS is the ideal protection solution for your critical loads and facilities.

Loads:

- Programmable controllers (PLCs)
- Scanning devices
- ATMs (Automatic Teller Machines)
- Cash registers
- Alarm systems
- Microprocessor-controlled OEM products
- Robotics
- CAD/CAM systems
- Control equipment
- Medical electronics and devices

Why Should Sensitive Electronic Loads be Protected?

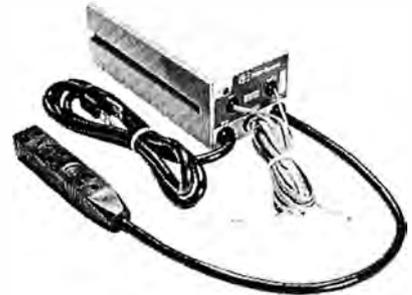
PLC manufacturers and service technicians recommend the use of surge suppressors and filters to prevent downtime and equipment damage due to surges and electrical damage due to surges and electrical line noise. One study shows failure to protect sensitive electronic loads costs American manufacturing, commercial and service industries over \$39 billion per year in lost time and revenue. Preventing these losses is a major cost-saving opportunity.

AEGIS Powerline Filters Protect Against the Full Spectrum of Transient Disturbances.

AEGIS filters the entire sine wave and is effective against both frequently occurring low energy and occasional high energy transients. High energy transients can create immediate damage, while low energy transients cause microprocessor failure over time.



Hardwired Surge Filter that Protects Critical Loads (3, 5, 10, 15, or 20 Ampere Models)



Plug-in Surge Filter for Loads up to 15 Amperes with RJ-11 Modem Protection



Lightning Protection for AC Powerline Applications (1, 2, 3-phase Applications to 100 Amperes)

AEGIS Powerline Filters

Features, Benefits and Functions

Table 10-8. AEGIS Powerline Filters Features and Benefits

Features	Benefits
Unique series hybrid design (AEGIS-HW, AEGIS-PR, AEGIS+)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Protection against high and low energy transients and noise ■ The tracking filter reacts instantly to changes in frequency and voltage, regardless of phase angle, magnitude or polarity ■ Active at all times, providing more protection than a conventional surge suppressor ■ Extends the life of your microprocessors by eliminating degrading power disturbances
High performance suppression capabilities (AEGIS-HW, AEGIS-PR, AEGIS+)	AEGIS-HW and AEGIS-PR have up to 45,500 amperes of surge current suppression and 75 dB of noise attenuation at 100 kHz. This guarantees a superior level of protection and reliability. AEGIS+ has additional protection up to 160 kA/phase.
Status monitoring lights (AEGIS-HW, AEGIS-PR, AEGIS+)	No more testing or guessing whether your unit is working properly. Filter indicator lights expedite your troubleshooting efforts during downtime situations.
5-Year Downstream Equipment Warranty (AEGIS-HW and AEGIS-PR only)	Cutler-Hammer provides a 5-year Extended Warranty on the microprocessor power supply protected by AEGIS. No other manufacturer offers this level of assurance in backing up its claim of product performance, quality and reliability.
Value (AEGIS-HW, AEGIS-PR, AEGIS+)	AEGIS provides superior value when considering the level of performance and benefits offered. It truly delivers the best "bang" for your dollar.
Optional remote monitoring capabilities (AEGIS-HW and AEGIS+ only)	Observe all your operations on a remote basis, including the power protection devices used to safeguard your critical and sensitive electronic loads.
DIN-Rail, J-Rail or flange mounting connections (AEGIS-HW only)	The DIN-Rail mountable enclosures greatly reduce installation time, effort and cost. This unique container is the preferred choice among OEMs and contractors.
Thermal Cut-Off Protection (TCO) (AEGIS-HW and AEGIS-PR only)	Thermal fuse improves indication, monitor and control during fault conditions

Standards and Certifications

Table 10-9. Let-Through Voltages (L-N)
Based on ANSI/IEEE C62.41, 1991 and C62.45, 1992

Description	AEGIS-HW (L-N Mode)
Category A3 Ringwave (600V, 200A)	6V ②
Category B3 Ringwave (600V, 500A)	9.6V ②
Category B3/C1 Combination (Impulse) Wave (600V, 300A)	70V ② [206V, dynamic at 90°]

② Static testing.

10

AEGIS Hybrid Series Powerline Filters

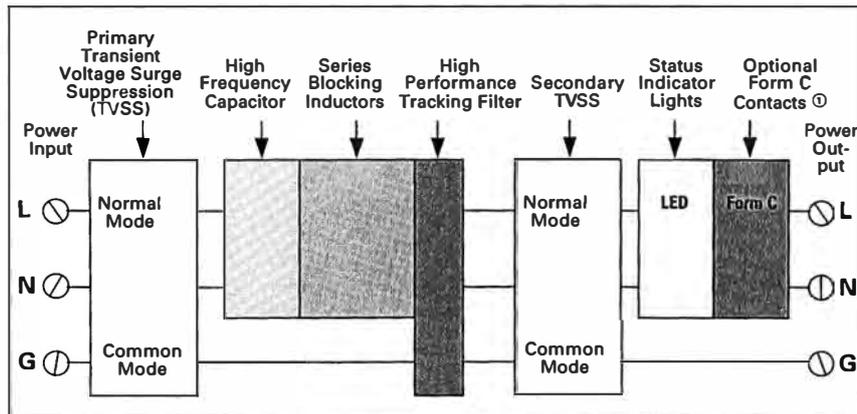


Figure 10-5. 3-Wire Design Has Normal and Common Mode Protection (L-N, L-G, N-G)

① Option for AEGIS and AEGIS+

AEGIS Powerline Filters

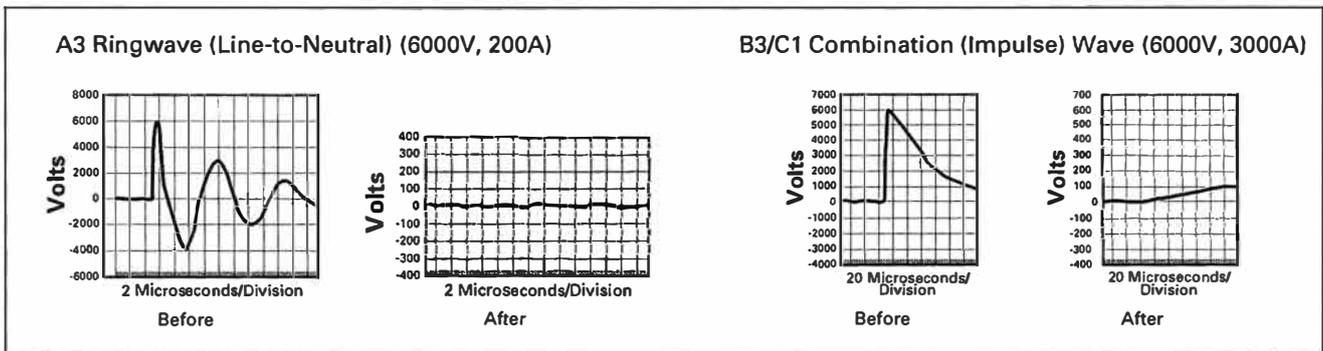


Figure 10-6. EEE C62.41 (1991) Test Waveforms for AEGIS-HW and PR Versions

Product Specifications

Table 10-10. Specifications

Application	AEGIS-HW 2 W&G Grounded Systems	AEGIS-PR 2 W&G Grounded Systems	AEGIS+ 1-, 2- and 3-Pole Systems
Input Voltage Single-Phase	120, 220, 240V AC, single-phase	120 or 220, 240V AC	120, 208, 240, 400, 480, 600V AC; Wye, Delta and International systems
Amperage	3, 5, 10, 15, 20 amperes	15 amperes	20, 30, 50, 70, 100 amperes
Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Protection Modes	L-N, L-G, N-G	L-N, L-G, N-G	L-N, L-G, and N-G modes (Wye system); L-L and L-G (Delta system)
MCOV	150, 320 volts	150, 275 volts	150, 320, 420 volts (Wye system) 300, 550, 680 volts (Delta System)
Noise Attenuation: Normal Mode: Common Mode:	75 dB at 100 kHz 50 dB at 5 MHz	75 dB at 100 kHz 50 dB at 5 MHz	65 dB at 100 kHz 40 dB from 60 kHz to 5 MHz
Filter Bandwidth	10 kHz to 100 MHz	10 kHz to 100 MHz	10 kHz to 100 MHz
Total Peak Surge Current	45,500 amperes per phase	39,000 amperes per phase	40, 80 or 160 kA per phase
Operating Temperature	-40 to +50°C	-40 to +50°C	-40 to +40°C
Response Time	Less than 1 nanosecond	Less than 1 nanosecond	Less than 1 nanosecond
Options	Form C relay contacts	Hospital Grade Filter	Form C relay contacts; NEMA 3R/4X container; disconnect switch; 40 kA or 160 kA
Agency Approvals	UL1449, UL1283, CSA	UL1363, UL1449, UL1283, UL497A, CSA	CE, UL1449 (20 to 70 Amperes up to 480V)

AEGIS Powerline Filters

Product Selection

Table 10-11. AEGIS-HW (Hard Wire Application) Catalog Numbering System

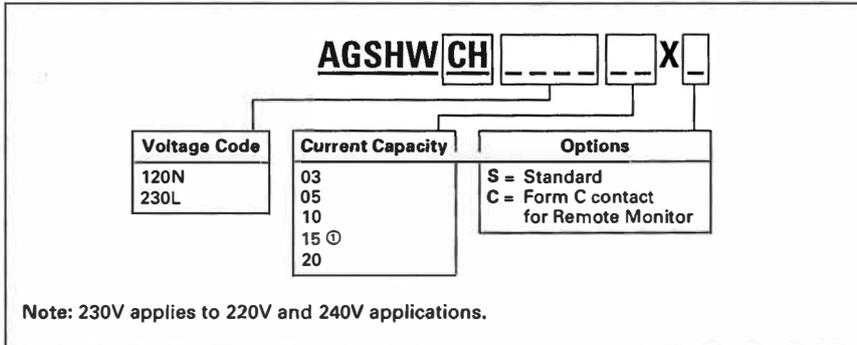


Table 10-12. AEGIS-PR (Plug-in Receptacle) Catalog Numbering System

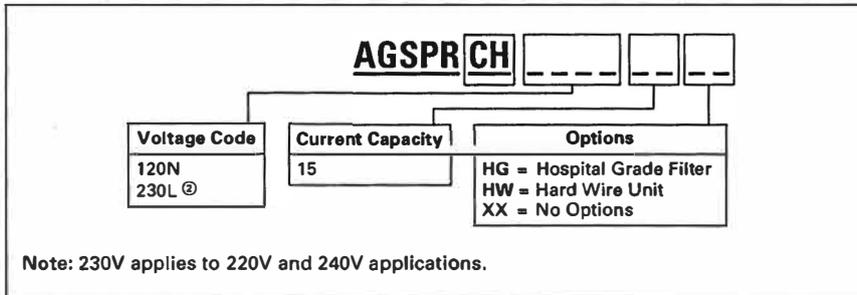
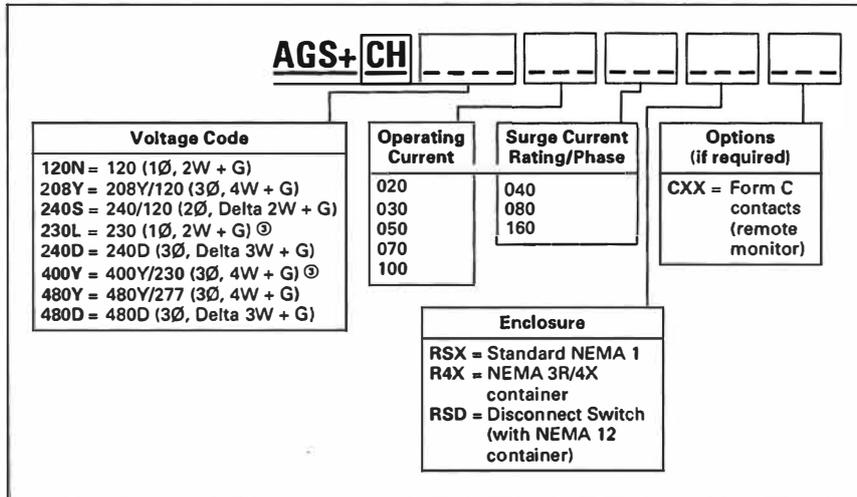


Table 10-13. AEGIS+ Catalog Numbering System



① Model rated at 15A UL/CSA = 16A CE.
② 230L – HW only.
③ 400/230 valid for 380/220 and 415/240 per IEC. Contact factory for resistive ground applications.

Table 10-14. AEGIS Price List

Catalog Number	Price U.S. \$
AGSHWCH120N03XC	487.
AGSHWCH120N03XS	383.
AGSHWCH120N05XC	570.
AGSHWCH120N05XS	466.
AGSHWCH120N10XC	665.
AGSHWCH120N10XS	560.
AGSHWCH120N15XC	859.
AGSHWCH120N15XS	755.
AGSHWCH120N20XC	961.
AGSHWCH120N20XS	857.
AGSHWCH230L03XC	487.
AGSHWCH230L03XS	383.
AGSHWCH230L05XC	570.
AGSHWCH230L05XS	466.
AGSHWCH230L10XC	665.
AGSHWCH230L10XS	560.
AGSHWCH230L15XC	859.
AGSHWCH230L15XS	755.
AGSHWCH230L20XC	961.
AGSHWCH230L20XS	857.
AGSPRCH120N15HG	770.
AGSPRCH120N15HW	550.
AGSPRCH120N15XX	605.
AGSPRCH230L15HG	770.
AGSPRCH230L15HW	550.

Discount Symbol 22-CD

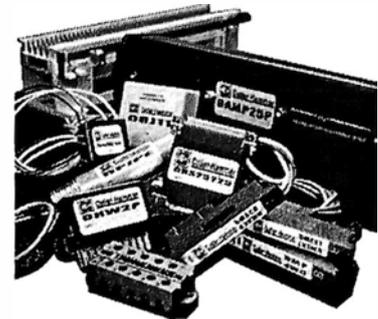
Datacom

Product Description

Datacom

Cutler-Hammer's Datacom surge protection products are designed for all industries and applications. The wide range of products offer rugged surge protection in convenient, easy-to-install configurations. Exceptional performance is achieved using three-stage hybrid technology:

- Gas tubes for shunting high energy;
- Silicon avalanche components for responsive, low let-through voltages;
- PTC resettable fuses for mitigating fault current.
- Our modular design enables customers to protect complete facilities or individual loads. Customers also save significant time and money due to our unique plug-in components and protection modules.



Datacom Products

Product Selection

Table 10-15. Datacom Applications and Pricing

Model	Description	Catalog Number	Price U.S. \$
Modular Protection for Multi-Pair Applications			
DAMP25PXXX	25 Pair Line Protector. Uses AMP-TYPE25 cabling to reduce installation hardware and labor costs. Three versions: Central Office (CO), Analog Extension (AE), or Digital Extension (DE).	DAMP25PAE DAMP25PCO DAMP25PDE	940.00 940.00 940.00
DMTELXXX	Telephone Protection Modules (1 pair). For PBX/KEY telephone systems. Mounted on standard M1-50 punch-down block. Three versions: Central Office (CO), Digital Extension (DE), or Analog Extension (AE).	DMTELAE DMTELCO DMTELDE	57.00 57.00 57.00
DMPXXX	Data and Control Isolated Loop Protector (1 pair). Mounted on M1-50 Block or Industrial punch-down block (ordered separately).	DMP015 DMP030 DMP050 DMP060 DMP200	78.00 78.00 78.00 78.00 78.00
DMPBXXX	Intercom & Speaker Protection Module (1 pair). Mounted on M1-50 punch-down block.	DMPBCLN DMPBSPK	49.75 49.75
DCAT5	Category 5 Protection Module (1 pair). UL Certified to Category 5. Module mounts in DLANBLK (mounting assembly).	DCAT5	346.00
Hardwire Connected (1 or 2 Pair Protectors)			
DHW2PXXX	Data, Communication, and Telephone Protector (2 pair). Three stage hybrid technology with serial connector base (includes mounting connector).	DHW2PT DHW2P008LC DHW2P008X DHW2P015LC DHW2P015X DHW2P020 DHW2P020LC DHW2P030LC DHW2P030X DHW2P036 DHW2P036LC DHW2P043LC DHW2P043X DHW2P050LC DHW2P050X DHW2P060LC DHW2P060X	228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00 228.00
DHW2PSPKXXX	Speaker, Bell, and Strobe Protector (2 pair). Designed for alarm and security systems with up to 5 amperes operating current.	DHW2PSPKSP70 DHW2PSPK043	228.00 228.00
DDINXXX	DIN Rail Mountable Protector (1 pair). Three stage hybrid technology. Mounts to a standard 35 mm industrial DIN rail.	DDIN008 DDIN015 DDIN030 DDIN036 DDIN043 DDIN050 DDIN060 DDIN200 DDIN232	160.00 160.00 160.00 160.00 160.00 160.00 160.00 160.00 160.00
DPIPEXXX	4 – 20 mA Protectors — for Water Treatment Industry (1 pair). Units mounted in 3/4-inch (19.1 mm) stainless steel pipe nipple to survive severe environments. Can be ordered with/without shield.	DPIPES03602 DPIPE03602	223.00 187.00

10

Discount Symbol..... 22-CD

Datacom

Table 10-15. Datacom Applications and Pricing (Continued)

Model	Description	Catalog Number	Price U.S. \$
Wiring Connectors — DB9, DB25 & RJ11			
DRS2329	RS232 Protector (9 pin) Plugs. In series with data cable at protected equipment (all pins protected).	DRS2329	176.00
DRS23225	RS232 Protector (25 pin) Plugs. In series with data cable at protected equipment (protects pins 2-8 and 20; pin 1 is chassis ground). If long cable or outdoor runs are present, additional protectors recommended at building entry.	DRS23225	176.00
DRJ11XXX DRJ45XXX DRJ45DXX	RJ-11, RJ-14, RJ45 Protector. For telephone or data line applications using male RJ connectors. 8V, 15V, 30V	DRJ11S31XT DRJ11050T DRJ11200T DRJ14A DRJ14D DRJ45A DRJ45D DRJ45D08 DRJ45D15 DRJ45D30	92.50 92.50 92.50 192.00 192.00 254.00 254.00 226.00 226.00 226.00
Coaxial Cable Protection			
DCXDXXX	CCTV, Data and Audio Protectors. BNC or F connectors available.	DCXD06BNCY DCXD06BNCYI	214.00 214.00
DCXCABXXX	CATV Protector. For cable TV and satellite systems using standard F connectors.	DCXCAB145A	89.50
DCXRFXXX	Radio Communication Protector. For repeaters, duplex antennas and other radio type communication. Available in UHF or N connectors.	DCXRF DCXRFN	249.00 249.00
Mounting Hardware			
DMH150	M1-50, 25 pair punch block assembly for protection modules.	DMN150	64.50
DMHGR	Ground rail for DM1-50 Block (requirement for all protector modules).	DMHGR	43.50
DMH89D	Standoff for DM1-50 Block to facilitate wiring and mounting.	DMH89D	26.00
DLANBLK	Category 5 mounting assembly designed to house up to 6 DCAT5 modules.	DLANBLK	720.00
DMHI12	Industrial mounting assembly (12 pair) for modules; applications requiring stranded pair (26 to 14 AWG wire) using compression screws (Wire too large for M1-50 Block).	DMHI12	396.00
DMHI25	25 pair industrial mounting assembly (26 to 14 AWG).	DMHI25	625.00
DMTT	Adapter for test kit.	DMTT	52.00

Discount Symbol 22-CD

Reflected Wave Trap (RWT)

Reflected Wave Trap (RWT)



Reflected Wave Trap (RWT)

Product Description

VFD Motor Protection Against Reflected Wave Spikes

Cutler-Hammer's Reflected Wave Trap (RWT) is installed at the motor terminals to eliminate system overvoltage transients. Resulting from a major research and development initiative by Cutler-Hammer, the patented RWT is ideal for drive-motor systems operating at carrier frequencies ranging from 2 kHz to 12 kHz on 208 to 480 volt systems.

Variable Frequency Drives improve the efficiency and operational control, many operators, engineers and system integrators report an increasing number of motor control failures due to insulation failure caused by reflective wave transients. Also known as dV/dT , this phenomenon occurs with long cable lengths between the IGBT (and BJT) drives and motors. With today's high speed drives, power cable and AC motor impedances are not matched. This causes significantly higher voltage spikes at the motor terminals. It is common to have reflective wave spikes over 1400 volts (greater than 2 p.u.) causing premature motor failure and costly production downtime.

Application Description

Per NEMA MG1 Part 30 and VDE 530, motors rated for 600V or less are designed to withstand a peak voltage of only 1000V. Existing solutions are not adequate for today's drive systems because they:

- Have high energy losses
- Operate at very high temperatures (over 160°C)
- Are limited to 6 kHz or lower operating speeds
- Do not protect motors with leads over 600 feet.

Features, Benefits and Functions

RWT Benefits:

- Performance: eliminates reflected wave transients that reduce motor failures and costly downtime.
- Faster: operates up to 12 kHz (compared to 2 to 6 kHz for other designs).
- Simplicity: universal solution meets all of your needs (sizing to motor horsepower is not required).
- Flexibility of operation: longer lead lengths between VFD and motor offers great flexibility.
- Safety: maximum surface temperature of 80°C eliminates the possibility of serious burns.
- Easy to install: integral connection cable allows for easy installation and can be installed up to 20 feet (6m) way from the motor terminals without sacrificing performance.
- Matching of motor cable impedance is not required.
- No voltage drops that result in reducing motor torque.
- No maintenance.
- Meets Class 1, Division II requirements.

Reflected Wave Trap (RWT)

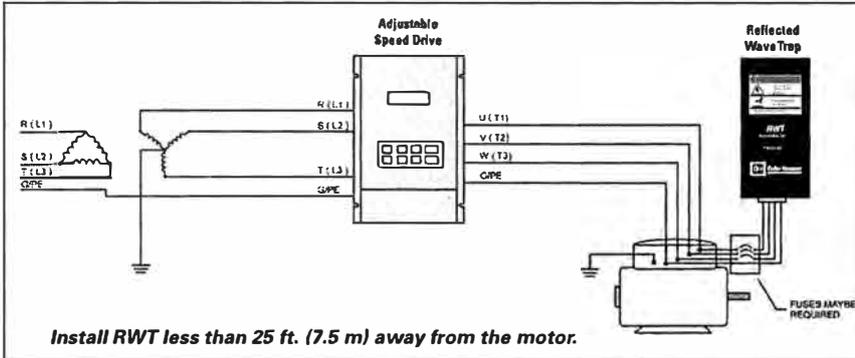


Figure 10-7. Installation Guidelines

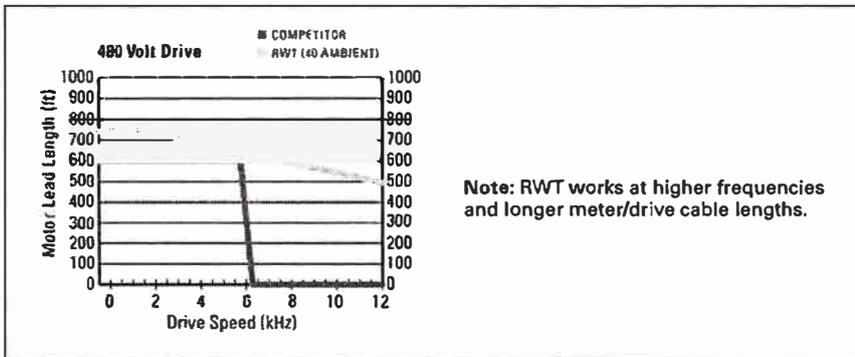


Figure 10-8. Protection Technology Comparison

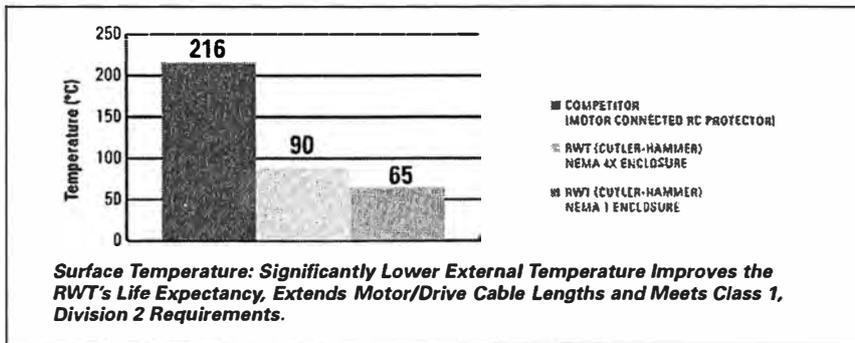


Figure 10-9. Comparison of Enclosure Temperatures

Product Selection

Table 10-16. Ordering Guidelines

Application	NEMA 1 Enclosure	NEMA 4X Enclosure ①
200 to 480 Volt Applications	RWTCHR1	RWTCHR4

① NEMA 4X Enclosure (Class 1, Division 2) — T4 135°C Groups A, B, C, D.

Table 10-17. RWT Price List

Catalog Number	Price U.S. \$
RWTCHR1	600.
RWTCHR4	700.

10

BIBLIOGRAFÍA

1. IEEE recommended practice on surge voltages in low – voltage AC power circuits.
2. La calidad de energía eléctrica, Cuaderno Técnico Schneider.
3. Cutler Hammer Consulting Application Catalog 13th edition
4. Cutler Hammer manual; Módulo de aprendizaje: Protección contra picos y acondicionamiento de energía
5. Cuaderno técnico Schneider, *Christophe Séraudie*
6. Catálogo Prototal, Descargas atmosféricas.
7. Calidad y uso racional de la energía eléctrica – J. Balcells
8. Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales.