

Boletín 87

PUESTA A TIERRA

**LINEAS DE
TRANSMISION Y
DISTRIBUCION**

Boletín técnico N°87

PARTE 4

Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION PUESTA A TIERRA

PARTE 4

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

Las líneas de transmisión y distribución eléctricas transportan y distribuyen la energía eléctrica, se dividen en líneas de transmisión aéreas y líneas de transmisión subterráneas.

Las líneas aéreas son el tema abordado en este boletín técnico, están constituidas por conductores en el aire apoyados en estructuras metálicas denominadas torres y sujetas por medio de aisladores. El aislamiento entre conductores lo proporciona el aire y el aislamiento entre los conductores y tierra se obtiene por medio de las cadenas de los aisladores.

Para comprender lo que trataremos es este boletín es recomendable haber consultado los boletines técnicos 84, 85 y 86 donde sea abordaron tópicos referidos a la puesta tierra de líneas de transmisión y distribución entre otros.

Un sistema eléctrico de potencia está formado por tres partes importantes con funciones bien definidas: generación, transmisión y distribución todas con el objeto de entregar energía eléctrica a consumidores.

Dentro de este sistema la parte más vulnerable es la línea de transmisión, debido al efecto de las descargas atmosféricas que producen el mayor porcentaje de interrupciones de servicio, esto implica que las líneas pierdan continuidad en el suministro, reflejándose en los índices de confiabilidad del sistema.

Los descargadores de sobretensiones constituyen la protección principal contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento.

Una definición sería que es un dispositivo para la protección de las aislaciones contra los sobrevoltajes transitorios o sea atmosféricas y/o de maniobra. No contempla protección contra los sobrevoltajes temporarios.

Generalmente se conectan en paralelo con el equipo a proteger, para disipar la sobrecorriente.

Los elementos activos que son bloques de ZnO en los descargadores de sobrevoltajes se fabrican con un material de resistencia cerámico altamente alineal, compuesto principalmente por óxido de zinc mezclado con otros óxidos metálicos.

2. Definiciones conformes a Norma IEC 60099-4

Voltaje Nominal ó asignado (U_r):

Es el voltaje nominal eficaz que soporta el DSE, durante 10 segundos, después de haber sido sometido ha un ciclo de descargas de alta duración. Tiene que ver con la respuesta del DSE para soportar sobrevoltajes temporales y evalúa la estabilidad del mismo después de ocurrida las descargas.

Voltaje de funcionamiento continuo (U_c):

Es el voltaje de frecuencia industrial eficaz máxima admisible que se puede aplicar de forma continua entre los terminales del descargador. Este voltaje se define de distintas formas (se verifica con diferentes procedimientos de prueba en la norma IEC se define como U_c y para ANSI es MCOV).

Voltaje residual (U_p): Es el valor de cresta del voltaje que aparece entre sus terminales durante la circulación de la corriente de descarga, para una onda de rayo normalizada 8/20 microsegundos ó 30/60 microsegundos, para maniobra.

Voltaje residual para maniobra (SIPL): (Switching impulse protection level) voltaje que aparece entre sus terminales con la actuación y la corriente de descarga, para una onda de maniobra. Define el nivel de protección para sobrevoltajes de maniobras.

Voltaje residual para rayo (LIPL): (Lighting impulse protection level) voltaje que aparece entre sus terminales con la actuación de la corriente de descarga, para una onda de rayo. Define el nivel de protección para sobretensiones de rayo.

Corriente nominal de descarga (In): Valor normalizado de la corriente de cresta del descargador, drenada a tierra durante la operación (8/20 μ seg), 1,5; 2,5; 5; 10 y 20 KA.

Clase de Descarga de Línea:

La Norma, fija 5 clases de descargadores según su uso y su capacidad de absorber energía. Los de distribución son los de Clase 1, y las clase 2 a 5 son de estaciones transformadoras y LAT. A mayor Clase, mayor capacidad de evacuar energía.

CLASE 1: 2,85 a 3,9 KJ/KV.

CLASE 2: 4,3 KJ/KV, Corriente impulsiva de larga duración 500 A, 2 m seg.

CLASE 3: 7,5 KJ/KV, Corriente impulsiva de larga duración 700 A, 2 m seg.

CLASE 4: 9,5 KJ/KV, Corriente impulsiva de larga duración 1200 A, 2 m seg.

CLASE 5: 13 a 15 KJ/KV, Corriente impulsiva de larga duración 1600 A, 2 m seg.

3. Protección con descargadores.

La instalación de los descargadores obedece a la necesidad que presentan los equipos o partes de la instalación de protección contra sobrevoltajes.

Por lo general el uso de los descargadores se necesita en las subestaciones para proteger equipos en sistemas de AC, como serian los:

transformadores, reactores, entradas a las subestaciones en los alimentadores de las líneas, bancos de capacitores, máquinas eléctricas generadores.

También para proteger en sistemas de DC equipos tales como: válvulas del sistema de rectificación, entradas de líneas, filtros de los reactores, reactores de amortiguamiento, puentes de rectificación, entre otros.

Para la selección de un descargador se consideran algunos valores como básicos, estos se refieren a los voltajes y corrientes de descarga, en la tabla 1 a continuación se puede apreciar un resumen de estas características.

TABLA 1	
Características a considerar	
Voltajes en el sistema	En el descargador
Voltaje máximo en el sistema a 60 Hz	Voltaje máximo de operación continua
Voltaje transitorio de frente rápido debido a descarga atmosférica	Voltaje transitorio de frente rápido
Voltaje transitorio de frente lento debido a maniobra	Energía
Corriente de descarga 8/20 μ seg	Sobrepresión

En la figura 4 se puede apreciar la curva del aislamiento y de igual forma, la curva del descargador, lo que determina el límite crítico de la voltaje resistente del aislamiento es una curva voltaje-tiempo, cualquier valor de voltaje por encima de esta curva produce falla, cualquier valor por debajo de esta curva, pero en las inmediaciones tendrá una cierta probabilidad de falla.

La función del descargador es la de reducir esta cierta probabilidad de falla mediante lo que se conoce como el margen de protección, que lo determina la curva Voltaje-tiempo del descargador.

Existe un valor normalizado que se recomienda para el margen de protección, y esta expresado como un porcentaje mínimo con respecto al aislamiento a proteger, su orden está en el 20%.

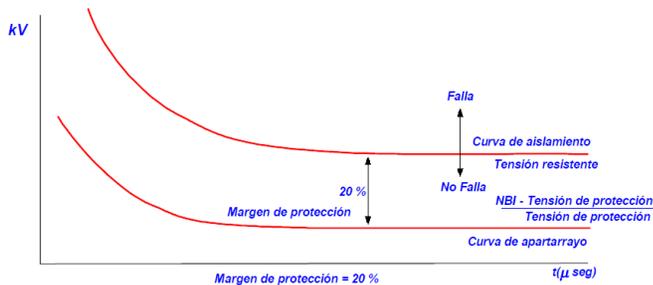


Figura 1. Curva de aislamiento

En la gráfica de la curva (figura 1) voltaje-tiempo, se tiene la curva del aislamiento y en la misma la del descargador, lo que determina el límite crítico de la tensión resistente del aislamiento es una curva voltaje-tiempo, cualquier valor de voltaje por encima de esta curva produce falla, cualquier valor de voltaje por debajo de esta curva, pero en las inmediaciones tendrá una cierta probabilidad de falla.

La función del descargador es la de reducir esta cierta probabilidad de falla a través de lo que conocemos como *margen de protección* que lo determina la curva de voltaje tiempo del descargador.

Existe un valor de norma recomendado para el margen de protección, expresado como un porcentaje mínimo con respecto al aislamiento que se requiere proteger y que está en el orden de un 20%.

3. Pautas a considerar en la selección de descargadores.

Los descargadores también son conocidos como apartarrayos y constituyen un elemento básico para la coordinación de aislamiento en las

protecciones de subestaciones y equipo eléctrico que la conforman.

La selección de los descargadores es determinante para una adecuada protección. La elección de las características nominales del descargador resulta un compromiso entre el nivel de protección y su capacidad de soportar sobrevoltajes.

Cuando en la selección de un descargador se incrementa su voltaje nominal con respecto al valor requerido o calculado, se nos presenta la siguiente condición:

Se incrementa la capacidad del descargador para soportar voltajes temporales, en otras palabras, es el máximo voltaje de operación continua, produce menor conducción de corriente, incrementando la vida del descargador, y se reduce el margen de protección.

Cuando se seleccionan voltajes nominales que son inferiores a los valores calculados, esto tiene condiciones opuestas a las anteriores y en el caso particular de incremento en el margen de protección, que representa una "aparente" ventaja, debemos ser cuidadosos, debido a que conduce con mayor frecuencia al máximo voltaje de operación continua, lo que trae como consecuencia la reducción de su vida.

La solución anterior, es aplicada únicamente en aquellos casos en que se conocen muy bien las variaciones de voltaje que tendrá el sistema y la efectividad de la conexión a tierra.

No estar seguro de estos factores, aumenta el número de fallas del descargador debido a que se reduce su tiempo de vida.

En líneas generales podemos acoger el criterio de que la elección del voltaje nominal de un descargador puede ser efectuada tomando como

referencia la forma de conexión de la puesta a tierra de los neutros de la instalación.

$$V_n = k V_{max}$$

La forma más común de conexión es el neutro sólidamente aterrado, para el cual

$$k = 0.8$$

4 Como elegir un descargador.

La selección de estos equipos la podemos realizar siguiendo estos pasos:

1. Obtener los parámetros del sistema.

- Máximo voltaje de operación continúa.
- Forma de conexión a tierra de los neutros.
- Los voltajes que aparecen en los nodos por fallas de la línea a tierra, estos se comparan con los máximos voltajes de operación continúa.

2. Como parámetros complementarios:

- El nivel céraunico en el punto de la instalación o densidad de rayos a tierra (DRT).
- La probabilidad de la corriente del rayo y su valor.
- La pendiente de la corriente del rayo
- La Impedancia característica de la línea.

3. Verificación de las condiciones normales de operación del sistema.

- Máximo voltaje que aparece durante los rechazos de carga.
- Voltajes que aparecen en la red en condiciones de contingencia.
- Pérdida de carga.
- Pérdida de transmisión
- Pérdida de generación

- Selección del voltaje nominal.

4.1 Obtención de los parámetros del sistema.

4.1.1 Máximo voltaje de operación continúa.

Este es un valor que se reporta de la experiencia de operación del sistema, pero con frecuencia se desconoce en cada punto de la red, ante esta situación generalmente se recomienda asumir este valor entre un 5% ó 10% por encima del voltaje nominal.

Condiciones durante una falla a tierra.

El disturbio más común en un sistema eléctrico de potencia, lo representa la falla de línea a tierra, la magnitud de voltaje transitorio que se presenta en las dos fases no falladas durante la falla a tierra, depende de la forma de conexión de los neutros a tierra y de los elementos capacitivos instalados en la red.

En los sistemas con neutros sólidamente conectado a tierra, los sobrevoltajes que aparece de fase a neutro en las fases no falladas es 80% del voltaje de fase a fase, siempre que la duración del disturbio no exceda los 3 segundos.

En los sistemas con neutros flotantes o neutro resonante, el factor de sobrevoltaje se asume como el 100%.

Los valores anteriores se deben verificar para cambios en la forma de conexión a tierra, por ejemplo, desconexión de neutro a tierra ó bien neutros de transformadores con terciarios puestos a tierra a través de reactancias.

Voltajes que aparecen por fallas del sistema.

El rechazo de carga es una condición que se presenta en forma normal durante pruebas de puesta en servicio de las unidades generadoras o bien cuando operan las protecciones de disparo automático de generación, dependiendo del valor de carga al cual se presenta esta condición existirá una elevación de tensión a la frecuencia

del sistema, que puede ser mayor o igual al máximo voltaje de operación continua.

4.2. Selección del voltaje nominal del descargador.

Lo primero que se debe hacer es determinar el voltaje continuo máximo que se puede hacer de acuerdo con estas dos reglas:

- ❑ Tomar como máximo voltaje de operación continua (MTOC) al valor de voltaje máximo de diseño del equipo.
 $MTOCFF = V_{max} F-F$ (4.3)
 $V_{nFF} = K_e V_{max} F-T$ (4.4)
- ❑ Tomar como máximo voltaje de operación continua (MTOC) al rango comprendido entre 5% a 10% sobre el voltaje nominal del sistema.

4.3. Filosofía de protección contra sobrevoltaje

En la actualidad el uso de descargadores de óxidos metálicos constituye el principal medio de protección contra sobrevoltajes de frente rápido y de frente lento en los sistemas eléctricos de potencia, no obstante, la protección de la subestación contra estos sobrevoltajes no es solo una cuestión de seleccionar el descargador. Es necesario considerar algunos otros factores entre los que se encuentran:

- Punto de instalación del descargador (consideración de la longitud del cable de conexión).
- Margen de protección considerando la posibilidad de una redacción en los niveles de aislamiento.
- Para ondas de frente rápido, la cercanía de la descarga o sobrevoltaje.
- La pendiente del frente de onda que posee la corriente del rayo.
- El efecto de energía con ondas de frente lento.

4.4. Punto de instalación del descargador.

El punto de instalación del dispositivo para la protección del equipo eléctrico en una subestación queda determinado por estos dos factores:

- El criterio del margen de protección adoptado.
- La disposición física del equipo.

En un principio un descargador debe proteger en primer término a los equipos con aislamiento no recuperable y mientras más cerca del equipo se instalen mayor es la protección que proporcionan, esto debido a que se considera prácticamente la caída de voltaje del propio descargador, en tanto que a mayor distancia influye esta caída de voltaje, la longitud del cable de conexión del descargador al equipo protegido.

El concepto anterior es más notorio en los descargadores de tipo auto valvular que opera con valores determinados de pendiente de frente de onda.

4.5. Margen de protección.

El margen de protección se define como la diferencia entre la tensión resistente de un aislamiento y el nivel de protección del descargador.

Este valor de acuerdo con normas se puede expresar en por ciento referido al nivel de protección del descargador.

MP es el Margen de protección

$MP = NBA - Tensión\ de\ protección * 100 / Tensión\ de\ protección$

El margen de protección se asocia a la distancia de instalación o de protección del descargador.

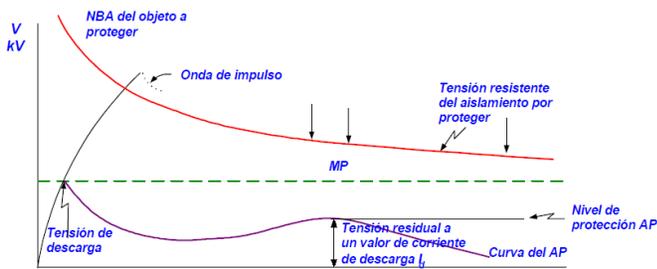


Figura 2. Curva de tensión resistente del aislamiento (Nivel de protección descargador)

El concepto básico establece que el margen de protección mayor se obtiene a la menor distancia con respecto al objeto protegido y el problema es entonces encontrar la distancia óptima considerando la disposición del equipo en la subestación y los equipos por proteger.

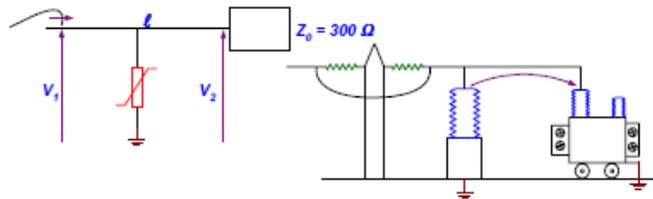


Figura 3. Distancia de instalación o de protección del descargador

L = distancia del AP al objeto protegido.

V_1 = Tensión residual del AP

V_2 = Esfuerzo de tensión o tensión aplicada que se obtiene en el objeto protegido.

$V_2 = V_1 + 2S_1L$: v : Velocidad de propagación de la onda en $m/\mu s$, en el caso de líneas aéreas es igual a la velocidad de la luz ($300 m/\mu seg.$)

S : pendiente del frente de onda expresada en kV/ms .

Su rango se encuentra 1000-2000 kV/ms