

Guía Para Mejorar El Comportamiento Bajo Descargas Tipo Rayo De Las Líneas Aéreas De Distribución Eléctrica

Norma IEEE Std 1410

Primera Parte

Versión Al Español Por El Ingeniero Adolfo Cano Hencker

Introducción

(Esta introducción no hace parte de la guía pero sí del documento original IEEE Std 1410).

Las descargas tipo rayo son la mayor causa de fallas de las líneas aéreas típicas de distribución. La creciente preocupación por la calidad de la energía eléctrica ha creado aún más interés en las descargas atmosféricas y el mejoramiento de las protecciones contra las descargas tipo rayo de las líneas aéreas de distribución está siendo considerado como una forma de reducir el número de interrupciones momentáneas y las disminuciones de voltaje.

Las descargas atmosféricas tipo rayo causan generalmente fallas temporales en las líneas aéreas de distribución. Si la falla es aclarada por un interruptor o por un conmutador, el circuito será cerrado exitosamente. En el pasado esto era aceptable, pero ahora con la proliferación de cargas sensitivas, las interrupciones momentáneas son una gran preocupación.

Las descargas atmosféricas tipo rayo pueden causar también fallas permanentes. Se cree que de las fallas causadas por descargas atmosféricas del 5% al 10% causan daño permanente al equipo (el proyecto EPRI 2542-1 reporta 9%). Las fallas temporales pueden causar interrupciones permanentes si la falla es aclarada por un elemento de protección de un disparo, tal como un fusible.

Estimar el comportamiento ante las descargas tipo rayo de una línea de distribución tiene mucha incertidumbre. Algunos de los puntos básicos tales como la intensidad de descargas medida por la densidad de rayos a tierra, DRT (GFD: Ground flash density), o estimar el número de descargas a una línea puede tener errores muy significativos. Muchas veces, estimaciones preliminares o prácticas generalmente aceptadas son tan efectivas como cálculos muy detallados. Esta guía trata de presentar estimaciones más acordes de fallas causadas por descargas tipo rayo.

El objetivo de esta guía es proveer los datos aproximados de las fallas causadas por descargas tipo rayo y la efectividad de varias opciones de mejoramiento.

Los datos aproximados usando esta guía pueden ser utilizados para comparar la protección mejorada para descargas tipo rayo con otros métodos de mejoramiento de la confiabilidad del sistema y de la calidad de la energía tales como los programas de corte de ramas de los árboles o esquemas de protección mejorados tales como el uso de equipos de recierre o seccionadores. Esta guía también será útil en la evaluación de las normas de diseño.

1. Resumen

Esta guía de diseño contiene información sobre los métodos para mejorar el comportamiento bajo descargas tipo rayo de las líneas aéreas de distribución. Esta guía reconoce que no existe un diseño de línea perfecto y que se deben hacer una serie de compromisos en cada diseño de línea de distribución. Mientras que algunos parámetros tales como el voltaje, el trazado y la capacidad pueden ser predeterminados, otras decisiones son tomadas a discreción del diseñador. El diseñador o proyectista puede ejercer control sobre el material y la geometría de la estructura, el apantallamiento y los sistemas de protección, la cantidad de aislamiento, el sistema de puestas a tierra y la colocación de pararrayos. Esta guía ayudará al diseñador de líneas de distribución a optimizar el diseño de la línea a la luz de las consideraciones costo - beneficio.

1.1 Alcance

Esta guía identificará los factores que contribuyen a las fallas causadas por descargas tipo rayo en líneas aéreas de distribución y sugerirá mejoras a las construcciones existentes y a las nuevas.

Esta guía está limitada a la protección de líneas de distribución para sistemas de tensión hasta de 69 kV.

Las consideraciones sobre protección de equipos están cubiertas en la IEEE Std C62.22-1991. (1)

1.2 propósito

El propósito de esta guía consiste en presentar alternativas para reducir los flameos causados por las descargas tipo rayo en las líneas aéreas de distribución.

2. Referencias

Esta guía será utilizada conjuntamente con las siguientes normas. Cuando estas normas sean reemplazadas por una nueva revisión aprobada, deberá aplicar dicha revisión. Estas referencias se actualizarán automáticamente durante el proceso de edición. (*)

3. Definiciones

- **Flameo inverso (descarga tipo rayo):** Un flameo del aislamiento resultante de una descarga tipo rayo a una parte de la red o de la instalación eléctrica que está normalmente a un potencial tierra.
- **Nivel básico de aislamiento al impulso, NBA (BIL) (Tensión nominal de prueba de impulso):** Capacidad de aislamiento al impulso de referencia expresada en términos del valor cresta de la tensión soportada de una onda estándar completa de tensión de impulso.
- **Voltaje de flameo de impulso crítico, VFIC (CFO) (aisladores):** El valor cresta de la onda de impulso que, bajo condiciones especificadas, causa flameo a través del medio que lo rodea en el 50% de las aplicaciones.
- **Descarga directa:** Una descarga directa tipo rayo a cualquier parte de la red o instalación eléctrica.
- **Línea de distribución:** Líneas de energía eléctrica que distribuyen energía desde una subestación de suministro principal a los usuarios, generalmente a tensiones de 34.5 kV o menos. Esta guía aplica a tensiones iguales o menores a 69 kV.
- **Flameo (general):** Una descarga disruptiva a través del aire alrededor o sobre la superficie de un aislante sólido o líquido, entre partes de diferente potencial o polaridad, producido por la aplicación de un voltaje en el cual la trayectoria del arco llega a estar lo suficientemente ionizada para mantener un arco eléctrico.
- **Electrodo a tierra:** Un conductor o un grupo de conductores en contacto íntimo con tierra con el fin de suministrar una conexión a tierra.
- **Densidad de descargas tipo rayo a tierra, DRT (GFD) (Ng):** El número promedio de descargas tipo rayo por unidad de área por unidad de tiempo en una ubicación particular.
- **Aislador tensor:** Un elemento aislante, generalmente de forma elongada, con huecos o ranuras transversales, cuya finalidad es aislar dos secciones de una retenida o de proveer aislamiento entre la estructura y el artificio de sujeción y también de proveer protección en el caso de una falla de los cables. Los aisladores de porcelana tipo tensor o tipo retenida están diseñados para someter la porcelana a esfuerzos de compresión, mientras que los aisladores de madera equipados con los herrajes apropiados son utilizados generalmente en esfuerzos de tensión.
- **Cable tensor o de retenida:** Un cable retorcido utilizado para soportar una tensión semi - flexible entre un poste o estructura y la varilla de anclaje, o entre estructuras.
- **Descarga indirecta:** Una descarga tipo rayo que no golpea directamente ninguna parte de la red pero que induce en ella una sobretensión.
- **Tensión inducida (descargas tipo rayo):** El voltaje o la tensión inducida en una red o en una instalación eléctrica por una descarga indirecta.
- **Primera descarga tipo rayo:** Una descarga tipo rayo a tierra iniciada cuando la punta de un líder escalonado descendente choca con un líder ascendente desde tierra.
- **Subsiguiente descarga tipo rayo:** Una descarga tipo rayo que puede seguir una trayectoria ya establecida por una primera descarga.
- **Descarga tipo rayo:** La descarga completa tipo rayo compuesta normalmente de líderes desde una nube seguidos de una o más descargas de retorno.
- **Salida por descargas tipo rayo:** Una falla de energía que viene después de un flameo por descarga tipo rayo y que resulta en una falla en el sistema de corriente, que requiere de la operación de un dispositivo de maniobra para aclarar la falla.
- **Desempeño de la línea ante las descargas atmosféricas:** El funcionamiento de la línea expresado como el número anual de flameos por descargas tipo rayo, tomando como base una milla de circuito o una milla de línea - torre. Ver protección contra descargas directas.
- **Pararrayos de óxido metálico, POM (MOSA):** Un pararrayos que utiliza elementos tipo válvula fabricados de óxidos metálicos con resistencias no lineales.
- **Cable de guarda en parte superior, CGPS (OHGW):** Cable o cables de línea de tierra colocados sobre las fases conductoras con el fin de interceptar descargas directas para proteger las fases conductoras de descargas directas. Ellas pueden tener puestas a tierra directa o indirectamente a través de pequeños gaps (espacios muy pequeños). Ver protección contra descargas directas.
- **Ángulo de apantallamiento:** El ángulo entre la línea vertical a través del cable de guarda o línea de tierra en la parte superior y las fases conductoras que pasan por debajo de ella. Ver protección contra descargas directas.
- **Cable de protección:** Cables de guarda colocados cerca de los conductores de fase con los siguientes fines:
 - Proteger las fases conductoras de descargas directas tipo rayo.
 - Reducir los voltajes inducidos de campos electromagnéticos externos.
 - Disminuir la auto - impedancia de un sistema de cable de guarda.
 - Aumentar la impedancia mutua del sistema de cable de guarda a los conductores de fase protegida.

- **Distancia explosiva (Spark gap):** Cualquier distancia corta entre dos conductores eléctricamente aislados o remotamente conectados eléctricamente uno a otro.
- **Pararrayos o supresor de ondas tipo rayo:** Un elemento protector para limitar los picos de voltaje sobre el equipo, desviándolos a picos de corriente y retornando el equipo a su estado original. El elemento puede repetir estas funciones como se estipula.

Nota. El término *pararrayos* como se utiliza en esta guía se entiende que significa *supresor de picos*.

4. Parámetros De Las Descargas Atmosféricas (Rayos)

4.1 Incidencia De Las Descargas Atmosféricas

Las descargas atmosféricas ocurren durante las tempestades, las ventiscas de nieve y otros fenómenos naturales. Sin embargo, en la mayor parte de las áreas, las tempestades son la fuente principal de las descargas atmosféricas. Las tempestades producen descargas atmosféricas dentro de la nube, nube a nube y nube a tierra. Las descargas atmosféricas dentro de la nube son las más frecuentes, pero las descargas atmosféricas nube a nube afectan las líneas aéreas de distribución. Durante un tormenta, las interrupciones de la energía son causadas por el viento y las descargas atmosféricas. Algunas veces se asume que interrupciones causadas por el viento, los árboles y equipo averiado, son generadas por descargas atmosféricas, lo cual hará que el número de interrupciones causadas por las descargas atmosféricas aparezca artificialmente alto.

En la mayor parte de las regiones del mundo, se puede obtener una indicación de la actividad de las descargas atmosféricas a través de los datos cerámicos (días de tormentas eléctricas por año). En la figura 1 se muestra el mapa de nivel isocerámico del mundo. El nivel cerámico es una indicación de la actividad regional de las descargas atmosféricas basada en cantidades promedio derivadas de los niveles de observación históricamente disponibles. Datos cerámicos más detallados o mapas de regiones específicas del mundo se encuentran disponibles. Una descripción más detallada de la actividad de las descargas atmosféricas se puede obtener a través de los mapas de densidad de descargas a tierra, DRT (GFD map), los cuales son creados de información obtenida vía sistemas de detección de rayos. Una muestra del mapa DRT (GFD map) de los Estados Unidos de América se muestra en la figura 2.

Sistemas de localización de descargas y sistemas de contadores de relámpagos han sido desplegados en Norte América y otras partes del mundo. Con suficiente experiencia, estos sistemas pueden proveer mapas detallados de densidad de descargas a tierra.

Los mapas DRT proveerán mucho más detalle y seguridad que los que se han tenido disponibles con datos de truenos. Sistemas de localización suministran también

cantidades estimadas que son más útiles y detalladas que los datos cerámicos. Adicionalmente, además de proporcionar la frecuencia de las descargas atmosféricas, el sistema suministra también la fecha, tiempo, localización, número de descargas, corriente estimada del pico y polaridad.

En algunas regiones del mundo, estos sistemas están próximos a completar datos suficientes (siete años como mínimo) para fines de diseño. Los mapas de densidad de descargas a tierra, mapas DRT (GFD maps) se están utilizando actualmente en el diseño de líneas de distribución, para estimar los flameos causados por las descargas atmosféricas y para muchos otros tipos de análisis de descargas tipo rayo.

La confiabilidad de una línea de distribución depende de su exposición a las descargas tipo rayo. Para determinar la exposición, el diseñador de la línea de distribución necesita conocer el número anual de descargas por unidad de área por unidad de tiempo. Esta densidad de descargas a tierra puede determinarse de varias maneras.

La densidad de descargas a tierra, DRT puede estimarse del nivel cerámico usando la ecuación (1):

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25} \text{ (descargas /km}^2\text{/año) (1)}$$

Donde

T_d = Número de días de tormentas por año (nivel cerámico)

Otra forma de estimar la densidad de descargas es a través de los registros de horas de tormentas, como sigue:

$$N_g = 0.054 T_h^{1.1} \text{ (2)}$$

El promedio estimado de la densidad de descargas puede obtenerse directamente de los datos de detección de rayos de la red o de contadores de descargas. Si se dispone de datos por suficientes años, se tiene la ventaja de poder identificar variaciones regionales.

Las descargas atmosféricas y las tasas de interrupciones causadas por ellas presentan una variación considerable año tras año. La desviación estándar histórica por año de mediciones de actividad de descargas varía de 20% a 50% del promedio. El promedio estimado de la DRT para regiones pequeñas tales como 10x10 km presentan una desviación estándar alta de 30% a 50% del promedio. Regiones más grandes tales como 500x500 km presentan una desviación estándar más baja de 20% a 25% del promedio. En áreas de bajos niveles de actividad de descargas la desviación estándar relativa es alta.

Con estas desviaciones estándar tan altas, se requiere de muchos años de toma de datos para lograr un promedio estimado lo suficientemente seguro. Esto es especialmente cierto cuando usamos datos de descargas a tierra para una región localizada o se estiman las tasas de interrupciones causadas por descargas tipo rayo en una línea de distribución utilizando los datos de salidas totales.

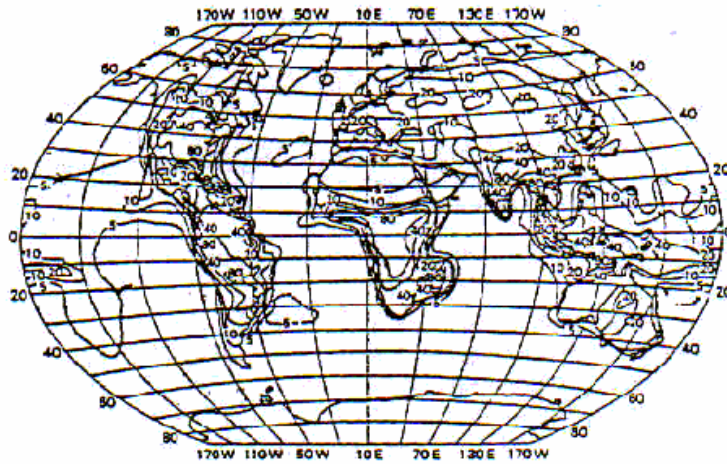


Figura 1

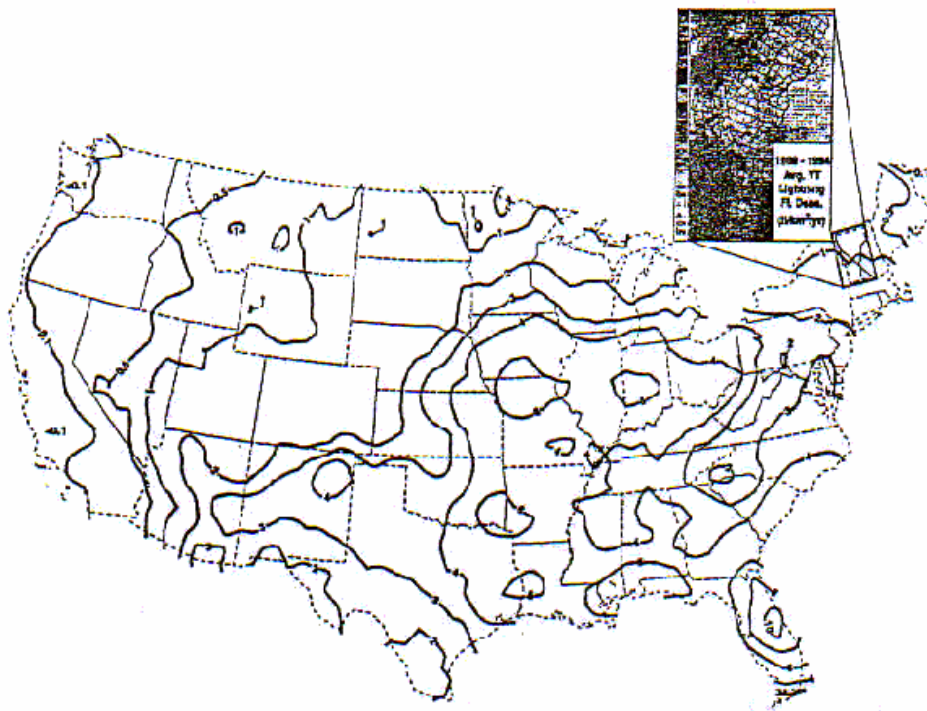


Figura 2

4.2 Características Eléctricas Del Rayo

Distribuciones De La Corriente Pico

Del amplio resumen de parámetros de descargas atmosféricas presentado por el Grupo de trabajo 33.01 del CIGRE (que se muestra en la tabla 1), para una primera descarga, la variación de la corriente pico del rayo, lo puede aproximarse a la distribución logarítmica normal.

A fin de manejar la distribución probabilística de los valores pico de corriente en una forma simple, se adopta la siguiente expresión:

$$P(I_0 \geq i_0) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I_0}{31}\right)^{2.6}} \quad (3)$$

La ecuación (3) muestra la probabilidad de la corriente pico del rayo i_0 , debe ser igual o mayor que un valor dado de i_0 [kA].

5. Comportamiento De Las Líneas Aéreas De Distribución Ante Las Descargas Tipo Rayo

Esta sección describe como se estima el número de flameos directos e inducidos para circuitos de distribución. Las descargas tipo rayo pueden explicar muchas de las interrupciones de energía en las líneas de distribución. Dichas descargas pueden causar flameos por:

- Descargas directas
- Tensiones inducidas por descargas cercanas

Las descargas directas sobre líneas de distribución de energía generan flameo del aislamiento en la mayoría de los casos. Por ejemplo, un rayo tan pequeño como de 10 kA podría producir una sobretensión de cerca de 2000 kV, la cual está excesivamente distante de los niveles de sobretensión de líneas que operan hasta 69 kV. Sin embargo, la experiencia y las observaciones muestran que muchas de las salidas relacionadas con las descargas tipo rayo de las líneas de bajo aislamiento son ocasionadas por rayos que chocan con tierra en las proximidades de la línea. Muchas de las tensiones inducidas por rayos en líneas de distribución que terminan cerca de la línea son inferiores a 300 kV. Los rayos pueden ser recolectados por objetos muy altos, de tal modo que la altura y la distancia de la línea de distribución a puntos de resguardo tales como árboles y edificios tendrá influencia en el comportamiento de la línea ante las descargas tipo rayo.

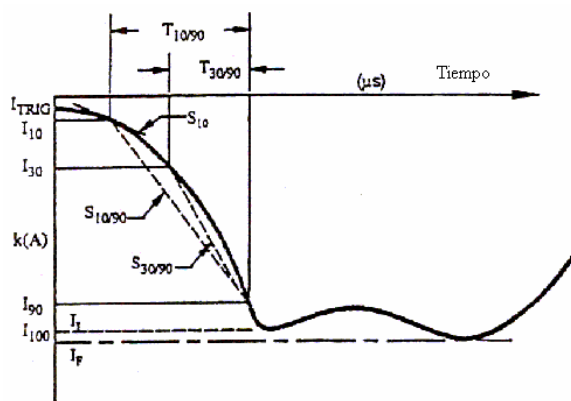


Figura 3. Descripción de los parámetros de las ondas tipo rayo

5.1 Descargas Tipo Rayo En Líneas Aéreas

• Altura de la estructura

Las descargas atmosféricas pueden tener un efecto muy significativo en la confiabilidad de una línea, especialmente si sus postes son más altos que el medio que la rodea. Muchos rayos son recolectados por las estructuras más

altas. La rata de recolección de rayos N , en campo abierto (sin árboles o edificios en la cercanía), es estimada de acuerdo a la ecuación de Eriksson.

$$N = N_g \left(\frac{28h^{0.6} + b}{10} \right) \quad (4)$$

Donde:

- h = Altura del poste (m)
- b = Ancho de la estructura (m)
- N_g = Densidad de descargas (rayos/km²/año)
- N = Rayos/100km/año

Para la mayoría de las líneas de distribución el factor b , ancho de la estructura, es despreciable.

De la ecuación (4), si la altura del poste se aumenta un 20%, la rata de rayos a la línea de distribución se incrementará en un 12%. Nótese que una línea de distribución puede recolectar muchos más rayos de los que se hubieran podido predecir en el modelo $4xH$, el cual fue utilizado durante varios años. En el modelo $4xH$, el número de rayos recolectado por la línea de distribución fue estimado por un ancho de dos veces la altura de la línea, en ambos lados de la línea.

La exposición de la línea de distribución a las descargas tipo rayo depende de qué tanto sobresalen las estructuras por encima del terreno aledaño. Estructuras localizadas en lo alto de las montañas, cordilleras o cerros serán más vulnerables a las descargas tipo rayo que aquellas protegidas por medios naturales.

• Protecciones por árboles y estructuras cercanas

Árboles y edificios pueden jugar un papel preponderante en el comportamiento de las líneas de distribución a las descargas atmosféricas. Los árboles y los edificios pueden interceptar muchas descargas tipo rayo que de otra manera pudieran caer sobre la línea. El factor de protección S_f , se define como la porción por unidad de una línea de distribución protegida por objetos cercanos. El número de descargas a la línea es entonces

$$N_s = N(1 - S_f) \quad (5)$$

Un factor de protección de 0.0 significa que la línea de distribución está en campo abierto y que no dispone de objetos para protecciones en las cercanías, y un factor de 1.0 significa que la línea de distribución está completamente protegida contra descargas directas tipo rayo.

La figura 4 muestra los medios para aproximarse a los factores de protección con objetos de varias alturas, para una línea de distribución de 10 metros de altura. Se asume que los objetos están en una línea uniforme y paralela a la línea de distribución. Se podría representar como una hilera de árboles o edificios paralela a la línea de distribución.

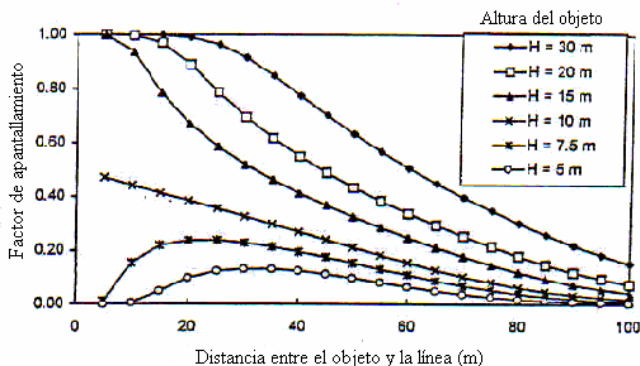


Figura 4. Factores de protección por cercanía de objetos de diferentes alturas para una línea de distribución de 10 metros de altura

La figura 4 puede utilizarse también para objetos que están ubicados en ambos lados de la línea de distribución si se suman los factores de protección para los lados derecho e izquierdo (si la suma de los factores de protección es mayor de uno, entonces el factor total de protección es igual a uno). Como un ejemplo, consideremos una línea aérea de distribución de 10 metros de altura con las siguientes filas de edificios en cada lado:

- Una fila de edificios de 7.5 m de altura, 30 m a la izquierda de la línea de distribución ($S_f=0.23$)
- Una fila de 15 m de altura, 40 m a la derecha de la línea de distribución ($S_f = 0.4$)

Si la densidad de descargas a tierra DRT, es de 1 descarga/km²/año, el número de rayos directos sobre la línea aérea de distribución en campo abierto sería de 11.15 descargas/100 km/año, [de la ecuación (4)]. Con las filas de edificios se podría reducir a

$$\begin{aligned}
 N_s &= N(1 - (S_{f_{izquierdo}} + S_{f_{derecho}})) \\
 &= 11.15 [1 - (0.23 + 0.4)] \\
 &= 4.12 \text{ descargas/100 km/año}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

A menos que el aislamiento de la línea de distribución esté protegido con cable de guarda o con pararrayos, todas las descargas directas tipo rayo causarán flameo sin considerar el nivel de aislamiento, el espaciado entre conductores o las puestas a tierra. Por lo tanto, para estimar el número de flameos debidos a descargas directas tipo rayo, usamos la ecuación (4) para una línea de distribución en campo abierto, o las ecuaciones (4) y (5) para una línea parcialmente protegida. Se asume que todos los flameos causarán fallas en los circuitos de distribución.

5.2 Flameos Por Tensiones Inducidas

De acuerdo a Rusck, la máxima tensión que puede ser inducida en una línea de energía en el punto más cercano al rayo puede estimarse por:

$$v_{\max} = 38.8 \frac{I_0 * ha}{y} \tag{7}$$

Donde:

- lo: es la corriente pico de la descarga.
- ha: es la altura promedio de la línea sobre el nivel de tierra.
- y: es la distancia más corta entre la línea y la descarga tipo rayo.

La ecuación (7) es utilizada para un conductor simple, infinitamente largo sobre una tierra perfectamente conductora. Un cable neutro a tierra o un cable protegido en la parte alta reducirá la tensión a través del aislamiento por un factor que depende de las puestas a tierra y de la proximidad del cable de tierra a las fases conductoras. Este factor varía típicamente entre 0.6 y 0.9.

La frecuencia de flameo por las tensiones inducidas puede aumentarse dramáticamente para los bajos niveles de aislamiento. La figura 5 presenta la frecuencia de flameo como una función del voltaje de flameo de impulso crítico VFIC, (CFO) de la línea. La figura 5 muestra resultados para dos configuraciones de puestas a tierra. El circuito sin conexión a tierra no dispone de cable de neutro a tierra ni del cable protegido, tal como ocurre con el circuito de tres líneas sin puesta a tierra o el de cuatro líneas con una puesta a tierra. Los resultados para un circuito con puestas a tierra son los de un circuito con un cable neutro a tierra o un cable protegido en la parte alta. El circuito con puestas a tierra presenta muy pocos flameos para un VFIC dado debido a que el cable de puesta a tierra reduce el esfuerzo de la tensión a través del aislamiento. Las disposiciones de los circuitos sin conexión a tierra o con una puesta a tierra, sin embargo, pueden presentar mayores tendencias a presentar voltajes de flameo fase a tierra más altos que una disposición de circuito equivalente con multipuestas a tierra, debido a la falta del cable de neutro a tierra. Los valores están normalizados para una densidad de descargas, DRT (GFD) de una descarga /km²/año y una altura de la línea de distribución de 10 m. Los resultados se pueden escalar linealmente con respecto a la longitud y el DRT (GFD).

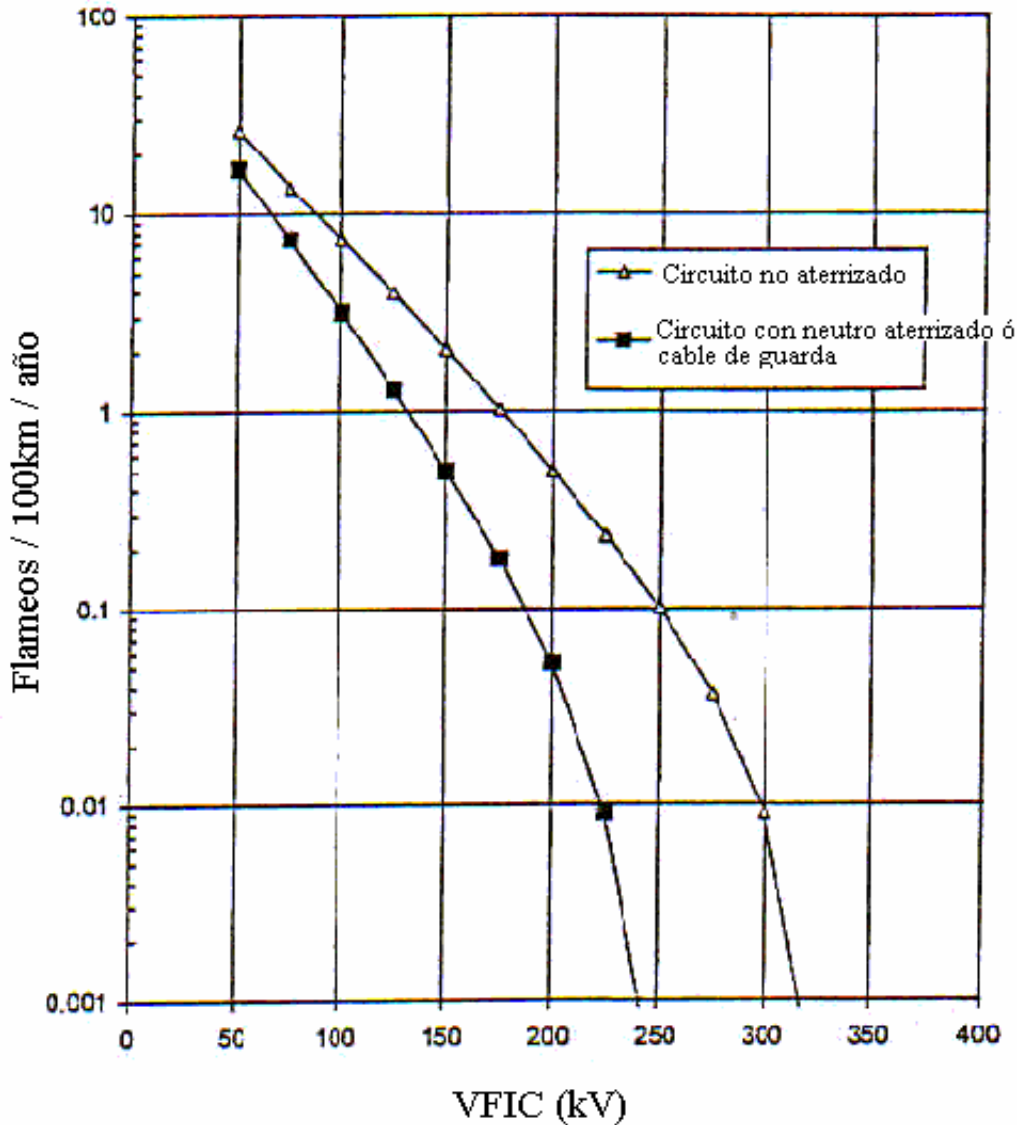


Figura 5. Número de flamaos de tensiones inducidas versus nivel de aislamiento de la línea de distribución, voltaje de flamao de impulso crítico, VFIC en kV

Los resultados mostrados en la figura 5 son para una línea de distribución en campo abierto sin edificios y sin árboles en la cercanía. El número de flamaos inducidos depende de la presencia de objetos cercanos que puedan proteger la línea de descargas directas. Esto puede incrementar los flamaos por voltajes inducidos debido a que ocurren muchas descargas en las áreas cercanas.

Como un punto de referencia, una línea de distribución en campo abierto con una altura de 10 metros y con una densidad de descargas a tierra, DRT de 1 descarga/km²/año tendrá aproximadamente 11 descargas /100 km/año debidas a descargas directas, utilizando la ecuación (4). En campo abierto, las tensiones inducidas serán un problema solamente para líneas con muy bajos niveles de aislamiento. Por ejemplo, el número de flamaos por tensiones inducidas excederá el número de flamaos por descargas directas para un circuito sin puestas a tierra solamente si el voltaje de flamao de impulso crítico VFIC (CFO) es inferior a 75 kV (de la figura 5). En áreas

protegidas, los flamaos generados por tensiones inducidas son los de mayor preocupación. Típicamente, una suposición que se utiliza para líneas de distribución es que si el voltaje de flamao de impulso crítico es mayor o igual a 300 kV los flamaos por tensiones inducidas serán eliminados. Casi todas las mediciones de tensiones inducidas han sido inferiores a 300 kV, y la figura 5 indica que una línea con voltaje de flamao de impulso crítico mayor de 300 kV tendrá muy pocos flamaos generados por tensiones inducidas.

Otro factor a considerar es que la mayoría de las líneas de distribución tienen transformadores de distribución protegidos con pararrayos, los cuales proveen algún grado de reducción de los flamaos por tensiones inducidas. Sin embargo, esta reducción puede llegar a ser pequeña en centros rurales y suburbanos.

6 Nivel De Aislamiento De La Línea De Distribución

Esta guía de diseño pretende ayudar al ingeniero de diseño del sistema de distribución a optimizar las capacidades de los aislantes ante las descargas tipo rayo en las líneas aéreas de distribución. Muchas de las construcciones aéreas utilizan más de un material aislante para protección contra las descargas atmosféricas.

(*) Referencias:

IEEE StdC62.22-1991, IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating Current Systems (ANSI).

Si desea cambiar su dirección electrónica, suscribir a un colega, solicitar ediciones anteriores o borrarse de la lista de distribución, envíenos un mensaje a:

carango@gamma.com.co

Atn Ing. Claudia Arango Botero.

Visítenos en nuestra página Web:

<http://www.gamma.com.co> o www.corona.com.co