

Metodología para realizar análisis en condiciones extremas de los cables de guarda con fibra óptica para mejoramiento de su vida útil

JURADO-PEREZ, Fernando†, ALVARADO-MARTÍNEZ, José Juan, GONZÁLEZ-CABRERA, Néstor, TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto.

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato - Silao Km. 12.5, C.P. 36821 Irapuato, Gto.

Recibido 7 de Enero, 2017; Aceptado 15 de Marzo, 2017

Resumen

En la presente investigación se visualiza una revisión del desarrollo y del estado del arte de las condiciones extremas a las que son sometidos los cables de guarda con fibra óptica en los que se determina su desgaste ante las inclemencias climáticas. El cable está diseñado para ser instalado en las líneas de alta tensión y debido a sus características debe cumplir dos funciones indispensables, primero actuar como blindaje protegiendo las líneas que transmiten la energía eléctrica de descargas atmosféricas así como de eventuales cortocircuitos y la segunda que está constituido en un medio de comunicación a alta velocidad a través de las fibras ópticas. Derivado del desprendimiento de los hilos del cable lo cual es asociado a las descargas atmosféricas incidentes en las líneas de transmisión comúnmente ubicadas en las zonas montañosas.

Descargas atmosféricas (DA). Corto circuito CC Normativa IEC – NOM

Abstract

In the present investigation a review of the development of the extreme conditions to which the guard cables with fiber optics are subjected in which their wear is determined against the inclemency climatic. The cable is designed to be installed in the high voltage lines and due to its characteristics must fulfill two indispensable functions, first act as shielding protecting the lines that transmit the electrical energy of lightning as well as of eventual short circuits and the second that is constituted in a medium of communication at high speed through the optical fibers. Derived from the detachment of the cable wires which is associated to the atmospheric discharges incident on the transmission lines commonly located in the mountainous areas.

Atmospheric releases (DA). Short DC circuit IEC standard - NOM

Citación: JURADO-PEREZ, Fernando, ALVARADO-MARTÍNEZ, José Juan, GONZÁLEZ-CABRERA, Néstor, TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto. Metodología para realizar análisis en condiciones extremas de los cables de guarda con fibra óptica para mejoramiento de su vida útil. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-1:32-41

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El cable de guarda con fibra óptica OPGW (por sus siglas en inglés) está diseñado para ser instalado en líneas de alta tensión y debido a sus características cumple dos funciones: Actuar como blindaje protegiendo a las líneas que transmiten la energía eléctrica de descargas atmosféricas y de eventuales cortocircuitos además se constituye en un medio de comunicaciones a alta velocidad a través de la fibra óptica.

La problemática o daño que se presenta en este tipo de cable es el desprendimiento de los hilos del cable generalmente asociado con la presencia e impacto de descargas atmosféricas que inciden en el cable lo cual se puede apreciar en la Fig. I y en especial en las líneas de transmisión cuyas trayectorias se ubican en zonas montañosas.

Los daños presentan características de altas concentraciones de energía localizadas en puntos específicos del cable, capaces de generar fusión y desprendimiento de hilos, la Fig. II muestra este efecto en el cable de guarda, para ello el fenómeno asociado posee una elevada energía en tiempos cortos o en menor energía en tiempos más largos. Se ha determinado que el primer caso está asociado con descargas atmosféricas y el segundo está asociado con condiciones de corto circuito (CC).



Figura 1 Efectos del desprendimiento de hilos del cable en las Líneas de alta tensión.



Figura 2 Efectos de la inducción de rayos, descargar atmosféricas y o bien cortocircuitos en los cables de guarda

Como se ha mencionado es necesario realizar el análisis y estudio del cable considerando la aplicación del fenómeno relacionado con descargas atmosféricas sobre el cable de guarda bajo condiciones controladas, con el fin de determinar en lo posible las causas de daño y medidas de solución.

Se sabe que las descargas atmosféricas representan un número considerable de las fallas que ocasionan las salidas de líneas de transmisión, por lo tanto es prioridad conocer el efecto que causa las descargas atmosféricas sobre el blindaje del cable en las torres de transmisión.

A nivel nacional las descargas atmosféricas representan el 45 % de fallas en los niveles de tensión 69 kV a 400 kV por lo tanto el uso de un buen blindaje en los sistemas eléctricos ayuda reducir significativamente los daños causados por las descargas atmosféricas.

La intención de utilizar la luz como soporte de una transmisión propuesta en 1880 por Alexander Graham Bell, el cual utilizó un haz de luz en el que pretendía llevar información, pero se dedujo que la transmisión de ondas de luz por la atmosfera de la tierra no era práctica debido al vapor de agua, oxígeno y partículas de aire absorben y atenúan las señales en la frecuencias de luz.

Los sistemas de comunicación óptica tienen un primer referente hacia 1970, cuando se detectó lo ineficiente que sería el cable de cobre ante el cable de fibra óptica para redes de comunicación. De tal forma que la industria de las telecomunicaciones invirtió en la investigación que derivó en la fibra óptica. Siendo una atractiva opción en las líneas de transmisión alámbricas tal cual es el cable de par trenzado y coaxial.

Así por lo tanto se ha investigado la forma de transmitir usando una línea de transmisión de alta confiabilidad que sea capaz de soportar perturbaciones desde el exterior, una guía llamada fibra óptica la cual transmite información.

A continuación se describe algunas de las investigaciones referentes al desarrollo del cable de guarda con fibra óptica.

Revisión del estado del arte

(Meya & V. Chatziathanasioub, 2012) Propone una fórmula teórica simple para el cálculo de la conductividad térmica eficaz. El método se verifica mediante simulaciones numéricas y resultados experimentales.

(Peres, Guerreiro das Neves, Almeida, & Maló Machado, 2013) Propone un método preciso, ya que se tienen en cuenta los efectos de proximidad entre los conductores. La validación del método se realiza mediante la comparación experimental con un software profesional y los resultados analíticos con los obtenidos utilizando el método numérico propuesto. Un condensador no concéntrico cilíndrico se utiliza para la validación analítica y un cable de alimentación trifásica se utiliza en las pruebas experimentales.

(Dmitriev & Gonzalez, 2013) Presenta un análisis térmico-eléctrico de cables de alambre de tierra óptico en régimen de cortocircuito.

La investigación se realiza por medio de las ecuaciones acopladas, es decir, los efectos eléctricos y térmicos se analizan simultáneamente. Este análisis eléctrico se basa en la teoría del campo electromagnético donde se tienen en cuenta el efecto pelicular y de proximidad. Así como para el análisis térmico, se utilizan los principios de transferencia de calor por conducción y el equilibrio térmico. El análisis se realiza para tres tipos de cables, Uno de ellos es un cable existente y los dos cables propuestos son modificaciones del existente. La densidad de corriente y la distribución de la temperatura en las secciones transversales de estos cables se presentan y analizan.

(Lu, Liang, Binglin, & Guo, 2014) Propone un sistema de prueba con un ánodo eléctrico con alta corriente pulsada y un electrodo negativo se adopta para formar el sistema de impulso de rayo con el tiempo de duración de 200 ms para la simulación. Se considera un proceso de liberación de calor en la posición de rayo, y un sensor de temperatura de fibra óptica distribuida (DOFTS por sus siglas en inglés) se emplea para localizar el rayo. En el experimento, el rayo simulado con 100 C y 200 C de descarga eléctrica, pero en la parte interior del OPGW el aumento de la temperatura captada por el DOFTS es de sólo varios grados Celsius y el límite de la resolución espacial de los DOFTS. Los resultados experimentales demuestran que DOFTS tiene un excelente potencial para el mantenimiento de línea de transmisión de energía eléctrica y es importante para mejorar la resolución espacial para aplicaciones adicionales de DOFTS en ingeniería.

(Jie & Gang, 2009) Propone un algoritmo de integración para analizar las propiedades térmicas de compuestos de cables de tierra de fibra óptica OPGW.

Este método puede resolver el efecto piel por la función de distribución y estado inicial por cálculo numérico, y el rendimiento de intercambio de calor durante el corto circuito de impulso de corriente. Los resultados del experimento muestran que el método propuesto es preciso y eficaz. Aplicando el método propuesto para varios cables tipo tierra el cual se utiliza a menudo, la relación entre sus propiedades de estructura, material y térmicas se analiza en detalle. Los resultados del análisis muestran que el análisis de la propiedad térmica es importante en la elección del tipo de productos OPGW y su operación y mantenimiento.

(Nassereddine, Hellany, & Rizk, 2014) Presentan un cable de tierra óptico en el cual combinan las funciones de conexión a tierra y de comunicaciones para la línea de transmisión de energía. Las piezas de conexión a tierra lo exponen a la tierra potencialmente de aumento. Las partes de comunicaciones requiere la unión de la fibra óptica para garantizar la continuación de la señal entre los extremos. Además analizan la mitigación para asegurar cumplimientos de seguridad.

(Martin Regalado Josep, Bertaina, & Provost, 2014) Este trabajo presenta una solución al OPGW adecuada para las condiciones de instalación extremas donde se requiere una atenuación baja y una alta longitud extraordinaria de cable de fibra. El diseño de cable se basa en un tubo con orificio pequeño centrado en el PBT con fibras ópticas insensibles 24 G.652D de plegado dentro de un tubo de aluminio extruido. Una longitud de fibra en exceso (EFL) de 0,9% permite conseguir el requisito de tensión cero fibra (<0,05%) a 95% de la resistencia a la rotura del cable. Las fibras cableadas muestran coeficientes de atenuación por debajo de 0,20 / 0,22 dB / Km @ 1550/1625 nm.

(Kang, Jing Jing , & Gang Qian, 2013) Presentan un enfoque a mejorar las propiedades geométricas de la fibra óptica durante la fabricación de gran tamaño pre-forma de la fibra óptica. Analizan el proceso de sintonización de OVD. Basado en las propiedades térmicas de vidrio de cuarzo, la relación de la temperatura de sintonización y la transición vítrea a la par se estudió la temperatura (Tg). Mediante la mejora de los equipos de sintonización y el proceso de sintonización, las propiedades geométricas de la fibra óptica se han optimizado, y finalmente verifican el resultado de la fibra óptica.

(Lu, Binglin , & Jinghong , 2014) Presentan un cable de tierra de fibra óptica el cual utilizan como la línea de tierra para proteger los instrumentos de energía eléctrica y también como una línea de transmisión de información para la comunicación del sistema de energía eléctrica. De tal modo visualizar una manera eficaz de supervisar el estado del OPGW, a fin de evitar algunos de los peligros posibles que pueden conducir fallo de alimentación o proporcionar la recuperación de energía rápida después de que ocurre la falla. Por lo tanto proponen sensores de fibra óptica distribuidos a lo largo del cable para un mejor mantenimiento del cable, debido a que se puede controlar la confiabilidad de la transmisión de fibra óptica lineal y detectar la temperatura y / o la tensión a lo largo del cable.

(Nishimura, D. Cicarelli, & Rudy Arellano, 2006) Presenta la puesta en marcha de la instalación del OPGW en la línea de transmisión existente en la cual se desarrolla una metodología llamada "Carrier" la cual consiste en el uso de un portador autopropulsado que se desliza sobre el alambre de conexión a tierra existente, mientras es jalado de una cuerda y apoyado con posicionamiento de varias poleas dobles.

El OPGW se encadena mediante poleas y luego reemplaza el cable de tierra existente en su caso. En este trabajo se describe la experiencia de varios encordados OPGW, incluyendo la metodología y herramientas utilizadas, las ventajas y los principales resultados obtenidos. Además, se muestra cómo se llevó a cabo la formación del equipo y las medidas de seguridad emprendida.

(Aguiar & Soteldo Pérez, 2006) Presenta el historial de CVG EDELCA que ha construido líneas aéreas de transmisión que emplean cables similares en lugar del cable de tierra convencional, y hoy en día, representa la tarea de reemplazar el cable de tierra convencional por cable OPGW en aproximadamente 1.366 kilómetros de líneas de transmisión en vivo por encima. Es importante revisar las normas, recomendaciones de los fabricantes, las configuraciones de cable OPGW, selección de materiales y pruebas de criterios de aceptación, con el fin de tenerlas en cuenta para la realización de especificaciones de ingeniería del cable de tierra óptico, y de esta manera, para asegurar la calidad de la transmisión de datos y el comportamiento electromecánico del cable, de acuerdo a los requisitos ópticos, físicos, eléctricos y mecánicos del proyecto.

(Du, Zhang, & Wenbo, 2006) Presenta la utilización de un OPGW como un pararrayos para líneas de transmisión de energía eléctrica, en donde la caída de rayos son inevitables, ya que a menudo causan el deshila-miento del OPGW o bien se rompan. Estos accidentes son graves amenazas para la transmisión de información normal. Basado en el fenómeno de la caída de rayos incidentes en el OPGW, este documento confirma que la alta temperatura del arco y de las formas de trueno es la razón principal de roturas de alambre, que analiza los factores del efecto de rotura de hilo en diferentes condiciones y las medidas de protección de cables eléctricos.

(Ali & Ahmad Alvi, 2008) Presenta un enfoque industrial referente a KESC empresa de servicios eléctricos involucrados en Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica en Karachi, Pakistán. El número total de consumidores de KESC hasta la fecha es de alrededor de 2,0 millones de dólares. KESC comenzó a instalar OPGW para proporcionar datos al sistema SCADA en 1998 y hasta el año 2006 se instala alrededor de 151 kilómetros OPGW. Estos cables OPGW conectan el sistema SCADA de 8 centrales de generación, incluyendo las estaciones de generación de KESC y 56 estaciones de la red de productores independientes. En el curso de la prueba y la vigilancia de la OPGW instalado, se reveló que el OPGW instalado en varias líneas de transmisión ha sido dañado.

(Günday & Eser Karlık, 2013) Presentan el OPGW que se utiliza generalmente para proteger a los conductores de fase de los cables de tendido eléctrico de altas corrientes de descarga, debido a la caída de rayos y aumento de corriente instantánea debido a cortocircuitos o averías, así como para proporcionar la transmisión de datos para fines de telecomunicaciones. Cables OPGW expuestos a efectos de los factores ambientales como el viento, la lluvia, la humedad y la nieve así como los efectos de refrigeración / calefacción de cortocircuitos y aumenta la corriente instantánea que ocurren en el conductor de fase. Cuando el cable OPGW está expuesto a esos efectos, las deformaciones se producen en el aislamiento del cable, por él, en el tiempo de exposición al disturbio de temperatura. El estudio se referencia en el efecto Raman basado (DTS), que implica los tópicos de la temperatura y las variaciones térmicas de deformación que se producen a lo largo de la OPGW.

(Yuqing, Xi, & Chen, 2015) Presentan el campo de aplicación de la forma compuesta del OPGW el cual ayuda a evitar los desastres y reducir las pérdidas, y a operar la seguridad de la línea de transmisión. En este trabajo presentan un esquema de fusión del hielo, logrado a través de la combinación de un nuevo cable de tierra OPGW y la tecnología de medición de temperatura de fibra óptica distribuida, Investigaron como resolver el problema de la fusión del hielo y control de la temperatura del cable de tierra. Primeramente se introdujo la estructura básica de OPGW esquema de fusión del hielo, y luego se centra en las características de distribución y variación de la temperatura de fusión del hielo del nuevo cable de tierra OPGW. Y en tercer lugar, a través de un análisis exhaustivo de los elementos de convección de calor en el campo de temperatura de fusión de hielo y los elementos de tiempo de la fusión del hielo, por encima de estos, se ha propuesto un esquema bien diseñado en combinación con la tecnología con enfoque en la temperatura de fibra óptica distribuido mediante medición y la estructura OPGW incrustada, que puede adaptarse para controlar con eficacia el proceso de fusión del hielo del cable a tierra, para ajustar las estrategias de fusión en tiempo real, y para acortar el tiempo de fusión.

(Xie Shu-Hong, Ri-Sheng, & Yong-Jun, 2013) Proponen en esta investigación la capacidad de soportar la caída de rayos por cables OPGW utilizando ultra alto voltaje (UHV) de líneas de transmisión de energía. Con los mismos días de tormenta promedio anual, el promedio de la carga eléctrica transferida a 1000 kV de mayor magnitud que la de 500 kV. y se determino un mejoramiento del rendimiento del OPGW contra la caída de rayos es utilizar un alambre trenzado estructural todo de acero revestido aluminio, y para aumentaron el diámetro de los alambres de la capa exterior tanto como sea posible.

Hay tres tipos de cables OPGW con diferentes estructuras las cuales han sido diseñadas y fabricadas para líneas de transmisión UHV. Las pruebas arco de potencias simuladas al relámpago en ambos casos con 200 y 250 Coulomb (C) las transferencias de carga se llevan a cabo en tres tipos de muestras. Después de todas las pruebas, casi no hay aumentos de atenuación de la fibra monomodo en longitud de onda de 1550 nm.

(Iwata, Ohtaka, & Kuzuma, 2012) Presentan que algunos hilos metálicos del OPGW a veces se funden y se rompen por la caída de rayos. De tal manera, se han realizado pruebas de arco de corriente continua que simulan la caída de rayos para obtener su fusión y características de ruptura. Se realizó una investigación sobre los cálculos con respecto a estas características de fusión y realizan teniendo en cuenta el calor transferido y su área desde el arco a los hilos. Las características de fusión de hilos se calculan con una corriente de arco de 0,1 a 100 kA, teniendo en cuenta la corriente prescrita en la norma IEC y la corriente de rayo real medida. Los resultados del cálculo de la duración de fusión de los hilos en función de la corriente de arco muestran un buen acuerdo con los valores experimentales obtenidos en pruebas de arco de CC.

(Karabay, 2013) Propone una nueva generación de OPGW para soportar fallas en las pruebas de rayos y la superación de sus efectos destructivos. La estructura compuesta diseñada para líneas de transmisión de Turquía se compone de seis alambres de acero galvanizado, un tubo de acero inoxidable con fibras de vidrio y 12 múltiples alambres de aluminio AA6101 aleación. Las muestras de prueba de prototipo OPGW logran pasar con éxito los requisitos de cortocircuito, pero no en las pruebas de caída de rayos.

En consecuencia, una modificación material se aplica por la alimentación 3% aleación madre AIB2 como una varilla de 9,5 mm en el metal fundido cuando el metal fluye desde el horno de fusión en el registro vertical del molde de fundición.

(Iwata, Ohtaka, & Kuzuma, 2013) Presenta una deducción que algunas de las cadenas de cable de tierra de fibra óptica compuesta (OPGW) a veces se funden y se rompen por la caída de rayos de alta energía. Se han realizado pruebas con arco de corriente continua que simulan la caída de rayos para obtener la fusión y características de rotura de los hilos de alambre del OPGW. Las pruebas tienen que ser realizadas bajo muchas condiciones relativas a la del arco (por ejemplo, la duración, la polaridad, longitud de hueco de corriente) y el caso del OPGW (por ejemplo, el tamaño, el tipo y número de hilos) para aclarar la fusión y las características de ruptura de los hilos. Asu vez presenta, los cálculos sobre las características de fusión de las cadenas se llevan a cabo teniendo en cuenta el calor transferido y su área desde el arco potencia en los hilos con las condiciones previamente mencionadas. Las características de fusión de los hilos se calculan con una corriente de arco de 1-100 kA teniendo en cuenta la corriente medida de un rayo real. Los resultados del cálculo de la duración de la fusión de los hilos de alambre del cable muestran estar en acuerdo con los valores experimentales obtenidos en las pruebas de arco de corriente continua.

(Mikimasa Iwata, Ohtaka, & Goda, 2014) Mencionan que algunos hilos metálicos de cable de tierra (GW) y el cable de tierra de fibra óptica compuesta (OPGW) a veces se funden y se rompen por la caída de rayos de alta energía. Así, se han realizado pruebas de corriente directa (DC) de arco simulando la caída de rayos de alta energía para obtener la fusión y características de ruptura de los hilos.

En este trabajo, los cálculos con respecto a estas características se realizan teniendo en cuenta el calor transferido y su área desde el arco de las de potencia enfocado en el cable. La fusión/rompimiento característica de los hilos metálicos es calculado para corrientes de arco de 0,1 a 100 kA, teniendo en cuenta la actual prescrito en la norma IEC y la corriente del rayo real medida.

Normativa

El análisis de condiciones extremas debido a las descargas atmosféricas en las que se inmersa la incidencia del cable de guarda OPGW que es un tipo de cable que está diseñado para ser instalado en líneas de alta tensión y que por sus características cumple funciones de blindaje en las líneas de transmisión y comunicación. El uso de un buen blindaje en los sistemas eléctricos de potencia es de suma importancia dado que se busca reducir los daños que causan las descargas en el sistema de transmisión, por lo tanto este tipo de protección ayuda a contemplar aspectos constructivos los cuales deberán estar dentro de la normativa y de este modo obtener una línea de transmisión segura y flexible.

En la protección de un sistema referente a las líneas de transmisión es conveniente conocer las variaciones del clima, debido a la presencia de sobretensiones inducidas por las descargas o sobretensiones por apertura y cierre de interruptores. De tal modo en las líneas de transmisión se logra por medio de los hilos de guarda que son conductores desnudos generalmente cables de acero que protegen de descargas atmosféricas los cuales son conectados a la red de tierra. El cálculo de la tensión a la que es inducida en los cables de fase, por una descarga atmosférica se desarrolla de la siguiente forma:

$$V = \frac{ZcIc}{2} \quad (1)$$

Dónde:

Z_c = impedancia característica del conductor

I_c = corriente de rayo captada a partir de la curva de distribución de la corriente.

Sin embargo aun contando con un buen blindaje existe la probabilidad de que un rayo incida en un cable conductor en una de las tres fases de las líneas de transmisión lo cual se debe a:

- El tipo de magnitud de la descarga
- La topología del terreno
- Diseño del blindaje

El mecanismo de ruptura del aislamiento de los conductores asociado a la incidencia directa de la descarga en la línea, es lo que coloquialmente se conoce como descarga disruptiva (Flameo) en la Figura III se puede apreciar el tendido de un hilo de guarda con protección tipo OPGW.

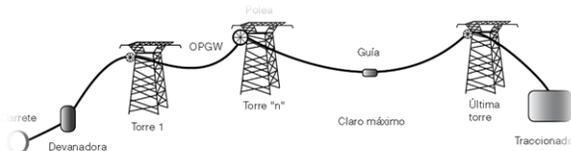


Figura 3 Esquema del tendido de una línea de transmisión

Según datos de investigaciones el 40 % de los impactos incidentes de un rayo se puede clasificar como descargas en el punto medio del claro y un 60 % inciden sobre las torres de transmisión.

Las corrientes críticas que producen la descarga disruptiva o flameo en este punto medio del claro que exceda al valor I_{cs} producirá descarga disruptiva en la cadena de aisladores de una torre adyacente el valor crítico del flameo se puede obtener de la siguiente forma:

$$I_{cs} = 2V_{cf} / Z \quad (2)$$

Dónde:

V_{cf} = Tensión crítica del flameo o bien voltaje al 50% de Probabilidad de flameo

Z = Impedancia característica de la línea

Por lo tanto el valor de V_{cf} o $V_{50\%}$ se determina como:

$$V_{cf} = NBI / 0.961 \quad (3)$$

Los métodos aplicados a las líneas de transmisión indican que captara todas las descargas eléctricas dentro de un ancho W dado por la ecuación siguiente:

Para un tramo 100 km.

$$A = 0.1W \text{ km}^2 \quad (4)$$

Siendo el ancho W

$$W = b + 4H \text{ (m)} \quad (5)$$

b = distancia de separación de cables de guarda

$$H = Hg - \frac{2}{3}(Hg - Hgm) \quad (6)$$

Hg = Altura del cable a la torre (m)

Hgm = Altura del cable de guarda en el punto medio del claro

Si la densidad del rayo a tierra en la región, es N_g rayos/ km^2 , entonces el índice de líneas de salidas de la línea para descargas en el punto medio es por lo tanto

$$N_{ms} = 0.04 N_g W P(I_{cs}) \quad (7)$$

$P(I_{cs})$ = probabilidad de exceder a la corriente I_{cs} .

N_g = Densidad de rayos a tierra

Así N_g representa

$$N_g = 0.04 DT^{1.25} \quad (8)$$

Donde

DT .- Nivel cerámico

N_g –Densidad de rayos a tierra

Los datos anteriores se pueden obtener de los mapas cerámicos. En la Figura IV se observa cómo impacta un rayo en la fase de una línea de transmisión.

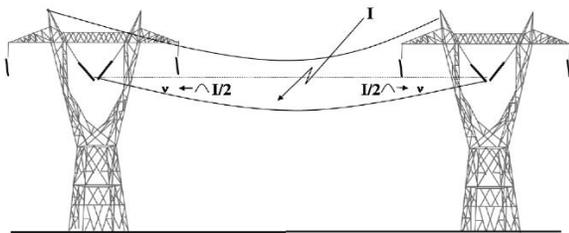


Figura 4 Impacto de rayo en una fase

Dentro de la normativa se analiza la revisión de las pruebas en laboratorio para valoración del cable OPGW antes de su puesta en servicio.

Definición del arreglo de pruebas de laboratorio que considere la aplicación de prueba al desempeño de la tensión y con corriente directa que sea suficiente para generar las condiciones de energía requeridas por la normalización internacional y reproducción de daño en el cable OPGW.

Un análisis de datos obtenidos en las pruebas de laboratorio, que permitan dilucidar el fenómeno físico que ocasiona el daño en el OPGW, presentado bajo condiciones de actividad atmosférica. En la segunda sección se abordarán los tópicos que determinarán y fortalecerá el análisis de las condiciones extremas de los cables de guarda.

Referencias

Aguiar, A. M., & Soteldo Pérez, M. (2006). Experience in OPGW Cables Selection for Overhead Transmission Live Lines. *Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America. IEEE/PES*, 1-6.

Ali, S. A., & Ahmad Alvi, B. (2008). OPGW – Our Experience in KESC. *IEEE Electrical Power & Energy Conference*, 1-6.

Dmitriev, V., & Gonzalez, L. (2013). Electrical and thermal analysis on optical ground wire cables in. *Electric Power Systems Research, ELSEVIER*, 80-87.

Du, T., Zhang, Y., & Wenbo, X. (2006). Study on the Problem of Lightning Strike. *International Conference on Power System Technology*, 1-4.

Günday, A., & Eser Karlık, S. (2013). Optical Fiber Distributed Sensing of Temperature, Thermal Strain and Thermo-Mechanical Force Formations on OPGW Cables under Wind Effects. *Electrical and Electronics Engineering*

Iwata, M., Ohtaka, T., & Kuzuma, Y. (2012). Analytical investigation on OPGW strands melting due to DC arc discharge simulating lightning strike. *Lightning Protection (ICLP), 2012 International Conference IEEE*, 1-5.

Iwata, M., Ohtaka, T., & Kuzuma, Y. (2013). Development of a Method of Calculating the Melting. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY*, 1314-1321.

- Jie, L., & Gang, L. (2009). Study on the thermal stability of OPGW Under Large Current Condition. *IEEE COMPUTER SOCIETY*, 629-635.
- Kang, X., Jing Jing, C., & Gang Qian, Y. (2013). Study on Influence of Optical Fiber Preform Manufacturing. *Proceedings of the 62nd IWCS Conference*, 438-441.
- Karabay, S. (2013). Modification of Conductive Material AA6101 of OPGW. *Journal of Mechanical Engineering*, 451-461.
- Lu, L., Liang, Y., Binglin, L., & Guo, J. (2014). Experimental study on location of lightning stroke on OPGW by means. *Optics & Laser Technology*, 79-82.
- Lu, L., Binglin, L., & Jinghong, G. (2014). Maintenance of the OPGW Using a Distributed. *International Conference on Power System Technology*, 1251-1256.
- Martin Regalado Josep, Bertaina, A., & Provost, L. (2014). Low Attenuation and High Excess-Fiber Length OPGW. *Proceedings of the 61st IWCS Conference*, 329-334.
- Meya, G. d., & V. Chatziathanasioub. (2012). A theoretical model for effective thermal conductivity of multicore power cables. *Electric Power Systems Research, ELSEVIER*, 70-78.
- Mikimasa Iwata, Ohtaka, T., & Goda, Y. (2014). Calculation of melting/breaking of GW and OPGW strands struck by DC arc discharge simulating high energy lightning. *Electric Power Systems Research, ELSEVIER*, 70-78.
- Nassereddine, M., Hellany, A., & Rizk, J. (2014). Optical Ground Wire (OPGW) Jointing and Safety. *Power Engineering Conference (UPEC), IEEE*, 1-5.
- Nishimura, F., D. Cicarelli, L., & Rudy Arellano, R. (2006). OPGW Installation in Energized. *Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America IEEE/PES*, 1-8.
- Peres, J., Guerreiro das Neves, M., Almeida, M., & Maló Machado, V. (2013). Accurate numerical method to evaluate the capacitances of. *Electric Power Systems Research*, 184-191.
- Xie Shu-Hong, Ri-Sheng, Y., & Yong-Jun, X. (2013). Study of OPGW performance against lightning strikes for 1000 kv AC transmission line in China. *Journal International Association on Electricity Generation, Transmission and Distribution*, 26-31.
- Yuqing, L., Xi, C., & Chen, L. (2015). Study On a New and High Efficient OPGW Melting. *2nd International Conference on Information Science and Control Engineering*, 480-484.