

## CUANTIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DE ALIMENTADORES EN 13,2KV Y 33KV ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN LA PROVINCIA DE MISIONES.

F. Sukanen <sup>a, b \*</sup>, R. J. Cabral <sup>a, b</sup>, M. O. Oliveira <sup>a, b</sup>

<sup>a</sup>. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup>. Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE)

Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina

e-mails: [fernandosukanen@gmail.com](mailto:fernandosukanen@gmail.com), [robert\\_rjc@hotmail.com](mailto:robert_rjc@hotmail.com), [ingenioli@gmail.com](mailto:ingenioli@gmail.com)

---

### Resumen

Este documento describe el plan de tesis que se desarrollará en el marco de la Maestría en Ingeniería de la Energía perteneciente al Programa de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, UNaM. El presente estudio, es basado en el cálculo de fallas debido a descargas atmosféricas en alimentadores para líneas de transmisión y distribución en la provincia de Misiones, según tipos de estructuras y puestas a tierra normalizadas. Los resultados obtenidos podrán usarse como base para la selección de estructuras y protecciones contra descargas atmosféricas a la hora de proyectar líneas de energía (distribución y transmisión), permitiendo minimizar las fallas y aumentar la calidad del servicio.

**Palabras Clave** – Calidad de la Energía, Desempeño del Sistema, Descargas Atmosféricas, Estructuras y Puestas a Tierra, Redes de Distribución, Líneas de Transmisión, Transitorios Electromagnéticos.

### 1. Introducción

Las descargas atmosféricas son una de las principales causas de fallas y averías en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica (SDEE). Las descargas atmosféricas pueden ser por impacto directo en el alimentador o por descargas indirectas en las vecindades de los alimentadores, ambas producen sobretensiones críticas y pueden causar interrupciones momentáneas o permanentes. El cálculo de este tipo de sobretensiones se realiza ante muchas incertidumbres, dada la naturaleza aleatoria del rayo y el conocimiento impreciso de sus principales parámetros.

Considerando que en la región sudamericana posee una alta incidencia de las descargas atmosféricas en comparación con cualquier otro lugar en el mundo, es de vital importancia minimizar los efectos de estas descargas en los alimentadores.

Por décadas, las concesionarias de energía eléctrica del mundo entero han trabajado en la mejora de la Calidad de la Energía Eléctrica (CEE) suministrada a sus consumidores, dado la dependencia creciente de las personas a este servicio.

Los disturbios de la Calidad de la Energía Eléctrica causan la insatisfacción de los consumidores y grandes pérdidas económicas para las compañías eléctricas y para la sociedad. Se estima que las descargas atmosféricas producen el 70% de las interrupciones en las líneas de transmisión y del 30% al 60% de los apagones en las redes de distribución.

Mediante el presente estudio se pretende contribuir al proceso de mejora del desempeño de los sistemas de distribución y transmisión eléctrica de la provincia de Misiones, aportando datos obtenidos del estudio mediante simulación y cálculo del número de fallas para las diferentes estructuras y puesta a tierra utilizadas para minimizar los efectos de las descargas atmosféricas,

\* F. Sukanen.

colaborando así, con información que facilite a los proyectistas a seleccionar las protecciones ante el fenómeno en cuestión.

## **2. Problema Científico**

En regiones con alta densidad de descargas atmosféricas, la principal práctica de protección para evitar que se produzcan fallas en el SDEE consiste en la colocación de cable de blindaje o hilo de guarda sobre los conductores de las fases [1]. Algunas empresas distribuidoras (brasileras) como práctica habitual colocan captor Franklin y/o descargador para-rayos en los postes cercanos donde existen transformadores de distribución. El cable de blindaje (hilo de guarda) y el captor Franklin se conectan eléctricamente a través de las estructuras con el cable de bajada a los sistemas de puesta a tierra (PAT). De esta forma, direccionan hacia el suelo las corrientes de eventuales sobretensiones producidas por descargas directas o sobretensiones inducidas por descargas indirectas cercanas a los alimentadores. Actualmente, estas metodologías son utilizadas por las Concesionarias para mejorar la confiabilidad del sistema y obteniendo así beneficios técnicos y económicos [2] - [7].

Las Concesionarias de Energía Eléctrica aprovechan su experiencia pasada, datos históricos de fallas, confiabilidad y otras consideraciones técnicas para seleccionar el tipo de estructura y sistema de PAT considerando el sistema de protección existente (interruptores, reconectores y fusibles).

Mediante el presente estudio se pretende aplicar metodologías utilizadas por las Compañías Eléctricas brasileras y de esta forma contribuir al proceso de mejora del desempeño de los sistemas de distribución y transmisión eléctrica de la provincia de Misiones, aportando datos obtenidos del estudio mediante simulación y cálculo del número de fallas para las diferentes estructuras y puesta a tierra utilizadas para minimizar los efectos de las descargas atmosféricas, colaborando así, con información que facilite a los proyectistas a seleccionar las protecciones ante el fenómeno en cuestión.

## **3. Justificación**

El análisis de fallas de líneas de energía frente a descargas atmosféricas, permite establecer índices de desempeño de una línea de energía. Este análisis permite establecer los valores donde ocurren estas fallas según el tipo de estructura, el ambiente en el cual se encuentra, el tipo de servicio, la tecnología utilizada en la estructura y puesta a tierra, entre otros. La posibilidad de contar con estos índices permite establecer criterios a la hora de construcción de nuevos tendidos eléctricos o la optimización de tendidos existentes (transmisión/distribución), teniendo como resultado un servicio de energía eléctrica más confiable y continuo evitando las pérdidas monetarias y materiales que acarrea un servicio deficiente.

## **4. Estado del arte y de la práctica**

Las subestaciones de distribución son responsables de proporcionar energía eléctrica a los consumidores de mediano y pequeño porte, a través de alimentadores de distribución. Las redes de distribución, en comparación con líneas de niveles de tensión más elevados, se consideran más numerosas y de estructura más compleja. Al ser un sistema típico de energía eléctrica puede tener la mitad de su capital invertido en alimentadores de distribución. Los sistemas de distribución de energía eléctrica se distribuyen en grandes espacios aéreos. Las características de las redes de distribución, así como las características de la región en donde se encuentra, son de gran importancia para los estudios de sensibilidad y contribuyen significativamente a la especificación de sus niveles de desempeño y confiabilidad. La creciente preocupación por parte de las empresas eléctricas en mejorar los sistemas de protección como también los índices de calidad de la energía del sistema frente a la acción de las descargas atmosféricas también se ha convertido en un gran

desafío e interés en el entorno académico. Los sistemas de puesta a tierra son uno de los principales recursos capaces de mantener la integridad física de una instalación en caso de una sobretensión y representan un sistema de seguridad importante para la población. En un sistema eléctrico que esté sometido a la acción de una descarga atmosférica, el sistema de puesta a tierra es fundamental para derivar la energía del rayo hacia el suelo. En este fenómeno, la impedancia transitoria de la puesta a tierra debe ser menor que la impedancia equivalente del resto del sistema eléctrico implicado, de lo contrario la descarga se deriva a otras partes del sistema y puede causar daños físicos y materiales. La impedancia de puesta a tierra es fuertemente dependiente del tipo de configuración y la resistividad del suelo local. La utilización del hilo de guardia y puesta a tierra resulta como sistema de protección eficiente contra descargas atmosféricas en líneas aéreas [2], [7][6]. En el proceso de modelado computacional, en la representación real a través de un modelo fidedigno se asocia directamente con las aproximaciones implicadas. Se sabe que una descarga atmosférica se caracteriza por un espectro que contiene múltiples frecuencias que van desde 500 kHz hasta los 2 GHz [7] y las propiedades del suelo, tales como la resistividad y permisividad son variables con la frecuencia). Sobretensiones debido a descargas atmosféricas producidas a lo largo del electrodo de puesta a tierra es evidente en el surgimiento de un elevado campo eléctrico ocasionando la ionización del suelo en la región alrededor del electrodo. En la práctica este fenómeno altera la resistividad del suelo en las proximidades de la puesta a tierra, provocando un aumento en su radio efectivo. El efecto de ionización del suelo disminuye el valor de la impedancia de puesta a tierra [7] y también, dependiendo de las características del impulso, en algunos casos el electrodo de puesta a tierra puede tener un comportamiento predominantemente inductivo. Las fallas en el sistema eléctrico debido a las descargas atmosféricas producen, entre otros inconvenientes, un aumento de los indicadores de disturbios de la calidad del servicio de distribución de energía eléctrica. La falta de energía causa insatisfacción y descontento en los consumidores y grandes pérdidas económicas tanto para las compañías eléctricas como para la sociedad. Se estima que las descargas atmosféricas producen el 70% de las interrupciones en líneas de transmisión y del 30% al 60% de las interrupciones en redes de distribución. Los SDEE ubicados en regiones con elevados niveles cerámicos (número de descargas atmosféricas/km<sup>2</sup>/año) están expuestos a la acción de fenómenos electromagnéticos indeseados generados por descargas atmosféricas [7]. El desempeño de los alimentadores de distribución son utilizados por las compañías de energía eléctrica para cuantificar el número de fallas debido a la sobretensión producida por descargas atmosféricas directas (impactos directos en la línea) e impactos indirectos cercanos a la línea (sobretensiones inducidas) [6][7]. Adicionalmente, el modelado de cada uno de los elementos del sistema de potencia utilizados y el estudio de la descarga atmosférica sirven para construir el algoritmo de optimización de desempeño del sistema. Por esta razón, es fundamental conocer correctamente el modelo de cada uno de los elementos para permitir un estudio detallado destinado a la selección y ubicación de la estructura (poste y puesta a tierra). Dicho propósito evita fallas e interrupciones de energía que están relacionados con las pérdidas económicas innecesarias contribuyendo a la disminución del desempeño del sistema.

## **5. Objetivos**

### **Generales:**

- Cuantificación del número de fallas (salidas de servicio) anuales por descargas atmosféricas en diferentes tipos de alimentadores para redes de transmisión y/o distribución de energía en media tensión normalizados en la provincia de misiones.

### Especifico:

- Parametrización de la descarga atmosférica de acuerdo al modelo de descarga directa e indirecta, tensión y corriente según Normas internacionales y requisitos de software.
- Descripción y parametrización según modelos conocidos para los diferentes tipos de estructuras para soporte de líneas en 13,2 y 33 kV utilizados en la provincia de Misiones.
- Parametrización de puestas a tierras normalizadas para el correcto modelado en conjunto con equivalente de una estructura.
- Análisis de *flashover* y *backflashover* en los conjuntos normalizados descriptos.
- Presentación de resultados.

## 6. Justificación

El análisis de fallas de líneas de energía frente a descargas atmosféricas, permite establecer índices de desempeño de una línea de energía. Este análisis permite establecer los valores donde ocurren estas fallas según el tipo de estructura, el ambiente en el cual se encuentra, el tipo de servicio, la tecnología utilizada en la estructura y puesta a tierra, entre otros. La posibilidad de contar con estos índices permite establecer criterios a la hora de construcción de nuevos tendidos eléctricos o la optimización de tendidos existentes (transmisión/distribución), teniendo como resultado un servicio de energía eléctrica más confiable y continuo evitando las pérdidas monetarias y materiales que acarrea un servicio deficiente.

## 7. Hipótesis General de Investigación

Cuantificar las fallas en líneas de media tensión producto de descargas atmosféricas mediante la modelación computacional de las diferentes combinaciones de alimentadores, tipos de puesta a tierra y el ambiente circundante permite establecer parámetros para mejorar la calidad del servicio.

## 8. Metodología

Modelado de cada componente y el cálculo de las fallas por descargas directas, indirectas y totales determinarían el desempeño del sistema, basados bajo la normativa IEEE STD 1410-2010 [1].

## 9. Actividades propuestas como Plan de Trabajo. (Tabla 1)

Tabla 1 - CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

N°	ACTIVIDAD/MESES	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Asistencia a Asignaturas de MIE	X	X	X	X	X	X	X					
2	Escribir Tesis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Validación de modelos			X	X	X	X	X	X				
4	Simulaciones			X	X	X	X	X	X				
5	Armado de Papers							X	X	X			
6	Participación en congresos									X	X	X	
7	Defensa de tesis												X

## **10. Conclusiones**

Como el trabajo está en sus primeras etapas, el análisis de fallas de líneas de energía frente a descargas atmosféricas, permitirá establecer índices de desempeño de una línea de energía. De acuerdo a la revisión bibliográfica este tipo análisis permite establecer los valores donde ocurren estas fallas según el tipo de estructura, el ambiente en el cual se encuentra, el tipo de servicio, la tecnología utilizada en la estructura y puesta a tierra, entre otros. La posibilidad de contar con estos índices permite establecer criterios a la hora de construcción de nuevos tendidos eléctricos o la optimización de tendidos existentes (transmisión/distribución), teniendo como resultado un servicio de energía eléctrica más confiable y continuo evitando las pérdidas monetarias y materiales que acarrea un servicio deficiente.

## **11. Referencias**

- [1] IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines, IEEE Std.1410-2010, 2010.
- [2] R. J. Cabral, D. S. Gazzana, R. C. Leborgne, A. S. Bretas, G. A. D. Dias, M. Telló, “Analysis of Distribution Lines Performance Against Lightning Using ATP-EMTP,” in EMC 2012 - IEEE International Symposium on Electro-Magnetic Compatibility Europe, Rome, Sept. 2012.
- [3] R. J. Cabral, D. S. Gazzana, R. C. Leborgne, A. S. Bretas, G. A. D. Dias, M. Telló, “Improvement of an Overhead Distribution Feeder Performance Against Lightning Considering the Wire-Guard Protection,” in ICLP 2012 – IEEE International Conference on Lightning Protection, 31, Vienna, Sept. 2012.
- [4] R. J. Cabral, D. S. Gazzana, R. C. Leborgne, A. S. Bretas, G. A. D. Dias, D Schwanz, M. Telló, “Effect of Shielding and Grounding on Lightning Performance of 23kV Distribution Feeders,” in NAPS 2013 - IEEE 45th North American Power Symposium, Manhattan, Sept. 2013.
- [5] R. J. Cabral, D. S. Gazzana, R. C. Leborgne, A. S. Bretas, G. A. D. Dias, M. Telló, J. Morales, E. A. Orduña, “Improved Distribution Feeder Topology Against Lightning,” in SIPDA 2013 – IEEE XII International Symposium on Lightning Protection, Belo Horizonte, Oct. 2013.
- [6] R. J. Cabral, A. S. Bretas, R. C. Leborgne, Morales, E. A. Orduña, “Sensitivity Assessment of Lightning-Induced Surges in Distribution Feeders Using ATP,” in DPSP 2014 - IET XII International Conference on Developments in Power System Protection, Copenhagen, Apr. 2014.
- [7] J. Morales, E. A. Orduña, R. J. Cabral, A. S. Bretas, C. Rehtanz, “Novel Methodology for Analysis and Study of Distribution Feeder Performance Against Lightning Disturbances,” in DPSP 2014 - IET XII International Conference on Developments in Power System Protection, Copenhagen, Apr. 2014.