

Relocalización de elementos de protección y maniobra para mejorar índices de confiabilidad y optimizar el sistema de Distribución de Energía Eléctrica en Redes de Media Tensión. Estudio de caso

Ing. Juan Carlos Delgado^a, Mgter. Ing. Roberto José Cabral^{a, b}

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^c Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE), Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina

e-mails: jcdelgado@prico.com.ar, robert_rjc@hotmail.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 tiene como objetivo analizar el Sistema Eléctrico de Distribución de Media Tensión de la Cooperativa de Distribución de Energía Eléctrica del departamento de Libertador General San Martín de la Provincia de Misiones, con el fin de disminuir cortes y tiempos de reposición del servicio (frecuencia y duración de las fallas), elevar los índices de confiabilidad, disminuir pérdidas de energía y lucro cesante.

Para lograr el objetivo, se analiza la red eléctrica actual, se obtienen sus Índices de Confiabilidad, identificando falencias y oportunidades de mejora. A su vez se indagará sobre sistemas y métodos actuales de optimización de Sistemas Eléctricos de Distribución.

Se propone un modelo de mejora y se verificará su aplicación tras exponer sus beneficios. Los resultados obtenidos podrán usarse como base de comparación con los índices actuales que presenta la Cooperativa.

Palabras Clave – Índices de Confiabilidad, Localización de Elementos de Protección, Optimización, Red de Distribución Eléctrica, Red Inteligente.

1. Introducción

El exponencial desarrollo del mundo moderno tiene como motor fundamental al uso de la energía eléctrica, generada principalmente con fuentes de combustibles fósiles, produciendo gran cantidad de gases contaminantes. Sin embargo en los últimos años nuevas fuentes de generación de energía eléctrica de origen renovable se insertan en las redes de todo el mundo, generando un cambio lento pero sostenido de la matriz energética [1].

Nuestro país no es ajeno a ésta transformación, desde la promulgación de la ley 27.191 [2], y la ley 27.424 [3], nuevas fuentes de origen renovable aportan al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

- Esta realidad obliga a las redes de Transmisión y Distribución a adaptarse al nuevo escenario, en donde es necesario contar con un sistema flexible, orientado al usuario, atendiendo a la calidad del suministro, a la optimización del flujo de potencia, a la continuidad del servicio y a la escalabilidad.

- Las redes eléctricas de Transmisión y Distribución de nuestro país, en especial las segundas, se basan en redes radiales con comunicaciones parciales, con escaso o nulo intercambio de información; cuestión que sumado a que los consumidores son cada vez más exigentes con la calidad del servicio y el costo de las tarifas, lleva a considerar la sustentabilidad de la tecnología de red actual.
- Los cortes en el suministro de la Energía Eléctrica generan diversos problemas en la sociedad actual. Pueden identificarse situaciones específicas de usuarios electro-dependientes, como pueden ser centros de salud o procesos industriales; además de generar inquietud en la población, implican pérdidas económicas que pueden cuantificarse.
“Se ha estimado que cerca del 70% de las interrupciones del suministro se debe a fallas en las redes primarias de distribución, por lo que las empresas de distribución están constantemente revisando sus índices de confiabilidad, asociados principalmente a la frecuencia y duración de las fallas. Para mejorar los índices de confiabilidad, las empresas distribuidoras deben invertir una gran cantidad de capital, por lo que es necesario realizar un balance entre confiabilidad y costos” [4].

2. Problema Científico

Las Cooperativas Distribuidoras de Energía Eléctrica de la Provincia de Misiones carecen de controles en sus índices de confiabilidad y planificación para afrontar los requerimientos actuales y futuros, con vista en la optimización del sistema eléctrico.

3. Novedad científica o de investigación

La novedad científica se orienta en la implementación de estrategias de mejora del Sistema Eléctrico de Distribución, aplicando procedimientos o métodos innovadores en base a herramientas matemáticas, estadísticas, gráficas y de simulación; orientado a la flexibilidad y confiabilidad de la red, disminuyendo tiempos de corte, optimizando el flujo de energía y reduciendo pérdidas.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General:

Analizar el Sistema Eléctrico de Distribución de Media Tensión de la Cooperativa de Distribución de Energía Eléctrica del departamento de Libertador General San Martín de la Provincia de Misiones, para disminuir cortes y tiempos de reposición del servicio, elevar los índices de confiabilidad, disminuir pérdidas de energía y lucro cesante.

4.2. Objetivos específicos:

- . Recopilar datos históricos de fallas, causas y tiempos, para clasificar los diferentes índices de confiabilidad del sistema actual.
- . Indagar sobre sistemas y métodos actuales de optimización de Sistemas Eléctricos de Distribución.

- . Diseñar la arquitectura de la red, elementos de protección y maniobras, comunicaciones, considerando la inserción de red inteligente.
- . Verificar la viabilidad de aplicación del modelo propuesto, exponer los beneficios.

5. Justificación

La investigación contribuye a resolver la implementación de una arquitectura óptima de red de distribución, lo cual eleva los índices de confiabilidad y disminuye la afectación de usuarios del sistema, brindando beneficios tanto hacia éstos como hacia la empresa distribuidora, nutriendo a la investigación de relevancia social.

Aporta valor práctico, advirtiendo que se reducirían pérdidas por optimización de flujos de energía e intervenciones humanas; de lo que se desprende su valor económico.

6. Estado del Arte y de la Práctica

Diversos investigadores ya han estudiado el problema de planificación de redes eléctricas, localización de protecciones y elementos de maniobra, donde se incorporan premisas de calidad de servicio y costos.

De la búsqueda del balance entre confiabilidad y costos surgieron diversos estudios que aplican métodos de optimización. Utilizando el método PSO (*Particle Swarm Optimization*), en el cual se resuelve el problema de localización simultánea de interruptores y seccionadores [5]. O mediante optimización por Colonia de Hormigas (MACO), para determinar la ubicación de reconectores, fusibles y seccionadores considerando índices de confiabilidad como *SAIFI* y *SAIDI* junto con los costos totales de los equipos [6]. También empleando una técnica denominada Proceso Analítico Jerárquico que considera la ubicación de equipos de maniobra controlados de forma remota [7].

Puede observarse que en general el sistema de distribución de energía eléctrica evoluciona hacia *Smart Grid*, concepto de red que brinda mayor inteligencia integrando Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC). “Para brindar mayor escalabilidad y confiabilidad al sistema de energía eléctrica, es necesario pasar de una estructura centralizada–estática, a una estructura distribuida–dinámica. En términos de una red inteligente esto se conoce como DER (*Distributed Energy Resources*) de esta forma se pasa de tener pocos centros de generación a tener muchos centros distribuidos en toda la red eléctrica, que pueden ser renovables y/o tradicionales, formando micro-redes interconectadas”. La tendencia actual en planificación de redes de distribución de energía eléctrica apunta a lograr un mayor aprovechamiento de las fuentes de energía alternativa, una rápida respuesta a los fallos o cambios en los perfiles de consumo y una mayor adaptación en la masificación de los vehículos eléctricos [8].

Particularmente Las Cooperativas Distribuidoras de Energía Eléctrica de la Provincia de Misiones carecen de controles en sus índices de confiabilidad y planificación con vista en la optimización del sistema eléctrico para afrontar los requerimientos actuales y futuros. Por lo que el presente estudio se orienta en la implementación de estrategias de mejora del Sistema Eléctrico de Distribución, aplicando procedimientos o método de optimización y comunicación inteligente entre los actuadores, protecciones y/o sensores; orientado a la flexibilidad y confiabilidad de la red, disminuyendo tiempos de corte, optimizando el flujo de energía y reduciendo pérdidas.

Se espera contribuir en resolver la implementación de una arquitectura óptima de red de distribución, lo cual elevará los índices de confiabilidad y disminuirá la afectación de usuarios del sistema, brindando beneficios tanto hacia éstos como hacia la empresa distribuidora. Además podrán reducirse las pérdidas de energía por optimización de flujos de potencia y se disminuirán los tiempos de intervenciones humanas en mantenimiento correctivo.

6.1. *Hilo Conductor:*

1- Sistemas eléctricos de distribución.

- 1.1- Topología, ventajas e inconvenientes.
- 1.2- Concepto de Calidad del Servicio, Confiabilidad.
- 1.3- Indicadores de Calidad, Confiabilidad del Servicio.
- 1.4- Protecciones, actuadores, sensores, localización óptima.

2- Red eléctrica existente.

- 2.1- Características, arquitectura.
- 2.2- Indicadores de Calidad, Confiabilidad.

3- Localización y detección de fallas.

- 3.1- Comunicación entre dispositivos de la red.
- 3.2- Sistemas, Tecnología. Red Eléctrica Inteligente.

7. Hipótesis General de Investigación

Los índices de confiabilidad, recuperación del servicio, y pérdidas de energía se verán mejorados, reconfigurando la red utilizando métodos de optimización y comunicación inteligente entre los actuadores, protecciones y/o sensores. La veracidad de la hipótesis podrá comprobarse por simulaciones.

8. Metodología

La investigación será del tipo descriptiva, porque “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” 0.

La misma tendrá un enfoque mixto porque se trabajará tanto con teorías como con datos estadísticos que serán recolectados del campo en estudio.

Se realizará la revisión y análisis de documentos como libros, tesis, artículos de revistas, reglamentos, páginas web, como también la recolección y análisis de datos de campo. Para esto se instrumentarán procedimientos de recolección de datos, se procesarán y analizarán utilizando gráficos, tablas y análisis estadísticos.

Se planteará una solución que mejore la situación actual, verificándolo con simulaciones informáticas.

9. Actividades propuestas como Plan de Trabajo

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

N°	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD/TAREA	PERIODOS DE EJECUCIÓN (meses)																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18
1	Recopilación y selección de literatura y documentos científicos relevantes para la investigación																			
2	Análisis crítico de la literatura y documentos científicos. Elaboración del Marco Teórico Referencial de la Investigación																			
3	Elaboración del modelo de mejora propuesto																			
4	Recolección, procesamiento y análisis de datos de campo para la obtención del estado actual de la red																			
5	Experimentos de simulación																			
6	Análisis de datos, elaboración de conclusiones																			
7	Divulgación, presentación de informes, artículos científicos.																			
8	Escrita del documento de tesis																			

10. Referencias

- [1] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2016 Global Status Report, disponible en www.REN21.net. Accesado en 12 de julio de 2018.
- [2] Ley 27.191 Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Disponible en:

- <http://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/Ley%20N%C2%B0%2027191-2015.pdf>. Acceso en: 12 de julio de 2018.
- [3] Ley 27.424 (Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a Red Eléctrica Pública, disponible en: <https://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/Ley%2027424-2017.pdf>. Acceso en: 12 de julio de 2018.
- [4] Billinton R., Allan R., Reliability Evaluation of Power Systems, 2nd ed. New York, NY, USA, Plenum, (1996).
- [5] Moradi A., Fotuhi-Firuzabad, Optimal switch placement in distribution systems using trinary particle swarm optimization algorithm, IEEE Trans. Power Del., vol. 23, no. 1, 2008.
- [6] Tippachon W, Rerkpreedapong D., Multiobjective optimal placement of switches and protective devices in electric power distribution systems using ant colony optimization. Electric Power Systems Resource, 2009.
- [7] Bernardon D. P., et al., AHP decision-making algorithm to allocate remotely controlled switches in distribution networks, IEEE Trans. Power Del., vol. 26, no. 3, pp.1884 -1892, 2011.
- [8] Peralta Sevilla G., Fernández F., Evolución de las Redes Eléctricas hacia Smart Grid en países de la Región Andina, Revista Educación en Ingeniería, Vol. 8, N°. 15, enero a junio, pp. 48-61, 2013.
- [9] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado C., Batista Lucio P., Metodología de la Investigación, 6ta edición, MacGraw Hill/Interamericana Editores, México D.F, 2014.