

Aplicación del Loop Automation en una red de distribución aérea de media tensión

Application of Loop Automation in an overhead distribution network of medium voltage

*D. Miraglia**, *J. Mirez Tarrillo*** y *D. Miraglia****



ABSTRACT

Product to the affectations happened in the distribution circuits by the faults happened in its the investigation arises: Application of the Loop Automation in a net of distribution of half tension, looking for design a system of protection that is able to isolate the fault in the smallest tract in the possible circuit, avoiding a high number of clients so is affected. In the work is carried out a brief description of the protection commonly used in the distribution systems demonstrating as these they are not able to limit the fault to the smallest possible area, and of how that is possible using the recloser of Nulec working under the Loop Automation. Also, is proposed a work methodology that facilitates the design of this system of protection getting in the analyzed circuits the faults affect to the smallest number of clients.

keywords: distribution circuits, Nulec, electric protection, Loop Automation.

RESUMEN

Producto de las afectaciones ocurridas en los circuitos de distribución cuando ocurren fallas surge la investigación: Aplicación del Loop Automation en una red de distribución aérea de media tensión, buscando diseñar un sistema de protección capaz de aislar las fallas en el menor tramo del circuito afectado, es decir, afectando a un menor número de clientes. En el trabajo se realiza una breve descripción de las protecciones comúnmente usadas en los sistemas de distribución demostrando que estas no son capaces de limitar la falla a la menor área posible y como esto se logra usando los reconectores de Nulec trabajando como parte del esquema Loop Automation. Además se propone una metodología de trabajo que facilite el diseño de este sistema de protec-

Fecha de recepción: 2015-01-22 - Fecha aceptado: 2015-06-03

* Departamento de Electroenergética, *Universidad de Oriente, Cuba.* dante@fie.uo.edu.cu, *Ingeniero Eléctrico*

** Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería, *Cuba.* jorgemirez2002@gmail.com, *Master*

*** Dirección Técnica Provincial, Empresa Eléctrica, Santiago de Cuba, Cuba. dante@elecstg.une.cu, *Master*

ciones obteniendo que en el circuito analizado las fallas ocurridas afecten al menor número de clientes posibles.

Palabras clave: circuitos de distribución, Nulec, protecciones eléctricas, Loop Automation.

1. INTRODUCCIÓN

La confiabilidad de los Sistemas Electroenergéticos es un indicador de calidad que define la capacidad que tiene el mismo de operar de forma confiable a régimen. En el caso de las líneas de distribución primaria, el incremento de la confiabilidad se puede alcanzar implementando un sistema de protecciones confiables y modernas [1], lo que presupone un análisis técnico-económico de las mismas. De acuerdo con las investigaciones realizadas se conoce que, en la provincia de Santiago de Cuba (Cuba) al ocurrir una falla en el circuito primario, el cliente debe esperar largos tiempos de restablecimiento del servicio, por esto se deben diseñar sistemas de protecciones capaces de disminuir el Tiempo de Interrupción al Usuario (TIU)[2][3][4] al mínimo posible. Las protecciones comúnmente usadas en los sistemas de distribución son protecciones contra sobrecorriente [5], las que fundamentalmente son fusibles y relevadores. Estas protecciones debido a sus características propias de construcción no son capaces de discriminar entre los fallos transitorios y los permanentes, no poseen sistema de comunicación y acción remota, su posibilidad de brindar datos es mínima, se deben ajustar cada vez que cambia la configuración del circuito, no son capaces de detectar la dirección del flujo de potencia, entre otras, lo que hace que su instalación en los sistemas de distribución tenga estas limitantes. Se ha demostrado que en los sistemas de distribución entre el 60% y el 70% de los fallos son transitorios [6] así que, las protecciones convencionales estarían actuando entre el 60% y el 70% de las veces ante fallos que podrían ser eliminados con una operación de recierre. Para dar solución a esta problemática surge la implementación de equipos modernos de automática contra fallos, equipos que una vez instalados son capaces de localizar y aislar la falla en el menor tiempo posi-

ble y dotar al circuito de la capacidad, de que en caso de no eliminarse la perturbación, reconectarse automáticamente por otra vía, dejando sin servicio al menor número de usuarios posibles.

2. IMPLEMENTACIÓN DE LOS RECONECTADORES NULEC EN EL LOOP AUTOMATION

En la provincia Santiago de Cuba (Cuba) se han venido instalando los reconectores Nulec, los cuales además de poseer las prestaciones comunes de un reconector son capaces de realizar las mismas funciones de protección que los fusibles y los relevadores realizando en ellos ajustes similares, pero con las ventajas incorporadas de ser protecciones digitales [7], lo que permite que se puedan operar a distancia, que se realicen ajustes específicos para distintas direcciones del flujo de potencia y para distintas configuraciones del circuito. Además que al tener estos dispositivos capacidad de almacenamiento y transmisión de datos se pueden utilizar para futuras investigaciones en el circuito donde son instalados. Estos dispositivos, pueden también operar formando parte del esquema de Loop Automation implementado por la compañía Nulec, esquema que le da cierta flexibilidad al sistema de protecciones para que opere de manera inteligente en caso de falla. El Loop Automation reconfigura la red para recuperar el suministro de energía a secciones libres de falla que perdieron alimentación debido a una condición de falla en otra sección del circuito. En este esquema de trabajo se definen tres modos de trabajo de los reconectores como son [8]:

- Reconector Alimentador: Este reconector se ubicará lo más cercano posible a la subestación.
- Reconector de Enlace: Utilizado como punto normalmente abierto donde se encuentran dos circuitos alimentadores.

- **Reconector Intermedio:** Este reconector se coloca en cualquier punto de la red entre un recerrador alimentador y el de enlace.

Cuando los re conectadores se configuran de alguna estas formas son capaces de operar automáticamente de acuerdo con una serie de reglas de operación definidas para cada tipo de reconector [8]. Los ajustes de protección de cada reconector se realizaran de manera similar al modo de ajuste de relevadores y fusibles, en base a un primer escalón que brinda protección contra cortocircuito en la zona principal de la protección y un segundo escalón de sobrecarga que actuaría como respaldo. Donde:

Corriente de Operación I_{op_I} : La corriente de operación debe calcularse con la expresión (1) suponiendo una falla al final de la zona de operación de cada reconector, lo cual asegura que este opere ante cualquier corriente de falla en su zona.

$$I_{op_I} = K_{seg} * I_{cc_{3max}} \quad (1)$$

Donde K_{seg} es un coeficiente de seguridad y $I_{cc_{3max}}$ es la corriente de cortocircuito trifásico máximo.

Corriente de Operación I_{op_I} : La corriente de operación debe calcularse en base a la corriente de carga máxima en el punto de ubicación del reconector.

$$I_{op_I} = K_{seg} * I_{max} \quad (2)$$

Donde K_{seg} es un coeficiente de seguridad y I_{max} es la corriente de carga máxima.

Estos dispositivos permiten una vez calculados los valores de corriente con los cuales deben operar, seleccionar entre una gran variedad de curvas de tiempo inverso, operaciones instantáneas o de tiempo definido según sean las características propias de cada circuito en las cuales deberá operar el reconector. Para el ajuste de los tiempos de actuación se han tenido en cuenta los siguientes criterios basados en las posibilidades reales de recierre de los re conectadores Nulec serie U:

Tiempos de recierre: Define el tiempo muerto entre cada operación del reconector.

Ajustes en corriente y en tiempo: Se debe ajustar la corriente de operación (1), (2) y el tiempo de operación de cada acción del reconector para que actúe luego de cada operación de recierre. En caso de definir 3 operaciones de recierre se recomienda seguir los criterios que se dan a continuación.

Primera Operación: Se asume que la falla está relacionada con un rayo o con un acercamiento ocasional entre dos conductores. Se usa un tiempo de operación instantáneo con un multiplicador instantáneo. Con el fin de proteger equipos electrónicos y de refrigeración se usa un tiempo de recierre muy corto (0.5 s).

Segunda Operación: Se usa un tiempo de recierre más grande, con el fin de permitir que algunas causas de fallo como el contacto con los árboles o la irrupción por un ave se auto extingan. Se propone un tiempo de recierre de 2 s.

Tercera Operación: Si la falla permanece luego de la segunda operación se asume como permanente, por tanto, para minimizar la exposición a la corriente de falla y teniendo en cuenta que debido a la operación lenta de la segunda operación los conductores se encuentran sobrecalentados, se usa una operación instantánea con un pequeño multiplicador instantáneo. Luego de esta operación el dispositivo abrirá sus contactos y así permanecerá hasta que se realice una operación de reconexión manual o automática sobre él.

Un circuito de distribución típico puede ser como el que aparece en la figura 1:

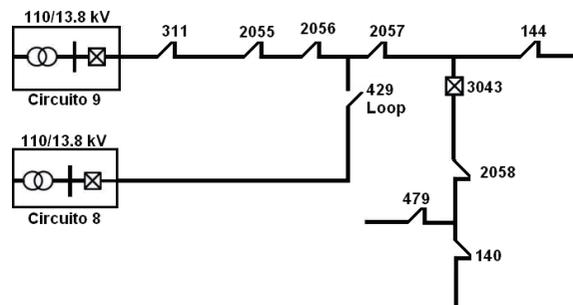
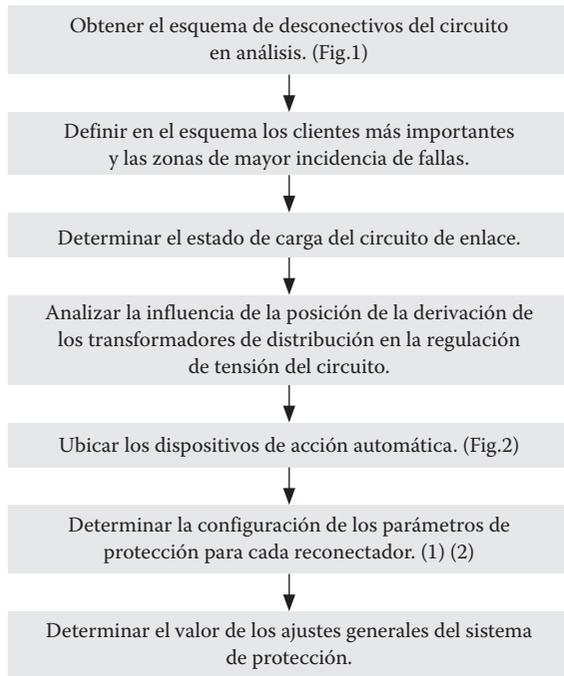


Figura 1. Circuito de distribución hipotético.



Esquema 1.

Donde los interruptores normalmente cerrados son los desconectivos a lo largo del circuito y el interruptor normalmente abierto es el Loop con el circuito vecino. Para la instalación y ajustes de los dispositivos como parte del esquema de Loop Automation se propone la metodología del esquema 1.

Una vez aplicada la metodología propuesta se obtiene que para una falla ocurrida en el primer tramo del circuito este quedará como se observa en la figura 2.

Donde la falla quedaría aislada del resto del circuito y este sería transferido. Nótese que el tramo final del circuito no ha sido transferido

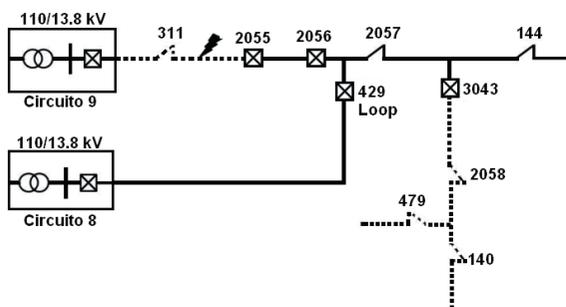


Figura 2. Falla aislada del resto del circuito.

debido a que al realizar el estudio de cargabilidad del circuito con el cual se tienen un enlace, este no es capaz de asumir toda la carga a transferir. Además se ha decidido incluir el desconectivo 2055 debido a que el tramo entre el desconectivo 2055 y el 2056 es una zona gran concentración de clientes y de esta manera quedarían aislados de fallas en otras zonas del circuito.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La instalación del sistema de protección propuesto se estudió en el circuito 9 de la ciudad de Santiago de Cuba, se debe destacar que la instalación de este sistema de protecciones brinda una gran flexibilidad operativa al circuito, disminuyó considerablemente la Energía No Suministrada (ENS) [2][4] y el TIU. El sistema presenta las limitantes de un alto costo de la inversión inicial y como su principal respaldo económico es a cuenta de la ENS mientras el circuito ha fallado, sólo sería factible instalarlo en circuitos donde exista un alto índice de averías.

El TIU del circuito se determina por:

$$TIU = \frac{\sum C_i T_i}{NTC} \quad (3)$$

Donde C_i es la cantidad de consumidores afectados, T_i representa el tiempo de duración de la interrupción NTC el número total de consumidores.

Haciendo un análisis estadístico de las fallas ocurridas en este circuito entre los años 2005 al 2013 y se obtuvo que el TIU anual del circuito fuera de 593 min.

Como resultado de la implementación de este sistema en el circuito 9 de Santiago de Cuba se obtuvieron que, para las fallas ocurridas entre octubre 2012 a septiembre 2013 los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del uso del sistemas del protecciones

Sin sistema de protecciones		Con sistema de protecciones	
TIU(min)	ENS (MW*h)	TIU(min)	ENS (MW*h)
585	202.2	26	3.38

Con la implementación de estos interruptores en el circuito en estudio se logra disminuir el TIU de 585 min a 26 min por año, lo que representa una reducción del 95.5% y una disminución de la energía dejada de servir a cuenta de las interrupciones por fallas de 202.2 MW*h a 3.38 MW*h, de cerca del 98%.

La Empresa Eléctrica Cubana comercializa como promedio el MW*h a 243 dólares. Con la disminución de la energía dejada de vender se lograría recuperar por la empresa 198MW*h al año, lo que representaría 48114 dólares que ganaría la empresa eléctrica solo por concepto de energía dejada de vender.

Al realizar un análisis económico de la implementación de este sistema de protecciones en el circuito en análisis se obtiene que el beneficio obtenido en el primer año supera a la inversión, por tanto, nuestro sistema sería rentable desde del primer año. En la Tabla 2 se muestra un análisis beneficio-costos para el proyecto de mejoras aquí propuesto.

Tabla 2. Resultados del análisis beneficio-costos

Costo del sistema automático (dólares)	Beneficio económico (dólares/año)	Relación Beneficio-Costo (B/C)
38000	48114	1.26

Además traería consigo otros beneficios reflejados en las empresas e industrias donde la falta de suministro eléctrico ocasionaría grandes pérdidas en sus procesos productivos.

4. CONCLUSIONES

Las protecciones existentes en los sistemas de distribución aún ajustadas correctamente y operando de forma selectiva ante los fallos, son insuficientes para dotar a los circuitos de buenos indicadores de calidad por concepto de interrupción al usuario. El uso de protecciones automá-

ticas a base de recerradores trabajando como parte del esquema de Loop Automation pueden disminuir considerablemente el TIU y además, sus posibilidades de detección y almacenamiento de eventos permiten a los especialistas hacer estudios más cercanos a la realidad de los circuitos. Con la implementación de estos interruptores en los circuitos de distribución se logra una considerable disminución del TIU y una disminución de la energía dejada de servir. Todo esto se traduce en beneficios directos para la economía del país y las empresas suministradoras.

REFERENCIAS

- [1] M. Mockey Castellanos, Calidad de la energía eléctrica. Departamento de Electroenergética. Facultad de Ingeniería eléctrica. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, 2005.
- [2] Procedimiento UR-BL 0115. Diagnóstico de líneas aéreas de distribución de 110 kV y menores. Manual de Distribución, UNE, Mayo, 2003.
- [3] R. Fernández, "Sistema de gestión de redes: Diez años de desarrollo", *Ingeniería Energética*, vol. XXX n.2, pp. 3-12, may. 2009.
- [4] E. Sierra Gil y S. Lajes Choy, "Evolución de los métodos de evaluación de la confiabilidad para redes eléctricas de distribución", *Ingeniería Energética*, vol. 31, n.3, pp. 42-48, 2010
- [5] R. Tamasco Amador. Protecciones eléctricas. [CD-ROM]. Colombia. 2006.
- [6] Nulec Industries. MV Overhead Feeder Automation Sophistication. [CD- ROM]. A Schneider Electric Company. 2007.
- [7] Nulec Industries pty ltd, N-Series. Automatic Circuit Recloser. [CD- ROM]. Technical Manual, 2006.
- [8] Nulec Industries pty Ltd, Loop Automation para restauradores. [CD - ROM]. Manual Técnico. Sistema de Sistema de Automatismo Loop Automation. Restauradores serie N-U. 2007.