

Sistema de lazo automático en los circuitos eléctricos de distribución de Holguín / Loop automation system in the electric distribution circuits of Holguín

Franklyn González-Segura. frank@facing.uho.edu.cu *

Carlos Andrés Sánchez-Ayón. **

Leandro Ayarde-Henríquez. layarde@facing.uho.edu.cu ***

Institución de los autores

*, *** Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”.

** Organización Básica Eléctrica. Holguín.

PAÍS: Cuba

RESUMEN

La utilización de la tecnología de Loop Automation (Lazo Automático) en los circuitos de distribución es una estrategia eficiente para reducir el tiempo de interrupción por usuario (TIU), fundamentalmente en líneas urbanas donde la cantidad de usuarios por sección de circuito sea muy elevada. El desarrollo de este trabajo consistió en la implementación de esta tecnología en la ciudad de Holguín, necesitada de un sistema automático confiable capaz de optimizar el TIU por circuito primario. El estudio de las funciones de protecciones, su implementación y combinación con las funciones básicas de la automática fue un estudio válido a seguir en esta experiencia para su generalización.

PALABRAS CLAVE: LAZO AUTOMÁTICO; PROTECCIONES ELÉCTRICAS Y CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN.

ABSTRACT

The utilization of technology of Loop Automation on the distribution electric circuit is an efficient strategy to reduce interruption times per user, particularly in urban lines where the quantity of users per circuit section is very elevated. The development of this work consists in the implementation of this technology at Holguín City, because of its needs for a reliable automatic system capable of

optimizing the TIU for primary circuit to be implemented. The study of functions of protections, implementation and combination with the basic functions of automatic is really a valid study to follow in this experience for its generalization.

KEY WORDS: LOOP AUTOMATION; ELECTRIC PROTECTIONS AND CIRCUITS OF DISTRIBUTION.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Holguín antes del año 2008 contaba con un único sistema de transmisión-distribución, (STD) con dos transformadores de 25 MVA, uno de 110/13.8 kV y otro de 110/34.5 kV, este último alimentaba tres transformadores de 6.3 MVA que convertían de 34.5kV a 4.16 kV. Con el proceso inversionista de la Revolución Energética se convirtieron la totalidad de los circuitos de 4.16 kV a 13.8 kV, se construyeron dos subestaciones de transmisión y se han implementado una serie de acciones en las líneas de distribución como cambio de calibre, postes, herrajes y aisladores.

Todas estas acciones que incluyó el diseño e implementación de una nueva topología de las redes han contribuido a pensar en el desarrollo de otra forma de operación del sistema de distribución donde se logre optimizar el TIU, en la nueva concepción del sistema quedaron tres STD de 110/13.8 kV haciendo un triángulo en la ciudad con seis salidas de circuito cada una, esto hizo que los ocho circuitos antiguos se convirtieran en 18 nuevos. Además han sido instalados recerradores (Nu-lec) como punto intermedio de los circuitos con el objetivo de automatizar la operación entre ellos.

De aquí se deriva la necesidad de implementar la automatización de los circuitos de distribución y sus secciones, las prestaciones de los recerradores (Nu-lec) permiten aplicar una automática capaz de seccionalizar y restablecer el sistema automáticamente sin que intervenga la decisión humana o de un sistema avanzado por computadoras o SCADA, (Nu-lec Industries, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

El Loop Automation, ver Figura 1, significa automática de lazo, esta es una tecnología usada por diferentes fabricantes de recerradores y seccionalizadores. La misma permitió realizar la seccionalización y reposición

de esquemas de distribución solamente al monitorear los estados del sistema y la secuencia de operación de sus elementos. El método que utilizan para entender la secuencia se basa sobre el monitoreo de los voltajes de ambos lados del dispositivo ya sea lado carga o lado fuente, (Castillo, 2007).

Los recerradores Nu-lec utilizados fueron configurados de tres formas fundamentales:

Feeder: recerrador alimentador.

MidPoint: recerrador intermedio.

Tie: recerrador de enlace.

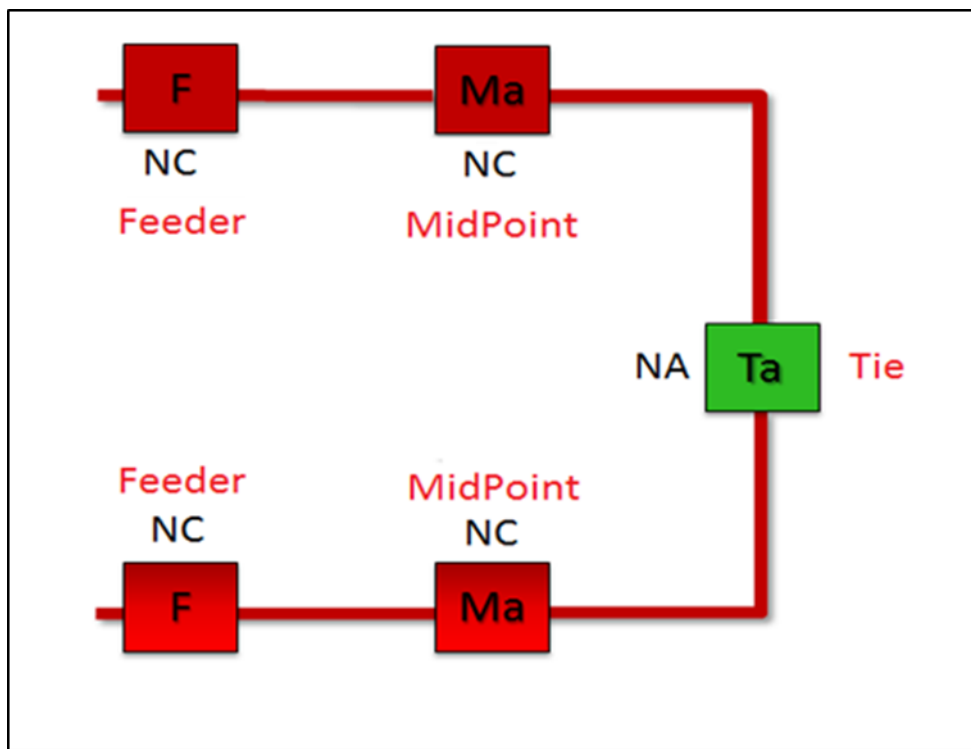


Figura 1. Elementos del Loop Automation.

Los recerradores alimentadores e intermedios trabajan normalmente cerrados (NC) y el enlace abierto (NA), este último siempre supervisa los valores de voltaje de ambos lados del circuito y cuando detecta la ausencia de voltaje en uno de ellos después de un tiempo programado cierra probando la sección sin alimentación. Los recerradores intermedios una vez detectada la ausencia de voltaje total cambia su grupo de protecciones de A a B y quedan listos, luego esperan el cierre automático del recerrador de enlace.

Ejemplos de seccionalización de fallas ocurridas con estos recerradores:

1. Falla entre un recerrador alimentador y un intermedio, ver Figura 2.

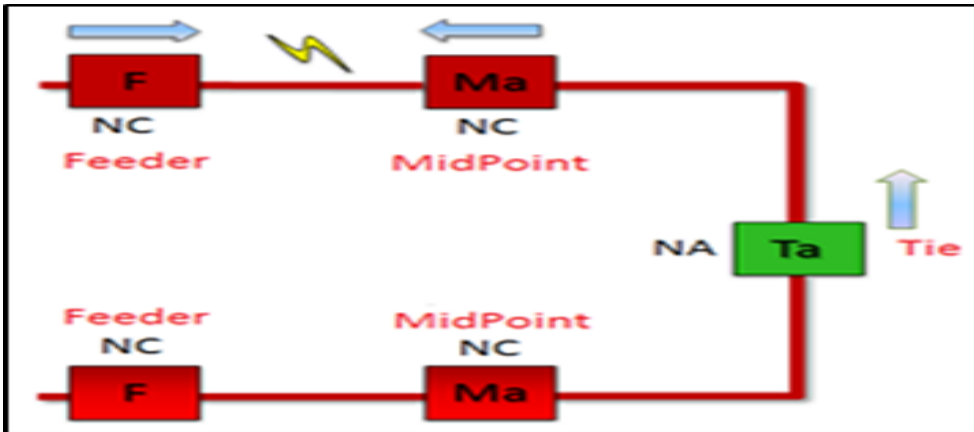


Figura 2: Loop Automation con falla entre un recerrador alimentador y un intermedio.

Para una falla en esta sección se dispararía el recerrador alimentador, el intermedio cambiaría de grupo A a B, el enlace cerraría después de su tiempo programado, si la falla persiste entonces se dispararía el recerrador intermedio y quedaría aislada la falla en su totalidad.

2. Falla entre un recerrador intermedio y el enlace.

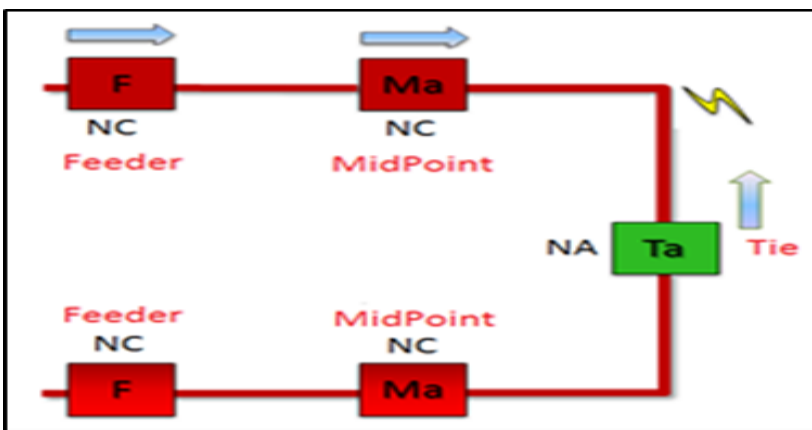


Figura 3: Loop Automation con falla entre un recerrador intermedio y el enlace.

Una falla en esta sección dispararía el recerrador intermedio, al detectar ausencia de voltaje el enlace en uno de los circuitos esperaría su tiempo programado y cerraría probando nuevamente la sección en avería, si la falla persiste el enlace dispararía y quedaría la sección en falla totalmente aislada.

Esta automática permitió optimizar la cantidad de clientes afectados con la ocurrencia de una avería. Dividió dos circuitos en 4 secciones funcionales y con respaldo de alimentación, ver en Figura 4, el Loop Automation utilizado en la ciudad de Holguín.



Figura 4. Esquema de distribución de la ciudad de Holguín.

Leyenda:

- Subestaciones de 110/13.8 kV.
- Redes de 13.8 kV.
- Interruptor Nu-lec de enlace entre circuitos (N A). Tie.
- Interruptor Nu-lec intermedios en los troncos de los circuitos. Midpoint.

La Figura 4 también representa las tres subestaciones principales de la ciudad y la interconexión de los circuitos de distribución entre ellas. En este caso actuaron como recerradores alimentadores (Feeder), los interruptores de salida de línea de las subestaciones. A los mismos se le implementó una automática para disparar con ausencia de voltaje en barra de la subestación. El objetivo de esta automática es no retroalimentar una posible falla en la barra de la subestación o aguas arriba al cerrar un recerrador de enlace por censar ausencia de voltaje en unos de sus lados.

La coordinación de protecciones del Loop Automation según las características de los circuitos de distribución de la ciudad de Holguín en el tema de la coordinación de las protecciones con las funciones del Loop Automation de cada recerrador es quien define el correcto funcionamiento de la automática, basados en los criterios de (Álamos, 2006). Se presentaron fenómenos y

aspectos técnicos que hubo que considerar para obtener un resultado positivo, tales como: el efecto del Inrush y el efecto de la Carga Fría.

Al trabajar en el ajuste de circuitos residenciales puros, se debió considerar estos fenómenos, sin descartar los criterios de sensibilidad se tendió a alejarlos de su mayor efecto posible para que no provocaran operaciones incorrectas.

Entre los aspectos técnicos que se tuvieron en cuenta aparecen:

- Criterios generales: el primer principio a seguir para los ajustes de la automática de lazo, fue obtener mediante cálculos y estudios un ajuste único para todos los lazos automáticos a implementar, con el objetivo de facilitar su correcta puesta en servicio en el terreno y lograr una estandarización de los mismos y protección, (Mujal, 2002). Cada elemento tuvo su ajuste característico en dependencia de su función dentro de la automática pero se logró que todos los recerradores intermedios tuvieran los mismos ajustes, todos los enlaces las mismas configuraciones y de la misma forma todos los interruptores de salida de línea de las subestaciones.
- Referencias generales del sistema: se asumió que siempre que el flujo de potencia activa estuviera desde las subestaciones hacia los clientes los recerradores intermedios tendrían habilitado el grupo de protecciones A, o sea si el flujo esta desde el lado fuente hacia el lado carga, de lo contrario pasaría a habilitarse el grupo B, (Kase, y Amoh, 2005). Los recerradores de enlace tuvieron ajustados de igual forma los dos grupos el A y el B.
- Coordinación entre curvas: al coordinar varias curvas se tuvo en cuenta el tiempo mínimo de operación entre ellas, y fue mayor que el tiempo de apertura del recerrador después de la orden de disparo, en este caso se ajustaron para un Δt (diferencial de tiempo) de 0.1 segundos y se obtuvieron excelentes resultados de coordinación.
- Coordinación del tiempo del Loop Automation: la operación de la función del lazo automático tuvo que estar correctamente coordinada por si ocurre un evento donde se pierda referencia de potencial en varios elementos al mismo tiempo. El caso más crítico analizado fue cuando a la salida de una de las subestaciones o el disparo de algunos de los

totalizadores de estas, se perdía la referencia de potencial en la barra de la subestación, en el recerrador intermedio y en un lado del recerrador de enlace. Frente a este evento se accionó primero la automática de voltaje de la subestación para evitar la retroalimentación hacia una posible falla aguas arriba, luego operó el recerrador intermedio que cambió de grupo de protecciones y preparó condiciones para la seguida energización y seguido operó el recerrador de enlace para probar el circuito. Los tiempos utilizados en el esquema de la ciudad de Holguín fueron cuatro segundos para la automática de voltaje en las subestaciones, cinco segundos para el recerrador intermedio y 12 segundos para el recerrador de enlace.

- Coordinación con funciones de la automática: los recerradores tuvieron un tiempo programable para la operación de la automática de lazo, los intermedios cambiaron de grupo de ajuste y el enlace implementó un cierre y cambio de grupo de ajuste en dependencia del lado que perdió la referencia de voltaje. Pero al cumplirse el tiempo todos activaron la función de disparo único que la misma tuvo que coordinar con los recerradores aguas arriba. Cuando un recerrador se cierra ya sea de forma remota, local o por automática de lazo también se activa el disparo único y otras funciones como el bloqueo de Inrush y el bloqueo de Carga fría, estas últimas tienen que coordinar con las protecciones de los elementos aguas arriba, (Couto y Castrucci 2002).

En el caso de la ciudad de Holguín se escogieron curvas de tiempo inverso, las mismas fueron calculadas para coordinar entre ellas y burlar los efectos de los fenómenos transitorios del Inrush y la Carga fría, de esta forma no fue necesario activar las funciones de bloqueo.

Otro factor que incidió sobre los ajustes fue la corta distancia de las líneas entre recerradores y el alto nivel de cortocircuito que generan las tres subestaciones de transmisión-distribución.

- Incidencias de secciones cortas: se promedió entre las distancias de todas las secciones de circuito generadas por los esquemas de la automática alrededor de 3 km entre recerradores, esto hizo que los niveles de cortocircuito fueran muy parecidos a lo largo de las secciones.

- Incidencia de altos niveles de cortocircuito en las barras de las subestaciones: los niveles de cortocircuito en barra estuvieron por encima de los 4500 amperes equivalente a unos 188 MVA a 13.8 kV, esto hizo más de siete veces la capacidad total de cada subestación que combinado con la incidencia de las secciones cortas empeoraron las condiciones para los cálculos de los ajustes.

La coordinación de recerradores aguas abajo, con referencia de los interruptores totalizadores de las subestaciones de transmisión-distribución, obligó a subir los tiempos de operación de estos últimos, principalmente los elementos de sobrecorriente de respaldo del transformador, esto es una inconveniencia porque para una falla en la barra de alguna de estas subestaciones el tiempo de limpieza sería mayor al igual que los daños ocasionados que se derivan, (Ogata, 1997), (Miyagi, 1997). En este caso se implementó un esquema de lógica selectiva o PEB (protección especial de barras), la misma permitió disminuir los tiempos de operación de los totalizadores a 150 milisegundos frente a una falla en su barra correspondiente, ver Figura 5 y Figura 6.

La PEB consistió en enviar bloqueos de operación desde los relés de los interruptores de salida de circuito al relé del totalizador. Cuando exista un evento en una de las salidas de línea el relé de sobrecorriente al detectarlo le envía instantáneamente una señal de bloqueo al relé del totalizador, y descarta que la falla sea en barra. Cuando ocurre una falla en barra los relés de salida de línea no tienen detección de sobrecorriente y el totalizador dispara con un mínimo de tiempo al no recibir bloqueo, (Muñoz, 2009).

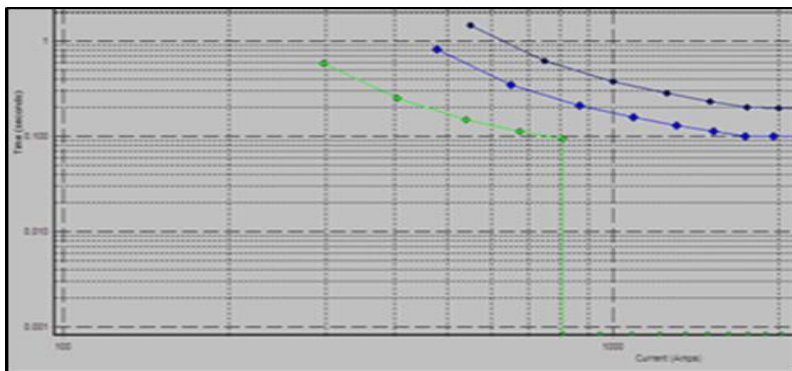


Figura 5. Ejemplo de coordinación entre recerradores por fase.

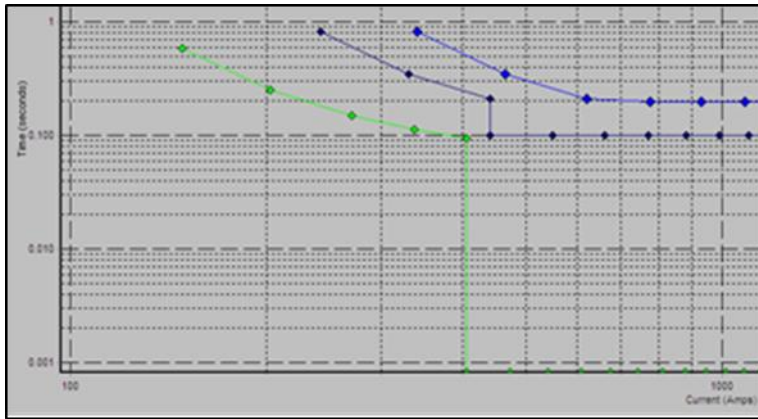


Figura 6. Ejemplo de coordinación entre recerradores por tierra.

CONCLUSIONES

1. Se implementó un lazo automático para el sistema de circuitos de distribución de la ciudad de Holguín a pesar de los efectos de las condiciones propias del sistema.
2. Al promediarse entre las distancias de todas las secciones de circuito generadas por los esquemas de la automática alrededor de 3 km entre recerradores los niveles de cortocircuito fueron muy parecidos a lo largo de las secciones.
3. En la estrategia de automatización se escogieron curvas TIU de tiempo inverso para coordinar entre ellas y burlar los efectos de los fenómenos transitorios del Inrush y la Carga fría, de esta forma no fue necesario activar las funciones de bloqueo.
4. El (TIU) obtenido en el esquema de la ciudad de Holguín se redujo a cuatro segundos para la automática de voltaje en las subestaciones, cinco segundos para el recerrador intermedio y 12 segundos para el recerrador de enlace.
5. Los estudios realizados y los criterios implementados para su funcionamiento sirven para su generalización en el país.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álamos, J. (2006). "Cálculo de corriente de cortocircuito". Disponible en: www.elprisma.com/apuntes/ingenieria/electrica/y/electronica/calculo/corriente/cortocircuito/ [consultado 3/ 2014]

2. Castillo, C. (2007). "Revista de Electricidad, Electrónica y Automática (REEA)", Dpto. de Electricidad del IES Río Cuerpo de Hombre de Bejar (Salamanca), [en línea], www.olmo.cnice.mecd.es/~jmarti50/automatas/auto.htm [consultado 3/2014]
3. Couto, C. y Castrucci, PL. (2002). Ingeniería de Automatización Industrial. Sao Paulo : Editora LTC.
4. Kase, Y. & Amoh, H. (2005). Charging current compensation for distance protection. Presented at the IEEE Power Eng. Soc. General Meeting Conf., San Francisco, CA, 2005.
5. Miyagi, P. (1997). Controles programables. Fundamentos de controles de sistemas a eventos discretos Sao Paulo : Editora Edgard Blucher.
6. Mujal, R. (2002). Protección de sistemas eléctricos de potencia. Barcelona : S.I. Universidad Politécnica de Catalunya.
7. Muñoz, C. (2009). Flujo de potencia trifásico para sistemas de distribución. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile: Departamento de Ingeniería Eléctrica.
8. Nulec Industries, a Schneider Electric. (2005). Manual técnico del reconectador automático Serie- U. 2005. Disponible en: <http://www.nulec.com> [consultado 4/2014]
9. Ogata, K. (1997). Ingeniería de control moderna. La Habana :Tomo I y II. Edición Revolucionaria. t.1y 2.

Síntesis curricular de los Autores

*** Franklyn González-Segura.** frank@facing.uho.edu.cu

Máster en Eficiencia Energética. Ingeniero Eléctrico. Profesor Auxiliar del Departamento de Física-Química y Electrónica. Disciplina Electricidad y Automatización.

**** Carlos Andrés Sánchez-Ayón.**

Máster en Eficiencia Energética. Ingeniero Eléctrico.

***** Leandro Ayarde-Henríquez.** layarde@facing.uho.edu.cu

Máster en Eficiencia Energética. Ingeniero Industrial. Profesor del Departamento de Física-Química y Electrónica. Disciplina Física para Ingeniería Industrial.

Institución de los autores.

*, *** Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”.

** Organización Básica Eléctrica. Holguín.

Fecha de Recepción: 08 junio 2014

Fecha de Aprobación: 20 de enero 2015

Fecha de Publicación: 29 de mayo 2015