

PROTECCIÓN DE DISTANCIA EN LAS LÍNEAS CON DERIVACIÓN

Distance protection in the lines with derivation

Proteção de distância e linhas de derivação

Osmel Pérez Baluja¹ , Orlys E. Torres Breffe¹ 

¹ Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana-Cuba. Correo:
operezb@electrica.cujae.edu.cu, otorres@electrica.cujae.edu.cu

Fecha de recepción: 23 de agosto de 2020.

Fecha de aceptación: 05 de noviembre de 2020.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. En este trabajo se analizó el uso de la protección de distancia como protección principal en las líneas de transmisión con derivaciones. **OBJETIVO.** Demostrar que los relés de distancia no deben ser las protecciones principales en la una línea transmisión. **MÉTODO.** Se realizó la modelación matemática con experimentos virtuales de fuente intermedia de secuencia positiva y se simularon cortocircuitos trifásicos y monofásicos a tierra en una línea de transmisión genérica. **RESULTADOS.** Se demostró que la protección de distancia tiene errores en la localización de fallas y que los errores de sub-alcance en los relés de distancia son frecuentes en las líneas de transmisión con derivaciones. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** En líneas con derivación con generación en las derivaciones, el efecto de la fuente intermedia de secuencia positiva provoca errores considerables en la localización de la falla, incluso cuando existen transformadores en la derivación este provoca el efecto de fuente intermedia pero con corrientes de secuencia cero que igualmente provoca errores en la localización de la falla de fase a tierra. Se demostró que la protección de distancia no debería ser empleada como protección principal en las líneas de transmisión y mucho menos si existen derivaciones.

Palabras Clave: Protección de distancia, cortocircuito, bajo-alcance.



Torres & Baluja. Protección de distancia en las líneas con derivación.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e
Innovación Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.345>



ABSTRACT

INTRODUCTION. In this work, the use of distance protection as the main protection in transmission lines with shunts was analyzed. **OBJECTIVE.** Show that distance relays should not be the main protections in a transmission line. **METHOD.** Mathematical modeling was performed with positive sequence intermediate source virtual experiments and triphasic and monophasic shorts to ground were simulated on a generic transmission line. **RESULTS.** It was shown that distance protection has errors in fault location and that under-range errors in distance relays are frequent on shunted transmission lines. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** In shunt lines with generation in the shunts, the effect of the intermediate source of positive sequence causes considerable errors in the location of the fault, even when there are transformers in the shunt, this causes the effect of an intermediate source but with currents of zero sequence that it also causes errors in the location of the phase-to-ground fault. It was shown that distance protection should not be used as the main protection in transmission lines, much less if there are branches.

Keywords: Distance protection, short circuit, under range protection.

RESUMO

INTRODUÇÃO. Neste trabalho, foi analisado o uso da proteção de distância como principal proteção em linhas de transmissão com shunts. **OBJETIVO.** Mostre que os relés de distância não devem ser as principais proteções em uma linha de transmissão. **MÉTODO.** A modelagem matemática foi realizada com experimentos virtuais de fonte intermediária de seqüência positiva e os curtos trifásicos e monofásicos para o solo foram simulados em uma linha de transmissão genérica. **RESULTADOS.** Foi mostrado que a proteção de distância tem erros na localização da falta e que erros de subfaixa em relés de distância são frequentes em linhas de transmissão com desvio. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** Nas linhas de shunt com geração nos shunts, o efeito da fonte intermediária de seqüência positiva causa erros consideráveis na localização da falta, mesmo quando há transformadores na shunt, isso causa o efeito de uma fonte intermediária mas com correntes de seqüência zero que também causa erros na localização da falta fase-terra. Foi demonstrado que a proteção de distância não deve ser utilizada como principal proteção em linhas de transmissão, muito menos se houver derivações.

Palavras-chave: Proteção à distância, curto-circuito, baixo alcance.

INTRODUCCIÓN

La protección de distancia (21/21N Código ANSI), es la protección más utilizada en nuestros días para proteger líneas de transmisión [1]. Para que la protección de distancia pueda medir correctamente la impedancia desde su ubicación a la falla, es



Torres & Baluja. Protección de distancia en las líneas con derivación.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e
Innovación Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.345>



Compartir

necesario que la tensión que reciba dependa exclusivamente de la corriente local [1], [2]; muchas configuraciones del sistema eléctrico [1]–[3] dan lugar a que lo anterior no se cumpla pero en especial las derivaciones de las líneas de transmisión [4].

Cuando existe aporte de corriente proveniente de la derivación y la ubicación de la falla es más alejada del punto de unión a la línea de transmisión, deja de ser cierta la simple relación lineal de proporcionalidad entre la impedancia que mide el relé y la distancia a la falla [5]. Una operación o no operación incorrecta de la protección de distancia puede repercutir en daños a elementos del sistema y en algunos casos puede verse afectada la estabilidad [6], [7], dado que la protección de distancia se encuentra por lo general protegiendo líneas de transmisión.

MÉTODO

Técnicas de análisis de datos

Análisis de análisis de cortocircuitos, análisis de diagramas X-R, y análisis de la operación de relés de protección de distancia.

Procedimiento

Se simularon fallas trifásica y monofásica a tierra en una línea de transmisión (Torre H) donde se presenta una derivación en la que puede existir generación o carga. Además, se analiza el desempeño de la protección de distancia (protección de la línea de transmisión) mediante el análisis de sus zonas de operación en el plano complejo X-R.

Técnicas de análisis de datos

En la Figura 1 se muestra una línea de transmisión con derivación, donde se ilustran los elementos que pueden existir en esta.

Cuando se presenta cualquiera de los cortocircuitos (trifásico y monofásico a tierra), el relé de distancia instalado en K (Figura 1) debe medir la impedancia entre su ubicación y la falla. La impedancia real entre el relé y la falla se define como se muestra en la ecuación (1).

$$Z_{real} = Z_{KJ} + Z_{JP} \quad (1)$$

Mientras que la tensión que mide el relé en K se define en la ecuación (2).

$$V_K = I_K \cdot Z_{KJ} + (I_K + I_Q) \cdot Z_{JP} = I_K \cdot (Z_{KJ} + Z_{JP}) + I_Q \cdot Z_{JP} \quad (2)$$

Es evidente que la tensión que ve el relé se compone de dos caídas de tensión; la primera, $I_K \cdot (Z_{KJ} + Z_{JP})$, que depende de la corriente local I_K que atraviesa el relé mientras que la segunda, $I_Q \cdot Z_{JP}$, que no depende de I_K , es la caída de tensión originada en el tramo de línea JP por la corriente I_Q aportada a través de la línea QJ (derivación).



Este último sumando es precisamente el término que introduce el error al trabajo de la protección, pues la corriente I_Q no pasa por el relé en K. En la ecuación (3) se muestra la impedancia medida por el relé.

$$Z_{mK} = \frac{V_K}{I_K} = (Z_{KJ} + Z_{JP}) + \left(\frac{I_Q}{I_K}\right)Z_{JP} \quad (3)$$

Se puede observar que el error absoluto de la medición esta dado por el factor $\left(\frac{I_Q}{I_K}\right)Z_{JP}$. Este error da lugar a que, bajo estas circunstancias, no se cumpla que la impedancia es reflejo de la distancia a la falla.

RESULTADOS

La línea de transmisión puede tener derivaciones por razones económicas algo típico en nuestros días [4], siendo las líneas tipo T las más comunes que afectan las protecciones de distancia (Figura 1), cuando se presenta un cortocircuito en una ubicación de la línea pasado el punto de unión de la línea de transmisión y la derivación.

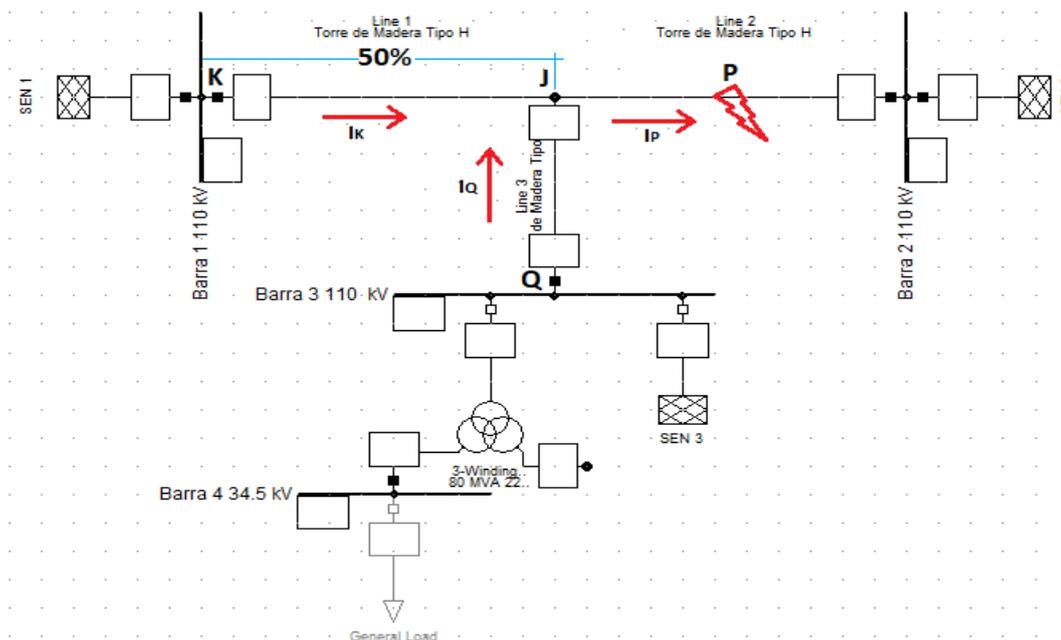


Figura 1. Esquema en DlgSILENTE Power Factory con líneas en derivación que afecta el trabajo de las protecciones de distancia ante cortocircuitos.

El error que produce el aporte de corriente a la falla proveniente de las derivaciones se manifiesta en bajo-alcance de las zonas de medida de la protección de

distancia [1], [5], [7]–[9], o lo que es igual el relé ve más impedancia que la que realmente existe.

En las simulaciones se observó que cuando existe generación en la derivación y esta no fue considerada a la hora de realizar los ajustes, se produce una operación incorrecta de la protección para cualquier tipo de falla. El error puede afectar las tres zonas de operación y aumenta cuando la corriente que suministra la derivación es elevada y la falla es lo más alejada posible de la ubicación del relé [4], [7], [8], [10]. En la Tabla 1 se muestran los resultados de las simulaciones que permiten analizar cuantitativamente todo lo antes expuesto.

Tabla 1. Errores de la protección de distancia.

Tipo de Falla	Ubicación en la línea (%)	Generación en la derivación	Aporte de Corriente en derivación (kA)	Z Real de la falla (Ω)	Z Medida por el relé (Ω)	Error (%)
Trifásica	60	Sí	0	9.135	9.135	0
Trifásica	60	Sí	0.5	9.135	9.409	2.91
Trifásica	60	Sí	1	9.135	9.676	5.92
Trifásica	60	Sí	2	9.135	10.189	11.54
Trifásica	90	Sí	2	13.723	17.71	29.05
Trifásica	100	Sí	2	15.264	20.048	31.34
Monofásica a tierra	60	No	2	9.135	11.68	27.86

Clave. Z: Módulo de la impedancia.

Un caso peculiar donde se presentó el error sin que existiera generación detrás de la derivación, se observó cuando ocurre una falla monofásica a tierra y en la derivación existen cargas alimentadas a través de un transformador (ver Figura 1) donde el neutro del enrollado de alta tensión del transformador está conectado a tierra.

Se comprobó mediante la simulación matemática que cuando el neutro del primario está conectado a tierra, el transformador aporta corriente de secuencia cero cuando las fallas involucran tierra y el grupo de conexiones del transformador permite la circulación de corriente de secuencia cero (por ejemplo, grupo de conexión Y/ Δ) que ocurre incluso aunque la carga este desconectada [1].

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los errores de medición de impedancia de una protección de distancia aparecen cuando las fallas ocurren más allá de la derivación en una línea de transmisión. En estas condiciones por el relé de distancia circula una corriente diferente a la que circula por la



falla debido al aporte de una fuente intermedia de secuencia positiva o cero y esto introduce errores en la localización de la falla. Estas fuentes intermedias en las derivaciones las conforman los generadores o los transformadores de las subestaciones en caso que estén conectados en estrella aterrizados - delta.

En algunos casos los errores de localización de los relés de distancias son inevitables debido a que no se puede conocer desde un extremo de la línea el aporte de la fuente intermedia separada por kilómetros, en otras ocasiones un adecuado ajuste puede evitar los errores de bajo alcance. Los errores de localización de falla de fase a tierra los puede introducir el transformador de la derivación sin que exista generación en la misma.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Trabajos realizados con el apoyo de la Universidad Tecnológica de la Habana.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La protección de distancia constituye el método de protección más utilizado en líneas de transmisión, pero se demostró que cuando existen derivaciones que aportan corriente a la falla las mediciones del relé serán erróneas dando lugar a operaciones incorrectas. Por lo tanto, se debe considerar todos los aportes de corriente a la falla a la hora de realizar los ajustes del relé de protección en otros casos los errores son inevitables.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Osmel Pérez Baluja. Diseño del experimento y la investigación. Desarrollo de la modelación y la simulación. Estructuración y Redacción de la publicación.

Orlys Ernesto Torres Breffe. Diseño del experimento y la investigación. Desarrollo de la modelación y la simulación. Estructuración y revisión de la publicación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Tecnológica de la Habana y el centro de Investigaciones y Pruebas Eléctricas por confiar en el trabajo de sus profesionales.

REFERENCIAS

- [1] Schneider Electric, *Protección de Distancia. Guía de aplicación*. España, 2005.
- [2] P. Anderson, *Power System protection*, IEEE Press. New York, 1999.



Torres & Baluja. Protección de distancia en las líneas con derivación. Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020". Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.345>



- [3] J. L. Blackburn, *Protective Relaying*, Fourth Edition. New York: CRC Press, 2014.
- [4] T. Zheng, Y. Zhao, J. Li, X. Wei, Y. Wang, y Z. Wang, «A new pilot distance protection scheme for teed lines», en *12th IET International Conference on AC and DC Power Transmission (ACDC 2016)*, may 2016, pp. 1-5, doi: 10.1049/cp.2016.0429.
- [5] apinar0401, «Ajuste y coordinacion de protecciones de distancia y sobrecorriente p...», 12:46:56 UTC, Accedido: may 07, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/apinar0401/ajuste-y-coordinacion-de-protecciones-de-distancia-y-sobrecorriente-para-lineas-de-transmision>.
- [6] W. D. Stevenson, *Analisis de Sistemas de Potencia*. Mexico: McGraw-HILL, 1996.
- [7] Areva, «Technical Manual MiCOM P44x Numerical Distance Protection». jun. 2013.
- [8] C. Gallego, J. Urresty, y J. Gers, «Analysis of phenomena, that affect the distance protection», ago. 2008, pp. 1-6, doi: 10.1109/TDC-LA.2008.4641751.
- [9] «SEL-321 Relé de distancia de fase y tierra», *selinc.com*. <https://selinc.com/es/products/321/> (accedido jun. 23, 2020).
- [10] I. Ullah, R. S. Mahammed, N. R. Baharom, H. Ahmad, H. Luqman, y Z. Zainal, «Remote infeed and arc resistance effects on distance relays settings for 9 bus WSCC system», sep. 2017, vol. 1883, p. 020047, doi: 10.1063/1.5002065.

NOTA BIOGRÁFICA



Osmel Pérez Baluja. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0003-1857-9594>. Es profesor e investigador de la Universidad Tecnológica de la Habana. Obtuvo su título de ingeniero eléctrico en 2017. Su línea de investigación es en las protecciones eléctricas y los sistemas eléctricos de potencia. Actualmente es investigador/docente en la Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.



Orly Ernesto Torres Breffe. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0001-7781-2611>. Es profesor e investigador de la Universidad Tecnológica de la Habana. Obtuvo su



Torres & Baluja. Protección de distancia en las líneas con derivación.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e
Innovación Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.345>



ingeniería en electricidad en 1995, tiene una maestría en 1999 y un doctorado en ciencias técnicas en 2005. Su línea de investigación es en las protecciones eléctricas, la estabilidad de los sistemas eléctricos de potencia y la calidad de la energía. Actualmente es investigador/docente en la Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



Torres & Baluja. Protección de distancia en las líneas con derivación.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e
Innovación Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.345>

