



# PROTECCIÓN DE DISTANCIA CONFIABLE

## Obtenga parámetros de línea precisos con el sistema CPC 100 + CP CU1

La protección a distancia y la localización de fallas basada en la impedancia en líneas aéreas y cables eléctricos se está utilizando en compañías eléctricas de todo el mundo. La impedancia de secuencia positiva  $Z_1$  y la impedancia homopolar  $Z_0$  son características significativas de la línea protegida que deben entenderse con precisión con el fin de conseguir que el relé decida si se dispara o no con confiabilidad. Para enviar al personal de la línea, se requiere un conocimiento preciso de la ubicación de la falla para que la interrupción del servicio sea lo más breve posible. Por lo tanto, se utilizan los localizadores de fallas que dependen de parámetros de línea precisos.

### ¿Mediciones o cálculos?

Los parámetros de la línea pueden medirse o calcularse en función de la geometría de los conductores y las propiedades del suelo. Cuando se calculan las impedancias de línea, se toman múltiples atajos de simplificación que no reflejan las circunstancias reales. Por tanto, los resultados, a menudo, no son lo suficientemente precisos. Concretamente, las impedancias de línea a tierra y, por lo tanto,  $Z_0$ , se ven influenciadas por las características físicas existentes, tales como los tubos metálicos o cables próximos en la tierra. Este es el motivo por el que no son lo suficientemente exactas cuando se calculan. Además, se supone que el suelo tiene una resistividad uniforme, que –por lo general– no es el caso debido a las diferentes propiedades del suelo en sus diferentes capas. Sin embargo, una medición refleja todos los factores y obtiene los valores verdaderos.

Por lo tanto, Anchorage ML&P, una compañía eléctrica de Anchorage, EE.UU., ha comenzado a medir las impedancias de línea para verificar y optimizar la parametrización de

los relés de distancia. Aunque Anchorage ML&P utiliza la protección diferencial de línea como su método principal de protección de líneas de transmisión en todo su sistema, su protección de respaldo es la protección de distancia.

En mayo de 2018, se midió una línea aérea de 138 kV con una longitud de 7,1 kilómetros. Las líneas aéreas en Alaska, en general, no cuentan con un cable de tierra, ya que no son frecuentes los rayos. Esto significa que toda la corriente de falla en el caso de una sola falla de línea a tierra (falla SLG) regresa por el suelo y, por ende, por una ruta de características desconocidas.

### Sistema multifuncional de pruebas

Para la medición, Anchorage ML&P utilizó el CPC 100 como unidad principal multifuncional que genera señales de prueba de frecuencia variable y mide la corriente y la tensión aplicando filtros digitales para una supresión efectiva del ruido. Esta unidad principal se combinó con el accesorio CP CU1, una unidad de acoplamiento que garantiza un aislamiento galvánico entre la línea sometida a prueba y la unidad principal. Además, se utilizó la caja de conexión a tierra CP GB1 que se suministra con disipadores de sobretensión capaces de desviar las altas corrientes de falla en el caso de sobretensiones inesperadas desde el lado de la línea.

Aunque Anchorage ML&P adquirió inicialmente el sistema de pruebas CPC 100 + CP CU1 de OMICRON para verificar la eficacia de sus redes de tierra mediante la medición de las resistencias de elevación del potencial de tierra, de potenciales de paso y contacto, y de punto a punto, se dio cuenta de que la verificación de las impedancias de la línea de transmisión favorecía el sistema de pruebas. ▶

### Mediciones precisas

Se están midiendo siete impedancias de bucle para determinar la impedancia de secuencia positiva  $Z_1$  y la impedancia homopolar  $Z_0$ . Esto incluye los tres bucles de fase a fase, los tres bucles de fase a tierra y un bucle en el que las tres fases se acortan y se miden a tierra. En general, la prueba llevó menos de una hora. Después de la prueba, el software Excel especializado creó un informe de prueba que incluía todos los datos correspondientes:

- › Impedancia de secuencia positiva  $Z_1$
- › Impedancia homopolar  $Z_0$
- › Factor de compensación homopolar  $K_0$
- › Desviación entre los valores medidos y calculados de  $Z_1$  y  $Z_0$  si se dispone de valores calculados
- › Alcance de zona real en función de los parámetros existentes de los relés
- › Precisión del localizador de fallas basado en la impedancia en función de los parámetros actuales de los relés

La tabla 1 compara los valores medidos de  $Z_1$  y  $Z_0$ , que se derivan de la medición de las siete impedancias de bucle, con los valores calculados. Como era de esperarse, la desviación de la impedancia de secuencia positiva es insignificante, ya que la impedancia de secuencia positiva puede calcularse con precisión a partir de la geometría de la disposición de los conductores.

Sin embargo, se han observado desviaciones bastante altas de la impedancia homopolar. El valor X de  $Z_0$ , que es el componente más crucial, aparte del valor de R, se determinó anteriormente que era casi un 70 % demasiado alto según el cálculo basado en las propiedades de la geometría y el suelo.

Cálculo de error				
	$Z_1$		$Z_0$	
	R in $\Omega$	X in $\Omega$	R in $\Omega$	X in $\Omega$
Valor medido	0,722	1,938	1,095	5,067
Valor calculado	0,740	1,940	1,450	8,500
Error (ref. al valor medido)	2,54 %	0,09 %	32,42 %	67,75 %

Tabla 1: Comparación de los valores medidos y calculados

Con objeto de visualizar los alcances de zona real y la precisión del localizador de fallas basado en la impedancia, el software Excel permite introducir los parámetros de los relés para producir los gráficos correspondientes.

Se introduce el valor X primario de la zona con el fin de evaluar los alcances de zona. En este caso particular, la zona 1 se sometió a evaluación con un factor de graduación deseado del 90 %. Esto significa que el valor X es el 90 % del valor X de la impedancia de secuencia positiva calculada. Además, se introduce el factor de compensación homopolar  $k_0$  (magnitud  $k_{0M}$  y ángulo  $k_{0A}$ ) según su definición en el manual de SEL 311:

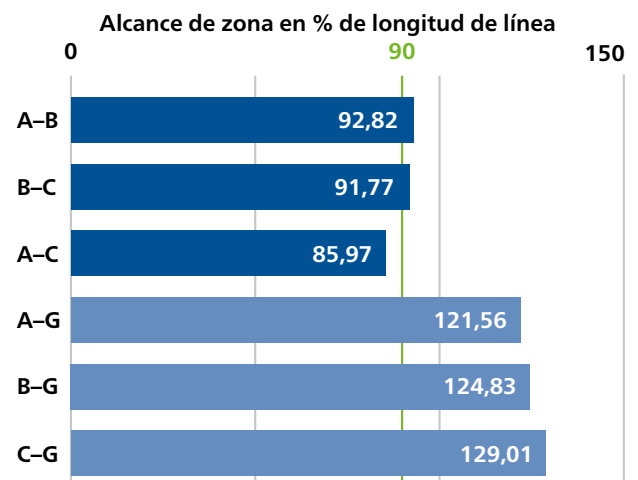
$$k_0 = \frac{Z_0 - Z_1}{3 \times Z_1}$$

#### Parámetros de protección de distancia

$X_1$ prim zone	1,746 $\Omega$
$k_{0M}$	1,068
$k_{0M}$ in $^\circ$	14,15

En el caso de las fallas de fase a fase, el alcance está en el 90 % del rango previsto porque no hay casi ninguna desviación entre los valores  $Z_1$  calculados y medidos.

Como se esperaba, los alcances de zona para las fallas de fase a tierra están alejados del 90 % debido a que el factor de compensación homopolar se deriva del valor  $Z_0$  calculado. En este caso, el relé tendería hacia el sobrealcance, lo que significa que, en caso de una falla SLG en la línea



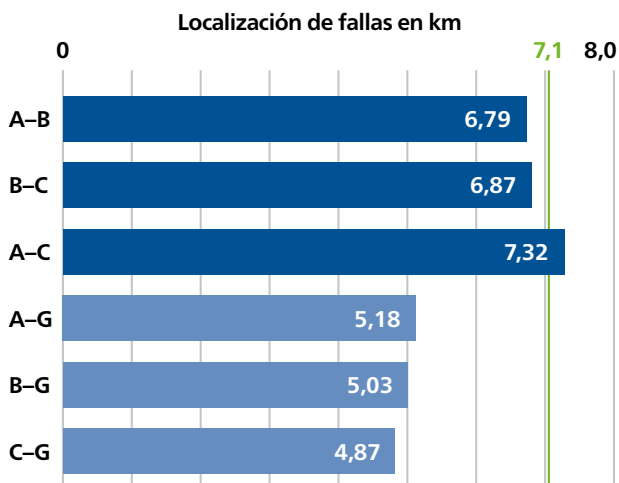
siguiente (hasta más del 120 % de la línea medida), el relé de la línea medida también se dispararía, así como el relé que protege la línea siguiente.

El valor X por milla/km de  $Z_1$  es necesario para evaluar la precisión del localizador de fallas. En este ejemplo, se examina una falla al 100 % de la longitud de la línea, lo que significa que la falla debe verse correctamente a 7,1 km.

**Parámetros del localizador de fallas**

<b>X<sub>1</sub> prim</b>	0,7136 Ω/km	<b>Localización de fallas</b>	100 %
---------------------------	-------------	-------------------------------	-------

Para las fallas de fase a fase, la ubicación de la falla nuevamente está muy cerca de este valor, provocando el desequilibrio de la línea desviaciones ligeras. Sin embargo, se ven las fallas SLG mucho más cercanas al relé debido a la configuración incorrecta de  $k_0$ . Aunque esta línea es bastante corta, la desviación absoluta ya es más de 1,6 km. Cuando se precisa de personal de mantenimiento de la línea para resolver la falla, la localización de la falla puede acelerarse en gran magnitud, especialmente en el caso de las líneas más largas que recorren zonas remotas, que pueden ser de difícil acceso.



**Conclusión**

La medición demuestra la falta de confiabilidad de los relés de protección de distancia si se han utilizado impedancias de línea inexactas para parametrizar los relés. La determinación precisa de las impedancias de línea aumenta la precisión del cálculo de las distancias de las estaciones a las fallas en todos los tipos de escenarios. ■

