



C3

Protección de distancia

Guía de protección y automatización de redes

Life Is On

Schneider
Electric

Chapter 3

C

Protección de distancia

1. Introducción	211
2. Principios de los relés de distancia	211
3. Rendimiento del relé	212
4. Relación entre la tensión del relé y Z_s / Z_L relación Límite de voltaje para una medición precisa del punto de alcance	213
5. Zonas de protección	214
6. Características del relé de distancia	215
7. Implementación del relé de distancia	216
8. Efecto de la impedancia de la fuente y los métodos de conexión a tierra	223
9. Problemas de aplicación del relé de distancia	225
10. Otras características del relé de distancia	227
11. Ejemplo de aplicación de relé de distancia	229
12. Referencias	230
13.	232

1. Introducción

El problema de combinar la eliminación rápida de fallas con el disparo selectivo de la planta es un objetivo clave para la protección de los sistemas eléctricos. Para cumplir con estos requisitos, los sistemas de protección de alta velocidad para circuitos de transmisión y distribución primaria que son adecuados para su uso con el reenganche automático de interruptores automáticos se encuentran en continuo desarrollo y se aplican ampliamente.

La protección de distancia, en su forma básica, es un sistema de protección no unitario que ofrece considerables ventajas económicas y técnicas. A diferencia de la protección de sobrecorriente de fase y neutro, la ventaja clave de la protección de distancia es que su cobertura de falla del circuito protegido es virtualmente independiente de las variaciones de impedancia de la fuente.

Esto se ilustra en la Figura C3.1, donde se puede ver que la protección contra sobrecorriente no se puede aplicar satisfactoriamente. La protección de distancia es comparativamente simple de aplicar y puede funcionar rápidamente para fallas ubicadas a lo largo de la mayor parte de un circuito protegido. También puede proporcionar funciones de respaldo primarias y remotas en un solo esquema. Se puede adaptar fácilmente para crear un esquema de protección de la unidad cuando se aplica con un canal de señalización. De esta forma es eminentemente adecuado para aplicaciones con reenganche automático de alta velocidad, para la protección de líneas de transmisión críticas.

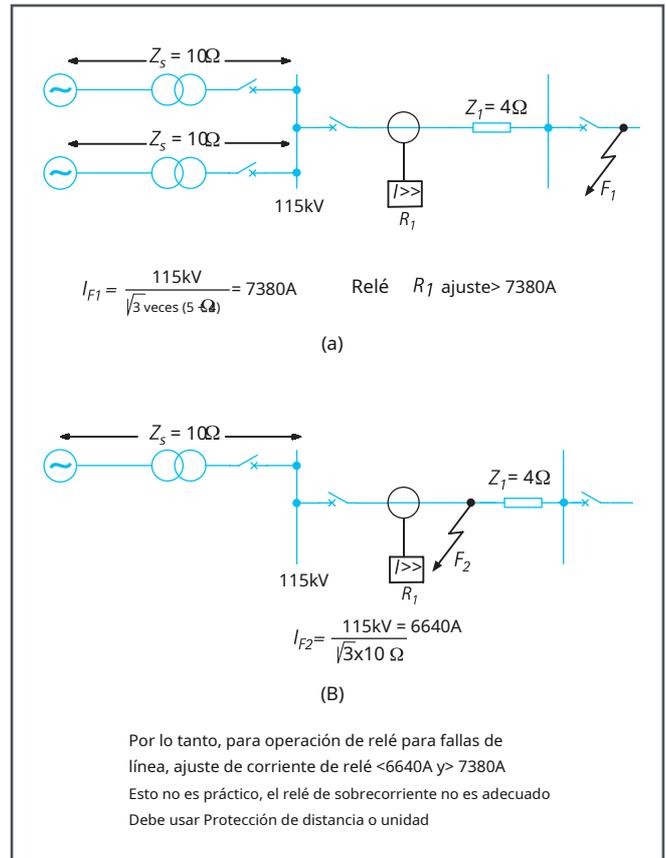


Figura C3.1:
Ventajas de la distancia sobre la protección contra sobrecorriente

2. Principios de los relés de distancia

Dado que la impedancia de una línea de transmisión es proporcional a su longitud, para la medición de la distancia es apropiado utilizar un relé capaz de medir la impedancia de una línea hasta un punto predeterminado (el punto de alcance). Dicho relé se describe como un relé de distancia y está diseñado para operar solo para fallas que ocurren entre la ubicación del relé y el punto de alcance seleccionado, lo que permite discriminar las fallas que pueden ocurrir en diferentes secciones de línea.

El principio básico de la protección de distancia implica la división del voltaje en el punto de relé por la corriente medida. La impedancia aparente así calculada se compara con la impedancia del punto de alcance. Si la impedancia medida es menor que la impedancia del punto de alcance, se supone que existe una falla en la línea entre el relé y el punto de alcance.

El punto de alcance de un relé es el punto a lo largo del lugar geométrico de impedancia de la línea que se cruza con la característica de límite del relé. Dado que esto depende de la relación de voltaje y corriente y el ángulo de fase entre ellos, se puede trazar en un diagrama R / X. Los lugares de las impedancias del sistema de potencia como las ve el relé durante fallas, oscilaciones de potencia y variaciones de carga se pueden trazar en el mismo diagrama y de esta manera se puede estudiar el desempeño del relé en presencia de fallas y perturbaciones del sistema.

El rendimiento del relé de distancia se define en términos de precisión de alcance y tiempo de funcionamiento. La precisión del alcance es una comparación del alcance óhmico real del relé en condiciones prácticas con el valor de ajuste del relé en ohmios. La precisión del alcance depende particularmente del nivel de voltaje presentado al relé en condiciones de falla. Las técnicas de medición de impedancia empleadas en diseños de relés particulares también tienen un impacto.

Los tiempos de operación pueden variar con la corriente de falla, con la posición de la falla en relación con la configuración del relé y con el punto de la onda de voltaje en el que ocurre la falla. Dependiendo de las técnicas de medición empleadas en un diseño de relé en particular, los errores transitorios de la señal de medición, como los producidos por los transformadores de voltaje del condensador o los CT saturados, también pueden retrasar negativamente la operación del relé para fallas cercanas al punto de alcance. Es habitual que los relés de distancia electromecánicos y estáticos reclamen tiempos de funcionamiento máximos y mínimos. Sin embargo, para los relés de distancia numéricos o digitales modernos, la variación entre estos es pequeña en un amplio rango de funcionamiento del sistema. condiciones y posiciones de falla.

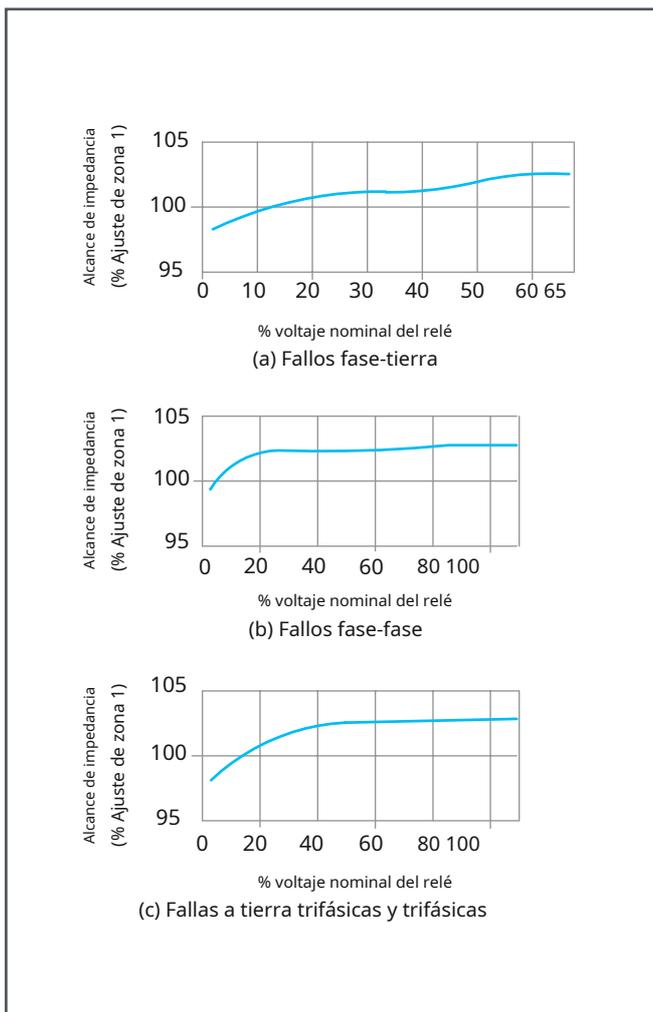


Figura C3.2: Características típicas de precisión de alcance de impedancia para la Zona 1

3.1 Relés de distancia electromecánicos / estáticos

Con diseños de relés electromecánicos y estáticos anteriores, la magnitud de las cantidades de entrada influyó particularmente tanto en la precisión del alcance como en el tiempo de funcionamiento. Se acostumbraba presentar información sobre el desempeño del relé por curvas de voltaje / alcance, como se muestra en la Figura C3.2, y curvas de tiempo de operación / posición de falla para varios valores de relaciones de impedancia de fuente (SIR) como se muestra en la Figura C3.3, donde:

$$SIR = Z_S / Z_L$$

y

Z_S = Impedancia de la fuente del sistema de energía detrás de la ubicación del relé

Z_L = Impedancia de línea equivalente al ajuste de alcance del relé

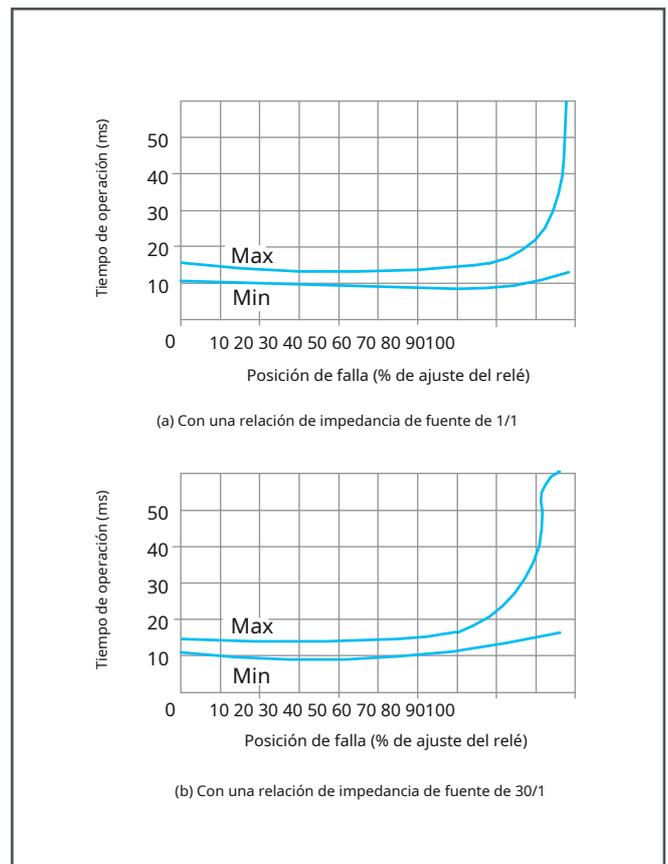


Figura C3.3: Características típicas del tiempo de operación para fallas fase-fase Zona 1

Alternativamente, la información anterior se combinó en una familia de curvas de contorno, donde la posición de la falla expresada como un porcentaje de la configuración del relé se traza contra la relación de impedancia de fuente a línea, como se ilustra en la Figura C3.4 (a) y C3.4 (B).

C3 3. Rendimiento del relé

3.2 Relés de distancia digitales / numéricos

Los relés de distancia digitales / numéricos tienden a tener tiempos de operación más consistentes. Suelen ser un poco más lentos que algunos de los diseños al operar bajo las mejores condiciones, pero sus tiempos de funcionamiento máximos también son menores en condiciones de forma de onda adversas o para fallas en los límites de las condiciones.

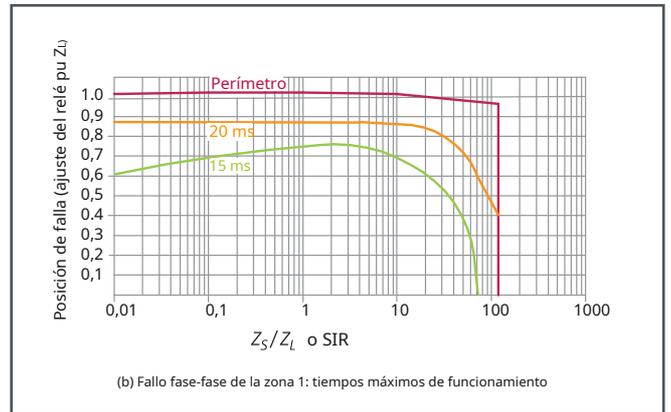
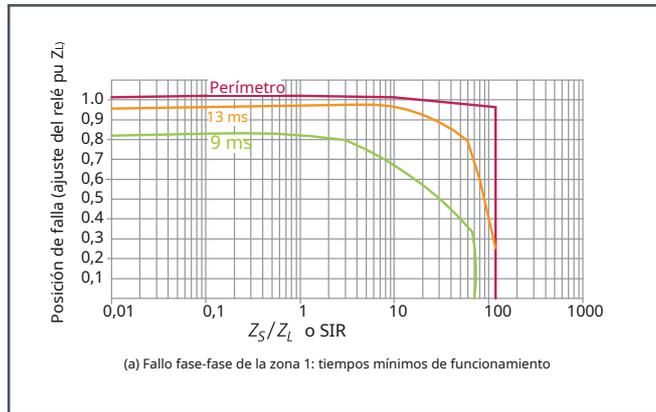


Figura C3.4a: Contornos típicos de tiempo de operación mínimo

Figura C3.4b: Contornos típicos de tiempo máximo de operación

4. Relación entre el voltaje del relé y Z_S / Z_L proporción

Un circuito único, genérico y equivalente, como se muestra en la Figura C3.5 (a), puede representar cualquier condición de falla en un sistema de energía trifásico. El voltaje V aplicado al bucle de impedancia es el voltaje de circuito abierto del sistema de potencia. Punto R representa la ubicación del relevo; I_R y V_R son la corriente y el voltaje medidos por el relé, respectivamente.

Las impedancias Z_S y Z_L se describen como impedancias de fuente y línea debido a su posición con respecto al relé localización. Impedancia de fuente Z_S es una medida del nivel de falla en el punto de relé. Para fallas que involucran tierra, depende sobre el método de puesta a tierra del sistema detrás del punto de relé.

Impedancia de línea Z_L es una medida de la impedancia de la sección protegida. El voltaje V_R aplicado al relé es, por lo tanto, $I_R Z_L$. Para una falla en el punto de alcance, esto puede expresarse alternativamente en términos de impedancia de fuente a línea proporción Z_S / Z_L mediante las siguientes expresiones:

$$V_R = I_R Z_L$$

dónde:

$$I_R = \frac{V}{Z_S + Z_L}$$

Por lo tanto :

$$R = \frac{Z_L}{Z_S + Z_L} V$$

o

$$R = \left(\frac{1}{Z_S Z_L + 1} \right) V$$

... Ecuación C3.1

La relación genérica anterior entre V_R y Z_S / Z_L , ilustrado en la Figura C3.5 (b), es válido para todos los tipos de cortocircuitos siempre que se observen algunas reglas sencillas. Estos son:

una. para fallas de fase, V es el voltaje de la fuente fase-fase y Z_S / Z_L es la fuente de secuencia positiva a la impedancia de línea proporción. V_R es la tensión del relé fase-fase y I_R es la corriente del relé fase-fase, para las fases con falla

$$R = \left(\frac{1}{Z_S Z_L + 1} \right) V_{p-p}$$

... Ecuación C3.2

B. por fallas a tierra, V es el voltaje de la fuente fase-neutra y Z_S / Z_L es una relación compuesta que incluye las impedancias de secuencia positiva y cero. V_R es la tensión del relé fase-neutro y I_R es la corriente de relé para la fase con falla

4. Relación entre el voltaje del relé y Z_S / Z_L proporción

$$V_R = \frac{1}{(Z_S/Z_L) + \frac{2+p}{q} + 1} V_{l-n} \quad \dots \text{Ecuación C3.3}$$

dónde

$$Z_S = 2Z_{S1} + Z_{S0} = Z_{S1}(2 + p) Z_L =$$

$$2Z_{L1} + Z_{L0} = Z_{L1}(2 + q)$$

y

$$p = \frac{Z_{S0}}{Z_{S1}}$$

$$q = \frac{Z_{L0}}{Z_{L1}}$$

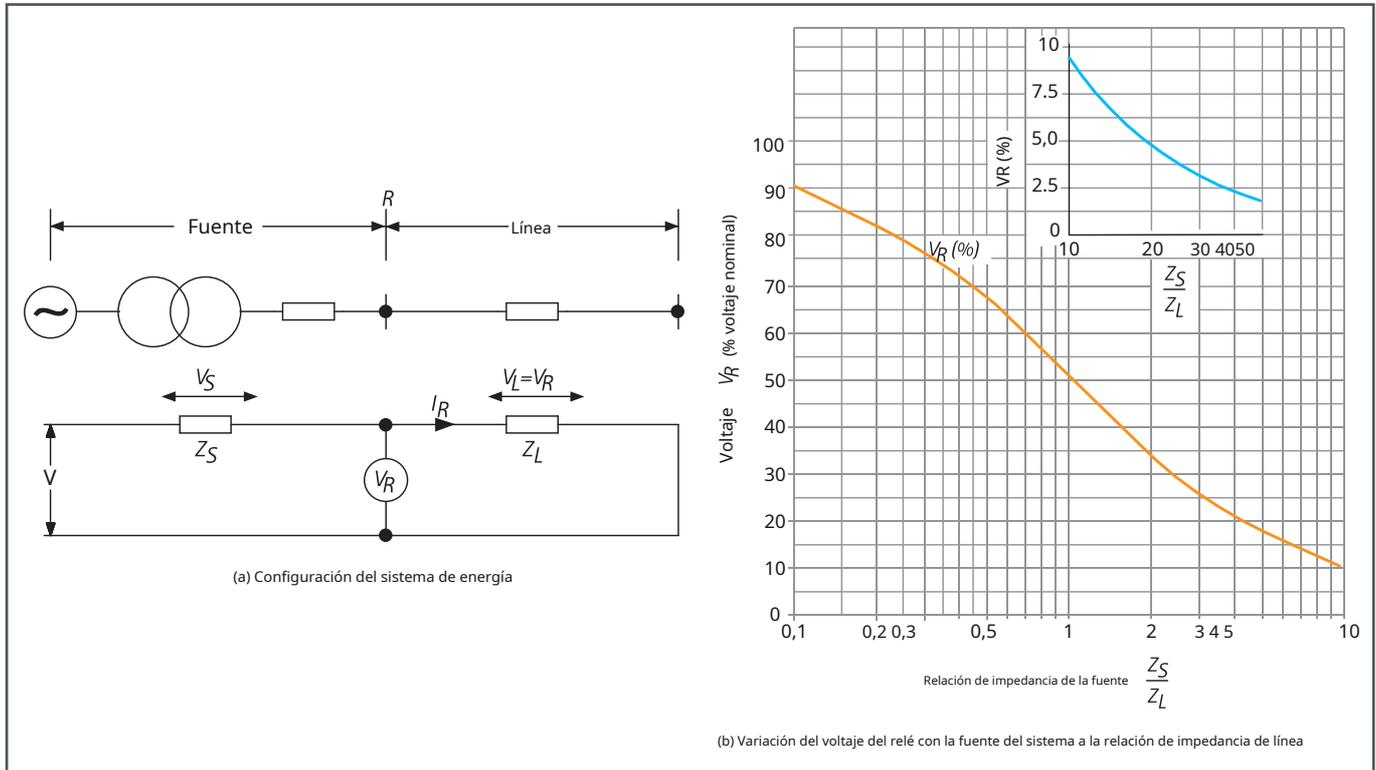


Figura C3.5:
Relación entre la fuente a la relación de línea y el voltaje del relé

5. Límite de voltaje para una medición precisa del punto de alcance

La capacidad de un relé de distancia para medir con precisión una falla en el punto de alcance depende de que el voltaje mínimo en la ubicación del relé en esta condición esté por encima de un valor declarado. Este voltaje, que depende del diseño del relé, también se puede cotizar en términos de un máximo equivalente Z_S/Z_L o **SEÑOR**.

Los relés de distancia están diseñados de modo que, siempre que se cumpla el criterio de voltaje del punto de alcance, cualquier error de medición aumentado para fallas más cercanas al relé no impedirá el funcionamiento del relé. La mayoría de los relés modernos se proporcionan con voltaje de fase saludable

polarización y / o polarización de voltaje de memoria. El propósito principal del voltaje de polarización del relé es asegurar la respuesta direccional del relé correcta para fallas cercanas, en la dirección de avance o retroceso, donde el voltaje de bucle de falla medido por el relé puede ser muy pequeño.

6. Zonas de protección

La selección cuidadosa de los ajustes de alcance y los tiempos de disparo para las diversas zonas de medición permite una coordinación correcta entre los relés de distancia en un sistema de energía. La protección de distancia básica comprenderá la protección de Zona 1 direccional instantánea y una o más zonas con retardo de tiempo. Los ajustes típicos de alcance y tiempo para una protección de distancia de 3 zonas se muestran en la Figura C3.6. Los relés de distancia digitales y numéricos pueden tener más de tres zonas (por ejemplo, MiCOM P44x hasta cinco, MiCOM P43x hasta ocho), algunos configurados para medir en la dirección inversa. Los ajustes típicos para tres zonas orientadas hacia el futuro de protección de distancia básica se dan en las siguientes subsecciones. Para determinar la configuración para un diseño de relé en particular o para un esquema de teleprotección de distancia particular, que involucra señalización de extremo a extremo, el relé se deben consultar las instrucciones del fabricante.

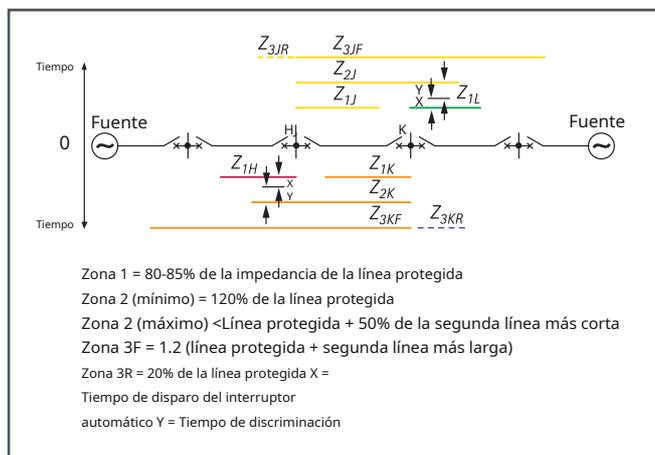


Figura C3.6: Características típicas de tiempo / distancia para protección de distancia de tres zonas

6.1 Configuración de la zona 1

Los relés electromecánicos / estáticos generalmente tienen una configuración de alcance de hasta el 80% de la impedancia de la línea protegida para la protección instantánea de la Zona 1. Para los relés de distancia digitales / numéricos, los ajustes de hasta el 85% pueden ser seguros. El margen de seguridad resultante del 15-20% garantiza que no hay riesgo de que la protección de la Zona 1 sobrepase la línea protegida debido a errores en los transformadores de corriente y voltaje, inexactitudes en los datos de impedancia de línea proporcionados para fines de configuración y errores de configuración del relé y medición. De lo contrario, habría una pérdida de discriminación con la protección de funcionamiento rápido en la siguiente sección de línea. La zona 2 de la protección de distancia debe cubrir el 15-20% restante de la línea.

6.2 Configuración de la zona 2

Para asegurar la cobertura total de la línea con tolerancia para las fuentes de error ya enumeradas en la sección anterior, el ajuste de alcance de la protección de la Zona 2 debe ser al menos el 120% de la impedancia de la línea protegida. En muchas aplicaciones, es una práctica común configurar el alcance de la Zona 2 para que sea igual a la sección de línea protegida + 50% de la línea adyacente más corta. Siempre que sea posible, esto asegura que el alcance máximo efectivo resultante de la Zona 2

no se extiende más allá del alcance mínimo efectivo de la Zona 1 de la protección de línea adyacente.

Esto evita la necesidad de clasificar los ajustes de tiempo de la Zona 2 entre relés ascendentes y descendentes. En los relés electromecánicos y estáticos, la protección de la Zona 2 se proporciona mediante elementos separados o ampliando el alcance de los elementos de la Zona 1 después de un retardo de tiempo iniciado por un detector de fallas. En la mayoría de los relés digitales y numéricos, los elementos de Zone2 se implementan en software.

El disparo de la Zona 2 debe retrasarse en el tiempo para garantizar la nivelación con el relé primario aplicado a los circuitos adyacentes que caen dentro del alcance de la Zona 2. De esta forma se obtiene una cobertura completa de una sección de línea, con un rápido despeje de fallas en el primer 80-85% de la línea y un despeje de fallas algo más lento en el resto de la sección de la línea.

6.3 Configuración de la zona 3

La protección de respaldo remoto para todas las fallas en las líneas adyacentes se puede proporcionar mediante una tercera zona de protección que tiene un retardo de tiempo para discriminar con la protección de la Zona 2 más el tiempo de disparo del interruptor automático para la línea adyacente. El alcance de la zona 3 debe establecerse en al menos 1,2 veces la impedancia presentada al relé para una falla en el extremo remoto de la segunda sección de línea.

En sistemas de energía interconectados, el efecto de la alimentación de corriente de falla en las barras colectoras remotas hará que la impedancia presentada al relé sea mucho mayor que la impedancia real a la falla y esto debe tenerse en cuenta al configurar la Zona 3. En algunos sistemas, las variaciones en la alimentación de la barra colectoras remotas pueden impedir la aplicación de la protección de la zona 3 de respaldo remoto, pero en los sistemas de distribución radial con alimentación de un solo extremo, no deberían surgir dificultades.

6.4 Ajustes para alcance inverso y otras zonas

Los relés digitales o numéricos modernos pueden tener zonas de impedancia adicionales que se pueden utilizar para proporcionar funciones de protección adicionales. Por ejemplo, cuando las primeras tres zonas se configuran como se indicó anteriormente, la Zona 4 podría usarse para proporcionar protección de respaldo para la barra colectoras local, aplicando una configuración de alcance inverso del orden del 25% del alcance de la Zona 1. Alternativamente, una de las zonas orientadas hacia adelante (típicamente la Zona 3) podría configurarse con un pequeño alcance de desplazamiento inverso desde el origen del diagrama R / X, además de su configuración de alcance hacia adelante.

Una característica de medición de impedancia de compensación no es direccional. Una ventaja de una zona de medición de impedancia no direccional es que puede operar para una falla cercana, de impedancia cero, en situaciones donde puede no haber una señal de voltaje de fase saludable o una señal de voltaje de memoria disponible para permitir el funcionamiento de una zona de impedancia direccional. Si se omite el retardo de tiempo de la zona de compensación, se puede proporcionar protección de 'Encendido en caso de falla' (SOTF). Esto es necesario donde hay transformadores de voltaje de línea, para proporcionar un disparo rápido en caso de activación accidental de la línea con las abrazaderas de conexión a tierra de mantenimiento en posición. Se pueden implementar zonas de impedancia adicionales como parte de un esquema de protección de distancia utilizado junto con un canal de señalización de teleprotección.

Algunos relés numéricos miden la impedancia absoluta de falla y luego determinan si se requiere operación de acuerdo con los límites de impedancia definidos en el R/X diagrama. Los relés de distancia tradicionales y los relés numéricos que emulan los elementos de impedancia de los relés tradicionales no miden la impedancia absoluta. Comparan el voltaje de falla medido con un voltaje de réplica derivado de la corriente de falla y la configuración de impedancia de zona para determinar si la falla está dentro o fuera de zona. Los comparadores de impedancia de relés de distancia o algoritmos que emulan los comparadores tradicionales se clasifican de acuerdo con sus características polares, el número de entradas de señal que tienen y el método mediante el cual se realizan las comparaciones de señales. Los tipos comunes comparan la amplitud relativa o la fase de dos cantidades de entrada para obtener características de operación que son líneas rectas o círculos cuando se trazan en un R/X diagrama. En cada etapa de la evolución del diseño del relé de distancia, el desarrollo de las formas y la sofisticación de las características operativas de impedancia se ha regido por la tecnología disponible y el costo aceptable. Dado que muchos relés tradicionales todavía están en servicio y dado que algunos relés numéricos emulan las técnicas de los relés tradicionales, se justifica una breve revisión de los comparadores de impedancia.

7.1 Comparación de amplitud y fase

Los elementos de medición de relé cuya funcionalidad se basa en la comparación de dos magnitudes independientes son esencialmente comparadores de amplitud o de fase. Para los elementos de impedancia de un relé de distancia, las cantidades que se comparan son la tensión y la corriente medidas por el relé. Existen numerosas técnicas disponibles para realizar la comparación, dependiendo de la tecnología utilizada. Varían desde relés electromagnéticos de haz balanceado (comparación de amplitud) y copa de inducción (comparación de fase), pasando por comparadores de diodos y amplificadores operacionales en relés de distancia de tipo estático, hasta comparadores de secuencia digital en relés digitales y hasta algoritmos utilizados en relés numéricos.

Cualquier tipo de característica de impedancia obtenible con un comparador también se puede obtener con el otro. La suma y resta de las señales para un tipo de comparador produce las señales necesarias para obtener una característica similar utilizando el otro tipo. Por ejemplo, comparando V y I en un comparador de amplitud da como resultado una característica de impedancia circular centrada en el origen de la R/X diagrama. Si la suma y la diferencia de V y I se aplican al comparador de fase, el resultado es una característica similar.

7.2 Característica de impedancia simple

Esta característica no tiene en cuenta el ángulo de fase entre la corriente y la tensión que se le aplica; por esta razón su característica de impedancia cuando se traza en un R/X diagrama es un círculo con su centro en el origen de las coordenadas y de radio igual a su ajuste en ohmios. La operación ocurre para todos los valores de impedancia menores que el ajuste, es decir, para todos los puntos dentro del círculo. La característica del relé, mostrada

en la Figura C3.7, es por lo tanto no direccional, y de esta forma operaría para todas las fallas a lo largo del vector *Alabama* y también para todas las fallas detrás de las barras colectoras hasta una impedancia *SOY*. Cabe señalar que *A* es el punto de retransmisión y *RAB* es el ángulo por el cual la corriente de falla se retrasa con respecto al voltaje del relé para una falla en la línea *AB* y *RAC* es el ángulo de ataque equivalente para una falla en línea *C.A.* Vector *AB* representa la impedancia frente al relé entre el punto de relé *A* y el final de la línea *AB*. Vector *C.A.* representa la impedancia de la línea *C.A.* detrás del punto de retransmisión. *Alabama* representa el alcance de la protección instantánea de la Zona 1, configurada para cubrir del 80% al 85% de la protección línea.

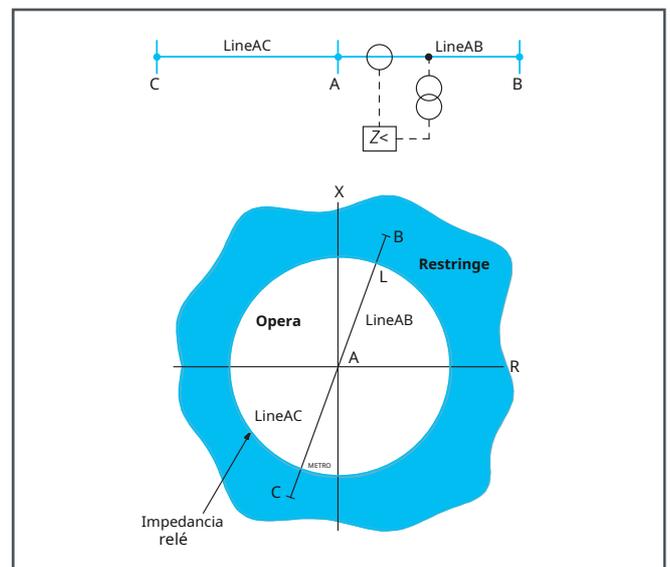


Figura C3.7:
Característica de relé de impedancia simple

Un relé que utiliza esta característica tiene tres desventajas importantes:

- una.** no es direccional; verá fallas tanto delante como detrás del punto de retransmisión y, por lo tanto, requiere un elemento direccional para darle una discriminación correcta
- B.** tiene una cobertura de resistencia a fallas no uniforme
- C.** es susceptible a cambios de potencia y cargas pesadas de una línea larga, debido a la gran área cubierta por el círculo de impedancia

El control direccional es una cualidad de discriminación esencial para un relé de distancia, para hacer que el relé no responda a fallas fuera de la línea protegida. Esto se puede obtener mediante la adición de un elemento de control direccional independiente. La característica de impedancia de un elemento de control direccional es una línea recta en el R/X diagrama, por lo que la característica combinada de los relés direccionales y de impedancia es el semicírculo *APLQ* se muestra en la Figura C3.8.

C3 7. Características del relé de distancia

Si ocurre una falla en F cerca de C en la línea paralela CD , los unidad direccional R_D a A restringirá debido a la corriente I_{F1} . Al mismo tiempo, se evita que la unidad de impedancia funcione por la salida de inhibición de la unidad R_D . Si no se proporciona este control, el elemento de baja impedancia podría operar antes de que el circuito interruptor automático C apertura. Inversión de corriente a través del relé de I_{F1} para I_{F2} cuando C abre podría resultar en incorrecto disparo de la línea sana si la unidad direccional R_D funciona antes de que se restablezca la unidad de impedancia. Este es un ejemplo del Es necesario considerar la coordinación adecuada de múltiples elementos de relé para lograr un rendimiento confiable del relé durante la evolución de las condiciones de falla. En los diseños de relés más antiguos, el tipo de problema a abordar se denominaba comúnmente de 'contacto raza'.

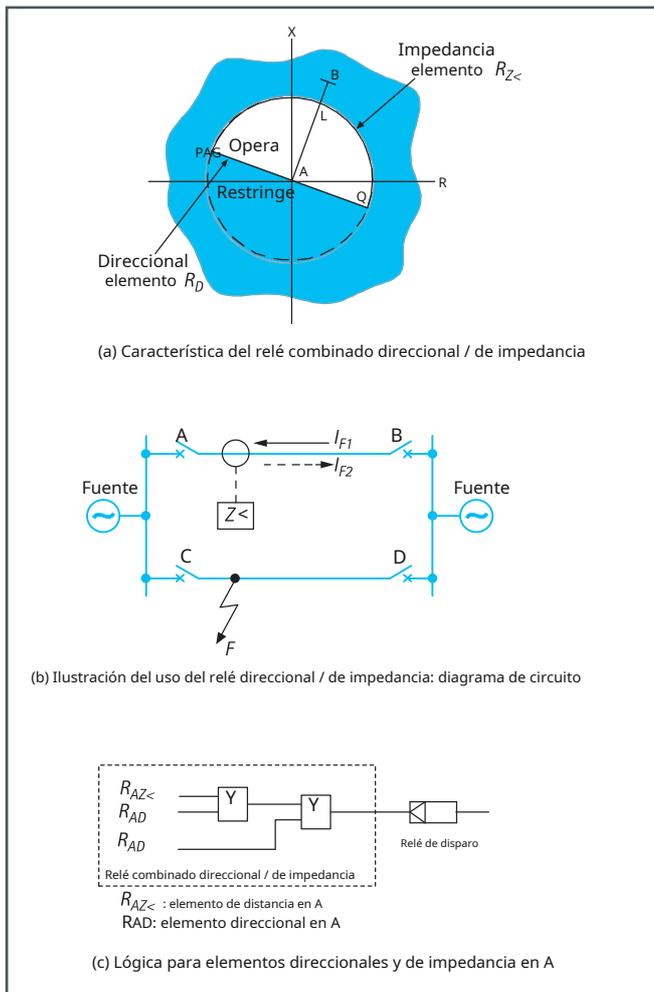


Figura C3.8:
Relés de impedancia y direccionales combinados

7.3 Relé mho autopolarizado

El elemento de impedancia mho se conoce generalmente como tal porque su característica es una línea recta en un diagrama de admitancia. Combina hábilmente las cualidades discriminatorias de

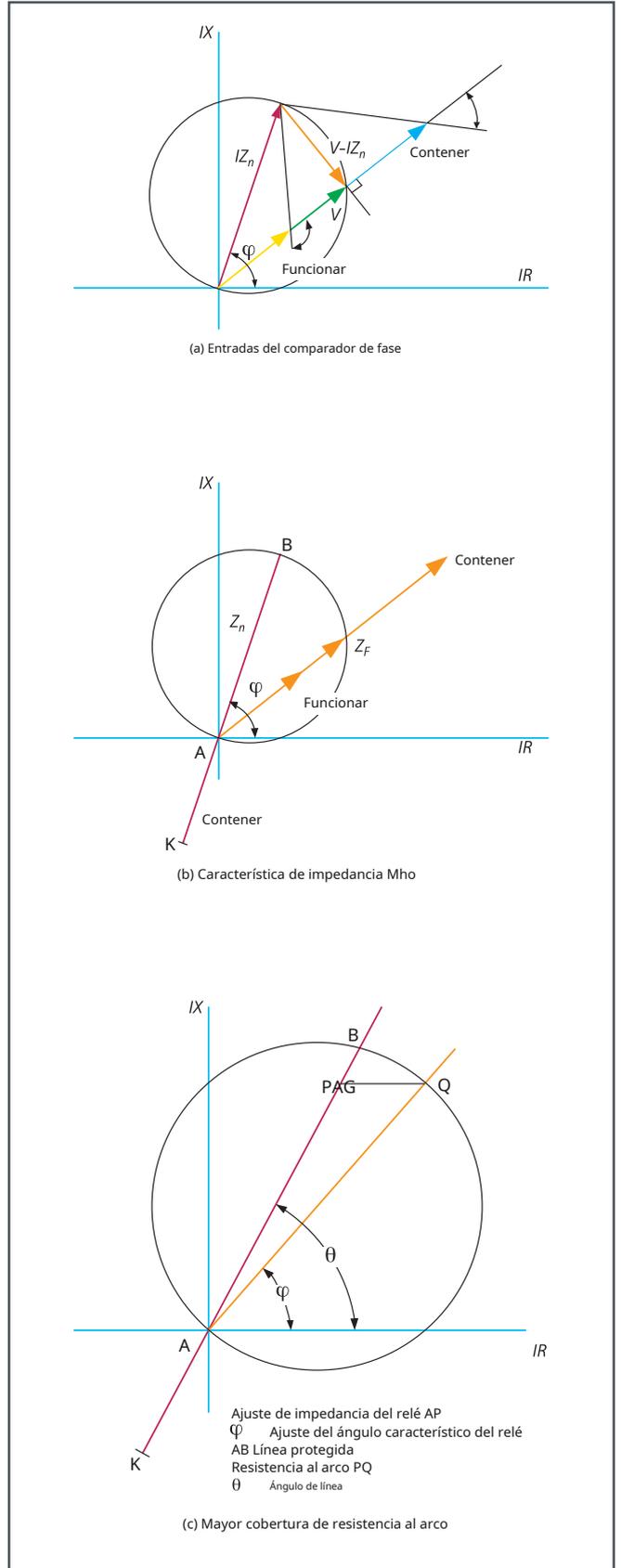


Figura C3.9:
Característica del relé mho

control de alcance y control direccional, eliminando así los problemas de "carrera de contacto" que pueden surgir con elementos de control de alcance y direccional separados. Esto se logra mediante la adición de una señal polarizadora. Los elementos de impedancia mho eran particularmente atractivos por razones económicas cuando se empleaban elementos de relé electromecánicos. Como resultado, se han implementado ampliamente en todo el mundo durante muchos años y ahora se comprenden bien sus ventajas y limitaciones. Por esta razón, todavía se emulan en los algoritmos de algunos relés numéricos modernos.

La característica de un elemento de impedancia mho, cuando se traza en un R/X diagrama, es un círculo cuya circunferencia pasa por el origen, como se ilustra en la Figura C3.9 (a). Esto demuestra que el elemento de impedancia es inherentemente direccional y tal que operará solo para fallas en la dirección de avance a lo largo de la línea AB como se muestra en la Figura C3.9 (b).

La característica de impedancia se ajusta configurando Z_{norte} , el alcance de la impedancia, a lo largo del diámetro y ϕ , el ángulo de desplazamiento del diámetro de la R eje. Ángulo ϕ se conoce como Ángulo característico del relé (RCA). El relevo opera para valores de impedancia de falla Z_F dentro de su característica.

Se observará que el alcance de la impedancia varía con el ángulo de falla. Como la línea a proteger está compuesta por resistencia e inductancia, su ángulo de falla dependerá de los valores relativos de R y X a la frecuencia de funcionamiento del sistema. Bajo una condición de falla de arco, o una falla a tierra que involucre resistencia adicional, como resistencia de apoyo de la torre o falla a través de la vegetación, el valor del componente resistivo de la impedancia de falla aumentará para cambiar el ángulo de impedancia. Por lo tanto, un relé que tiene un ángulo característico equivalente al ángulo de línea tendrá un alcance menor en condiciones de falla resistiva.

Por lo tanto, es habitual establecer el RCA por debajo del ángulo de la línea, de modo que sea posible aceptar una pequeña cantidad de resistencia de falla sin causar un bajo alcance. Sin embargo cuando configurando el relé, la diferencia entre el ángulo de la línea θ y el ángulo característico del relé ϕ debe ser conocido. La característica resultante se muestra en la Figura C3.9 (c) donde AB corresponde a la longitud de la línea a proteger. Con ϕ establecer menos de θ , la cantidad real de línea protegida, AB , haría ser igual al valor de ajuste del relé AQ multiplicado por coseno ($\theta - \phi$). Por lo tanto, el ajuste de relé requerido AQ es dado por:

$$AQ = \frac{AB}{\cos(\theta - \phi)}$$

Debido a la naturaleza física de un arco, existe una relación no lineal entre el voltaje del arco y la corriente del arco, lo que da como resultado una resistencia no lineal. Usando la fórmula empírica derivada por AR van C. Warrington [Ref C3.1: Relés de protección - su teoría y práctica], el valor aproximado de la resistencia al arco se puede evaluar como:

$$R_a = \frac{28710L}{I^{1.4}} \quad \dots \text{Ecuación C3.4}$$

dónde:

R_a = resistencia al arco (Ω) L

= longitud de arco (m)

I_o = corriente de arco (A)

En líneas aéreas largas llevadas sobre torres de acero con cables de tierra aéreos, el efecto de la resistencia al arco generalmente puede despreciarse. El efecto es más significativo en líneas aéreas cortas y con corrientes de falla por debajo de 2000 A (es decir, condición mínima de la planta), o si la línea protegida es de construcción con postes de madera sin cables de tierra. En el último caso, la resistencia de falla a tierra reduce el alcance efectivo de falla a tierra de un elemento mho de la Zona 1 hasta tal punto que la mayoría de las fallas se detectan en el tiempo de la Zona 2. Este problema generalmente se puede solucionar mediante el uso de un relé con una característica poligonal o mho de polarización cruzada.

Cuando un sistema de energía está conectado a tierra por resistencia, debe tenerse en cuenta que esto no necesita ser considerado con respecto a los ajustes del relé más que el efecto que la corriente de falla reducida puede tener sobre el valor de la resistencia del arco visto. La resistencia de conexión a tierra está en la fuente detrás del relé y solo modifica el ángulo de la fuente y la relación de impedancia de la fuente a la línea para fallas a tierra. Por lo tanto, solo se tendrá en cuenta al evaluar el rendimiento del relé en términos de relación de impedancia del sistema.

7.4 Desplazamiento mho / características lenticulares

En condiciones de falla cercana, cuando el voltaje del relé cae a cero o casi cero, un relé que utilice una característica autopolarizada mho o cualquier otra forma de característica de impedancia direccional autopolarizada puede dejar de operar cuando sea necesario. Los métodos para cubrir esta condición incluyen el uso de características de impedancia no direccionales, tales como compensación mho, compensación lenticular o características de impedancia direccional con polarización cruzada y polarización de memoria.

Si se emplea polarización de corriente, la característica mho se desplaza para abarcar el origen, de modo que el elemento de medición puede operar para fallas cercanas tanto en la dirección de avance como en la de retroceso. El relé offset mho tiene dos aplicaciones principales:

7.4.1 Tercera zona y zona de respaldo de barras

En esta aplicación se utiliza junto con las unidades de medición mho como detector de fallas y / o unidad de medición de la Zona 3. Por lo tanto, con el alcance inverso dispuesto para extenderse hacia la zona de las barras colectoras, como se muestra en la Figura C3.10 (a), proporcionará protección de respaldo para fallas en las barras colectoras. Esta facilidad también se puede proporcionar con características de cuadrilátero. Un beneficio adicional de la aplicación de la Zona 3 es la protección de conmutación a falla (SOTF), donde el retardo de tiempo de la Zona 3 se anularía por un período corto inmediatamente después de la activación de la línea para permitir una rápida eliminación de una falla en cualquier lugar a lo largo del área protegida. línea.

C3 7. Características del relé de distancia

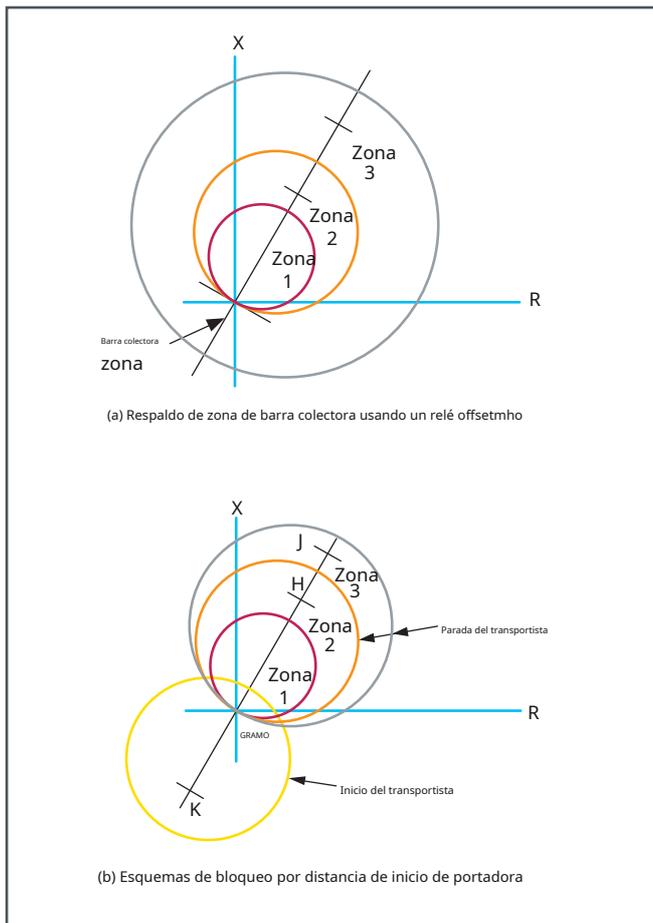


Figura C3.10:
Aplicaciones típicas del relé offset mho

7.4.2 Esquemas de distancia de unidad de arranque de portadora con bloqueo de portadora

Si la unidad de desplazamiento mho se utiliza para iniciar la señalización de la portadora, se dispone como se muestra en la figura C3.10 (b). La portadora se transmite si la falla es externa a la línea protegida pero dentro del alcance del relé mho de compensación, para evitar el disparo acelerado del relé de segunda o tercera zona en la estación remota. La transmisión de fallas internas se evita mediante la operación de las unidades de medición mho locales, lo que permite la eliminación de fallas a alta velocidad mediante los interruptores automáticos de los extremos local y remoto.

7.4.3 Aplicación de la característica lenticular

Existe el peligro de que el relé offset mho que se muestra en la Figura C3.10 (a) pueda operar bajo condiciones de transferencia de carga máxima si la Zona 3 del relé tiene una configuración de gran alcance. Es posible que se requiera un gran alcance de la Zona 3 para proporcionar protección de respaldo remoto para fallas en el alimentador adyacente. Para evitar esto, se puede usar un tipo de característica con forma, donde la cobertura resistiva está restringida.

Con una característica 'lenticular', la relación de aspecto de la lente es (a/b) ajustable, lo que permite configurarlo para proporcionar la máxima falla

Cobertura de resistencia consistente con no operación bajo condiciones máximas de transferencia de carga.

La figura C3.11 muestra cómo la característica lenticular puede tolerar grados mucho más altos de carga de línea que las características de impedancia simple y mho de compensación.

Reducción de la impedancia de carga de Z_{D3} para Z_{D1} corresponderá a un aumento equivalente en la corriente de carga.

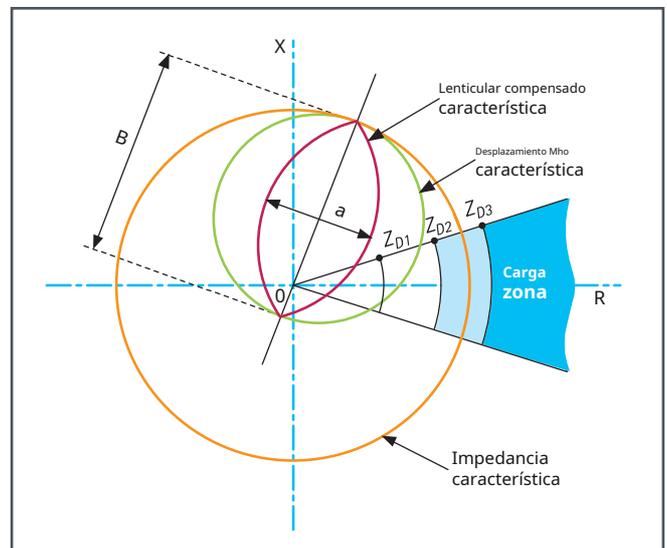


Figura C3.11:
Impedancia de carga mínima permitida con relés lenticulares, offset mho y de impedancia

7.5 Característica mho totalmente contrapolarizada

La sección anterior mostró cómo la característica mho de compensación no direccional es inherentemente capaz de operar para fallas de voltaje cero cercanas, donde no habría voltaje de polarización para permitir el funcionamiento de un elemento mho direccional simple. Una forma de asegurar la respuesta correcta del elemento mho para fallas de voltaje cero es agregar un porcentaje de voltaje de las fases saludables al voltaje de polarización principal como referencia de fase sustituta. Esta técnica se denomina polarización cruzada y tiene la ventaja de preservar y, de hecho, mejorar las propiedades direccionales de la característica mho. Mediante el uso de un sistema de memoria de voltaje de fase, que proporciona varios ciclos de referencia de voltaje previo a la falla durante una falla, la técnica de polarización cruzada también es efectiva para fallas trifásicas cercanas. Para este tipo de fallas,

Los primeros sistemas de memoria se basaban en circuitos analógicos sintonizados y resonantes, pero se producían problemas cuando se aplicaban a redes en las que la frecuencia de funcionamiento del sistema eléctrico podía variar. Los sistemas digitales o numéricos más modernos pueden ofrecer una referencia de fase síncrona para variaciones en la frecuencia del sistema de energía antes o incluso durante una falla.

Como se describe en la Sección 7.3, una desventaja de la característica de impedancia mho simple autopolarizada, cuando se aplica a circuitos de líneas aéreas con ángulos de impedancia altos, es que tiene una cobertura limitada de arco o resistencia a fallas. El problema se agrava en el caso de líneas cortas, ya que la configuración óhmica de la Zona 1 requerida es baja. La cantidad de cobertura resistiva ofrecida por el círculo mho está directamente relacionada con la configuración del alcance hacia adelante.

Por lo tanto, la cobertura resistiva resultante puede ser demasiado pequeña en relación con los valores esperados de resistencia a fallas.

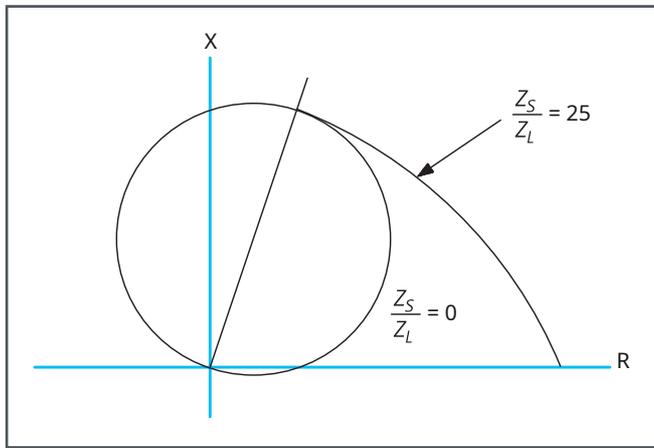


Figura C3.12: Característica del relé mho con polarización cruzada completa con variaciones de Z_s/Z_l proporción

Un beneficio adicional de aplicar polarización cruzada a un elemento de impedancia mho es que se mejorará su cobertura resistiva. Este efecto se ilustra en la Figura C3.12, para el caso en el que un elemento mho tiene 100% de polarización cruzada. Con la polarización cruzada desde la fase (s) sana (s) o desde un sistema de memoria, la expansión resistiva mho ocurrirá durante una falla trifásica balanceada, así como para fallas no balanceadas. La expansión no ocurrirá bajo condiciones de carga, cuando no haya un cambio de fase entre el voltaje medido y el voltaje de polarización. El grado de mejora del alcance resistivo depende de la relación entre la impedancia de la fuente y la configuración del alcance del relé (impedancia), como se puede deducir con referencia a la Figura C3.13. Debe enfatizarse que la aparente extensión de una característica de impedancia completamente polarizada cruzada en los cuadrantes de reactancia negativa de la Figura C3.13 no implica que habría operación para fallas inversas. Con la polarización cruzada, la característica del relé se expande para abarcar el origen del diagrama de impedancia solo para fallas directas. Para fallas inversas, el efecto es excluir el origen del diagrama de impedancia, asegurando así respuestas direccionales adecuadas para fallas directas o inversas cercanas.

Las características completamente contrapolarizadas ahora han sido reemplazadas en gran medida, debido a la tendencia de los comparadores conectados a fases saludables a operar bajo condiciones de fallas severas en

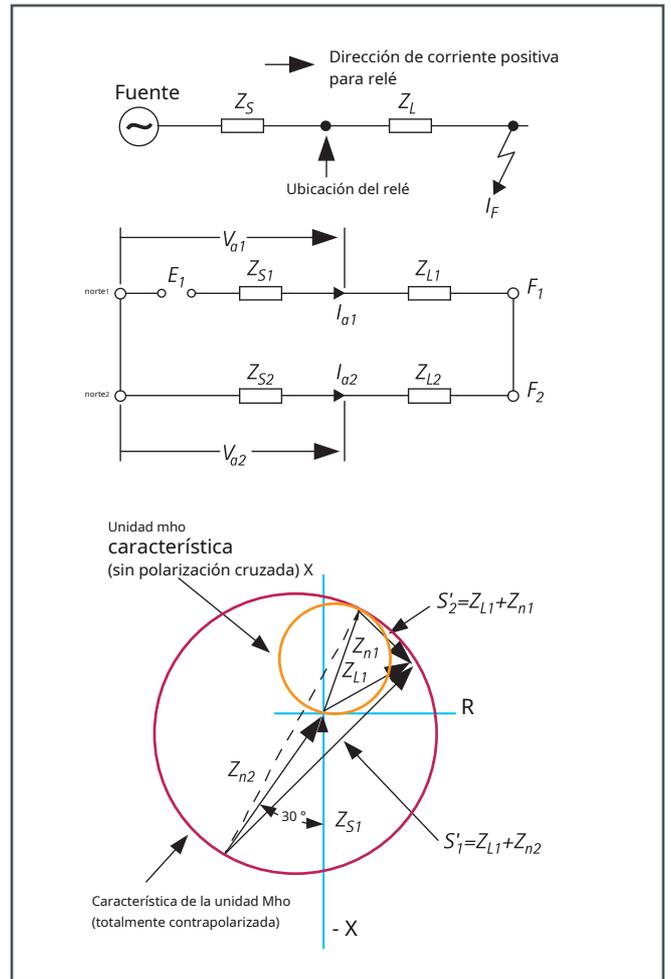


Figura C3.13: Ilustración de la mejora en la cobertura resistiva del relé para una característica totalmente polarizada cruzada

otra fase. Esto no tiene ninguna consecuencia en un relé de distancia conmutada, donde un solo comparador se conecta a la impedancia de bucle de falla correcta iniciando las unidades antes de que comience la medición. Sin embargo, los relés modernos ofrecen una medición de impedancia independiente para cada uno de los tres bucles de falla a tierra y tres de falla de fase. Para estos tipos de relés, el mal funcionamiento de las fases saludables es indeseable, especialmente cuando se requiere un disparo unipolar para fallas monofásicas.

7.6 Característica mho parcialmente contrapolarizada

Cuando no se proporciona un método confiable e independiente de selección de fase con falla, un relé de distancia moderno sin conmutación solo puede emplear un porcentaje relativamente pequeño de polarización cruzada. El nivel seleccionado debe ser suficiente para proporcionar un control direccional confiable en presencia de transitorios CVT para fallas de primer plano, y también lograr una selección confiable de fase de falla. Empleando sólo una polarización cruzada parcial, se evitan las desventajas de la característica de polarización cruzada completa, al tiempo que se conservan las ventajas. La figura C3.14 muestra una característica típica que se puede obtener utilizando esta técnica.

C3 7. Características del relé de distancia

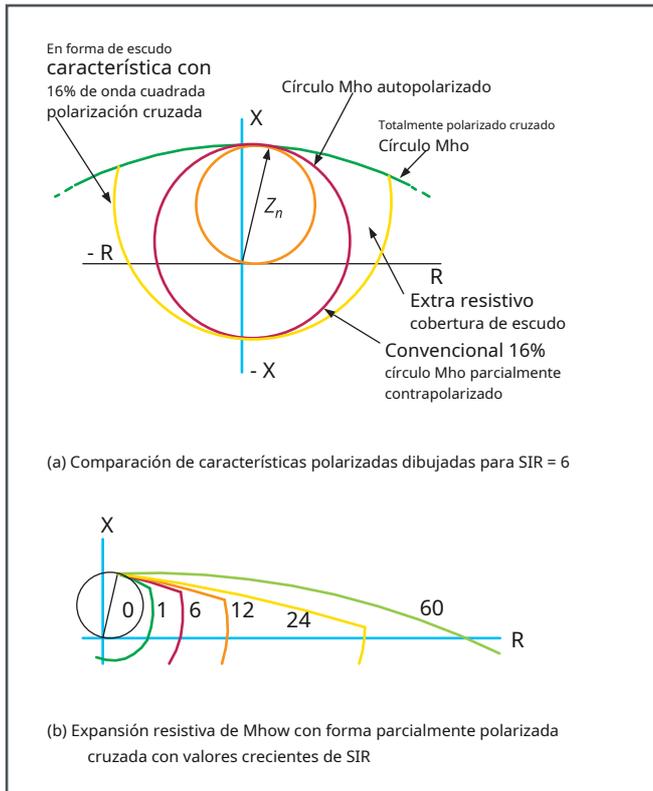


Figura C3.14: Característica de polarización cruzada parcial con forma de 'escudo'

7.7 Característica de cuadrilátero

Esta forma de característica de impedancia poligonal se muestra en la Figura C3.15. La característica se proporciona con ajustes de alcance hacia adelante y alcance resistivo que se pueden ajustar de forma independiente. Por lo tanto, proporciona una mejor cobertura resistiva que cualquier característica de fototipo para líneas cortas. Esto es especialmente cierto para la medición de la impedancia de falla a tierra, donde las resistencias de arco y la resistencia de falla a tierra contribuyen a los valores más altos de resistencia de falla. Para evitar errores excesivos en la precisión del alcance de la zona, es común imponer un alcance resistivo máximo en términos del alcance de impedancia de la zona. Las recomendaciones a este respecto se pueden encontrar normalmente en los manuales de relés correspondientes.

Los elementos cuadriláteros con líneas de alcance de reactancia simple pueden introducir problemas de error de alcance para fallas a tierra resistivas donde el ángulo de la corriente de falla total difiere del ángulo de la corriente medida por el relé. Este será el caso cuando los vectores de voltaje de la fuente local y remota estén desfasados entre sí debido al flujo de energía previo a la falla. Esto puede superarse seleccionando una alternativa al uso de una corriente de fase para la polarización de la línea de alcance de reactancia. Las características de impedancia poligonal son muy flexibles en términos de cobertura de impedancia de falla tanto para fallas de fase como de tierra. Por esta razón, la mayoría de los relés de distancia numéricos y digitales ahora ofrecen esta forma de característica. Otro factor es que el costo adicional

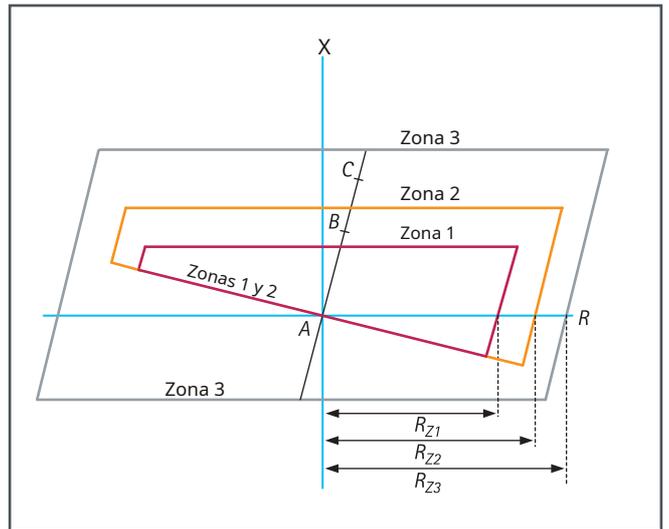


Figura C3.15: Característica cuadrilátera

No surgen implicaciones de implementar esta característica usando componentes discretos electromecánicos o tecnología de relés estáticos tempranos.

7.8 Protección contra cambios de potencia - Uso de la característica de ohmios

Durante condiciones severas de oscilación de potencia de las que es poco probable que se recupere un sistema, la estabilidad solo se puede recuperar si se separan las fuentes de oscilación. Cuando se identifican tales escenarios, oscilación de energía o fuera de sintonía, se puede implementar protección contra disparos para dividir estratégicamente un sistema de energía en una ubicación preferida. Idealmente, la división debe realizarse de modo que la capacidad de la planta y las cargas conectadas a ambos lados de la división coincidan.

Este tipo de perturbación normalmente no puede identificarse correctamente mediante una protección de distancia ordinaria. Como se mencionó anteriormente, a menudo es necesario evitar que los esquemas de protección de distancia operen durante cambios de energía estables o inestables, para evitar disparos en cascada. Para iniciar la separación del sistema para un posible cambio de potencia inestable, se puede implementar un esquema de disparo fuera de paso que emplee elementos de medición de impedancia de ohmios.

Las características de impedancia de ohmios se aplican a lo largo de los ejes de resistencia de avance y retroceso del R/X El diagrama y sus límites operativos se establecen para que sean paralelos al vector de impedancia de línea protegida, como se muestra en la Figura C3.16.

Los elementos de impedancia de ohmios dividen el R/X diagrama de impedancia en tres zonas, A, B y C. A medida que la impedancia cambia durante una oscilación de potencia, el punto que representa la impedancia se mueve a lo largo del lugar de oscilación, ingresando a las tres zonas a su vez y haciendo que las unidades de ohmios funcionen en secuencia. Cuando la impedancia ingresa a la tercera zona, la secuencia de disparo se completa y la bobina de disparo del disyuntor se puede energizar en un ángulo favorable entre las fuentes del sistema para la interrupción del arco.

con poco riesgo de reencendido. Solo una condición de oscilación de potencia inestable puede hacer que el vector de impedancia se mueva sucesivamente a través de las tres zonas. Por lo tanto, otros tipos de perturbaciones del sistema, como las condiciones de falla del sistema de energía, no resultar en la operación del elemento de relé.

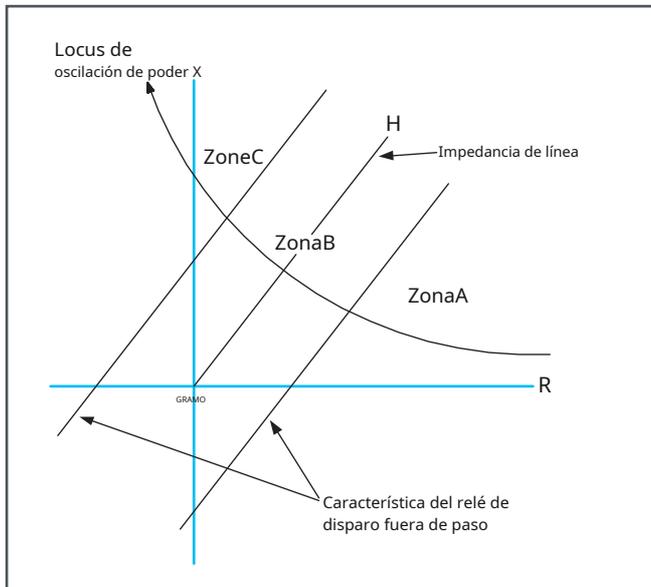


Figura C3.16:
Aplicación de la característica del relé de disparo por desfase

7.9 Otras características

El tiempo de ejecución del algoritmo para la protección de distancia tradicional que usa cuadriláteros o características similares puede resultar en un tiempo de operación relativamente largo, posiblemente hasta 40 ms en algunos diseños de relés basados en el filtrado de Fourier. Para superar esto, algunos relés de distancia numérica también utilizan algoritmos alternativos que se pueden ejecutar significativamente más rápido. Estos algoritmos se basan generalmente en la detección de cambios en la corriente y el voltaje que superan lo esperado, a menudo conocido como algoritmo 'Delta'.

Este algoritmo detecta una falla comparando los valores medidos de corriente y voltaje con los valores muestreados previamente. Si el cambio entre estas muestras excede una cantidad predefinida (el 'delta'), se asume que ha ocurrido una falla. En paralelo, también se calcula la distancia a la falla. Siempre que la distancia calculada a la falla se encuentre dentro del alcance de la zona del relé, se emite un comando de disparo. Este algoritmo se puede ejecutar significativamente más rápido que el algoritmo de distancia convencional, lo que resulta en tiempos de disparo generales más rápidos. La selección de fase con falla se puede realizar comparando los signos de los cambios en el voltaje y la corriente.

Los relés que utilizan el algoritmo 'Delta' generalmente ejecutan este y los algoritmos de protección de distancia convencionales en paralelo, ya que algunos tipos de fallas (por ejemplo, fallas de alta resistencia) pueden no estar dentro de los criterios de detección de fallas del algoritmo Delta.

C3 8. Implementación de relevo a distancia

Se pueden lograr zonas de protección discriminatorias utilizando relés de distancia, siempre que la distancia de falla sea una función simple de la impedancia. Si bien esto es cierto en principio para los circuitos de transmisión, las impedancias medidas realmente por un relé de distancia también dependen de los siguientes factores:

una. las magnitudes de corriente y voltaje (es posible que el relé no vea toda la corriente que produce el voltaje de falla)

B. el bucle de impedancia de falla que se está midiendo

C. el tipo de falla

D. la resistencia a fallas

mi. la simetría de la impedancia de línea

F. la configuración del circuito (circuito de uno, dos o varios terminales)

Es imposible eliminar todos los factores anteriores para todas las posibles condiciones de funcionamiento. Sin embargo, se puede lograr un éxito considerable con un relé de distancia adecuado. Esto puede comprender elementos de relé o algoritmos para el arranque, la medición de la distancia y la lógica del esquema.

Los elementos de medición de distancia pueden producir características de impedancia seleccionadas de las descritas en la Sección 7. Existen varios formatos de relé de distancia, dependiendo de la velocidad de operación requerida y consideraciones de costo relacionadas con el hardware, software o la capacidad de procesamiento numérico del relé requerido. Los formatos más habituales son:

una. Se proporciona un solo elemento de medición para cada fase, que cubre todas las fallas de fase.

B. una disposición más económica es que los elementos de "arranque" detecten qué fase o fases han sufrido una falla. Los elementos de arranque conmutan un solo elemento de medición o algoritmo para medir el bucle de impedancia de falla más apropiado. Esto se conoce comúnmente como un relé de distancia conmutada.

C. un solo conjunto de elementos de medición de impedancia para cada bucle de impedancia puede tener sus ajustes de alcance aumentados progresivamente de un ajuste de alcance de zona a otro. El aumento se produce después de las demoras de tiempo de la zona que se inician por la operación de los elementos de arranque. Este tipo de relé se denomina comúnmente relé de distancia escalonada.

D. cada zona puede estar provista de conjuntos independientes de elementos de medición de impedancia para cada bucle de impedancia. Esto se conoce como un esquema de distancia completa, capaz de ofrecer el mayor rendimiento en términos de velocidad y flexibilidad de aplicación.

Además, la protección contra fallas a tierra puede requerir características y / o configuraciones diferentes a las requeridas para fallas de fase, lo que resulta en la necesidad de unidades adicionales. Se requeriría un total de 18 elementos o algoritmos de medición de impedancia en un relé de distancia completa para la protección de tres zonas para todo tipo de fallas.

Con la tecnología electromecánica, cada uno de los elementos de medición habría sido un relé separado alojado en su propia caja, de modo que el relé de distancia comprendiera un conjunto montado en panel de los relés requeridos con el cableado entre unidades adecuado. La figura C3.17 (a) muestra un ejemplo de un esquema de relés de este tipo. Es probable que los relés de distancia digitales / numéricos (Figura C3.17 (b)) tengan todas las funciones anteriores implementadas en el software. Es posible que las unidades de arranque no sean necesarias. El relé de distancia completo está alojado en una sola unidad, lo que genera importantes economías en el espacio, el cableado y una mayor confiabilidad, a través de la mayor disponibilidad que se deriva de la provisión de autosupervisión continua. Cuando se toman en consideración las características adicionales detalladas en la Sección 11, dicho equipo ofrece beneficios sustanciales para el usuario.



Figura C3.17a:
Primera generación de relés de distancia estática



Figura C3.17b:
Relé de distancia numérico de la serie MICOM P440

8.1 Arrancadores para protección de distancia conmutada

Los relés de distancia electromecánicos y estáticos normalmente no utilizan un elemento de medición de impedancia individual por fase. El costo y el tamaño del esquema físico resultante hicieron que esta disposición no fuera práctica, excepto para las aplicaciones de transmisión EHV más exigentes. Para lograr economía para otras aplicaciones, solo se proporcionó un elemento de medición, junto con unidades de 'arranque' que detectaban qué fases tenían fallas, con el fin de cambiar las señales apropiadas a la función de medición única. Un relé de distancia que utiliza esta técnica se conoce como relé de distancia conmutada. Se han utilizado varios tipos diferentes de arrancadores, el más común se basa en la medición de sobrecorriente, subtensión o baja impedancia.

Los relés de distancia numéricos permiten la detección directa de las fases involucradas en una falla. Esto se denomina selección de fase con falla, a menudo abreviado como selección de fase. Hay varias técnicas disponibles para la selección de fase con fallas, que luego permiten que se dispare la zona apropiada de medición de distancia. Sin la selección de fase, el relé corre el riesgo de tener problemas de alcance excesivo o insuficiente, o de dispararse trifásico cuando se requiere la eliminación de fallas unipolares. Hay varias técnicas disponibles para la selección de fase con fallas, como:

una. comparaciones de corrientes superpuestas, comparando el cambio escalonado de nivel entre la carga previa a la falla y la corriente de falla (el algoritmo 'Delta'). Esto permite una detección muy rápida de las fases con falla, en solo unas pocas muestras de las entradas de corriente analógicas.

B. cambio en la magnitud del voltaje

C. cambio en la magnitud actual

La selección numérica de fase es mucho más rápida que las técnicas de arranque tradicionales utilizadas en relés de distancia electromecánicos o estáticos. No impone una penalización de tiempo ya que los algoritmos de selección de fase y zona de medición se ejecutan en paralelo. Es posible construir un relé de esquema completo con estas técnicas numéricas. El algoritmo de selección de fase proporciona una selección de fase con falla, junto con un algoritmo de medición segregado para cada bucle de falla fase-tierra y fase a fase (*AN, BN, CN, AB, BC, CA*), asegurando así el funcionamiento del esquema completo.

Sin embargo, puede haber ocasiones en las que se desee un relé numérico que imite las técnicas de protección de distancia conmutadas anteriores. Las razones pueden ser económicas (se requiere menos software, por lo tanto, más barato que un relé que contiene una implementación de esquema completo) y / o técnicas.

Algunas aplicaciones pueden requerir que las características numéricas del relé coincidan con las de generaciones anteriores ya instaladas en una red, para ayudar a la selectividad. Dichos relés están disponibles, a menudo con mejoras como las características de impedancia poligonal de múltiples lados que ayudan a evitar disparos debido a condiciones de carga pesada.

Con los relés de distancia conmutados electromecánicos o estáticos, a menudo se tenía que hacer una selección de los arrancadores disponibles. La elección del arrancador dependía de los parámetros del sistema de potencia, como la transferencia de carga máxima en relación con el alcance máximo requerido y las disposiciones de puesta a tierra del sistema de potencia.

Cuando se utilizan arrancadores de sobrecorriente, se debe tener cuidado para asegurar que, con una planta generadora mínima en servicio, el ajuste de los arrancadores de sobrecorriente sea lo suficientemente sensible como para detectar fallas más allá de la tercera zona. Además, estos arrancadores requieren una alta relación de caída a activación, para garantizar que disminuyan en condiciones de carga máxima después de que el relé de la primera zona despeje una segunda o tercera falla de zona en la sección defectuosa. Sin esta característica, pueden producirse disparos indiscriminados por fallas posteriores en la segunda o tercera zona. Para un funcionamiento satisfactorio de los arrancadores de sobrecorriente en un esquema de distancia conmutada, se deben cumplir las siguientes condiciones:

una. el ajuste de corriente de los arrancadores de sobrecorriente no debe ser inferior a 1,2 veces la corriente máxima a plena carga de la línea protegida

B. La corriente de falla mínima del sistema de potencia para una falla en el alcance de la Zona 3 del relé de distancia no debe ser menor que 1,5 veces el ajuste de los arrancadores de sobrecorriente

En sistemas de tierra múltiple donde los neutros de todos los transformadores de potencia están conectados a tierra sólidamente, o en sistemas de potencia donde la corriente de falla es menor que la corriente de carga completa de la línea protegida, no es posible utilizar arrancadores de sobrecorriente. En estas circunstancias, se suelen utilizar arrancadores de baja impedancia.

El tipo de arrancador de baja impedancia utilizado depende principalmente de la corriente de carga máxima esperada y la impedancia de carga mínima equivalente en relación con la configuración requerida del relé para cubrir fallas en la Zona 3. Esto se ilustra en la Figura C3.11 donde Z_{D1} , Z_{D2} , y Z_{D3} son respectivamente las impedancias de carga mínimas permitidas cuando lenticular, offset mho y Se utilizan relés de impedancia.

9. Efecto de la impedancia de la fuente y los métodos de puesta a tierra

Para un funcionamiento correcto, los relés de distancia deben ser capaces de medir con precisión la distancia a la falla. Para garantizar esto, es necesario proporcionar las cantidades medidas correctas a los elementos de medición. No siempre se da el caso de que el uso del voltaje y la corriente para una fase en particular dé el resultado correcto, o que se requiera una compensación adicional.

9.1 Medida de impedancia de falta de fase

La figura C3.18 muestra las relaciones de corriente y voltaje para el diferentes tipos de fallas. Si Z_{S1} y Z_L son las impedancias de secuencia positiva de fuente y línea, vistas desde el punto de retransmisión, las corrientes y voltajes en este punto para fallas de doble fase dependen de la impedancia de la fuente así como de la impedancia de la línea. Las relaciones se dan en la Figura C3.19.

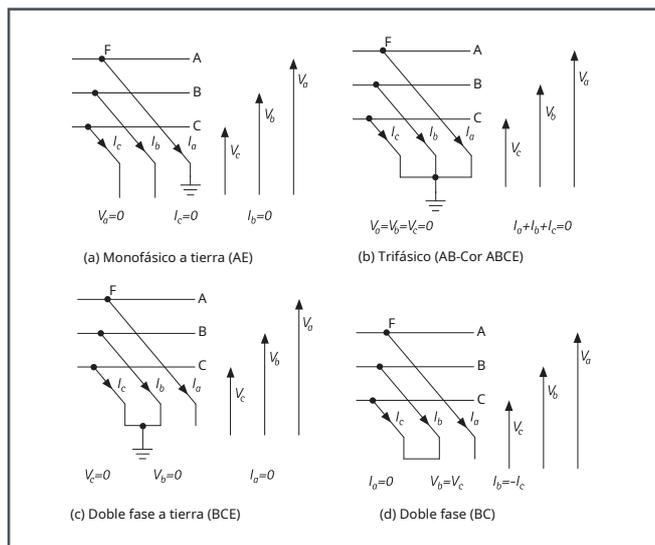


Figura C3.18:
Relaciones de corriente y voltaje para algunas fallas de derivación

Culpa cantidad	Ttres fases (A B C)	Doble fase (ANTES DE CRISTO)
$I'a$	$I'1$	0
$I'B$	$a2I'1$	$(a2-ai'1)$
$I'C$	$ai'1$	$(Automóvil club británico2I'1)$
$V'a$	$ZL1I'1$	$2(ZS1+ZL1)I'1$
$V'B$	$a2ZL1I'1$	$(2a2ZL1-ZS1)I'1$
$V'C$	$Arizona1I'1$	$(2aZL1-ZS1)I'1$

Nota 1: $a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ I' y V' están en la ubicación del relé

Nota 2: $I'_{\frac{1}{3}} = \frac{1}{3}(yo'_a + ai'_B + a2I'_C)$

Figura C3.19:
Corrientes y tensiones de fase en el punto de relé para fallas trifásicas y bifásicas

La aplicación de la diferencia de los voltajes de fase al relé elimina la dependencia de Z_{S1} .

Por ejemplo:

$$V'_{bc} = (a^2 - Arizona) I'1 \quad (\text{para fallas trifásicas})$$

$$V'_{bc} = 2 (una2 - Arizona) I'1 \quad (\text{para fallas bifásicas})$$

Elemento de medición de distancia Los nts generalmente se calibran en términos de la impedancia de secuencia positiva. La medición correcta para fallas fase-fase y trifásicas se logra al suministrar a cada elemento de medición fase-fase su correspondiente voltaje fase-fase y diferencia de corrientes de fase. Por lo tanto, para el *antes de Cristo* elemento, la corriente medida será:

$$I'_{B} - I'_{c} = (a2 - a) yo'1 \quad (\text{para fallas trifásicas})$$

$$I'_{B} - I'_{c} = 2 (a^2 - a) yo'1 \quad (\text{para fallas bifásicas})$$

y el relé medirá Z_{L1} en cada caso.

9.2 Medición de la impedancia de falla a tierra

Cuando ocurre una falla fase-tierra, el voltaje fase-tierra en el lugar de la falla es cero. Parecería que la caída de voltaje a la falla es simplemente el producto de la corriente de fase y la impedancia de línea. Sin embargo, la corriente en el bucle de falla depende del número de puntos de conexión a tierra, el método de conexión a tierra y las impedancias de secuencia del bucle de falla. A menos que se tengan en cuenta estos factores, la medición de impedancia será incorrecta.

La caída de voltaje a la falla es la suma de las caídas de voltaje de secuencia entre el punto de relé y la falla. La caída de voltaje a la falla y la corriente en el bucle de falla son:

$$V'a = I'1 ZL1 + I'2 ZL1 + I'0 ZL0$$

$$I'a = I'1 + I'2 + I'0$$

y la corriente residual EN en el punto de retransmisión viene dado por:

$$I'n = I'a + I'b + I'c = 3I'o$$

dónde $I'a, I'b, I'c$ son las corrientes de fase en el punto de relé.

A partir de las expresiones anteriores, el voltaje en el punto de relé se puede expresar en términos de:

una. las corrientes de fase en el punto de relé

B. la relación entre la secuencia cero de la línea de transmisión y la impedancia de secuencia positiva $K (= ZL0/ZL1)$

C. la impedancia de secuencia positiva de la línea de transmisión $ZL1$:

$$V'a = ZL1 I'a + (Yo' + yo' + yo') K - 1 \frac{\dots \text{Ecuación C3.5}}{3}$$

La tensión que aparece en el punto de relé, como se mencionó anteriormente, varía con el número de alimentaciones, el método de puesta a tierra del sistema y la posición del relé en relación con los puntos de alimentación y puesta a tierra del sistema. La figura C3.20 ilustra las tres posibles disposiciones que pueden ocurrir en la práctica con una sola alimentación.

9. Efecto de la impedancia de la fuente y los métodos de puesta a tierra

En la figura C3.20 (a), las corrientes de fase sana son cero, de modo que las corrientes de fase I_a, I_b y I_c tienen un patrón 1-0-0. La impedancia vista por un relé comparando I_a y V_a es:

$$Z = 1 + \frac{(K-1)}{3} Z_{L1} \dots \text{Ecuación C3.6}$$

En la Figura C3.20 (b), las corrientes que ingresan a la falla desde la rama del relé tienen una distribución 2-1-1, por lo que:

$$Z = Z_{L1}$$

En la figura C3.20 (c), las corrientes de fase tienen una distribución 1-1-1 y, por lo tanto:

$$Z = KZ_{L1}$$

Si hubiera alimentaciones en ambos extremos de la línea, la impedancia medida sería una superposición de dos de los ejemplos anteriores, teniendo en cuenta las magnitudes relativas de las alimentaciones.

Este análisis muestra que el relé solo puede medir una impedancia que sea independiente de las disposiciones de alimentación y puesta a tierra si una proporción

$$K_N = \frac{(K-1)}{3}$$

de la corriente residual $I_n = I_a + I_b + I_c$ se suma a la corriente de fase I_{una} .

Esta técnica se conoce como "compensación residual".

La mayoría de los relés de distancia compensan las condiciones de falla a tierra utilizando una impedancia de réplica adicional Z_{norte} dentro de los circuitos de medida. Considerando que la impedancia de réplica de fase Z_1 se alimenta con la corriente de fase en el punto de relé, Z_{norte} es alimentado con la corriente residual completa. El valor de Z_{norte} se ajusta de modo que para una falla en el punto de alcance, la suma de los voltajes desarrollados a través de Z_1 y Z_{norte} es igual a la fase medida a la tensión neutra en la fase con falla.

El ajuste requerido para Z_{norte} se puede determinar considerando una falla a tierra en el punto de alcance del relé. Esto se ilustra con referencia a UN falla con un solo punto de puesta a tierra detrás del relé como en la Figura C3.20 (a).

Voltaje suministrado desde los TT:

$$= Y_{Oa}(Z_1 + Z_2 + Z_0) = I_1(2Z_1 + Z_0)$$

Voltaje a través de las impedancias de réplica:

$$= Y_{Oa}Z_1 + I_{norte}Z_{norte}$$

$$= Y_{Oa}(Z_1 + Z_{NORTE})$$

$$= 3I_1(Z_1 + Z_{NORTE})$$

Por lo tanto, el ajuste requerido de Z_{norte} para el equilibrio en el punto de alcance se obtiene equiparando las dos expresiones anteriores:

$$3I_1(Z_1 + Z_N) = I_1(2Z_1 + Z_0)$$

$$Z_N = \frac{Z_0 Z_1}{3} \dots \text{Ecuación C3.7}$$

$$= \frac{(Z_0 - Z_1)}{3Z_1} Z_1$$

Con la impedancia de réplica configurada en $\frac{Z_0 - Z_1}{3}$

Los elementos de medición de falla a tierra medirán la impedancia de falla correctamente, independientemente del número de alimentaciones y puntos de conexión a tierra en el sistema.

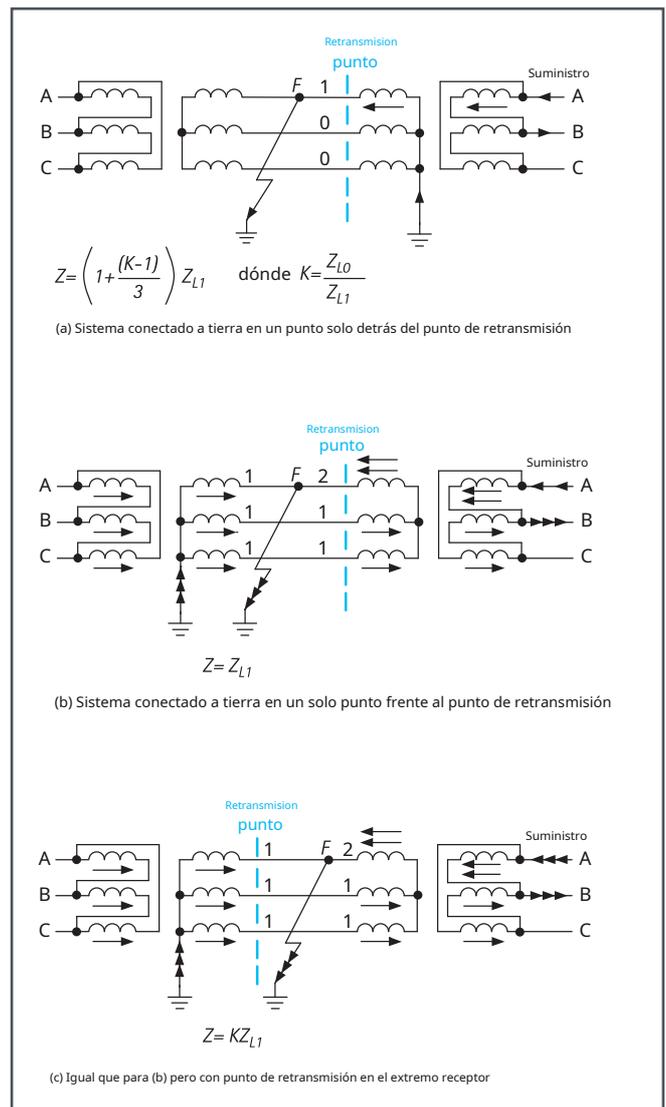


Figura C3.20: Efecto de las disposiciones de alimentación y puesta a tierra en la medición de la distancia de falla a tierra

C3 10. Problemas de aplicación del relé de distancia

Los relés de distancia pueden sufrir varias dificultades en su aplicación. Muchos de ellos se han superado en los últimos relevos numéricos. Sin embargo, el conocimiento de los problemas es útil cuando un ingeniero de protección tiene que lidiar con relés más antiguos que ya están instalados y que no deben reemplazarse.

10.1 Tensión mínima en los terminales del relé

Para lograr la precisión que se afirma, los relés de distancia que no emplean técnicas de memoria de voltaje requieren un voltaje mínimo en los terminales del relé en condiciones de falla. Este voltaje debe declararse en la hoja de datos del relé. Con el conocimiento de las impedancias de secuencia involucradas en la falla, o alternativamente el MVA de falla, la tensión del sistema y las disposiciones de puesta a tierra, es posible calcular la tensión mínima en los terminales del relé para una falla en el punto de alcance del relé. Entonces solo es necesario verificar que se pueda alcanzar el voltaje mínimo para una medición precisa del alcance para una aplicación determinada. Se debe tener cuidado de que se consideren tanto las fallas de fase como las de tierra.

10.2 Longitud mínima de la línea

Para determinar la longitud mínima de línea que puede protegerse con un relé de distancia, es necesario verificar primero que cualquier requisito de voltaje mínimo del relé para una falla en el alcance de la Zona 1 esté dentro de la sensibilidad declarada para el relé. En segundo lugar, la impedancia óhmica de la línea (referida si es necesario a las cantidades del lado secundario de TT / TC) debe estar dentro del rango de ajuste óhmico para el alcance de la Zona 1 del relé. Para líneas muy cortas y especialmente para circuitos de cable, se puede encontrar que la impedancia del circuito es menor que el rango de ajuste mínimo del relé. En tales casos, se requerirá un método alternativo de protección.

Una alternativa adecuada podría ser la protección diferencial de corriente, ya que la longitud de la línea probablemente será lo suficientemente corta para la provisión rentable de un enlace de comunicación de gran ancho de banda entre los relés instalados en los extremos del circuito protegido. Sin embargo, los últimos relés de distancia numérica tienen un rango muy amplio de rangos de ajuste de impedancia y buena sensibilidad con niveles bajos de voltaje de relé, por lo que estos problemas ahora rara vez se encuentran. Sin embargo, las comprobaciones de la aplicación siguen siendo esenciales. Al considerar las fallas a tierra, se debe tener especial cuidado para garantizar que se utilice la impedancia de bucle de falla a tierra adecuada en el cálculo.

10.3 Bajo alcance: efecto de la alimentación remota

Se dice que un relé de distancia está por debajo del alcance cuando la impedancia que se le presenta es aparentemente mayor que la impedancia a la falla.

El porcentaje de falta de alcance se define como:

$$\frac{Z_R - Z_F \times 100\%}{Z_R}$$

dónde:

Z_R = alcance del relé previsto (ajuste del alcance del relé)

Z_F = alcance efectivo

La principal causa del alcance insuficiente es el efecto de la alimentación de corriente de falla en las barras colectoras remotas. Esto se ilustra mejor con un ejemplo.

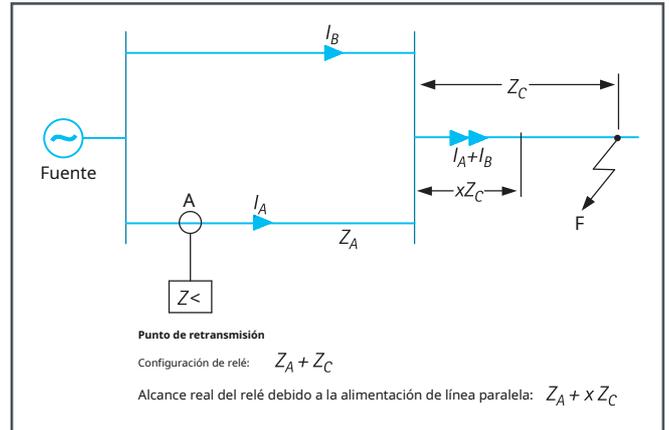


Figura C3.21:
Efecto sobre los relés de distancia de alimentación en el busbart remoto

En la Figura C3.21, el relé en A no medirá el correcto impedancia para una falla en la sección de línea Z_C debido a la alimentación actual I_B . Considere una configuración de relé de $Z_A + Z_C$.

Por una falla en el punto F, el relé se presenta con una impedancia:

$$Z_A + \frac{I_A + I_B \times x \times Z_C}{I_A}$$

Entonces, para el balance de relés:

$$Z_A + Z_C = Z_A + \frac{(I_A + Y_{OB}) \times x \times Z_C}{I_A}$$

Por lo tanto, el alcance efectivo es

$$Z_A + \frac{I_A}{Y_{\phi} + y_{\phi}} Z_C \quad \dots \text{Ecuación C3.8}$$

De la Ecuación C3.8 se desprende claramente que el relé no alcanzará. Es relativamente fácil compensar esto aumentando el ajuste de alcance del relé, pero se debe tener cuidado. Si existe la posibilidad de que la alimentación remota se reduzca o se ponga a cero, el relé llegará más lejos de lo previsto. Por ejemplo, configurar la Zona 2 para que alcance una distancia específica en una sección de línea adyacente en condiciones de circuito paralelo puede significar que la Zona 2 llega más allá del alcance de la Zona 1 de la protección de línea adyacente bajo Operación de circuito único. Si $I_B = 9I_A$ y el alcance del relé está configurado para ver fallas en F, entonces, en ausencia de la entrada remota, el ajuste efectivo del relé se convierte en $Z_A + 10Z_C$.

También se debe tener cuidado de que los ajustes de gran alcance hacia adelante no den como resultado el funcionamiento de relés de fase saludable para fallas a tierra inversas, consulte la Sección 10.5.

10.4 Exceso de alcance

Se dice que un relé de distancia sobrepasa cuando la impedancia aparente que se le presenta es menor que la impedancia a la falla.

El porcentaje de sobre alcance se define mediante la ecuación:

$$\frac{Z_F - Z_R \times 100\%}{Z_R} \quad \dots \text{Ecuación C3.9}$$

dónde:

Z_R = ajuste del alcance del relé

Z_F = alcance efectivo

Un ejemplo del efecto de alcance excesivo es cuando los relés de distancia se aplican en líneas paralelas y una línea se pone fuera de servicio y se conecta a tierra en cada extremo. Esto se trata en el Capítulo [C5: Protección de circuitos de transmisión complejos, sección 2.3].

10.5 Limitaciones del alcance hacia adelante

Existen limitaciones en la configuración de alcance máximo hacia adelante que se puede aplicar a un relé de distancia. Por ejemplo, con referencia a la Figura C3.6, la Zona 2 de una sección de línea no debe llegar más allá de la cobertura de la Zona 1 del siguiente relé de la sección de línea. Donde hay un vínculo entre el ajuste de alcance directo y la cobertura resistiva del relé (por ejemplo, un elemento Mho Zona 3), un relé no debe operar bajo condiciones de carga máxima. Además, si el alcance del relé es excesivo, las unidades de falla de fase-tierra en buen estado de algunos diseños de relés pueden ser propensas a operar por fallas inversas graves. Este problema solo afectó a los relés más antiguos aplicados a líneas de tres terminales que tienen una asimetría significativa en la longitud de la sección de línea. Varias de las características que se ofrecen con los relés modernos pueden eliminar este problema.

10.6 Bloqueo de oscilación de potencia

Los cambios de energía son variaciones en el flujo de energía que ocurren cuando los voltajes internos de los generadores en diferentes puntos del sistema de energía se deslizan entre sí. Los cambios en los flujos de carga que ocurren como resultado de fallas y su subsiguiente despeje son una de las causas de los cambios de potencia.

Un cambio de potencia puede hacer que la impedancia presentada a un relé de distancia se aleje del área de carga normal y entre en la característica del relé. En el caso de una oscilación de potencia estable, es especialmente importante que el relé de distancia no se dispare para permitir que el sistema de potencia vuelva a condiciones estables. Por esta razón, la mayoría de los esquemas de protección de distancia aplicados a los sistemas de transmisión tienen disponible una función de bloqueo de oscilación de potencia. Los diferentes relés pueden usar diferentes principios para la detección de un cambio de potencia, pero todos implican reconocer que el movimiento de la impedancia medida en relación con las características de medición del relé es a una tasa que es significativamente menor que la tasa de cambio que ocurre durante las condiciones de falla. Cuando el relé detecta tal condición, el funcionamiento de los elementos del relé puede bloquearse.

zonas, o en base a todas las zonas aplicadas / inhibidas, dependiendo del relé particular utilizado.

Se utilizan varias técnicas en diferentes diseños de relés para inhibir el bloqueo de la oscilación de potencia en caso de que ocurra una falla mientras se está produciendo una oscilación de potencia. Esto es particularmente importante, por ejemplo, para permitir que el relé responda a una falla que se desarrolla en una línea durante el tiempo muerto de un ciclo de reenganche automático unipolar.

Algunas empresas de servicios públicos pueden designar ciertos puntos de la red como puntos de división, donde la red debe dividirse en caso de que se produzca una oscilación de energía inestable o un deslizamiento de polos. Se puede emplear un relé de disparo de oscilación de potencia dedicado para este propósito (consulte la Sección 7.8). Alternativamente, puede ser posible lograr la división limitando estratégicamente la duración durante la cual la operación de un relé de distancia específica está bloqueada durante las condiciones de oscilación de potencia.

10.7 Supervisión del transformador de tensión

Los fusibles o disyuntores en miniatura sensibles normalmente protegen el cableado secundario entre los devanados secundarios del transformador de voltaje y los terminales del relé.

Relés de distancia que tienen:

- una.** características de compensación autopolarizadas que abarcan el punto de impedancia cero del R/X diagrama
- B.** polarización de fase de sonido
- C.** polarización de la memoria de voltaje

puede funcionar mal si una o más entradas de voltaje se eliminan debido al funcionamiento de estos dispositivos.

Para estos tipos de relés de distancia, se recomienda la supervisión de las entradas de tensión. La supervisión puede proporcionarse por medios externos, por ejemplo, circuitos de supervisión de voltaje separados, o puede incorporarse en el relé de distancia en sí. Al detectarse un fallo del TT, se puede inhibir el disparo del relé de distancia y / o se emite una alarma. Los relés de protección de distancia modernos emplean supervisión de voltaje que opera a partir de voltajes y corrientes de secuencia. Se derivan tensiones de secuencia cero o negativa y las correspondientes corrientes de secuencia cero o negativa. La discriminación entre fallas del sistema de energía primario y fallas de cableado o pérdida de suministro debido a fusibles individuales que se funden o MCB se abren se obtiene bloqueando la protección de distancia solo cuando se detecta voltaje de secuencia cero o negativa sin la presencia de corriente de secuencia cero o negativa. Esta disposición no detectará la pérdida simultánea de los tres voltajes y se requiere una detección adicional que opere por pérdida de voltaje sin cambios en la corriente, o una corriente menor que la correspondiente a la corriente de falla trifásica bajo condiciones de alimentación de falla mínima. Si se utilizan disyuntores en miniatura de acción rápida para proteger los circuitos secundarios del TT, los contactos de estos se pueden utilizar para inhibir el funcionamiento de los elementos de protección de distancia y evitar disparos.

C3 11. Otras características del relé de distancia

Los relés de distancia numérica a menudo incorporan características adicionales que ayudan al ingeniero de protección a brindar una solución integral a los requisitos de protección de una parte particular de una red.

Ubicación de la falla (distancia a la falla) Protección instantánea contra sobrecorriente Protección del alimentador en T
Grupos de ajustes alternativos
Supervisión de TC
Verificar sincronizador
Recierre automático
Supervisión del estado de CB
Supervisión de la condición de CB
Control de CB
Medición de tensiones, corrientes, etc.
Grabador de eventos
Registrador de perturbaciones
Detección / lógica de falla de CB
Protección de sobrecorriente de falla de fase direccional / no direccional (respaldo a protección de distancia)
Protección de sobrecorriente de falla a tierra direccional / no direccional (respaldo a protección de distancia)
Protección de secuencia negativa
Protección de subtensión / sobretensión Protección de stub-bus
Detección de conductor roto Lógica de esquema programable por el usuario

Tabla C3.1:
Funciones adicionales en un relé de distancia

La Tabla C3.1 proporciona una indicación de las características adicionales que pueden proporcionarse en dicho relé. La combinación de características que se proporcionan realmente depende del fabricante y del modelo de relé, pero se puede ver en la Tabla que se está haciendo un progreso constante hacia una solución de "caja única" que incorpora todos los requisitos de protección y control para una línea o cable. Sin embargo, a los voltajes de transmisión más altos, el nivel de confiabilidad requerido para la eliminación rápida de cualquier falla del circuito protegido aún exigirá el uso de dos sistemas de protección independientes.

Relé parámetro	Parámetro descripción	Parámetro valor	Unidades
$Z_{L1} (mag)$	Secuencia positiva de línea impedancia (magnitud)	48,42	Ω
$Z_{L1} (ang)$	Secuencia positiva de línea impedancia (ángulo de fase)	79,41	grados
$Z_{L0} (mag)$	Secuencia de línea cero impedancia (magnitud)	163,26	Ω
$Z_{L0} (ang)$	Secuencia de línea cero impedancia (ángulo de fase)	74,87	grados
$K_{Z0} (mag)$	Residual predeterminado factor de compensación (magnitud)	0,79	-
$K_{Z0} (ang)$	Residual predeterminado factor de compensación (ángulo de fase)	- 6,5	grados
$Z_1 (mag)$	Ajuste de impedancia de alcance de la zona 1 (magnitud)	38,74	Ω
$Z_1 (ang)$	Ajuste de impedancia de alcance de la zona 1 (ángulo de fase)	80	grados
$Z_2 (mag)$	Ajuste de impedancia de alcance de la zona 2 (magnitud)	62,95	Ω
$Z_2 (ang)$	Ajuste de impedancia de alcance de la zona 2 (ángulo de fase)	80	grados
$Z_3 (mag)$	Ajuste de impedancia de alcance de la zona 3 (magnitud)	83,27	Ω
$Z_3 (ang)$	Ajuste de impedancia de alcance de zona 3 (ángulo de fase)	80	grados
R_{1ph}	Falla de fase resistiva valor de alcance - Zona 1	78	Ω
R_{2ph}	Falla de fase resistiva valor de alcance - Zona 2	78	Ω
R_{3ph}	Falla de fase resistiva valor de alcance - Zona 3	78	Ω
T_{Z1}	Retraso de tiempo - Zona 1	0	s
T_{Z2}	Retraso de tiempo - Zona 2	0,35	s
T_{Z3}	Retraso de tiempo - Zona 3	0,8	s
R_{1G}	Falla a tierra resistiva valor de alcance - Zona 1	104	Ω
R_{2G}	Falla a tierra resistiva valor de alcance - Zona 2	104	Ω
R_{3G}	Falla a tierra resistiva valor de alcance - Zona 3	104	Ω

Tabla C3.2:
Parámetros del relé de distancia, por ejemplo

12. Ejemplo de aplicación de relé de distancia

El diagrama del sistema que se muestra en la Figura C3.22 muestra una red simple de 230 kV. El siguiente ejemplo muestra los cálculos necesarios para aplicar la protección de distancia de tres zonas a la línea de interconexión de las subestaciones ABC y XYZ. Todos los datos relevantes para este ejercicio se dan en el diagrama. En este ejemplo se considera el relé MiCOM P441 con características de cuadrilátero. Los parámetros de relé utilizados en el ejemplo se enumeran en Cuadro C3.2.

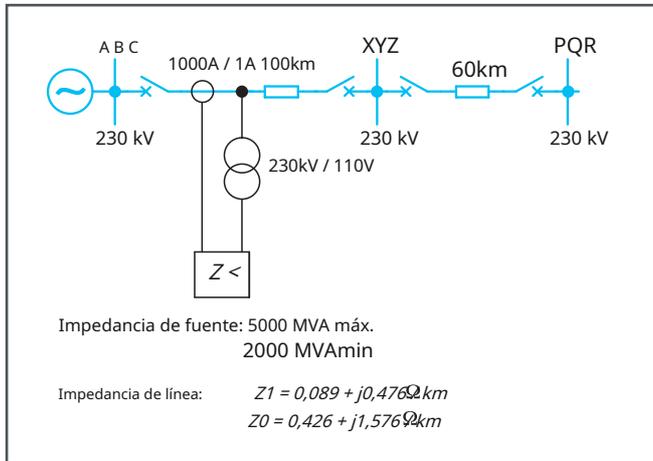


Figura C3.22:
Ejemplo de red para el cálculo de la configuración del relé de distancia

Los cálculos se realizan en términos de impedancias del sistema primario en ohmios, en lugar de la práctica tradicional de usar impedancias secundarias. Con relés numéricos, donde las relaciones CT y VT pueden ingresarse como parámetros, el relé puede realizar el escalado entre ohmios primarios y secundarios. Esto simplifica el ejemplo al permitir que los cálculos se lleven a cabo en cantidades primarias y elimine consideraciones de relaciones VT / CT.

Por simplicidad, se supone que sólo se va a establecer una protección de distancia de 3 zonas convencional y que no hay que considerar un esquema de teleprotección. En la práctica, normalmente se aplicaría un esquema de teleprotección a una línea a este nivel de voltaje.

12.1 Impedancia de línea

La impedancia de línea es:

$$Z_L = (0,089 + j0,476) \Omega / km \times 100 km$$

$$= 8,9 + j47,6 \Omega$$

$$= 48,42 \angle 79,41^\circ \Omega$$

Utilice valores de 48,42 Ω (magnitud) y 80 ° (ángulo) como valores ajustables más cercanos.

12.2 Compensación residual

Los relés utilizados se calibran en términos de la impedancia de secuencia positiva de la línea protegida. Dado que la impedancia de secuencia cero de la línea entre las subestaciones ABC y XYZ es

A diferencia de la impedancia de secuencia positiva, la impedancia vista por el relé en el caso de una falla a tierra, que implica el paso de corriente de secuencia cero, será diferente a la observada para una falla de fase.

Por lo tanto, el alcance de falla a tierra del relé requiere compensación de secuencia cero (consulte la Sección 9.2).

Para el relé utilizado, este ajuste lo proporciona el factor de compensación residual (o neutral) K_{Z0} , establecer igual a:

$$|K_{Z0}| = \left| \frac{(Z_0 - Z_1)}{3Z_1} \right|$$

$$\angle K_{Z0} = \angle \frac{(Z_0 - Z_1)}{3Z_1}$$

Para cada uno de las líneas de transmisión:

$$Z_{L1} = 0,089 + j0,476 \Omega (0,484 \angle 79,41^\circ \Omega)$$

$$Z_{L0} = 0,426 + j1,576 \Omega (1,632 \angle 74,87^\circ \Omega)$$

Por eso,

$$|K_{Z0}| = 0,792$$

$$\angle K_{Z0} = -6,5^\circ$$

12.3 Alcance de fase de la zona 1

El alcance requerido de la Zona 1 es el 80% de la impedancia de línea. Por lo tanto,

$$0,8 \times (48,42 \angle 79,41^\circ \Omega) = 38,74 \angle 79,41^\circ \Omega$$

Utilice 38,74 $\angle 80^\circ \Omega$ valor configurable más cercano.

12.4 Alcance de fase de la zona 2

Idealmente, los requisitos para configurar el alcance de la Zona 2 son:

1. al menos el 120% de la línea protegida
2. menos que la línea protegida + 50% de la siguiente línea

A veces, los dos requisitos están en conflicto. En este caso, se pueden cumplir ambos requisitos. Se utiliza un ajuste de toda la línea entre las subestaciones ABC y XYZ, más el 50% de la sección de línea adyacente a la subestación PQR.

Por lo tanto, la Zona 2 alcanza:

$$= \left(48,42 \angle 79,41^\circ + \left(0,5 \times 60 \text{ kilometros} \times 0,089 \frac{\Omega}{km} + j0,476 \right) \right) \Omega$$

$$= 62,95 \angle 79,41^\circ \Omega$$

Utilice 62,95 $\angle 80^\circ \Omega$ entorno disponible más cercano.

12. Ejemplo de aplicación de relé de distancia

12.5 Alcance de fase de zona 3

La Zona 3 está configurada para cubrir el 120% de la suma de las líneas entre las subestaciones ABC y PQR, siempre que esto no dé lugar a que se incluya ningún transformador en la subestación XYZ. Es asumido que se cumpla esta restricción. Por

lo tanto, la Zona 3 alcanza:

$$= \frac{48,42 \angle 79,41^\circ + 1,2 \times 60 \times 0,484 \angle 79,41^\circ}{83,27 \angle 79,41^\circ} \Omega$$

Utilice un ajuste de $83,27 \angle 80^\circ \Omega$ entorno disponible más cercano.

12.6 Configuración de retardo de tiempo de zona

Se requiere una coordinación adecuada de los ajustes del relé de distancia con los de otros relés. Hay temporizadores independientes disponibles para las tres zonas para garantizar esto.

Para la Zona 1, el disparo instantáneo es normal. Un retardo de tiempo se usa solo en los casos en que ocurren grandes desplazamientos de CC y están involucrados interruptores de circuito antiguos, incapaces de romper el componente de CC instantáneo.

El elemento de la Zona 2 tiene que nivelar con los relés que protegen la línea entre las subestaciones XYZ y PQR ya que el elemento de la Zona 2 cubre parte de estas líneas. Suponiendo que esta línea tiene aplicada protección de sobrecorriente de ajuste alto de distancia, unidad o instantánea, el retardo de tiempo requerido es el que cubre el tiempo de despeje total de los relés aguas abajo. A esto debe agregarse el tiempo de reinicio para el elemento de la Zona 2 después de la eliminación de una falla en la línea adyacente, y un margen de seguridad adecuado. Un retardo de tiempo típico es de 350 ms y el rango normal es de 200 a 500 ms.

Las consideraciones para el elemento Zona 3 son las mismas que para el elemento Zona 2, excepto que el tiempo de despeje de fallas aguas abajo es el del elemento Zona 2 de un relé de distancia o protección de sobrecorriente IDMT. Suponiendo que se utilicen relés de distancia, un tiempo típico es de 800 ms. En resumen:

$$T_{Z1} = 0 \text{ ms (instantáneo)}$$

$$T_{Z2} = 350 \text{ ms}$$

$$T_{Z3} = 800 \text{ ms}$$

12.7 Configuraciones de alcance resistivo de falla de fase

Con el uso de una característica cuadrilátera, los ajustes de alcance resistivo para cada zona se pueden configurar independientemente de los ajustes de alcance de impedancia. El ajuste de alcance resistivo representa la cantidad máxima de resistencia de falla adicional (en exceso de la impedancia de línea) por la cual se disparará una zona, independientemente de la falla dentro de la zona.

Se imponen dos restricciones a la configuración, de la siguiente manera:

una. debe ser mayor que la máxima resistencia de falla fase-fase esperada (principalmente la del arco de falla)

B. debe ser menor que la resistencia aparente medida debido a la carga más pesada en la línea

La corriente de falla mínima en la subestación ABC es del orden de 1.8kA, lo que conduce a una resistencia de arco típica R_{arco} usando la fórmula de van Warrington (Ecuación C3.4) de 8Ω . Usando la corriente relación del transformador como guía para la carga máxima esperada corriente, la impedancia de carga mínima Z_{lmin} será 130Ω . Normalmente, los alcances resistivos se establecerán para evitar el mínimo Impedancia de carga por un margen del 40% para los elementos de fase, lo que lleva a un ajuste de alcance resistivo máximo de 78Ω .

Por lo tanto, el ajuste de alcance resistivo se encuentra entre 8Ω y 78Ω . Se deben tener en cuenta los efectos de cualquier alimentación remota de fallas, utilizando el máximo alcance resistivo posible. Si bien cada zona puede tener su propia configuración de alcance resistivo, para este ejemplo simple, todas se pueden establecer iguales. Este no tiene por qué ser siempre el caso, depende del esquema de protección de distancia particular que se utilice y de la necesidad de incluir Power Swing Blocking.

Los ajustes adecuados se eligen para ser el 80% de la resistencia de carga:

$$R_{3ph} = 78 \Omega$$

$$R_{2ph} = 78 \Omega$$

$$R_{1ph} = 78 \Omega$$

12.8 Configuraciones de alcance de impedancia de falla a tierra

De forma predeterminada, el factor de compensación residual calculado en la Sección 12.2 se utiliza para ajustar la configuración de alcance de falta de fase en el caso de fallas a tierra y se aplica a todas las zonas.

12.9 Configuraciones de alcance resistivo de falla a tierra

El margen para evitar la impedancia de carga mínima solo necesita ser del 20%. Por lo tanto, la configuración es:

$$R_{3G} = 104 \Omega$$

$$R_{2G} = 104 \Omega$$

$$R_{1G} = 104 \Omega$$

Esto completa la configuración del relé. La tabla C3.2 también muestra los ajustes calculados.

[C3.1] Relés de protección: su teoría y práctica.

AR van C. Warrington, Chapman y Hall, 1962.