Traducido del inglés al español - www.onlinedoctranslator.com

6.2.3 Coordinación de protección

Aplicaciones y funciones típicas

Las características de funcionamiento del relé y sus ajustes deben coordinarse cuidadosamente para lograr la selectividad. El objetivo es básicamente apagar solo el componente defectuoso y dejar en servicio el resto del sistema eléctrico para minimizar las interrupciones del suministro y garantizar la estabilidad (fig. 6.2-57).

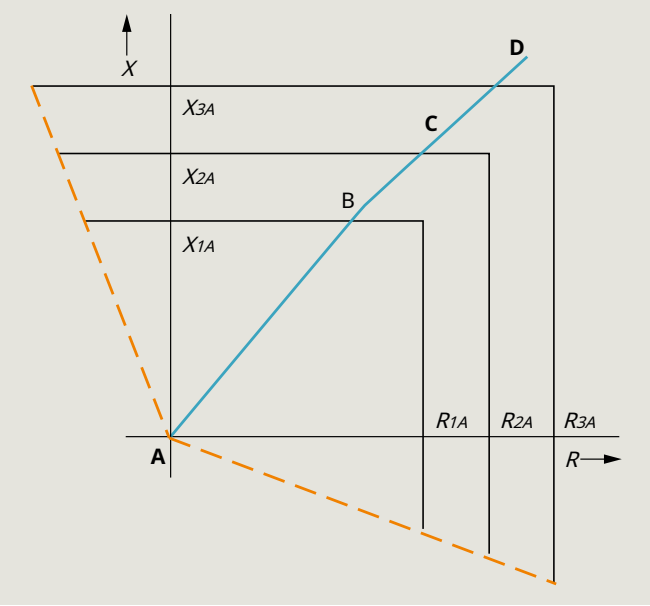


Fig. 6.2-57: Características de funcionamiento de la distancia r de Siemens Elays

Sensibilidad

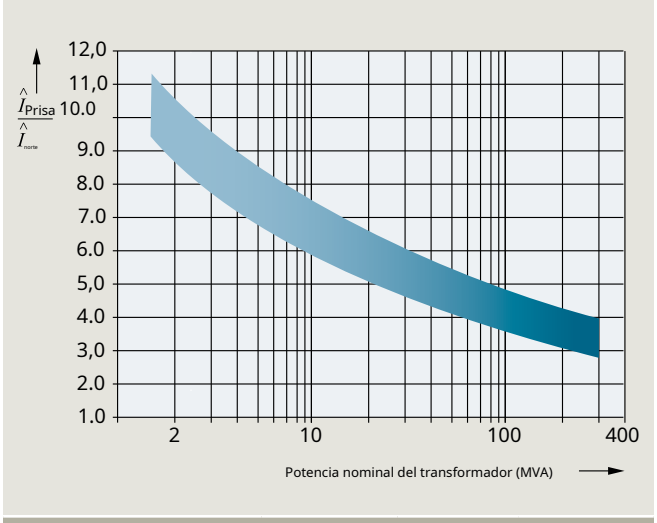
La protección debe ser lo más sensible posible para detectar fallas en el nivel de corriente más bajo posible. Sin embargo, al mismo tiempo, debe permanecer estable en todas las condiciones de carga, sobrecarga y falla pasante permitidas. Para más información: www.siemens.com/ systemplanning. Los programas de ingeniería de Siemens SINCAL y SIGRADE están especialmente diseñados para la clasificación de protección selectiva de sistemas de relés de protección. Proporcionan cálculos de cortocircuito, así como características estándar internacionales de relés, fusibles e interruptores automáticos para una fácil clasificación de protección con respecto al arranque del motor, fenómenos de irrupción y curvas de daño del equipo.

Relés de sobrecorriente de falla de fase

Los valores de activación de los relés de sobrecorriente de fase se establecen normalmente un 30% por encima de la corriente de carga máxima, siempre que haya suficiente corriente de cortocircuito disponible. Esta práctica se recomienda particularmente para relés mecánicos con relaciones de reinicio de 0,8 a 0,85. Los relés numéricos tienen relaciones de reinicio altas cercanas a 0,95 y permiten, por lo tanto, un ajuste un 10% más bajo. Los alimentadores con alta carga de transformador y / o motor requieren una consideración especial.

Alimentadores de transformador

La energización de los transformadores provoca corrientes de irrupción que pueden durar segundos, dependiendo de su tamaño (fig. 6.2-58). La selección de la corriente de arranque y el retardo de tiempo asignado deben coordinarse de modo que la corriente de entrada disminuya por debajo del valor de restablecimiento de sobrecorriente del relé antes de que haya transcurrido el tiempo de funcionamiento establecido. La corriente de irrupción contiene típicamente sólo alrededor de un 50% de componente de frecuencia fundamental. Por lo tanto, los relés numéricos que filtran los armónicos y el componente de CC de la corriente de entrada se pueden configurar para que sean más sensibles. Los valores pico de la corriente de irrupción de
higo. 6.2-58 se reducirá a más de la mitad en este caso. Algunos tipos de relés digitales tienen una función de detección de irrupción que puede bloquear el disparo de la protección de sobrecorriente resultante de las corrientes de irrupción.



Constante de tiempo de la corriente de irrupción			
Potencia nominal (MVA)	0,5... 1,0	1.0... 10	> 10
Constante (s) de tiempo	0,16... 0,2	0,2... 1,2	1,2... 720

Fig. 6.2-58: Valor máximo de la corriente de irrupción

Relés de protección de falla a tierra

Los relés de corriente de tierra permiten una configuración mucho más sensible, porque no es necesario considerar las corrientes de carga (excepto los circuitos de 4 hilos con carga monofásica). En sistemas conectados a tierra de forma sólida y de baja resistencia, generalmente se puede aplicar un ajuste de 10 a 20% de la corriente de carga nominal. La puesta a tierra de alta resistencia requiere un ajuste mucho más sensible, del orden de algunos amperios primarios. La corriente de falla a tierra de motores y generadores, por ejemplo, debe limitarse a valores por debajo de 10 A para evitar que el hierro se queme. En este caso, no se pueden utilizar relés de corriente residual en la conexión del punto de inicio de los TC; en particular, con corrientes primarias nominales de los CT superiores a 200 A. El valor de activación del relé de secuencia cero estaría en el orden de las corrientes de error de los CT. Por lo tanto, se utiliza un TC de equilibrio de núcleo especial como sensor de corriente de tierra. Los CT de balance de núcleo están diseñados para una relación de 60/1 A. La detección de 6 A primario requeriría entonces un ajuste de activación de relé de 0.1 A secundario. Se aplica un ajuste aún más sensible en sistemas aislados o conectados a tierra por bobina de Petersen donde se producen corrientes de tierra muy bajas con fallas monofásicas a tierra. Es posible que se requieran ajustes de 20 mA y menos dependiendo de la corriente mínima de falla a tierra. La función de falla a tierra direccional sensible integrada permite configuraciones tan bajas como 1 mA.

Observación sobre la protección de falla a tierra con transformadores de corriente tipo cable: Deben observarse las propiedades de un transformador de corriente tipo cable dado.

El ajuste de IE> debe tener un margen suficiente frente a la corriente de error máxima del tipo de cable CT.

Fondo:
Incluso en el caso de que los 3 conductores estén agrupados de forma centralizada, al pasar por el cable tipo CT, surgirá una corriente de error "I error" en el circuito secundario. Esta corriente de error es generalmente proporcional a la corriente de carga que fluye a través del TC.

En el caso de conductores no agrupados o cuando los conductores no están en el centro del tipo de cable CT, la corriente de error "I error" puede ser sustancialmente mayor.

Alimentadores de motor

La activación de los motores provoca una corriente inicial de 5 a 6 veces la corriente nominal (corriente de rotor bloqueado).

Una curva típica de tiempo-corriente para un motor de inducción se muestra en la fig. 6.2-59.

En los primeros 100 ms, también aparece una corriente de irrupción asimétrica de rápida decadencia. Con los relés convencionales, era una práctica común establecer la etapa de sobrecorriente instantánea de la protección contra cortocircuitos entre un 20% y un 30% por encima de la corriente del rotor bloqueado con un retardo breve de 50 a 100 ms para anular el período de irrupción asimétrica.

Los relés numéricos pueden filtrar el componente de corriente asimétrico muy rápidamente, de modo que el ajuste de un retardo de tiempo adicional ya no es aplicable.

La característica de protección de sobrecarga debe seguir la característica térmica del motor lo más cerca posible. La adaptación se realiza configurando el valor de arranque y la constante de tiempo térmica, utilizando los datos proporcionados por el fabricante del motor. Además, el temporizador de protección de rotor bloqueado debe configurarse de acuerdo con el valor característico del motor.

Clasificación de tiempo de relés de sobrecorriente (51)

La selectividad de la protección contra sobrecorriente se basa en la clasificación temporal de las características de funcionamiento del relé. El relé más cercano a la alimentación (relé aguas arriba) tiene un retardo de tiempo contra el relé más alejado de la alimentación (relé aguas abajo). El cálculo de los tiempos de calificación necesarios se muestra en la fig. 6.2-59 con un ejemplo de relés de sobreintensidad de tiempo definido.

Irelés de tiempo inverso

Para la clasificación de tiempo de los relés de tiempo inverso, en principio se aplican las mismas reglas que para los relés de tiempo definido. La clasificación de tiempo se calcula primero para el nivel máximo de falla y luego se verifica para niveles de corriente más bajos (fig. 6.2-60).

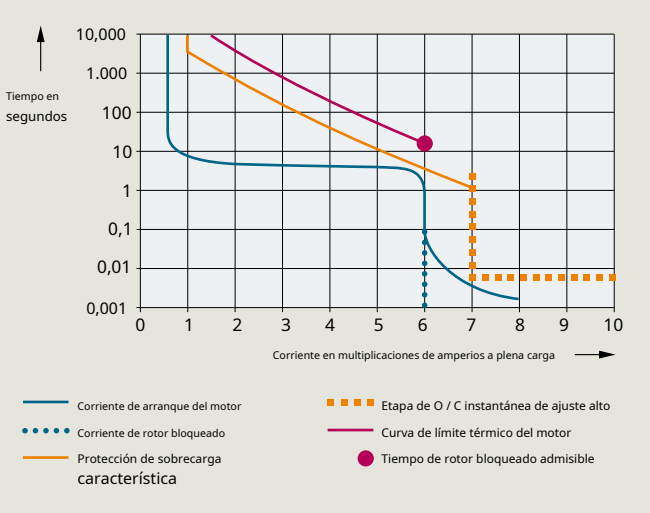


Fig. 6.2-59: Características típicas de la corriente-tiempo del motor

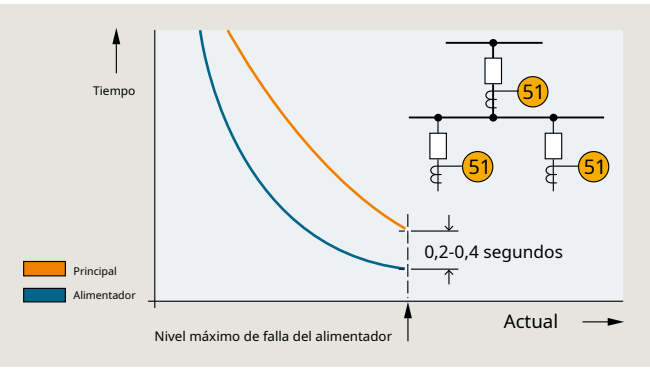


Fig. 6.2-60: Coordinación de relés de tiempo inverso

Si se usa la misma característica para todos los relés, o si el relé aguas arriba tiene una característica más pronunciada (por ejemplo, muy por encima de la inversa normal), entonces la selectividad se cumple automáticamente a corrientes más bajas.

Relé diferencial

Los relés diferenciales de transformador normalmente se configuran para valores de arranque entre el 20 y el 30% de la corriente nominal. El valor más alto debe elegirse cuando el transformador está equipado con un cambiador de tomas.

Relés de falla a tierra restringidos y alta resistencia

Los relés diferenciales del motor / generador se ajustan, por regla general, a aproximadamente el 10% de la corriente nominal.

Protección instantánea contra sobrecorriente

Esto se aplica típicamente en la carga de suministro final o en cualquier relé de protección con suficiente impedancia de circuito entre él y el siguiente relé de protección aguas abajo. El ajuste en los transformadores, por ejemplo, debe elegirse entre un 20 y un 30% más alto que la corriente máxima de falla. El relé debe permanecer estable durante la activación del transformador.

Ejemplo de cálculo

La configuración del alimentador de la fig. 6.2-61 y se dan las cargas asociadas y las corrientes de cortocircuito. Se aplican relés de sobrecorriente numéricos 7SJ80 con características normales de tiempo inverso.

Los tiempos de funcionamiento del relé, en función de la corriente, pueden derivarse del diagrama o calcularse con la fórmula dada en la fig. 6.2-62, consulte la página siguiente.

los *Ipag / Inorte* ajustes que se muestran en la fig. 6.2-61 se han elegido para obtener valores de arranque de forma segura por encima de la corriente de carga máxima.

Esta configuración de corriente debe ser la más baja para el relé más lejano aguas abajo. Los relés aguas arriba deben tener configuraciones de corriente iguales o más altas.

La configuración del multiplicador de tiempo ahora se puede calcular de la siguiente manera:

Estación C:

- Para la coordinación con los fusibles, se considera la falla en la ubicación F1.
  La corriente de cortocircuito *Iscc.* máx. relacionado con 13,8 kV es 523 A.
  Esto resulta en 7.47 para *Yo / yopag* en el relé de sobrecorriente en la ubicación C.
- Con este valor y T_{pag} = 0.05, un tiempo de operación de t_A = 0,17 s se pueden derivar de la fig. 6.2-60.

Esta configuración se seleccionó para que el relé de sobrecorriente obtenga un tiempo de clasificación seguro sobre el fusible en el lado de bajo voltaje del transformador. Por tanto, el margen de seguridad para los valores de ajuste del relé en la estación C es:

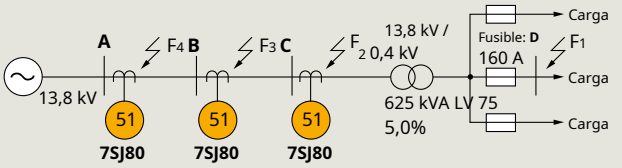
- Pickup actual: *Ipag / Inorte* = 0,7
- Multiplicador de tiempo: T_{pag} = 0,05.

Estación B:

El relé en B tiene una función de protección primaria para la línea BC y una función de respaldo para el relé en C. La corriente máxima de falla pasante de 1.395 A se vuelve efectiva para una falla en la ubicación F2. Para el relé en C, un tiempo de funcionamiento tiempo de 0,11 s (*Yo / yopag* = 19,93).

Se supone que no existen requisitos especiales para tiempos de operación cortos y, por lo tanto, se puede elegir un intervalo de clasificación de tiempo promedio de 0.3 s. A continuación, se puede calcular el tiempo de funcionamiento del relé en B.

- t_B = 0,11 + 0,3 = 0,41 s
- Valor de $I_{pag} / I_{norte} = \frac{1395\ A}{220\ A}$ = 6.34 (fig. 6.2-61)
- Con el tiempo de operación 0.41 sy *Ipag / Inorte* = 6,34, *Tpag* = 0,11 se puede derivar de la fig. 6.2-70, consulte la página siguiente.



Estación	Max. carga A	$I_{SCC.\ max}$ [1] A	Connecticut proporción	I_{pag} / I_{norte} [2]	$I_{remilgado}$ [3] A	$I_{scc.\ max} / Yo / yo_{pag} = \frac{}{I_{remilgado}}$
A	300	4.500	400/5	1.0	400	11.25
B	170	2,690	200/5	1.1	220	12.23
C	50	1395	100/5	0,7	70	19,93
D	-	523	-	-	-	-

1 *ISCC. max*= Corriente máxima de cortocircuito

2 *Ipag / Inorte* = Ajuste del multiplicador de corriente del relé

3 *Iremilgado* = Corriente de ajuste primaria correspondiente a *Ipag / Inorte*

Fig. 6.2-61: Clasificación de tiempo de relés de tiempo inverso para un alimentador radial

Los valores de ajuste para el relé en la estación B son:

- Pickup actual: *Ipag / Inorte* = 1.1
- Multiplicador de tiempo *Tpag* = 0,11

Dados estos ajustes, también se puede verificar el tiempo de operación del relé en B para una falla cercana en F3: La corriente de cortocircuito aumenta a 2690 A en este caso (fig. 6.2-69). los correspondiente *Yo / yopag* el valor es 12,23.

• Con este valor y el valor establecido de T_{pag} = 0.11, se obtiene nuevamente un tiempo de operación de 0.3 s (fig. 6.2-62).

Estación A:

• Añadiendo el intervalo de clasificación de tiempo de 0,3 s, el operando itme es t_A = 0,3 + 0,3 = 0,6 s.

Siguiendo el mismo procedimiento que para el relé en la estación B, se obtienen los siguientes valores para el relé en la estación A:

• Pickup actual: I_{pag} / I_{norte} = 1.0

• Multiplicador de tiempo T_{pag} = 0,17

• Para la falla de cierre en la ubicación F4, un tiempo de operación de Se obtienen 0,48 s.

La forma normal

Para probar la selectividad en todo el rango de posibles corrientes de cortocircuito, es una práctica normal dibujar el conjunto de curvas de funcionamiento en un diagrama común con escalas logarítmicas dobles. Estos diagramas pueden calcularse manualmente y dibujarse punto por punto o construirse utilizando plantillas.

Hoy en día, los programas de computadora también están disponibles para este propósito. La Fig. 6.2-63 muestra el diagrama de coordinación de relés para el ejemplo seleccionado, calculado por el programa Siemens SIGRADE (Programa de calificación de Siemens).

Nota:

Para simplificar los cálculos, en este ejemplo solo se han utilizado características de tiempo inverso. Se podrían haber alcanzado tiempos de operación aproximadamente 0.1 s más cortos para fallas de alta corriente aplicando adicionalmente las zonas instantáneas I >> de los relés 7SJ60.

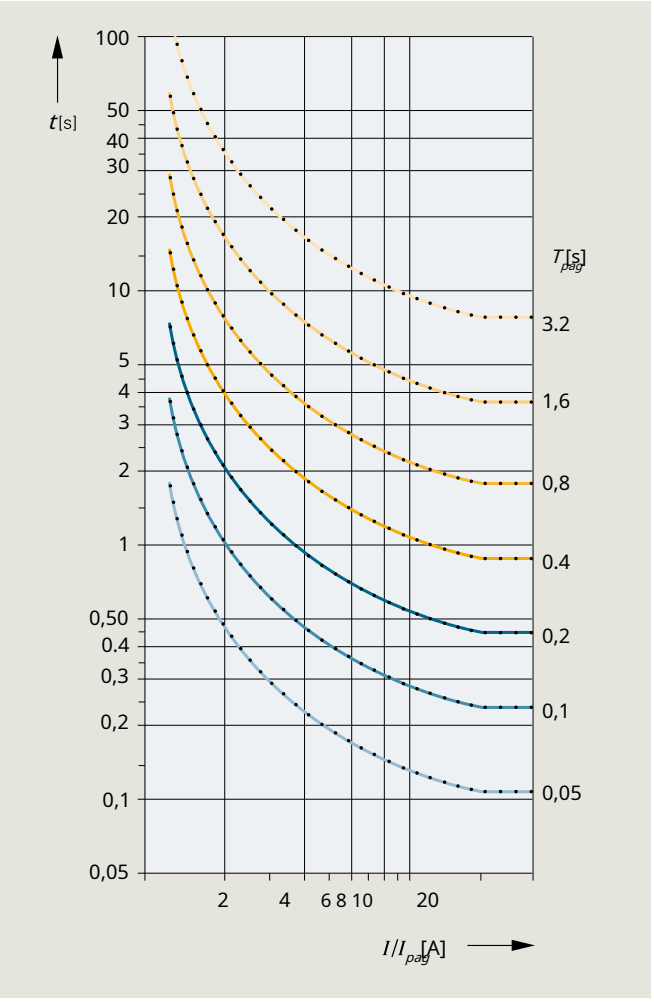
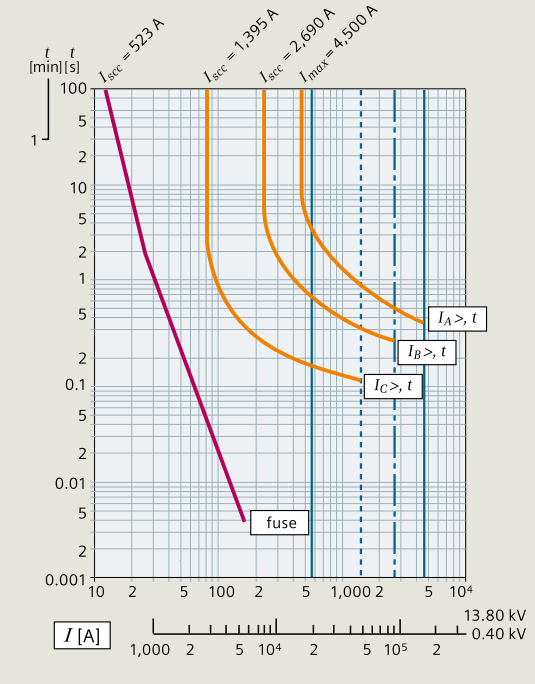
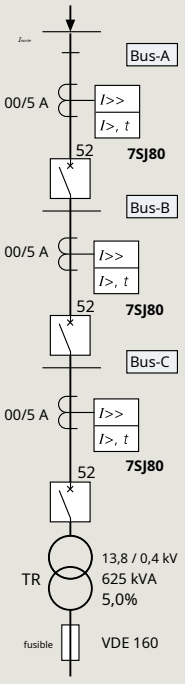


Figura 6.2-62: Característica normal de tiempo inverso del relé 7SJ60





Ajuste del rango de ajuste	
I_{pag} = 0,10–4,00 I_{norte} T_{pag} = 0,05–3,2 s I>> = 0,1–25 I_{norte}	I_{pag} = 1.0 I_{norte} T_{pag} = 0,17 s I>> = ∞
I_{pag} = 0,10–4,00 I_{norte} T_{pag} = 0,05–3,2 s I>> = 0,1–25 I_{norte}	I_{pag} = 1.0 I_{norte} T_{pag} = 0,11 s I>> = ∞
I_{pag} = 0,10–4,00 I_{norte} T_{pag} = 0,05–3,2 s I>> = 0,1–25 I_{norte}	I_{pag} = 0,7 I_{norte} T_{pag} = 0,05 s I>> = ∞
Fusible HRC 160 A	

Figura 6.2-63: Diagrama de clasificación de tiempo de sobrecorriente

Coordinación de relés de sobrecorriente con fusibles y dispositivos de disparo de baja tensión.

El procedimiento es similar a la clasificación de relés de sobrecorriente descrita anteriormente. Un intervalo de tiempo de entre 0,1 y 0,2 s suele ser suficiente para una coordinación de tiempo segura (fig. 6.2-64).

Las características fuertes y extremadamente inversas son a menudo más adecuadas que las características inversas normales en este caso. La figura 6.2-65 muestra ejemplos típicos.

Las subestaciones de distribución simples utilizan un fusible de potencia en el lado secundario de los transformadores de suministro (fig. 6.2-65a).

En este caso, la característica de funcionamiento de la sobreintensidad El relé en la alimentación debe coordinarse con el fusible. curva.

Normal inverso

$$t = \frac{0{,}14}{yo_{pag})^{0{,}02} - 1} \cdot T_{pag}(s)\ (Yo /$$

Se pueden utilizar fuertes características inversas con fusibles de tipo expulsión (cortafusibles), mientras que las versiones extremadamente inversas se adaptan mejor a los fusibles limitadores de corriente.

En cualquier caso, la decisión final debe tomarse trazando las curvas en el diagrama de coordinación log-log.

Los dispositivos de disparo electrónicos de los interruptores de BT tienen zonas de retardo largo, retardo corto e instantáneo. Los relés de sobrecorriente numéricos con una zona de tiempo inverso y dos zonas de tiempo definido pueden adaptarse estrechamente a esto (fig. 6.2-65b).

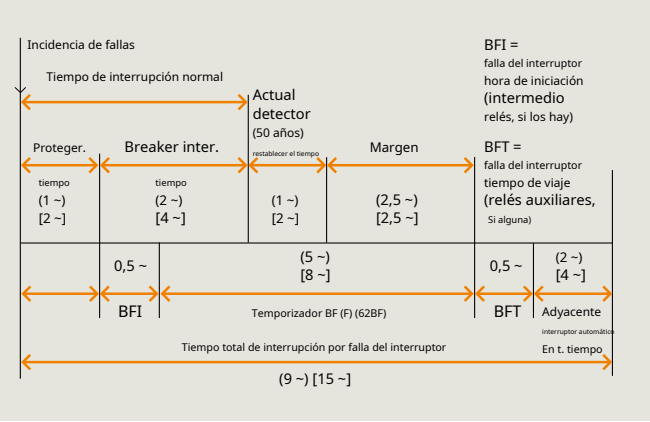


Figura 6.2-64: Coordinación de tiempo de ajuste de tiempo BF

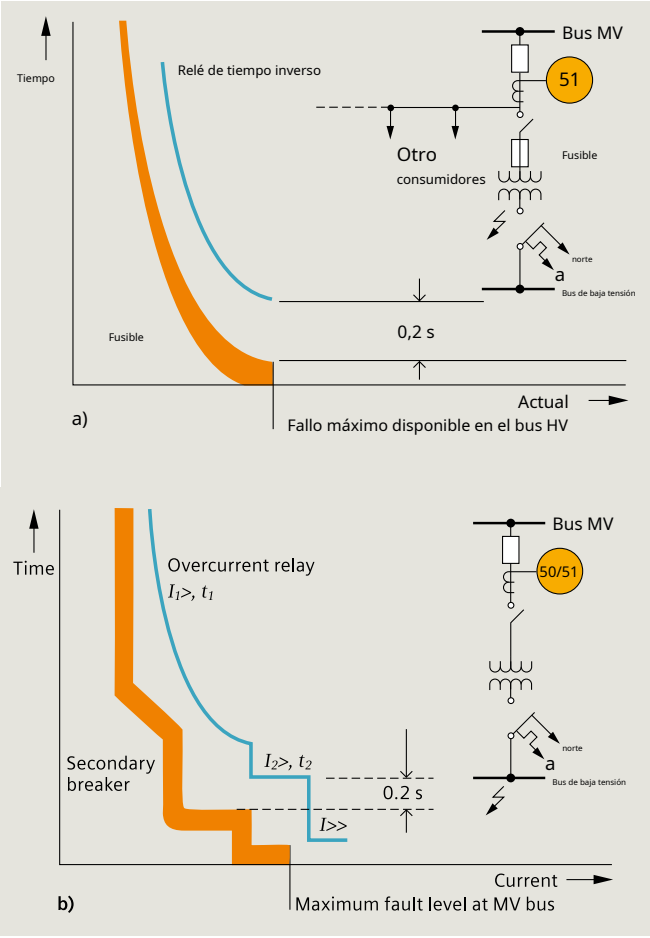


Fig. 6.2-65 a + b: Coordinación de un relé de sobrecorriente con un fusible de MT y un dispositivo de disparo del disyuntor de baja tensión

Coordinación de relés de distancia

El ajuste del relé de distancia debe tener en cuenta la precisión limitada del relé, incluido el sobrealcance transitorio (5%, según IEC 60255-6), el error de CT (1% para clase 5P y 3% para clase 10P) y un margen de seguridad de aproximadamente 5%. Además, los parámetros de línea a menudo solo se calculan, no se miden. Ésta es otra fuente de errores. Por lo tanto, una configuración del 80 al 85% es una práctica común; El 80% se utiliza para relés mecánicos, mientras que el 85% se puede utilizar para relés numéricos más precisos.

Cuando se dispone de impedancias de línea o cable medidas, la configuración de la zona protegida puede extenderse al 90%. La segunda y tercera zonas tienen que mantener un margen de seguridad de alrededor del 15 al 20% para las zonas correspondientes de las siguientes líneas. Siempre debe tenerse en cuenta la línea siguiente más corta (fig. 6.2-66).

Como regla general, la segunda zona debe alcanzar al menos el 20% sobre la siguiente estación para garantizar el respaldo para fallas en las barras, y la tercera zona debe cubrir la línea siguiente más larga como respaldo para la protección de la línea.

Clasificación de horarios de zona

La primera zona normalmente funciona sin demora. Para la clasificación de los retardos de tiempo de la segunda y tercera zona, se aplican las mismas reglas que para los relés de sobrecorriente (fig. 6.2-67). Para las características del cuadrilátero (relés 7SA6 y 7SA5), solo se deben considerar los valores de reactancia (valores X) para el ajuste de la zona protegida. El ajuste de los valores R debe cubrir la resistencia de línea y posibles resistencias de arco o falla. La resistencia del arco se puede estimar aproximadamente de la siguiente manera:

$$R_{Arco} = \frac{2.5 \cdot l_{arco}}{I_{SCC\ Min}} [\Omega]$$

l_{arco} = Longitud del arco en mm

$I_{SCC\ Min}$ = Corriente mínima de cortocircuito en kA

• Los ajustes típicos de la relación R / X son:
- Líneas y cables cortos (≤ 10 km): R / X = 2 a 6
- Longitudes de línea medias <25 km: R / X = 2
- Líneas más largas de 25 a 50 km: R / X = 1.

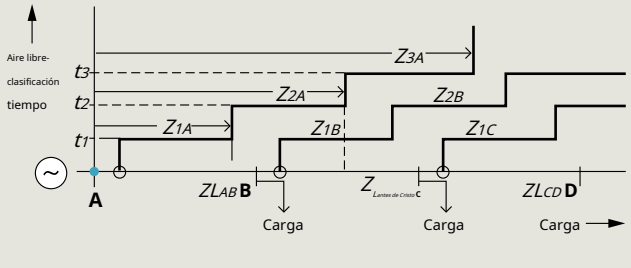
Alimentador más corto que se puede proteger mediante relés de distancia

El alimentador más corto que puede protegerse por zonas de distancia de alcance inferior sin la necesidad de enlaces de señalización depende de la reactancia de relé configurable más corta.

$$X_{Prim\ Min\ Relé\ Min} \cdot \frac{Vermont_{proporción}}{CT_{proporción}}$$

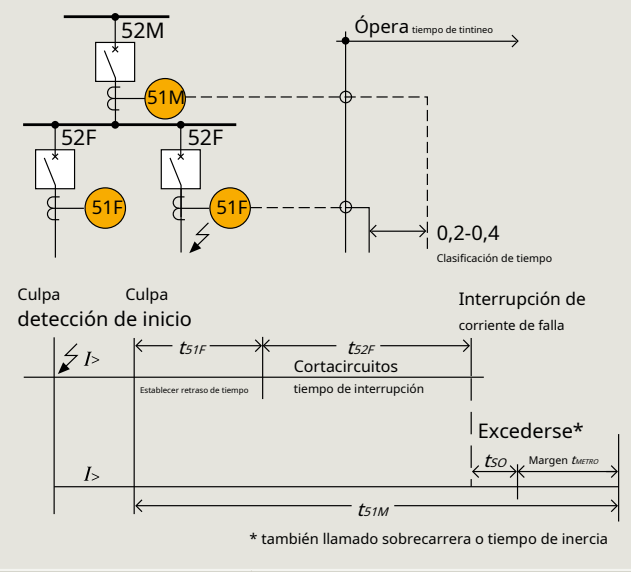
$$I_{min} = \frac{X_{P\ im\ M\ n}}{X'_{Línea}}$$

El ajuste más corto de los relés numéricos Siemens es 0,05 Ω para relés de 1 A, correspondiente a 0,01 Ω para relés de 5 A. Esto permite la protección a distancia de los cables de distribución hasta un rango de unos 500 metros.



$Z_{1A} = 0,85 \cdot Z_{LA-B}$
$Z_{2A} = 0,85 \cdot (Z_{LA-B} + Z_{1B})$
$Z_{2A} = 0,85 \cdot (Z_{LA-B} + Z_{2B})$

Figura 6.2-66: Clasificación de zonas de distancia



Clasificación de tiempo	
$t_{rs} = t_{51M} - t_{51F} = t_{52F} + t_{SO} + t_{METRO}$	
Ejemplo 1	t_{TG} =0,10 s + 0,15 s + 0,15 s = 0,40 s
Disyuntor de aceite	t_{52F} = 0,10 s
Relés mecánicos	t_{SO} = 0,15 s
Margen de seguridad para errores de medición, etc.	t_{METRO} = 0,15 s
Ejemplo 2	t_{TG} = 0,08 + 0,02 + 0,10 = 0,20 s
Disyuntor de vacío	t_{52F} = 0,08 s
Relés numéricos	t_{SO} 0,02 s
Margen de seguridad	t_{METRO} = 0,10 s

Figura 6.2-67: Clasificación de tiempo de relés de tiempo de sobrecorriente

Configuración de protección contra falla del interruptor

La mayoría de los relés numéricos de esta guía brindan protección contra falla del interruptor (BF) como una función integral. El inicio de la protección BF por parte de las funciones de protección interna se lleva a cabo a través de la lógica del software. Sin embargo, la función de protección BF también puede iniciarse externamente a través de entradas binarias mediante una protección alternativa. En este caso, es posible que deba tenerse en cuenta el tiempo de funcionamiento de los relés intermedios (tiempo BFI). Finalmente, el disparo de los interruptores de alimentación requiere relés auxiliares, que agregan un pequeño retardo de tiempo (BFI) al tiempo total de eliminación de fallas. Este es particularmente el caso de las disposiciones de barra de anillo o de un interruptor y medio donde se utiliza un relé de falla de interruptor separado (7VK8) por interruptor.

El criterio decisivo de la coordinación del tiempo de protección BF es el tiempo de reinicio del detector de corriente (50BF), que no debe excederse bajo ninguna condición durante la interrupción normal de la corriente. Los tiempos de reinicio especificados en los manuales de relés numéricos de Siemens son válidos para el peor de los casos: interrupción de una corriente de cortocircuito totalmente compensada y ajuste de activación de corriente baja (0,1 a 0,2 veces la corriente nominal del TC).

El tiempo de reinicio es de 1 ciclo para relés EHV (7SA8, 7VK8) y 1,5 a 2 ciclos para relés tipo distribución (7SJ **).

La figura 6.2-68 muestra el gráfico de tiempo para un esquema típico de protección contra fallas de interruptor. Los tiempos indicados entre paréntesis se aplican a la protección del sistema de transmisión y los tiempos entre corchetes para la protección del sistema de distribución.

Requisitos de CT para relés de protección

Transformadores de instrumentos

Los transformadores de instrumentos deben cumplir con las recomendaciones IEC aplicables IEC 60044 y 60186 (PT), ANSI / IEEE C57.13 u otras normas comparables.

Transformadores de voltaje

Los transformadores de voltaje (TT) en diseño unipolar para todos los voltajes primarios tienen devanados secundarios simples o dobles típicos de 100, 110 o 115 V / √3, con valores nominales de salida entre 10 y 50 VA adecuados para la mayoría de las aplicaciones con equipos de protección y medición digital y precisiones de 0,1% a 6% para adaptarse a la aplicación particular. Los valores BIL primarios se seleccionan para que coincidan con los de la aparamenta asociada.

Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente (CT) suelen ser de relación única tipo con primarios enrollados o tipo barra de clasificación térmica adecuada. Los devanados secundarios simples, dobles o triples de 1 o 5 A son estándar. 1 Sin embargo, se debe preferir una clasificación, particularmente en subestaciones de AT y EHV, para reducir la Carga de las líneas conectadas. Potencia de salida (carga nominal en VA), características de precisión y saturación (factor limitador de corriente de cortocircuito simétrico nominal) de los núcleos y los devanados secundarios deben cumplir con los requisitos de la aplicación particular. El código de clasificación de CT de IEC se utiliza en lo siguiente:

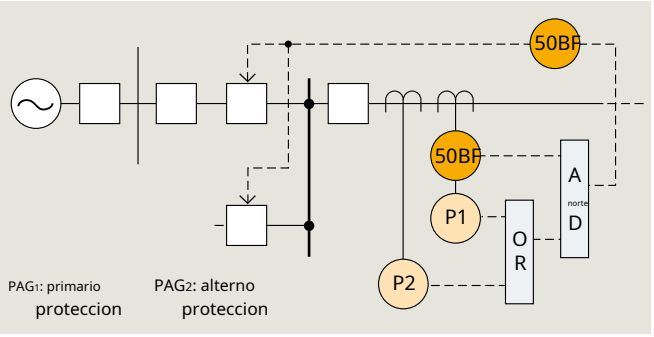


Figura 6.2-68: Protección contra falla de interruptor, circuito lógico

• Núcleos de medición

Normalmente se especifican con una precisión de 0,2% o 0,5% (clase 0,2 o clase 0,5) y un factor limitador de corriente de cortocircuito simétrico nominal FS de 5 o 10.
La potencia de salida requerida (carga nominal) debe ser mayor que la carga realmente conectada. Los valores típicos son 2,5, 5 o 10 VA. Los valores más altos normalmente no son necesarios cuando solo están conectados medidores y registradores electrónicos.

Una especificación típica podría ser: 0,5 FS 10, 5 VA.

• Núcleos para medición de valores de facturación

En este caso, normalmente se requiere la clase 0.25 FS.

• Núcleos de protección

El tamaño del núcleo de protección depende principalmente de la corriente máxima de cortocircuito y la carga total (carga del TC interno, más carga de las líneas conectadas, más carga del relé). Además, se debe considerar un factor de dimensionamiento transitorio para cubrir la influencia del componente de CC en la corriente de cortocircuito.

Los requisitos para los transformadores de corriente de protección (fig. 6.2-69 y fig. 6.2-70, consulte las páginas siguientes) para el rendimiento transitorio se especifican en IEC 60044-6. En muchos casos prácticos, los TC con núcleo de hierro no pueden diseñarse para evitar la saturación en todas las circunstancias debido a razones de costo y espacio, particularmente con equipos de distribución encerrados en metal.

Por lo tanto, los relés Siemens están diseñados para tolerar la saturación de CT en gran medida. Los relés numéricos propuestos en esta guía son particularmente estables en este caso debido a su función de detección de saturación integrada. Los requisitos del transformador de corriente para los dispositivos de protección de transformador SIPROTEC 7UT8 se dan como ejemplo para proporcionar una descripción general sobre cómo manejar los requisitos del TC durante el cálculo de la protección.

Para todos los dispositivos SIPROTEC 5, las tablas de requisitos detalladas se incluyen en los manuales del dispositivo. Se debe utilizar la última versión del manual para el cálculo de los requisitos de TC.

Se puede realizar un dimensionamiento más preciso mediante un cálculo más intensivo con el programa CTDIM de Siemens (www.siemens.com/ctdim). Los resultados de CTDIM son publicados por el fabricante del relé.

Requirements for Current Transformer of Transformer Differential Protection (Phase Current Transformer)

Transformer Type	Required Factor ALF'		
	Minimum	Internal Fault	External Fault
IEC 5P, IEC 10P[1] (up to 80% remanence)	25	$\geq 0.5 \cdot \frac{I_{int.max}}{I_{pr}}$	$\geq 2 \cdot \frac{I_{ext.max}}{I_{pr}}$
IEC 5PR, IEC 10PR[2]	12.5	$\geq 0.4 \cdot \frac{I_{int.max}}{I_{pr}}$	$\geq 1.5 \cdot \frac{I_{ext.max}}{I_{pr}}$
	Required Product $K_{td} \cdot K_{SSC}$		
IEC TPX (up to 80 % remanence)	25	$\geq 0.5 \cdot \frac{I_{int.max}}{I_{pr}}$	$\geq 2 \cdot \frac{I_{ext.max}}{I_{pr}}$
IEC TPY	12.5	$\geq 0.4 \cdot \frac{I_{int.max}}{I_{pr}}$	$\geq 1.5 \cdot \frac{I_{ext.max}}{I_{pr}}$
IEC TPZ	12.5	$\geq 0.4 \cdot \frac{I_{int.max}}{I_{pr}}$	$\geq 1.5 \cdot \frac{I_{ext.max}}{I_{pr}}$
	Required Knee-Point Voltage E_k (Vrms)		
IEC PX (up to 80 % remanence)	$20 \cdot I_{sr} \cdot R_s$	$\geq 0{,}4 \cdot \frac{I_{Int.max}}{I_{pr}} \cdot I_{sr} \cdot R_s$	$\geq 1{,}6 \cdot \frac{I_{Ext.max}}{I_{pr}} \cdot I_{sr} \cdot R_s$
IEC PXR	$10 \cdot I_{sr} \cdot R_s$	I_{pr}	I_{pr}
	Required Transformer Terminal Voltage V_{ta} (Vrms)		
ANSI C (I_{sr} = 5 A) (up to 80 % remanence)	$25 \cdot I_{sr} \cdot R_{ba}$	$\geq 0{,}5 \cdot \frac{I_{Int.max}}{I_{pr}} \cdot I_{sr} \cdot R_{ba}$	$\geq 2 \cdot \frac{I_{Ext.max}}{I_{pr}} \cdot I_{sr} \cdot R_{ba}$

Remanence leads to an earlier saturation which, in general, is critical for the differential protection. For new systems, Siemens recommends anti-remanence cores in the classes 5PR, PXR and TPY. In case of the high direct-current components to be expected, Siemens recommends the class TPZ, so that an overfunction with external faults is avoided.

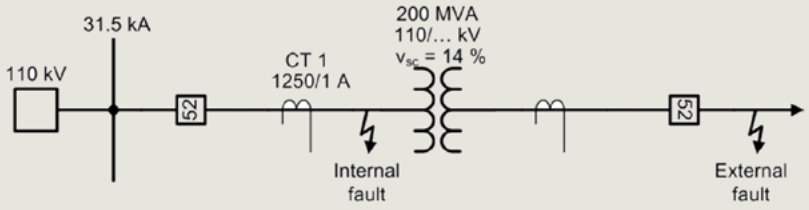
ALF'	Operational accuracy limit factor	I_{sr}	Secondary rated current of the transformer
ALF'	$ALF' = ALF \cdot \frac{R_{ct} + R_b}{R_{ct} + R_{ba}}$	$I_{Int.max}$	Maximum internal symmetric fault current
ALF	Rated accuracy limit factor	$I_{Ext.max}$	Maximum external symmetric fault current
R_{ct}	Secondary winding resistance	K_{td}	Transient rated dimensioning factor
R_b	Ohmic rated burden	K_{SSC}	Factor of the symmetric rated short-circuit current = I_{psc}/I_{pr}
R_{ba}	Connected ohmic rated resistive burden	E_k	Knee-point voltage
R_s	(R_{ct} + R_{ba})	V_t	Rated terminal voltage with 20-fold rated current and rated burden R_b
I_{pr}	Primary rated current of the transformer	V_{ta}	Current terminal voltage with 20-fold rated current and current burden R_{ba}

[1] fault angle is not specified in IEC 61869-2, therefore, the Class 10P for the differential protection is not recommended.

[2] fault angle is not specified in IEC 61869-2, therefore, the Class 10P for the differential protection is not recommended.

Figura 6.2-69: Requisitos para transformador de corriente.

Example



[dwwdlanf-301012-01.tif, 1, en_US]

Layout of Current Transformer 1 (Transf. 1):

$I_{int.max}$ = 31.5 kA

Transformer rated current $I_{N,Tr}$ = 200 000 kVA/(√3 · 100 kV) = 1050 A (110 kV side)

$I_{ext.max} = I_{N,Tr} \cdot 100\ \%/u_k$ = 1050 A · 100 %/14 % = 7498 A (110 kV side)

$K_{SSC(int)}$ = 31 500 A/1250 A = 25.2, $K_{SSC(ext)}$ = 7498 A/1250 A = 6.0

a) IEC class 5P

Internal fault: ALF' = 0.5 · 31 500 A/1250 A = 12.6

External fault: ALF' = 2 · 7498 A/1250 A = 12 → **but minimum 25**

Result:

Operating accuracy limiting factor of **≥ 25**, for example: 5P30, $R_b = S_r/I_{sr}^{\ 2} \geq$ connected burden R_{ba}

(for example: S_r = 2.5 VA or 5 VA)

b) IEC class TPZ

Internal fault: $K_{td} \cdot K_{SSC}$ = 0.4 · 31 500 A/1250 A = 10.08

External fault: $K_{td} \cdot K_{SSC}$ = 1.5 · 7498 A/1250 A = 9 → **but minimum 12.5**

Result:

The product $K_{td} \cdot K_{SSC}$ must be ≥ 12.5, for example: $K_{SSC} = K_{SSC(int)} \approx 25$ and K_{td} = 0.5

Rated burden $R_b \geq$ connected burden R_{ba} (for example, R_b = 2.5 Ω or 5 Ω)

c) IEC class PX, assumption: R_{ct} = 4.3 Ω, R_{ba} = 1.5 Ω

Internal fault:

$$E_k \geq 0.4 \cdot \frac{I_{Int.max}}{I_{pr}} \cdot I_{sr} \cdot R_s \geq 0.4 \cdot \frac{31500\ A}{1250\ A} \cdot 1\ A \cdot (4.3\ \Omega + 1.5\ \Omega) \geq 58.5\ Vrms$$

[fofintek-161112-01.tif, 2, en_US]

External fault:

$$E_k \geq 1.6 \cdot \frac{I_{Ext.max}}{I_{pr}} \cdot I_{sr} \cdot R_s \geq 1.6 \cdot \frac{7498\ A}{1250\ A} \cdot 1\ A \cdot (4.3\ \Omega + 1.5\ \Omega) \geq 55.7\ Vrms$$

[fofextek-161112-01.tif, 2, en_US]

but minimum $E_k = 20 \cdot I_{sr} \cdot R_s$ = 20 · 1 A · (4.3 Ω + 1.5 Ω) = 116 Vrms

Result:

The PX transformer must have a knee-point voltage of ≥ 116 Vrms, for example: E_k = 150 Vrms.

Figura 6.2-70: Requisitos para transformador de corriente.

Para obtener más información, visite:
siemens.com/protection