

8 | Protección del sistema

Esquema del curso

1. Introducción al WECC
2. Fundamentos de la Electricidad
3. Descripción general del sistema de energía
4. Principios de Generación
5. Descripción general de la subestación
6. Transformadores
7. Transmisión de potencia
8. Protección del sistema
9. Principios de funcionamiento del sistema

Descripción general

- Finalidad de los Sistemas de Protección
- Características de los Sistemas de Protección
- Tipos de relés y aplicaciones

Propósito

- Luego examinamos cómo funciona un sistema de protección. El propósito principal del sistema de protección es detectar fallas y, lo más rápido posible, "eliminar" las fallas.
- ***fallas*** son condiciones físicas que hacen que un dispositivo, componente o elemento no funcione de la manera requerida; por ejemplo, un cortocircuito o un cable roto.

Causas de fallas

- Algunas de las causas comunes de fallas son:
- La rama de un árbol entra en contacto con un cable aéreo energizado.
- Un cable aéreo se rompe debido a la carga de nieve o hielo, o porque un automóvil golpea el poste de electricidad y hace que el cable entre en contacto con el suelo.
- Los componentes del sistema de energía, como los disyuntores o los transformadores, funcionan mal; o el aislamiento falla debido al desgaste, la edad o las operaciones repetidas.
- Un rayo golpea un cable aéreo, ya sea causando daño físico o creando moléculas de aire cargadas que sirven como un camino en el que puede fluir la corriente de falla.

Sistema de protección

- La operación rápida del sistema de protección logra lo siguiente:
- **Mantiene la seguridad**
 - Mantiene Personal y Seguridad Pública. Un cable caído que no ha sido eléctricamente aislado todavía está energizado. Esto presenta un peligro para la seguridad de las personas que puedan intentar moverlo o que lo toquen sin darse cuenta.

Sistema de protección

- **Previene daños**

- Previene daños más extensos. Las corrientes de cortocircuito durante las fallas son muchas veces las corrientes de carga normales. Si el flujo de corriente no se interrumpe rápidamente, los componentes del sistema eléctrico pueden dañarse. Además, algunas fallas pueden causar sobrevoltajes que exceden la clasificación del aislamiento de algunos componentes, lo que resulta en un mayor daño al equipo. Las sobretensiones suelen ser transitorias y se producen por simples cambios de circuito, como la apertura de un disyuntor o la puesta a tierra de un conductor.

Sistema de protección

- **Previene problemas de estabilidad**
 - Previene problemas de estabilidad del sistema de potencia. Las fallas que permanecen en los equipos de transmisión de alto voltaje o en los generadores pueden causar problemas de estabilidad del sistema. La estabilidad del sistema de potencia se analiza con más detalle en ***Módulo 9: Principios de Operación de Sistemas de Potencia.***

Características

- Los sistemas de protección tienen tres componentes principales:
- 1) Dispositivos de medición
- 2) Relés de protección
- 3) Circuito de control

Aparatos de medición

- La mayoría de los sistemas de protección analizan el flujo de corriente y/o el voltaje del sistema de potencia para determinar si existe una falla. Los cambios repentinos en estas cantidades podrían indicar que existe una falla.
- Por ejemplo: ya sea un aumento repentino en el flujo de corriente a muchas veces la corriente de carga normal, o un aumento o disminución significativos en el voltaje de línea podrían indicar que existe una falla en alguna parte.
- El sistema de protección no puede utilizar directamente como entradas las medidas de tensión y corriente del equipo de alta tensión. Por lo tanto, estos valores deben ser reducidos.

Aparatos de medición

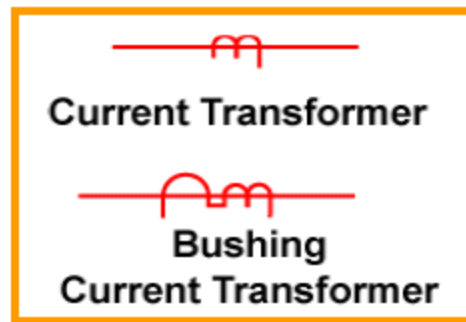
- Los siguientes dispositivos realizan esta función:
 - transformadores de corriente (TC)
 - transformadores de tensión (PT)
 - transformadores de voltaje de capacitancia de acoplamiento (CCVT)

Transformador de corriente (TC)

- La corriente del sistema de potencia se mide por ***transformadores de corriente***; comúnmente llamados CT. Los TC reducen o reducen la corriente real a valores proporcionales de unos pocos amperios para uso del sistema de protección.
- La mayoría de los TC tienen forma de dona y se instalan sobre los casquillos de los transformadores de potencia, interruptores automáticos o generadores.

Transformadores de corriente (TC)

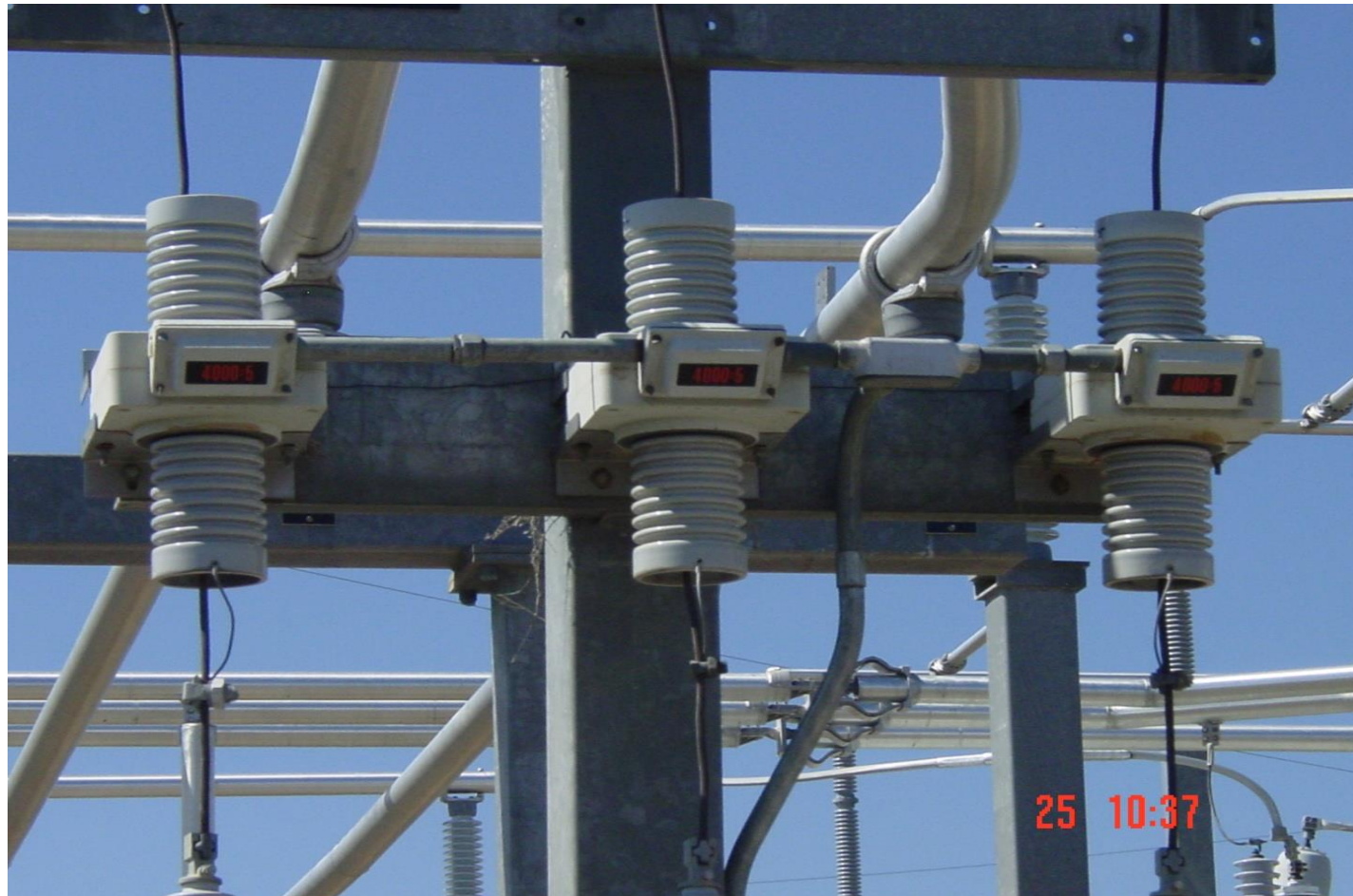
- Los TC producen un flujo de corriente secundario pequeño (unos pocos amperios) que es proporcional a un flujo de corriente primario más grande en el sistema de potencia.
- La relación de vueltas del CT puede ser 2500:1. Esto permite que la corriente se reduzca para que sea utilizable para medición y relés.



Montado en buje (CT)



TI de medición





Transformador de corriente (externo)

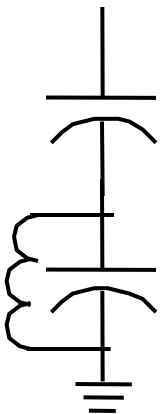


PT y CCVT

- El voltaje del sistema de potencia se mide ya sea por ***transformadores de voltaje o transformadores de voltaje de capacitancia de acoplamiento (CCVT)***, dependiendo del nivel de voltaje que se esté midiendo. Ambos dispositivos reducen el voltaje del sistema eléctrico a valores proporcionales de 120 voltios o menos.
- Los transformadores de tensión son transformadores de bobinado de alambre de núcleo magnético simple. Por lo general, se les conoce como PT, abreviatura de potencial transformadores. Los PT funcionan de la misma manera que los transformadores reductores de potencia o de distribución.

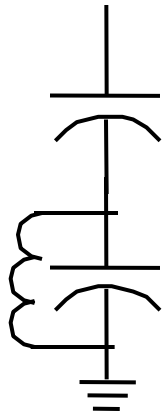
PT y CCVT

- A niveles de voltaje de 100 kV o más, el costo de los PT se vuelve muy alto. En estos niveles de voltaje, por lo tanto, se usan típicamente CCVT. *ACCVT es una pila de capacitores conectados entre los puntos de medición de voltaje. El nivel de voltaje deseado de 120 se obtiene por división de voltaje.*

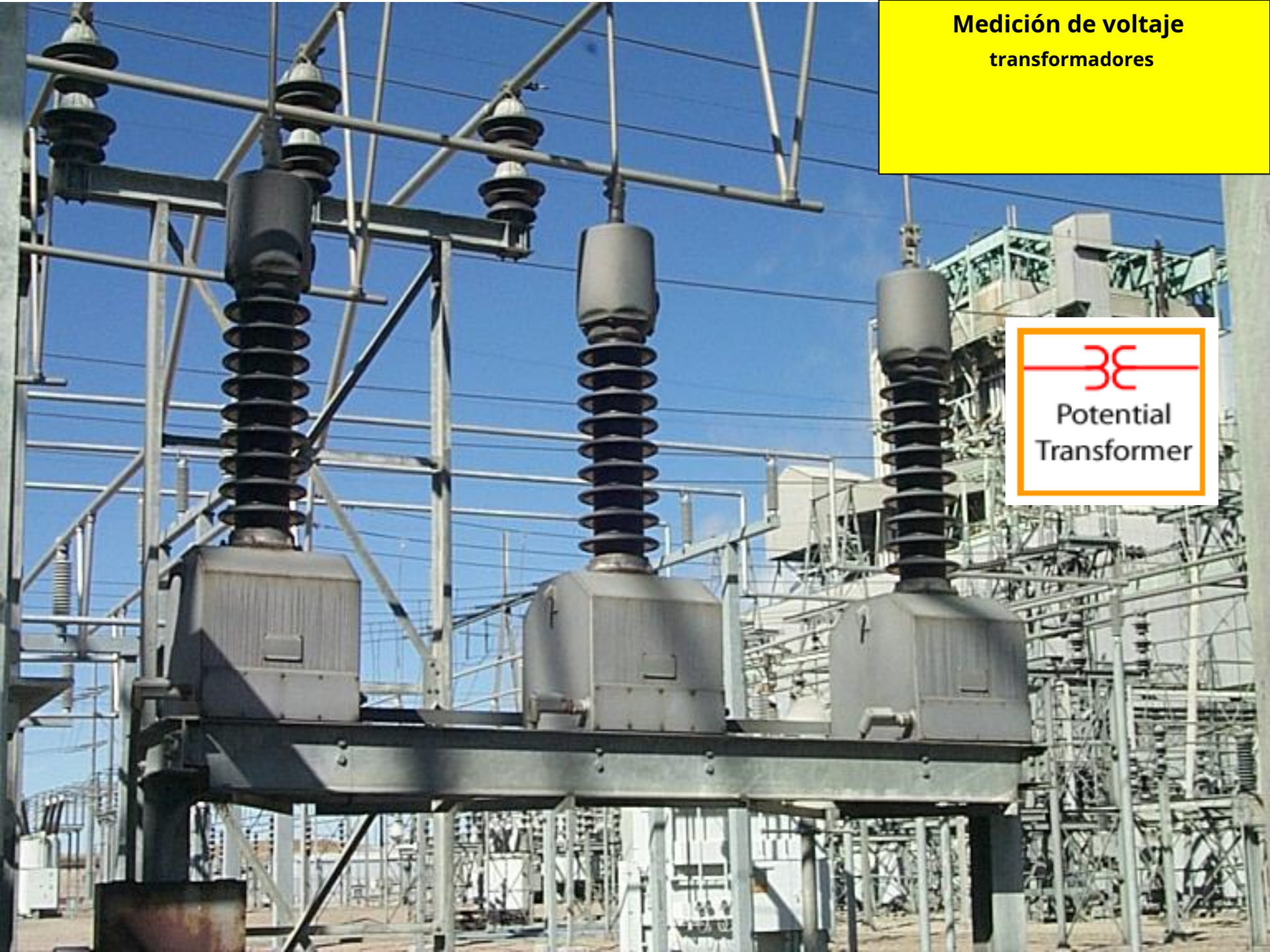


La precisión de los CCVT es menor que la de los PT. Los CCVT pueden no ser aceptables, donde se requiere una alta precisión, como para funciones de facturación o medición.

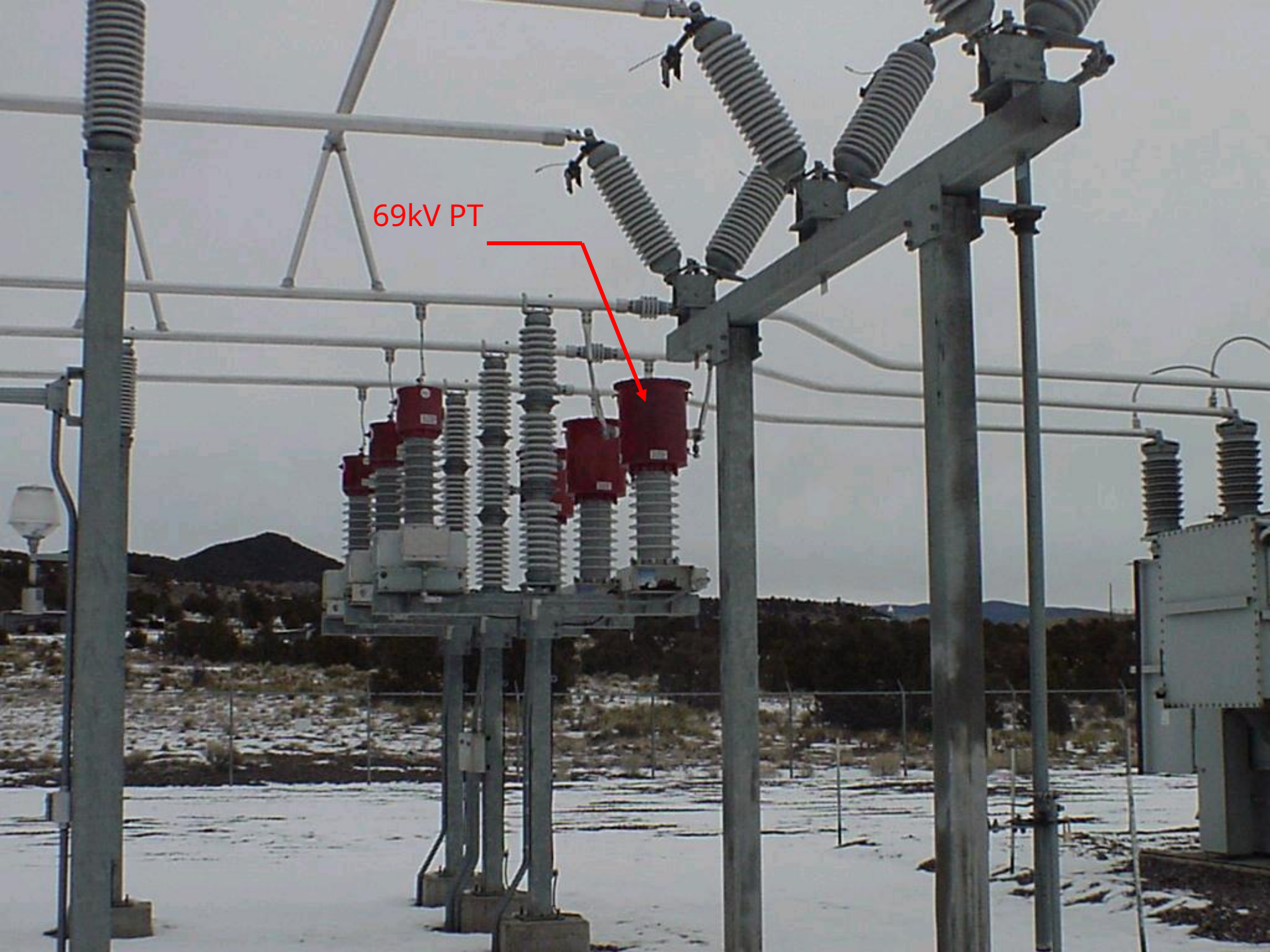
CCVT



Medición de voltaje transformadores



69kV PT



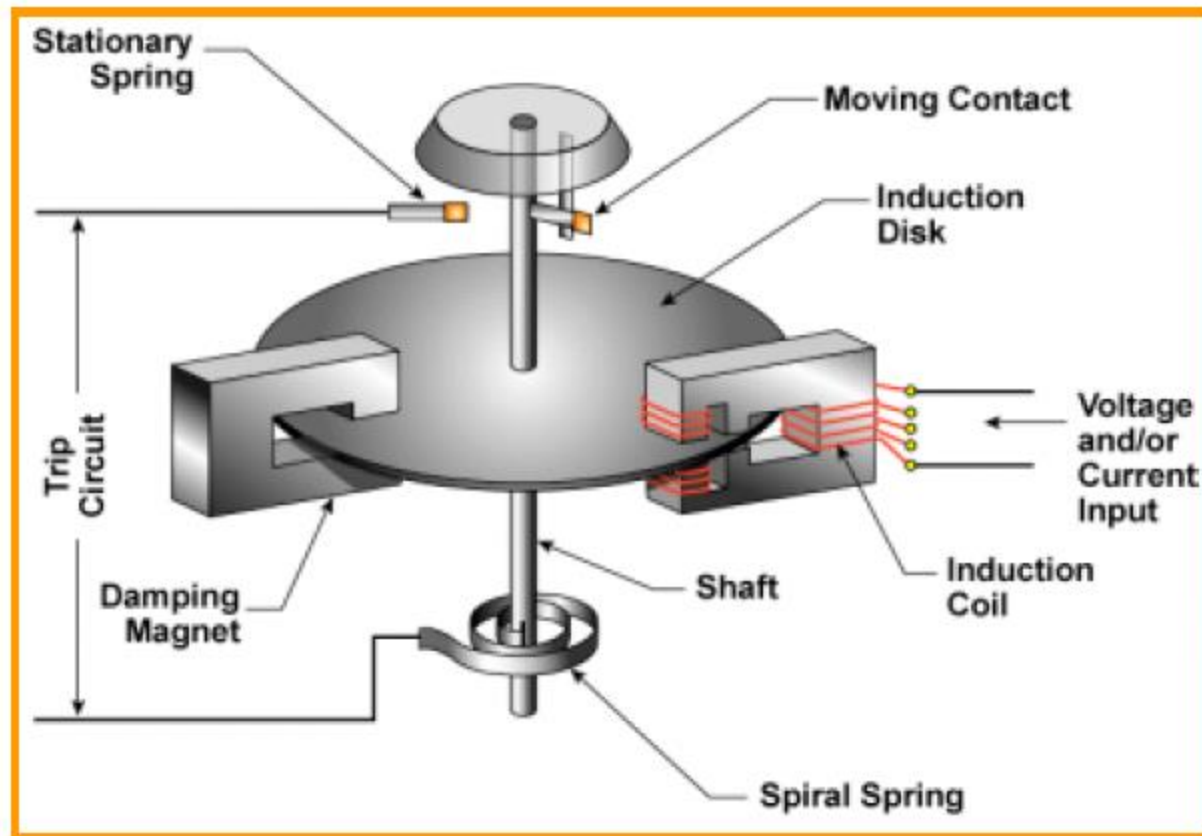
Valle de San Luis 115kV Bus "B" PT's



Relés de protección

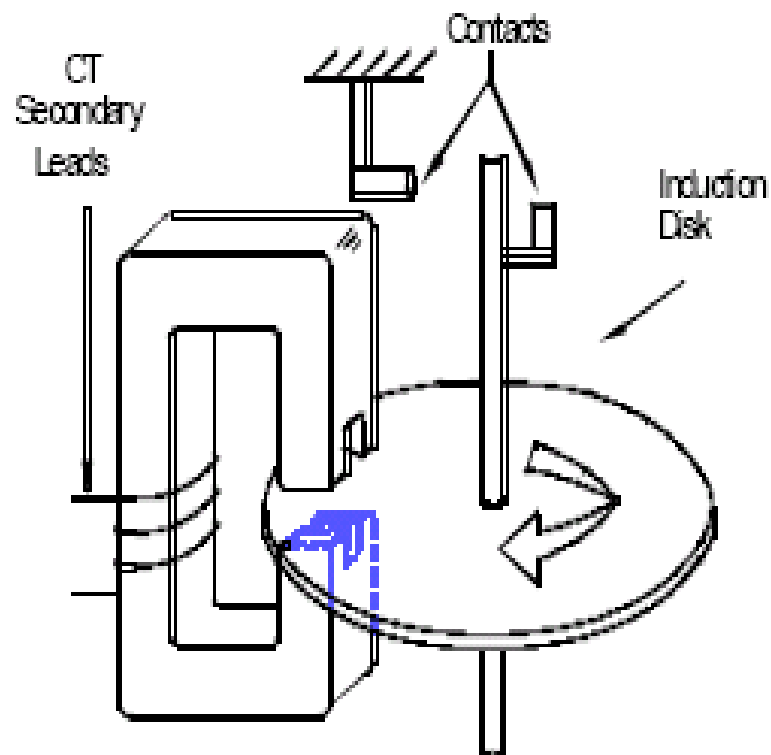
- ***Relés de protección*** son dispositivos del sistema de protección que comparan los voltajes y las corrientes del sistema de energía con los valores esperados normalmente para determinar si el dispositivo protegido tiene una falla.
- Los primeros tipos de relés de protección, muchos de los cuales todavía se utilizan en la actualidad, se construyeron con componentes electromecánicos, como engranajes, resortes, temporizadores mecánicos y discos de inducción.

Relés de protección



Elemento de relé de disco de inducción

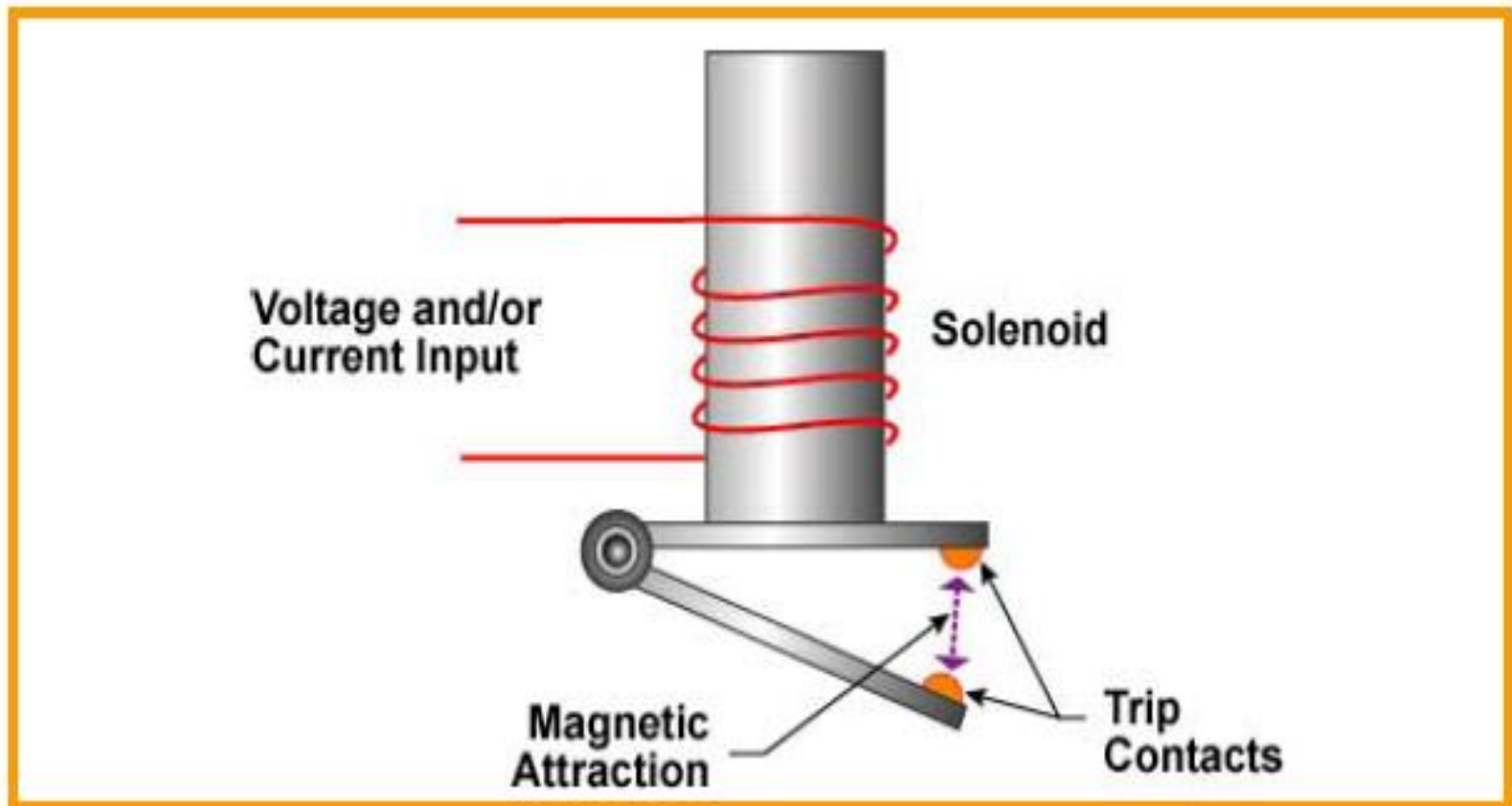
Sobrecorriente de tiempo electromecánico



Sobrecorriente de tiempo electromecánico

- **Arelé de sobreintensidad de tiempo (51)** funciona si existe una corriente anormalmente alta durante un período de tiempo predeterminado. Este relé se ve y funciona como el medidor de vatios-hora de su hogar.
- Las corrientes por encima de un nivel operativo mínimo especificado, llamado ***pasar a buscar***, hacen que el disco de inducción gire. A diferencia del disco de un medidor de vatios-hora, el disco de inducción del relé gira solo lo suficiente para cerrar los contactos del relé.
- El disco sigue girando mientras exista la corriente de captación. Cuanto mayor es la corriente, más rápido gira el disco.

Relés de protección

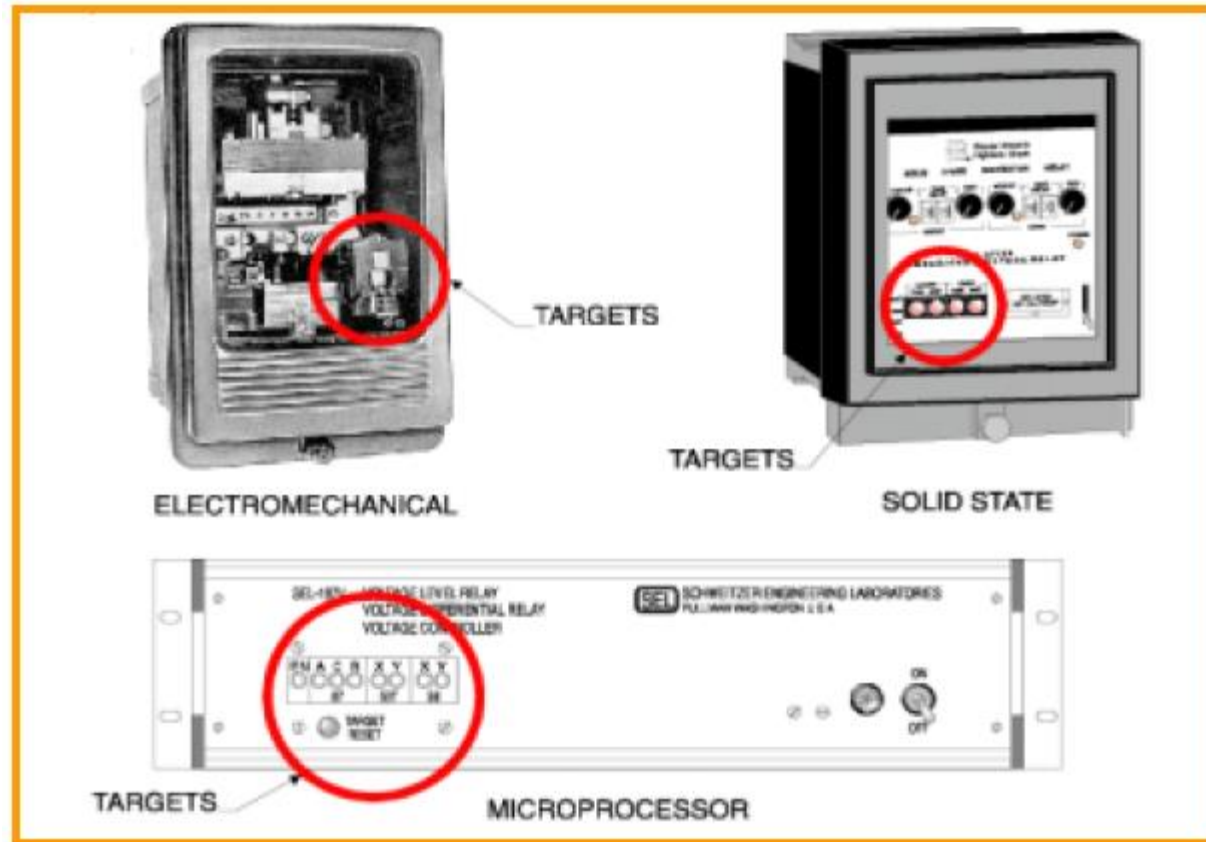


Elemento de atracción magnética para relé electromecánico

Objetivo

- Si la falla permanece lo suficiente, el giro hace que los contactos montados en el disco toquen los contactos montados en el marco del relé, completando un circuito de disparo. Un indicador, llamado **objetivo**, se muestra cuando el relé funciona. El objetivo permanece en pantalla hasta que se restablece manualmente.
- Si la corriente de falla se elimina (borra) antes de que se complete el circuito de disparo, el disco deja de girar y un resorte lo devuelve a su posición inicial.

Objetivos



Relés de microprocesador

- Aunque muchas empresas de servicios siguen utilizando relés electromecánicos, los fabricantes han introducido nuevos diseños. Durante los últimos 20 años, las empresas de servicios públicos han estado utilizando relés "estáticos" que se construyen con transistores y otros componentes electrónicos.
- Más recientemente, se han introducido relés que utilizan microprocesadores.

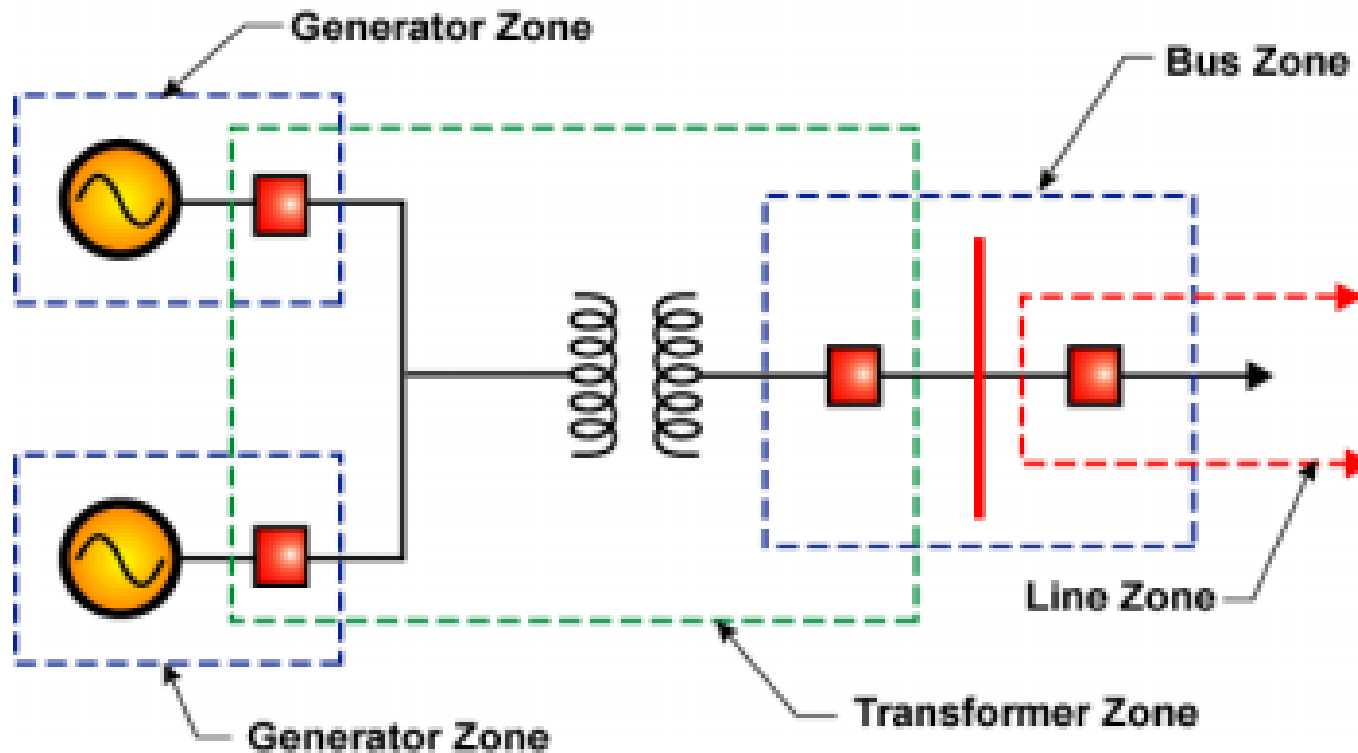
Relés de microprocesador

- Los relés de microprocesador están basados en computadora y tienen varias ventajas sobre las contrapartes electromecánicas y estáticas, que incluyen:
- **Realice el autodiagnóstico:** Los relés de microprocesador pueden generar una alarma para advertir al personal de mantenimiento que existe un posible problema, por lo que se pueden realizar las reparaciones antes de que el relé entre en funcionamiento. Con los relés electromecánicos y estáticos, los problemas se descubren durante las inspecciones periódicas o cuando los relés no funcionan cuando ocurren fallas.
- **Ocupe menos espacio en los paneles de control:** Los relés de microprocesador normalmente realizan las funciones de varios relés tradicionales y, por lo tanto, ocupan menos espacio en general en el panel de control.
- **Realizar funciones avanzadas:** Los relés de microprocesador pueden proporcionar información sobre la ubicación de fallas y pueden almacenar datos de fallas para su análisis.

Circuito de control

- El tercer componente del sistema de protección es el circuito de control. El circuito de control incluye cableado de control, interruptores, baterías y otros equipos necesarios para operar los interruptores de la subestación para aislar la falla.
- El circuito de control se activa después de que los relés determinen que ha ocurrido una falla. El circuito de control envía una señal a la bobina de disparo que abre los disyuntores apropiados para aislar el equipo con falla del resto del sistema de energía.

Zonas de Protección



Protección de respaldo

- Como cualquier otro sistema, los sistemas de protección ocasionalmente no funcionan. No eliminar adecuadamente una falla es extremadamente peligroso. (Las razones para evitar la falla del sistema de protección se enumeran en la sección Propósito de este módulo).
- La falta de rendimiento del sistema de protección puede deberse a un mal funcionamiento de cualquiera de los siguientes:
 - aparatos de medición
 - relés
 - circuitos de control
 - componentes eléctricos o mecánicos del interruptor

Tipos de relés y aplicaciones

- Sistemas de protección de línea
- Sistemas de protección de equipos de subestaciones
- Sistemas de Protección de Generadores
- Planes de acción correctiva

Sistemas de protección de línea

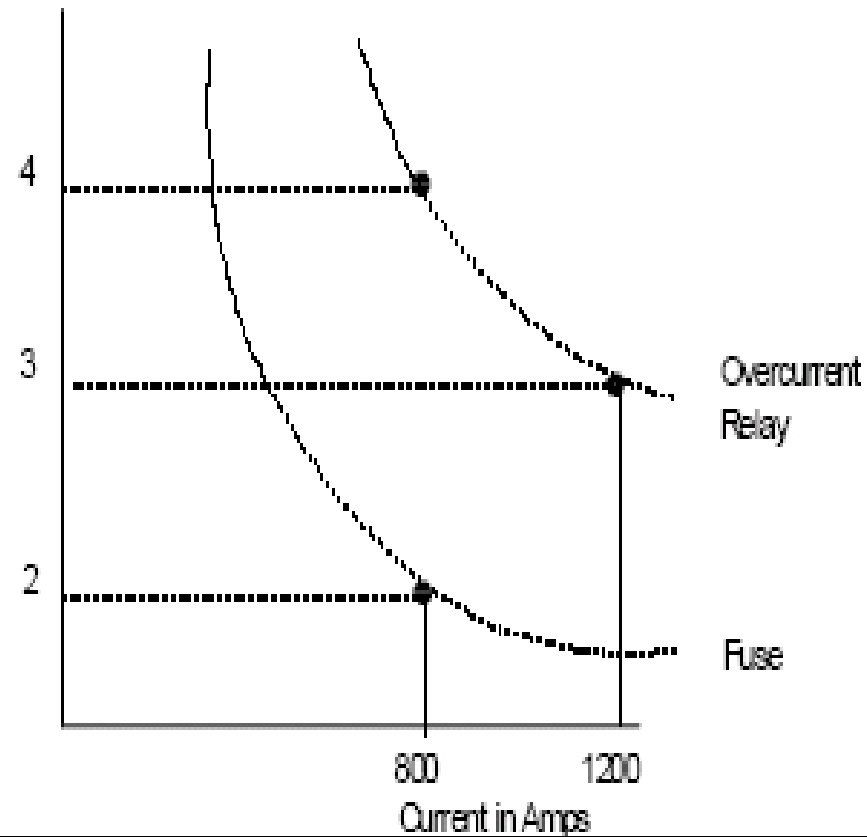
- Alimentador de distribución
 - Los alimentadores de distribución están sujetos a una variedad de fallas, incluidas las debidas al viento, los rayos, las ramas de los árboles y las fallas del equipo.
 - Estas fallas pueden ser transitorias o pueden ser permanentes.
 - Si la falla es transitoria, la limpieza rápida minimiza el daño y puede evitar que la falla convirtiéndose en permanente.

Sistemas de protección de línea

Los fusibles generalmente aíslan las partes de distribución con fallas.
comederos

- El fusible se funde:
 - rápidamente para altas corrientes
 - lentamente para corrientes bajas

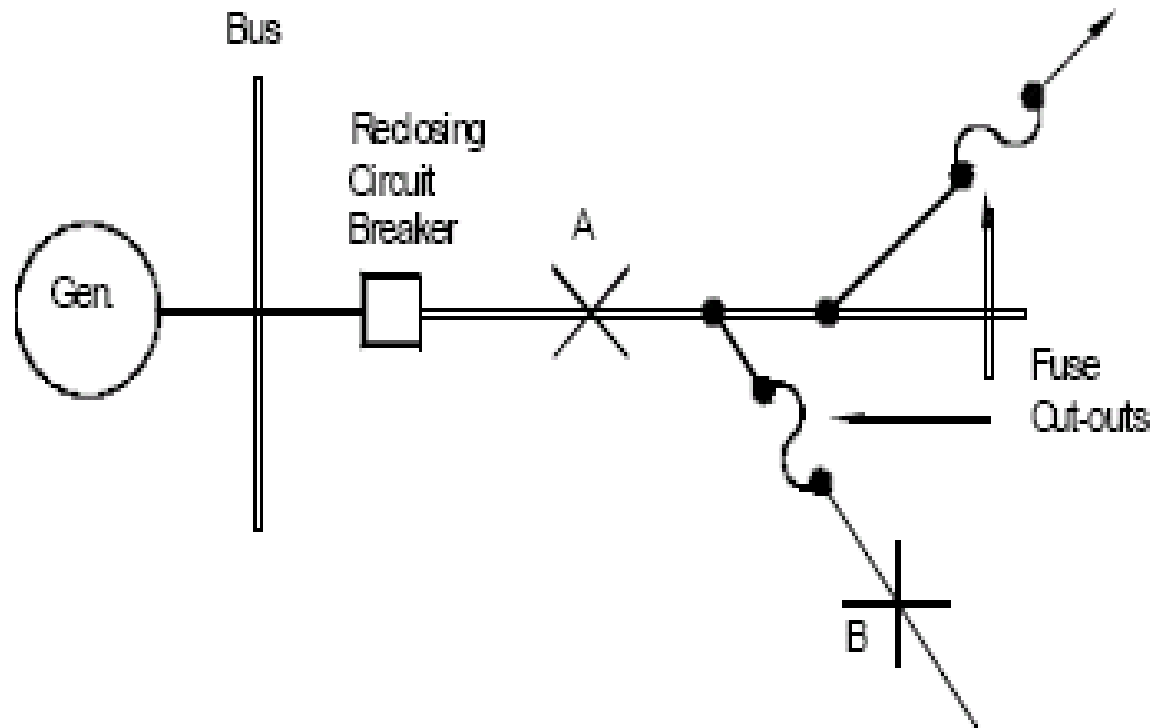
Sistemas de protección de línea



Recogida/Configuración instantánea

- La corriente mínima a la que opera el relé se llama ***pasar a buscar***.
- ***Para corrientes que están justo por encima del arranque, el tiempo de operación es muy largo. Si la corriente está por debajo de la captación, el relé no funciona.***
- ***Configuración instantánea***
- Un ***ajuste instantáneo*** es un valor predeterminado de corriente de falla por encima del cual algunos relés de sobrecorriente operan "instantáneamente" (sin retardo de tiempo).

Coordinación de relés con fusibles



Protección de líneas de transmisión

- Los sistemas de protección para líneas de transmisión suelen ser más complejos que los sistemas de protección de líneas de distribución debido a las siguientes características:
 - Como parte de una red eléctrica, las líneas de transmisión conectan muchos generadores. Por lo tanto, la corriente puede fluir en cualquier dirección en la línea.
 - Las fallas en circuitos adyacentes pueden resultar en un flujo de corriente de falla en líneas sin falla en cualquier dirección.
 - Se requieren relés para detectar la ubicación de la falla y disparar solo la línea con falla. (Los relés de sobrecorriente utilizados para la protección de la línea de distribución no pueden determinar la dirección de la corriente).

Protección de líneas de transmisión

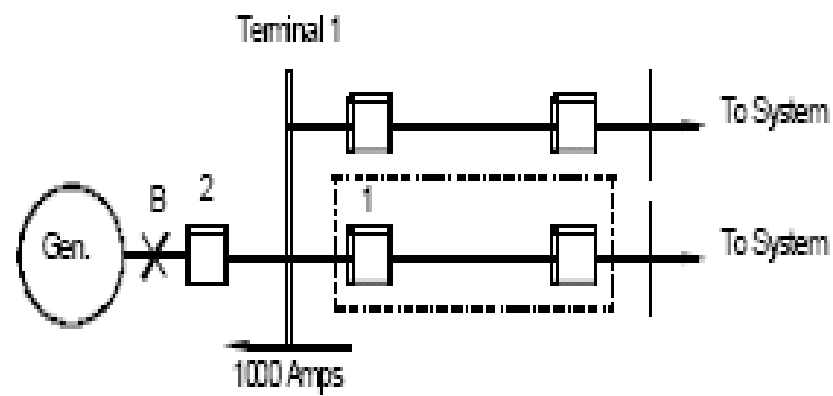
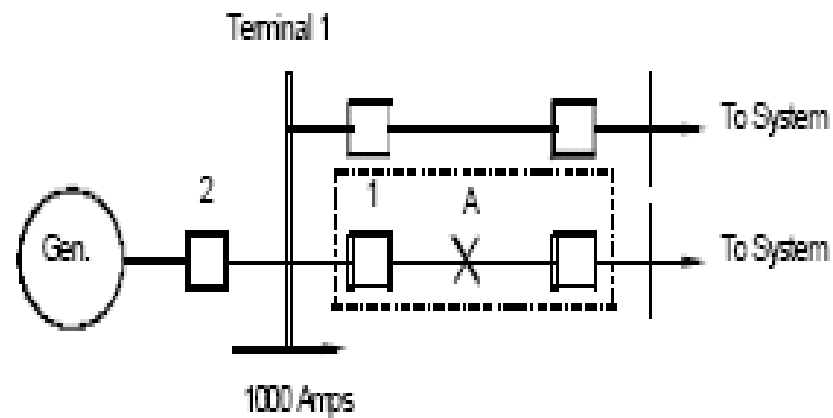
- La cantidad de flujo de corriente a una falla en la línea de transmisión depende en gran medida de la condición general del sistema de energía (es decir, qué generadores están en línea, qué líneas de transmisión están fuera de servicio, etc.). Debido a que la cantidad de flujo de corriente es algo impredecible, los ajustes del relé de sobrecorriente tendrían que ser muy conservadores. Esto podría conducir a disparos innecesarios.

Protección de líneas de transmisión

- Los niveles de corriente de falla suelen ser altos en las líneas de transmisión. Si las fallas no se solucionan rápidamente, pueden causar inestabilidad en el sistema, así como daños extensos al equipo y posibles riesgos personales.

Tipos de protección de líneas de transmisión

- (1) Relé de sobrecorriente direccional
- (2) Retransmisión a distancia
- (3) Esquemas Piloto
- (4) Retransmisión fuera de paso
- (5) Retransmisión de un solo polo

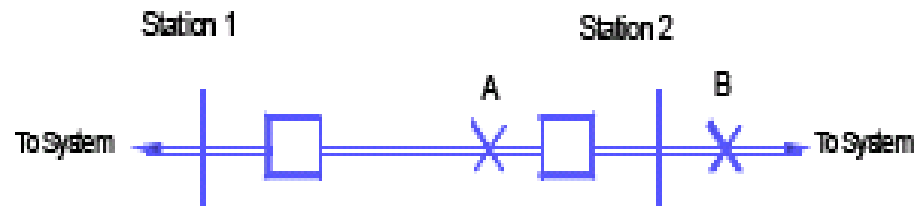


Retransmisión a distancia

- La "distancia" en un relé de distancia se refiere a la distancia o impedancia eléctrica. Un relé de distancia monitorea el voltaje y la corriente, compara los dos y calcula Z . Si este valor está dentro del valor preestablecido de Z para el relé, el relé funciona.
- Recordar de ***Módulo 2: Fundamentos de Electricidad que impedancia (Z) es:***

$$Z = \frac{V}{I}$$

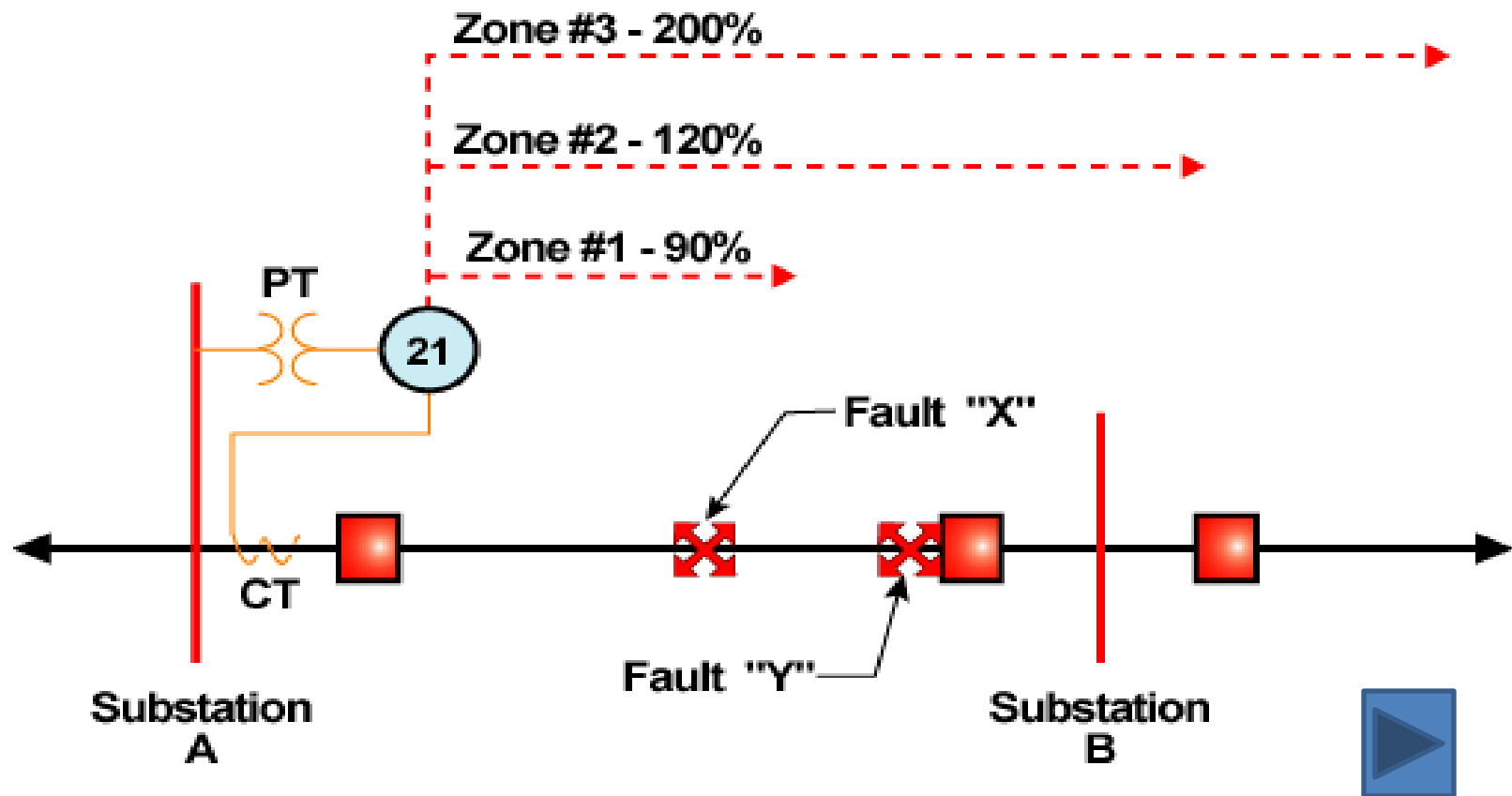
Retransmisión a distancia



Retransmisión a distancia

- Los relés de distancia pueden ser
 - direccional: detectan fallas en una sola dirección
 - no direccionales: detectan fallas en ambas direcciones
- Sería ideal si se pudiera configurar un relé de distancia para detectar fallas hasta el final de la línea protegida configurando la impedancia de disparo igual a la impedancia de la línea en el terminal del otro extremo.

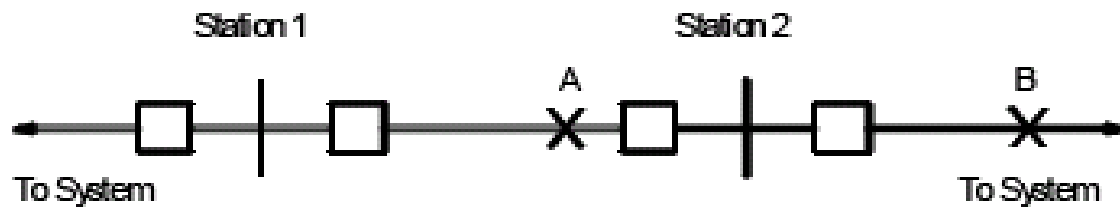
Retransmisión a Distancia (Zonas)



Esquemas piloto

- Para proporcionar un disparo de alta velocidad para fallas en la zona final (más allá del alcance de la Zona 1) en una sección de la línea de transmisión, debemos proporcionar alguna forma de canal de comunicación entre las terminales de la sección de la línea.
- Un canal de comunicación o "piloto" proporciona esta capacidad. Permite que los relés comparen las condiciones de falla en los terminales de línea para determinar si la falla es interna o externa a la zona protegida.

Esquemas piloto



Disparo de transferencia

Comparación direccional

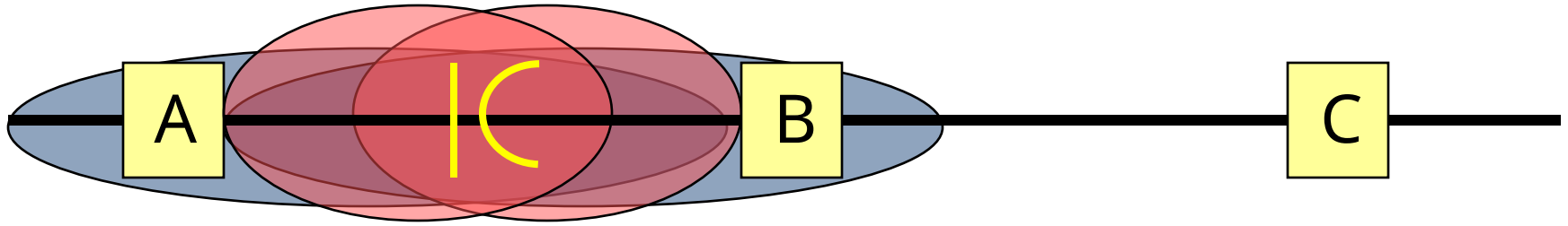
Comparación de fase

Alambre piloto



RELEVACIÓN DE DISTANCIA

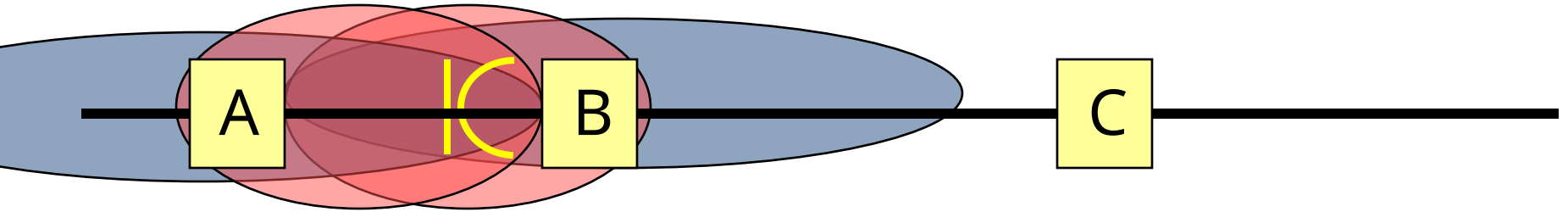
ZONA 1



ZONA 2

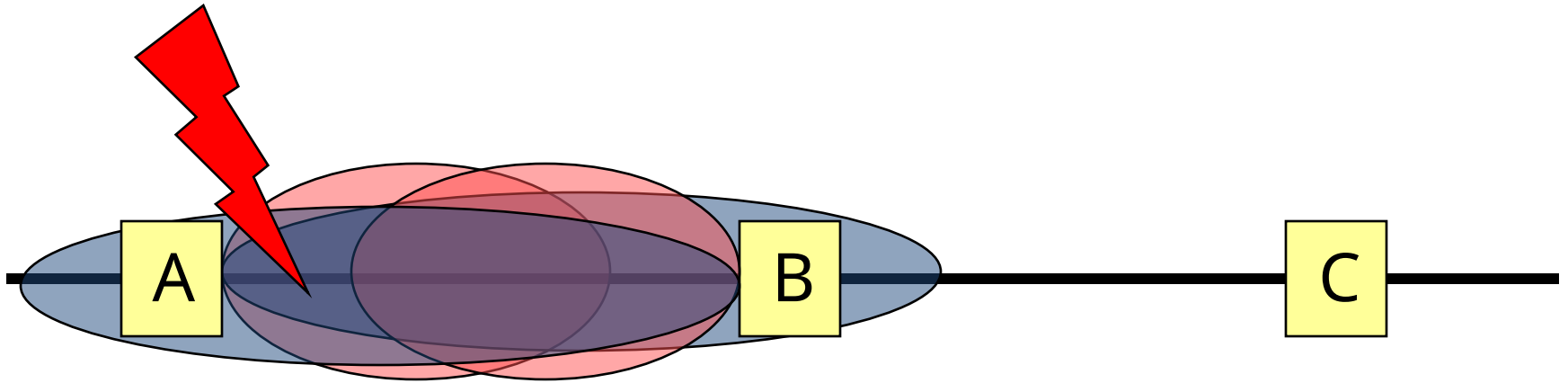
RELEVACIÓN DE DISTANCIA

ZONA 1



ZONA 2

RELEVACIÓN DE DISTANCIA

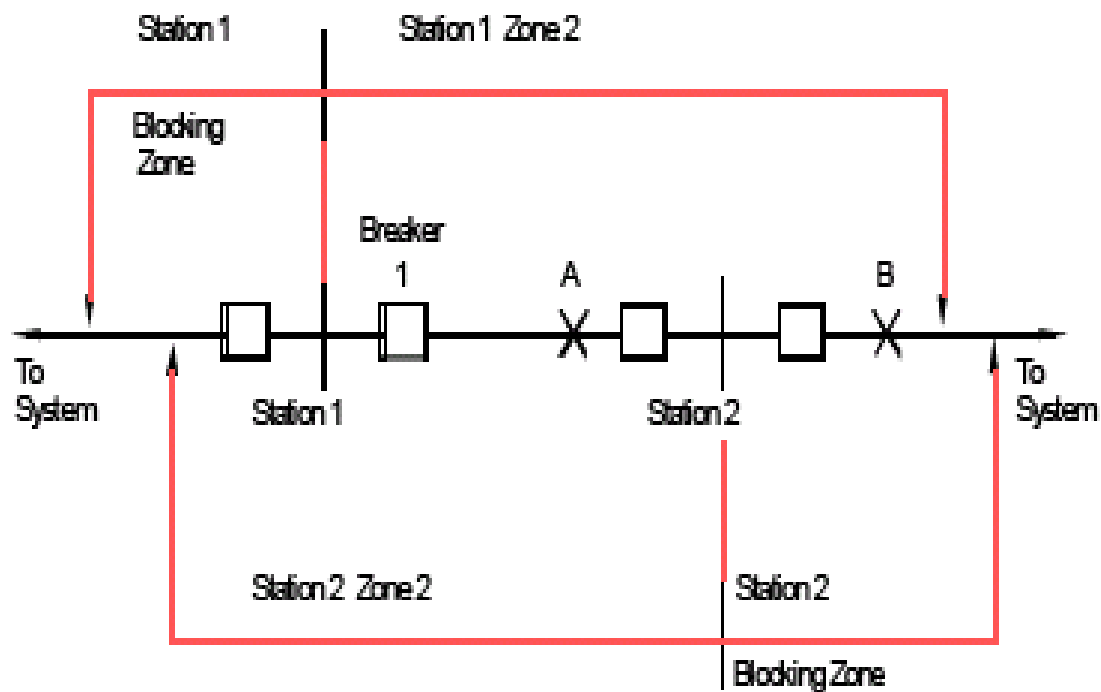


Lo que los objetivos le dicen acerca de la ubicación de
la culpa

Comparación direccional

- Otra variación del esquema piloto es el esquema de comparación direccional.
- En este escenario, los relés de distancia direccional de detección de fallas en cada terminal de línea determinan la dirección de la corriente de falla y comparan sus resultados individuales sobre el canal piloto o de comunicación.

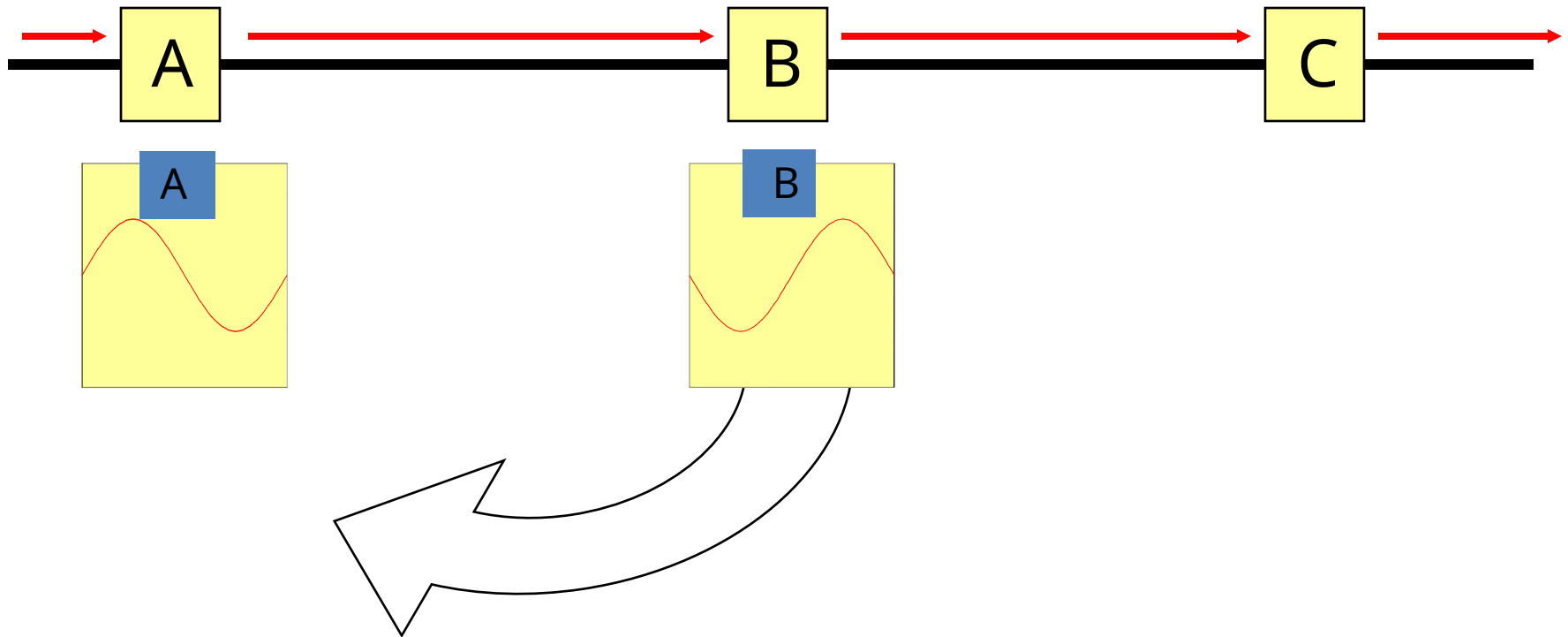
Comparación direccional



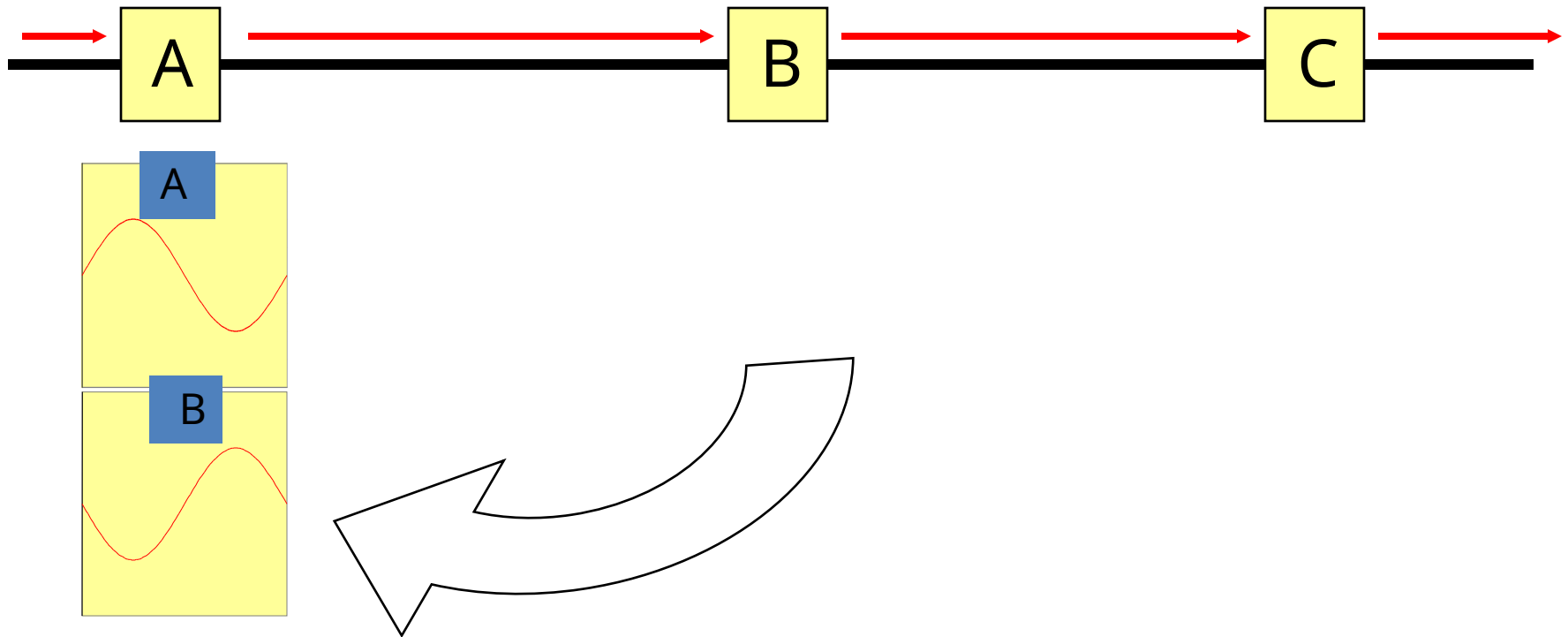
Comparación de fase

- Los sistemas de comparación de fase, otra variación del esquema piloto, utilizan relés de detección de fallas de sobrecorriente para comparar los ángulos de fase relativos de las corrientes en los dos terminales a través del canal de comunicación.

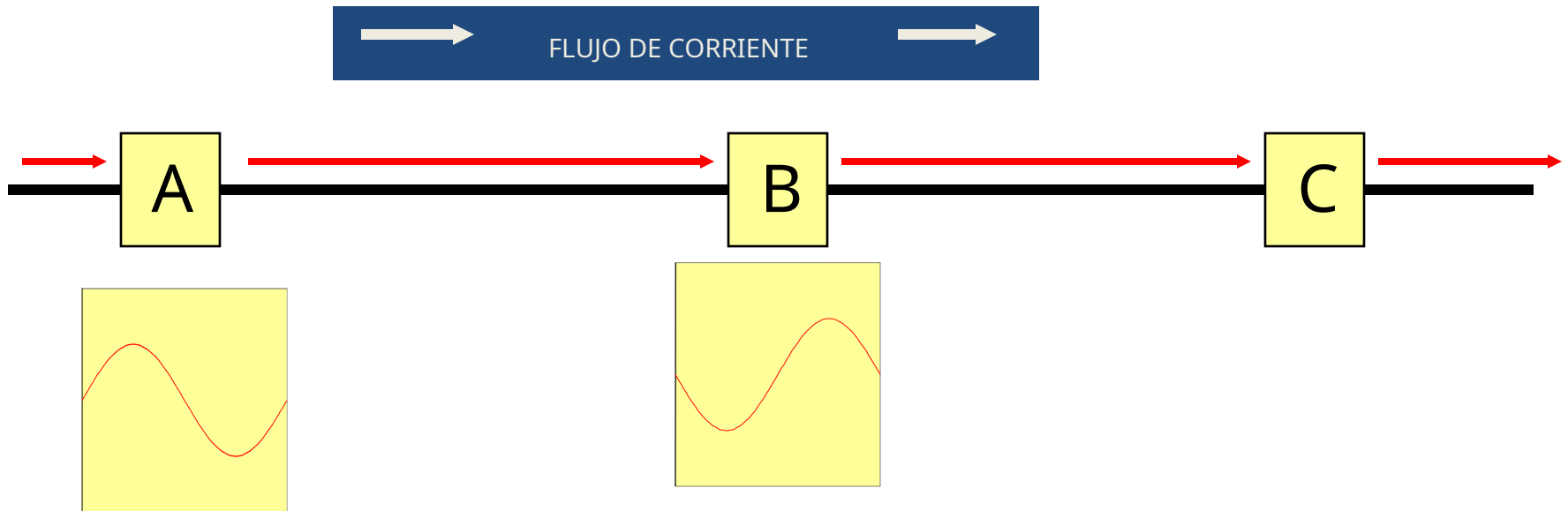
RELÉ DE COMPARACIÓN DE FASES



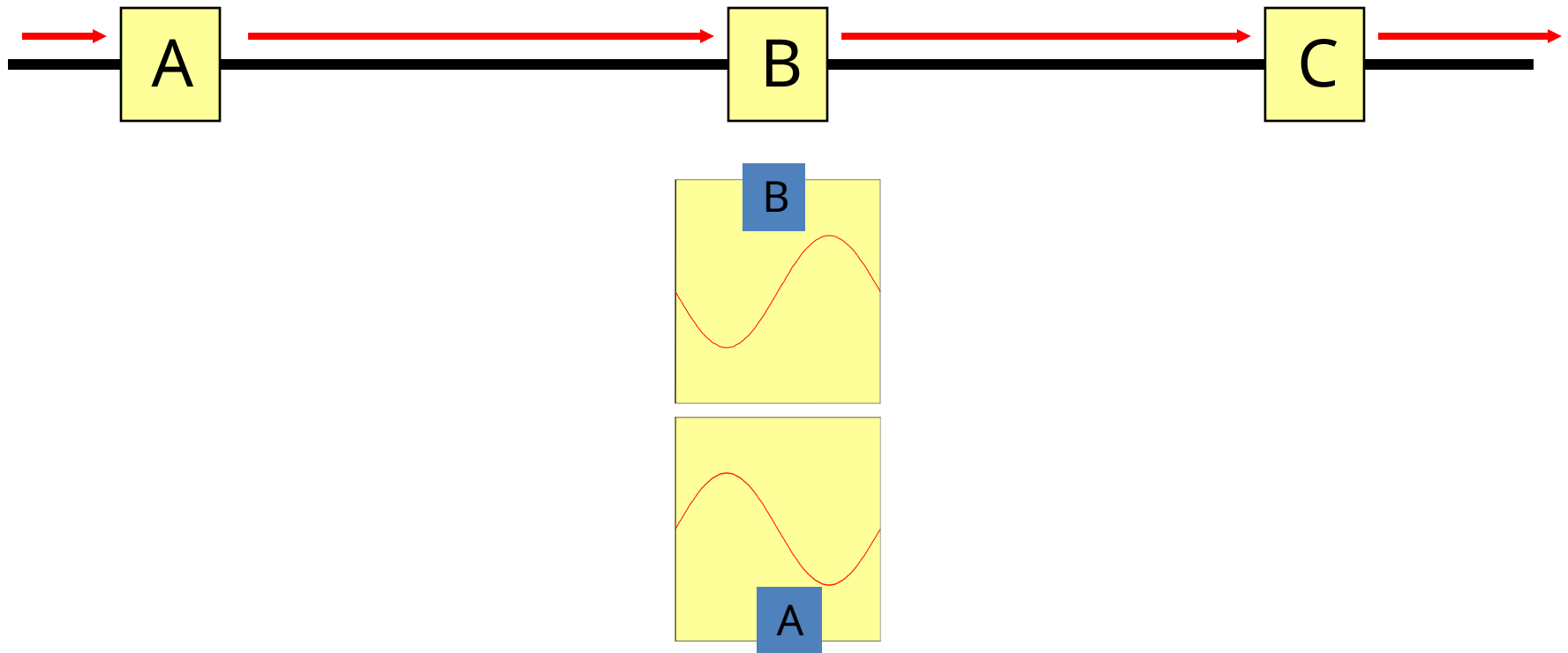
RELÉ DE COMPARACIÓN DE FASES



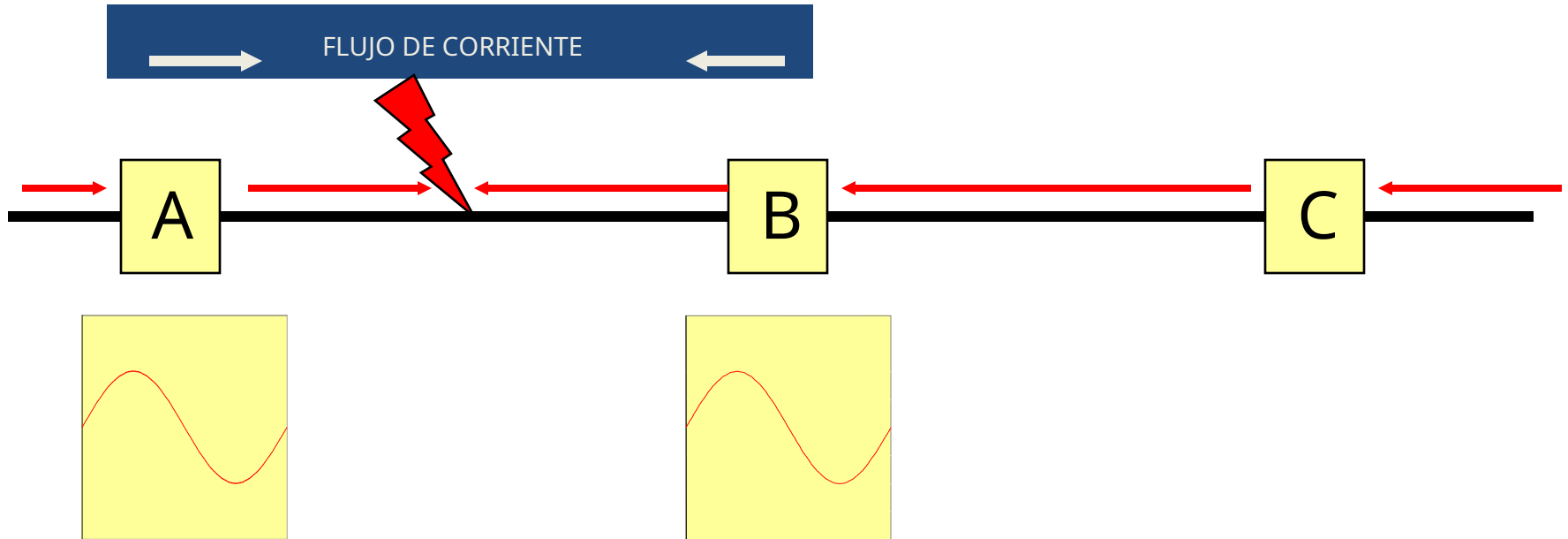
RELÉ DE COMPARACIÓN DE FASES



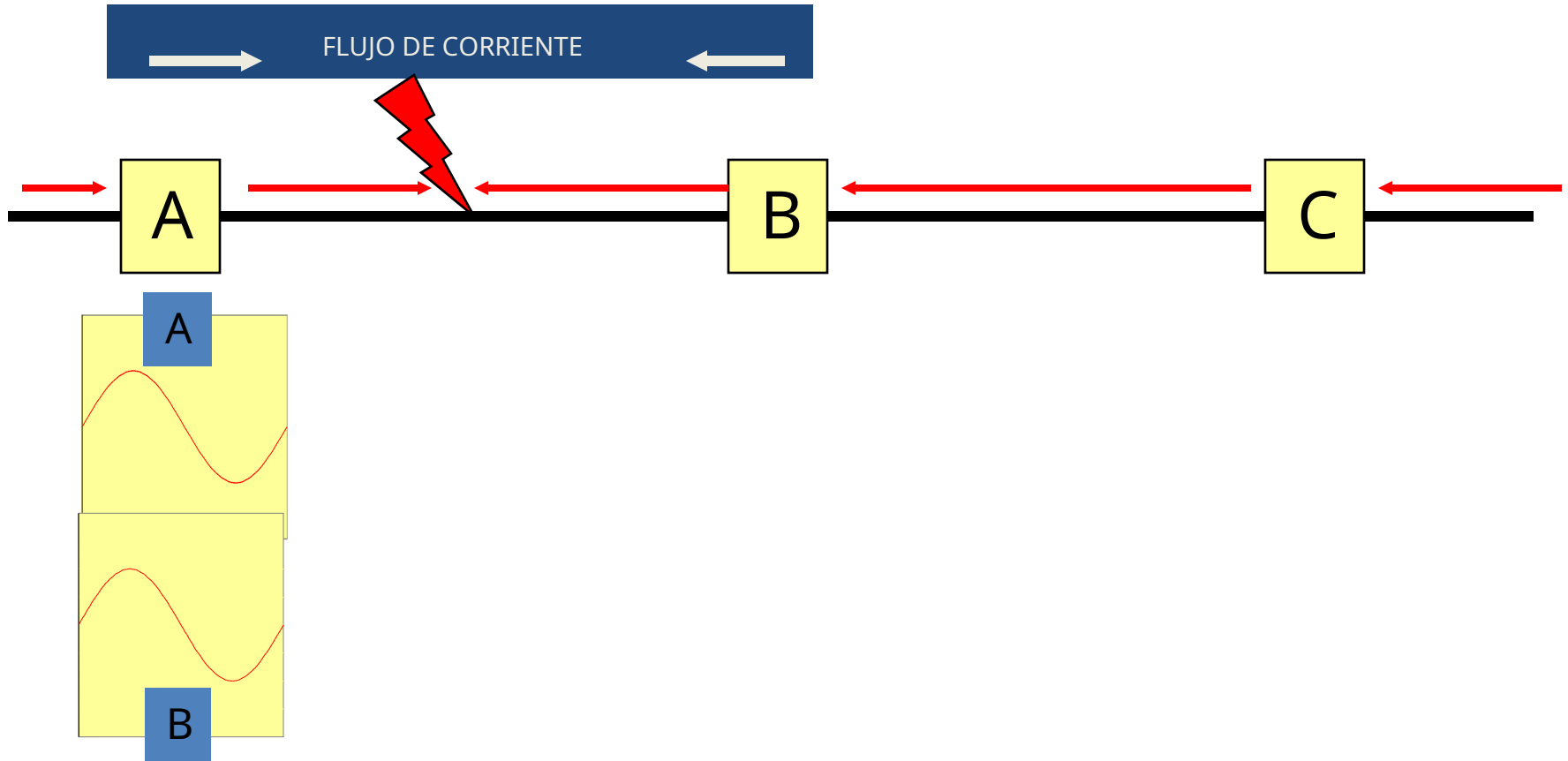
RELÉ DE COMPARACIÓN DE FASES



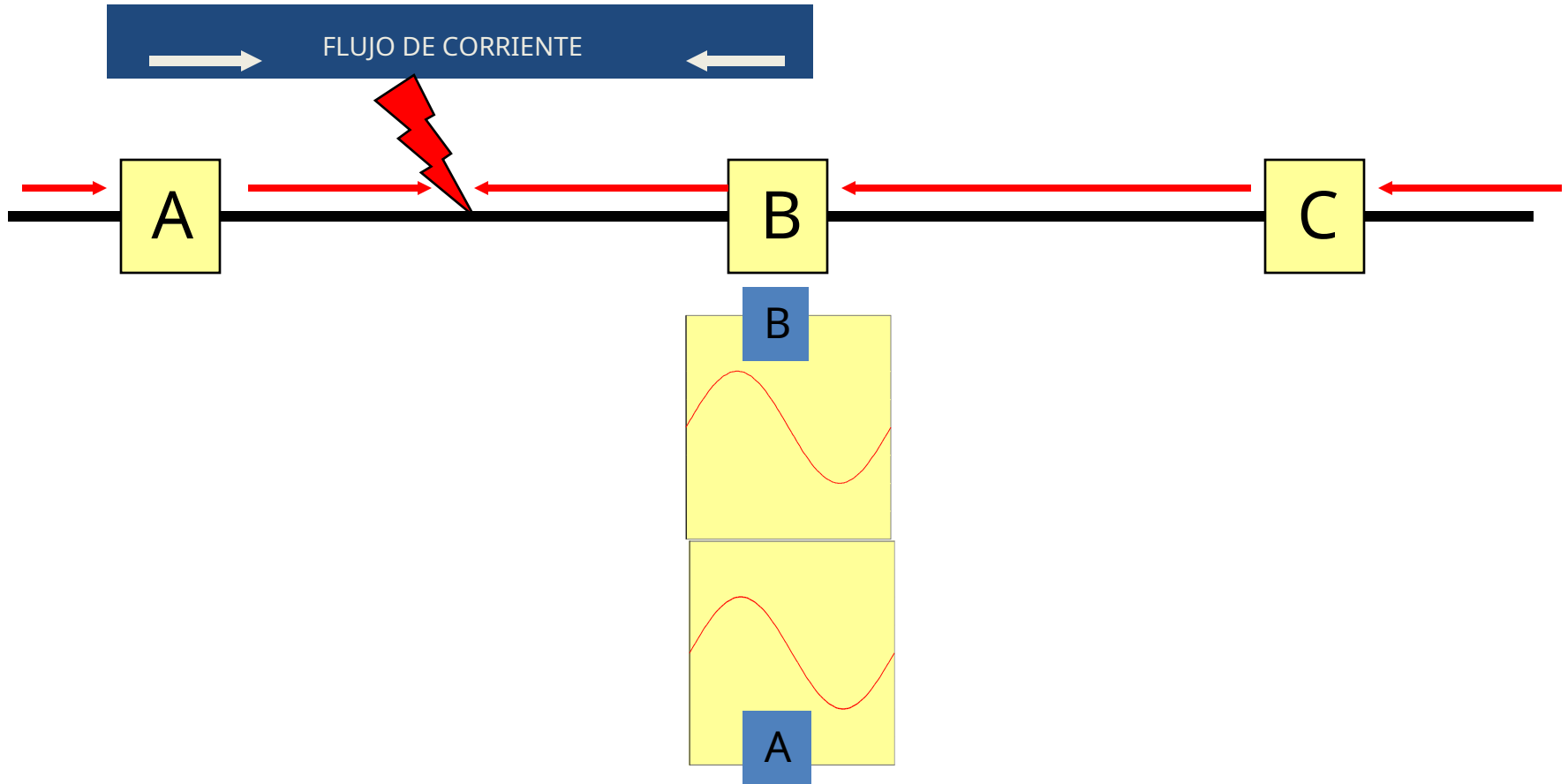
RELÉ DE COMPARACIÓN DE FASES



RELÉ DE COMPARACIÓN DE FASES



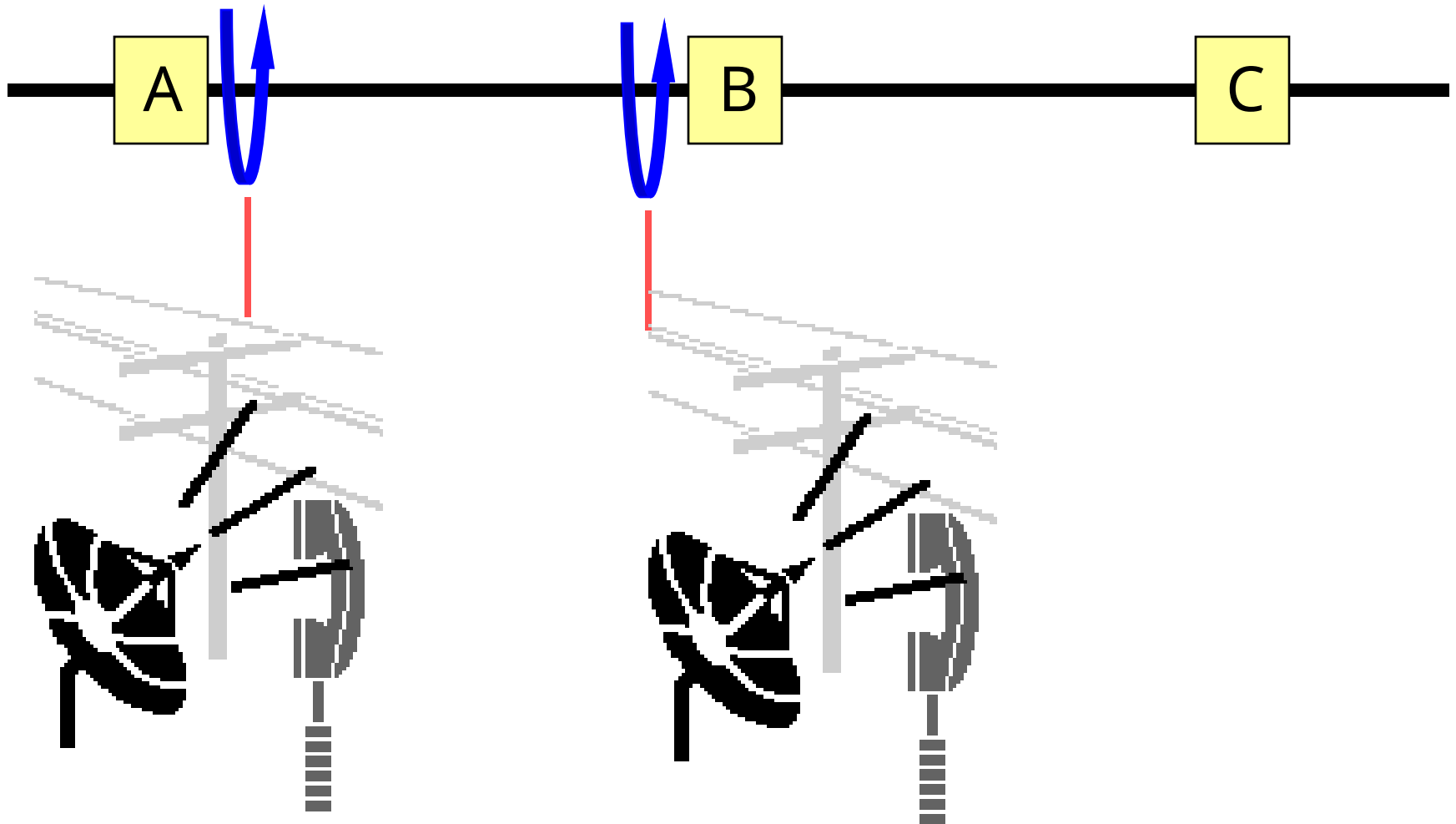
RELÉ DE COMPARACIÓN DE FASES



Alambre piloto

- Otro tipo de sistema de protección de piloto de uso común es el sistema de relé de cable piloto.
- Este sistema compara la magnitud y el ángulo de fase de la corriente que fluye en cada extremo de la línea para determinar si existe una falla interna.

RELEVACIÓN DEL CABLE PILOTO



Fuera de sintonía

- **Definición: Columpios**
- Los sistemas de protección deben funcionar correctamente durante las "oscilaciones" del sistema de energía.
- ***Columpios*** son oscilaciones de generadores con respecto a otros generadores debido a cambios bruscos de carga, maniobras o fallas.
- Para funcionar correctamente, los sistemas de protección fuera de sintonía (OOS) deben ser capaces de:
 - viaje para condiciones de estabilidad no recuperables y fallas verdaderas
 - bloque de disparo para columpios recuperables

Cómo funciona el desfase

- Si la impedancia disminuye repentinamente hasta el ajuste de disparo del relé, es probable que haya ocurrido una verdadera falla. Por lo tanto, se requiere disparo.
- Si la impedancia disminuye gradualmente hasta el ajuste de disparo del relé, lo más probable es que se deba a generadores oscilantes y no a una falla en la zona protegida del relé. Por lo tanto, el relé retrasa el disparo hasta que determina si el sistema puede recuperarse de la oscilación.

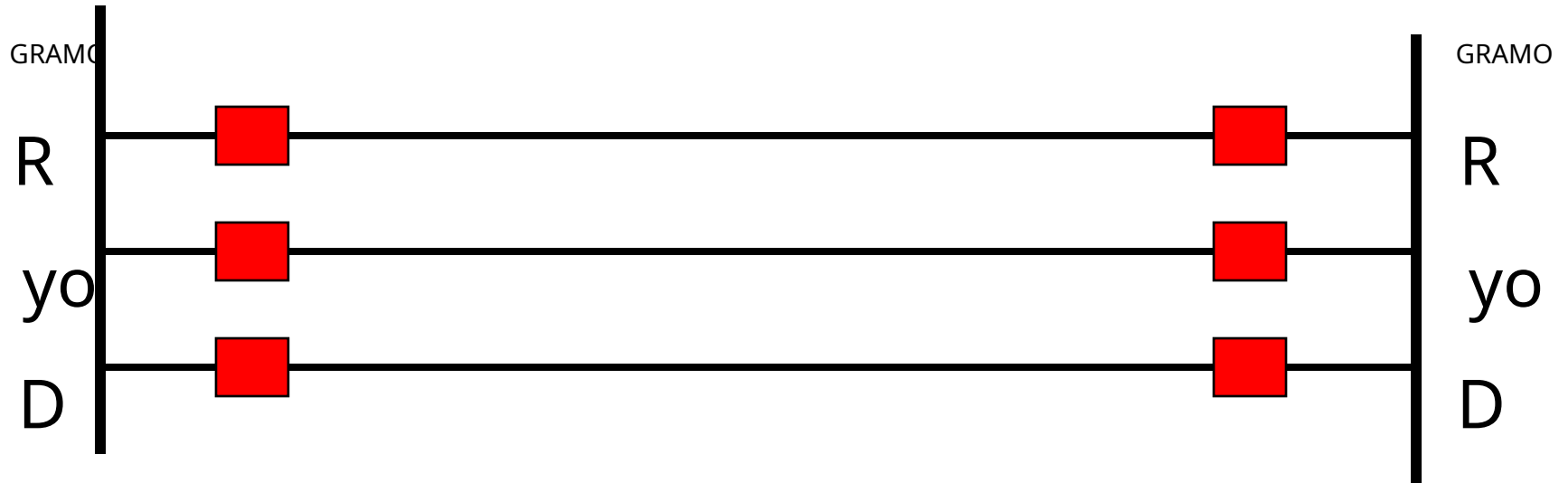
Cómo funciona el desfase

- Si la impedancia vuelve a la normalidad dentro de un período de tiempo predeterminado, el relé asume que el sistema se ha recuperado y no se produce ningún disparo.
- Si la impedancia permanece baja durante un período de tiempo específico y luego se mueve gradualmente por encima del ajuste de disparo, es probable que el sistema sea inestable, por lo que se produce un disparo.

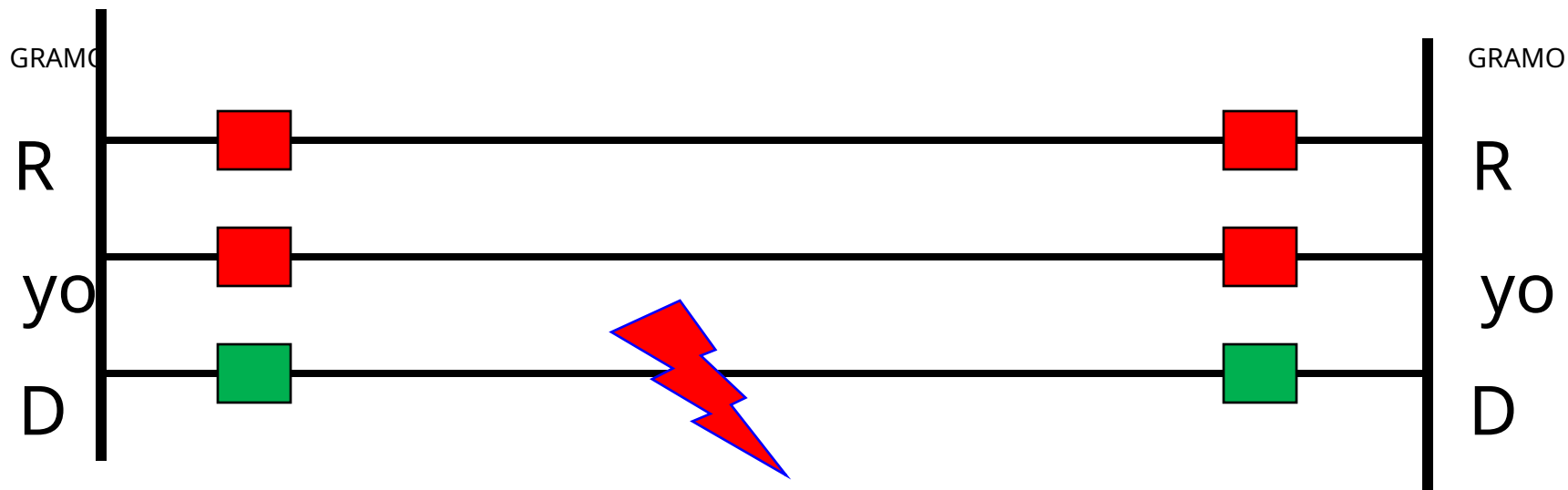
Retransmisión unipolar

- **Definición: Disparo unipolar**
- La mayoría de las fallas en las líneas de transmisión son fallas temporales monofásicas a tierra.
- Se pueden despejar abriendo y cerrando solo la fase en falla.
- Este método se conoce como ***disparo de un solo polo***. Deja intactas las otras dos fases y minimiza el impacto en el sistema de energía.

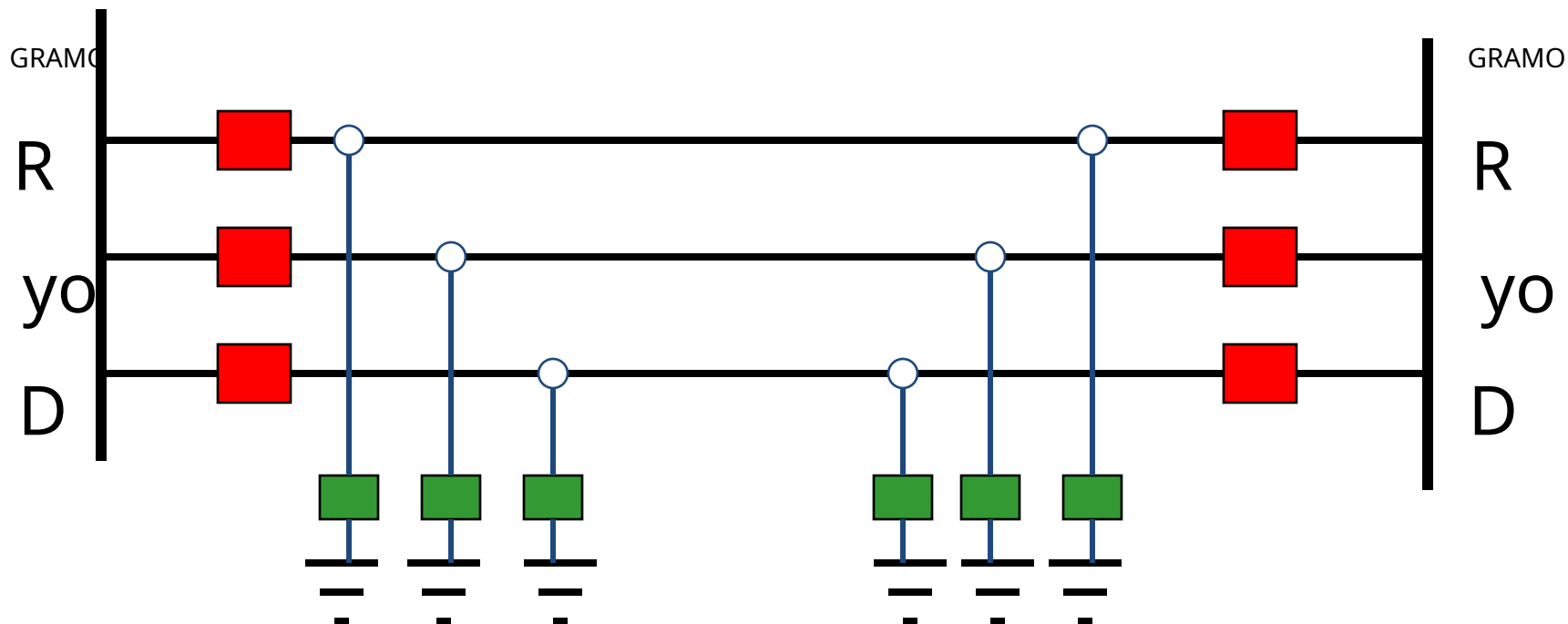
DISPARO UNIPOLAR



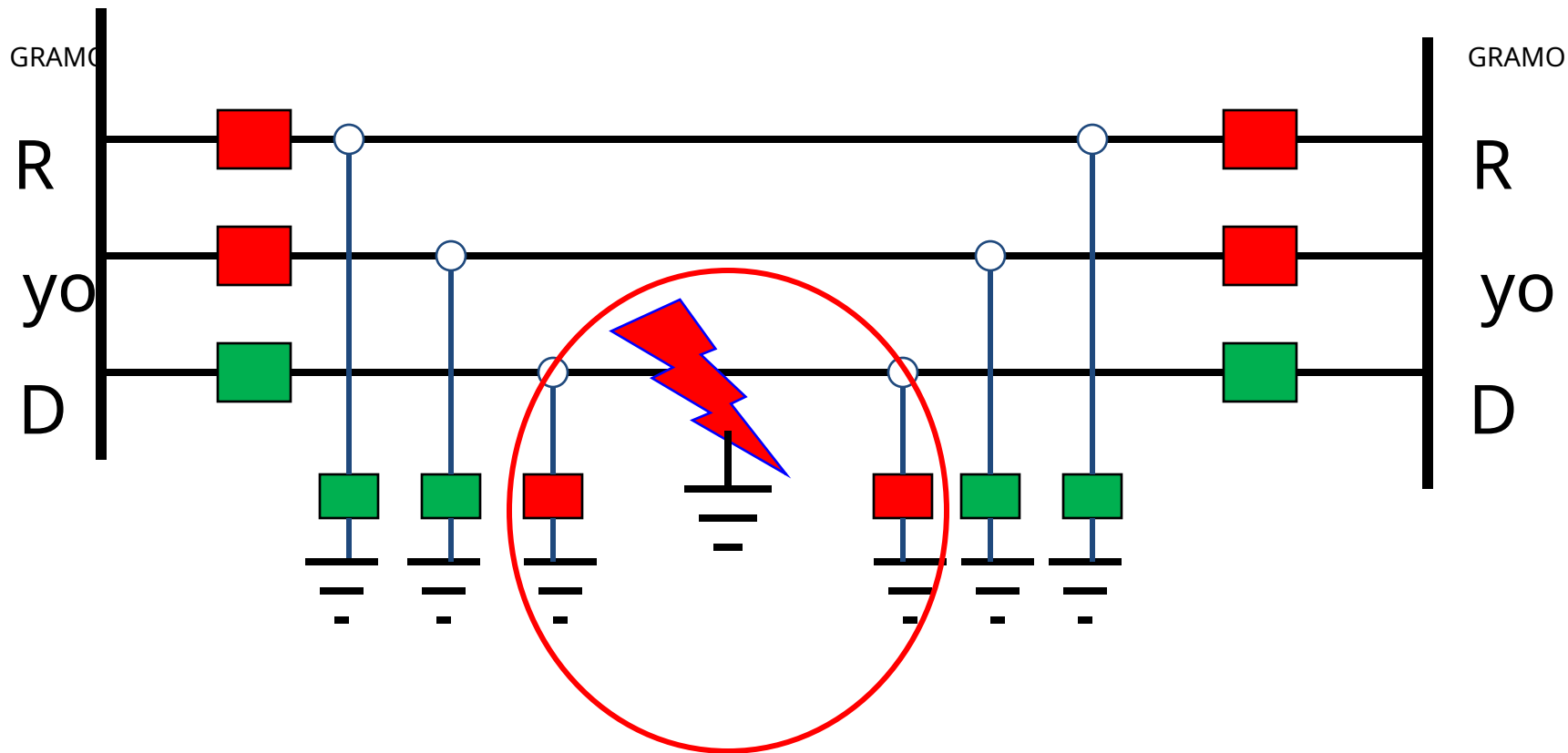
DISPARO UNIPOLAR



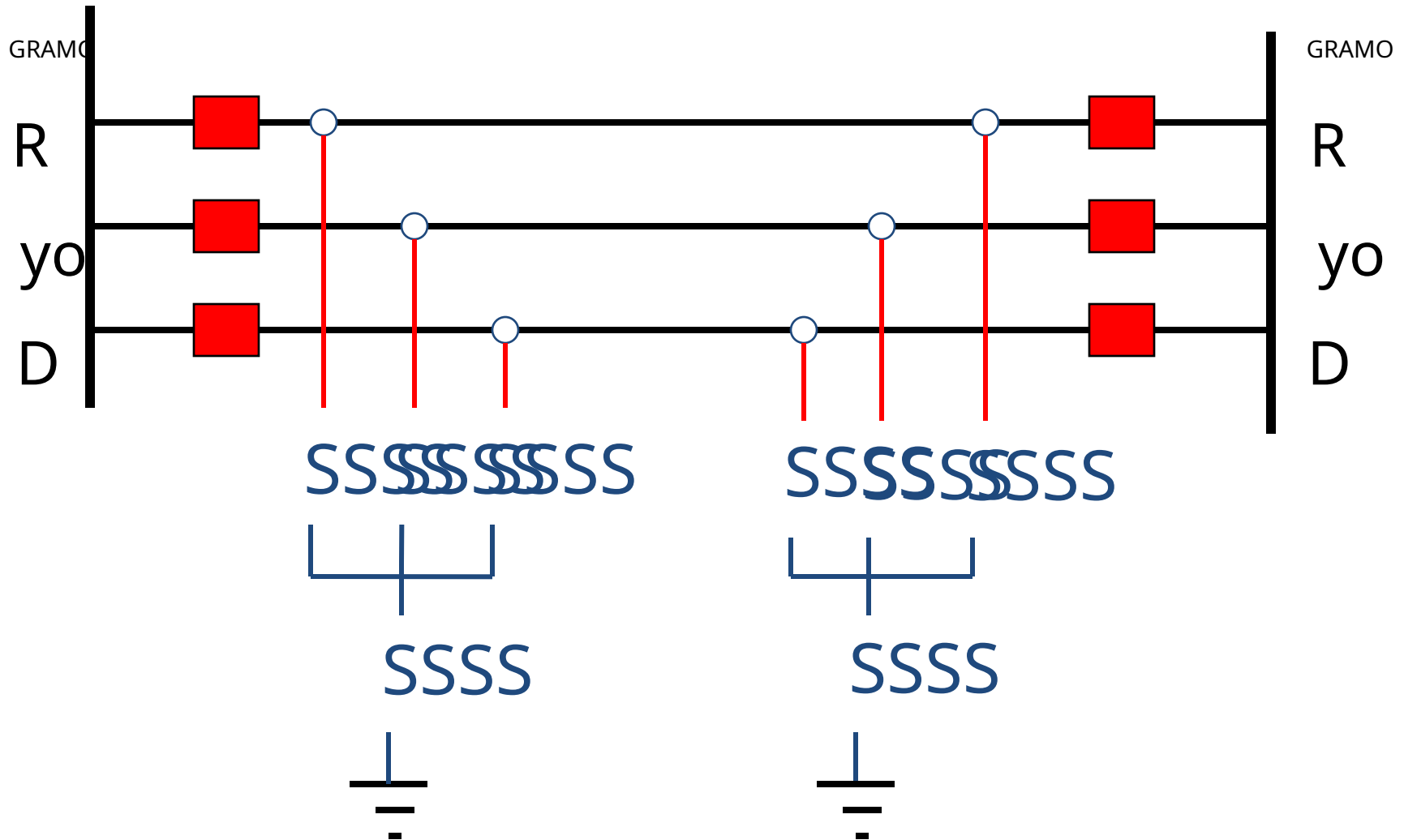
DISPARO UNIPOLAR



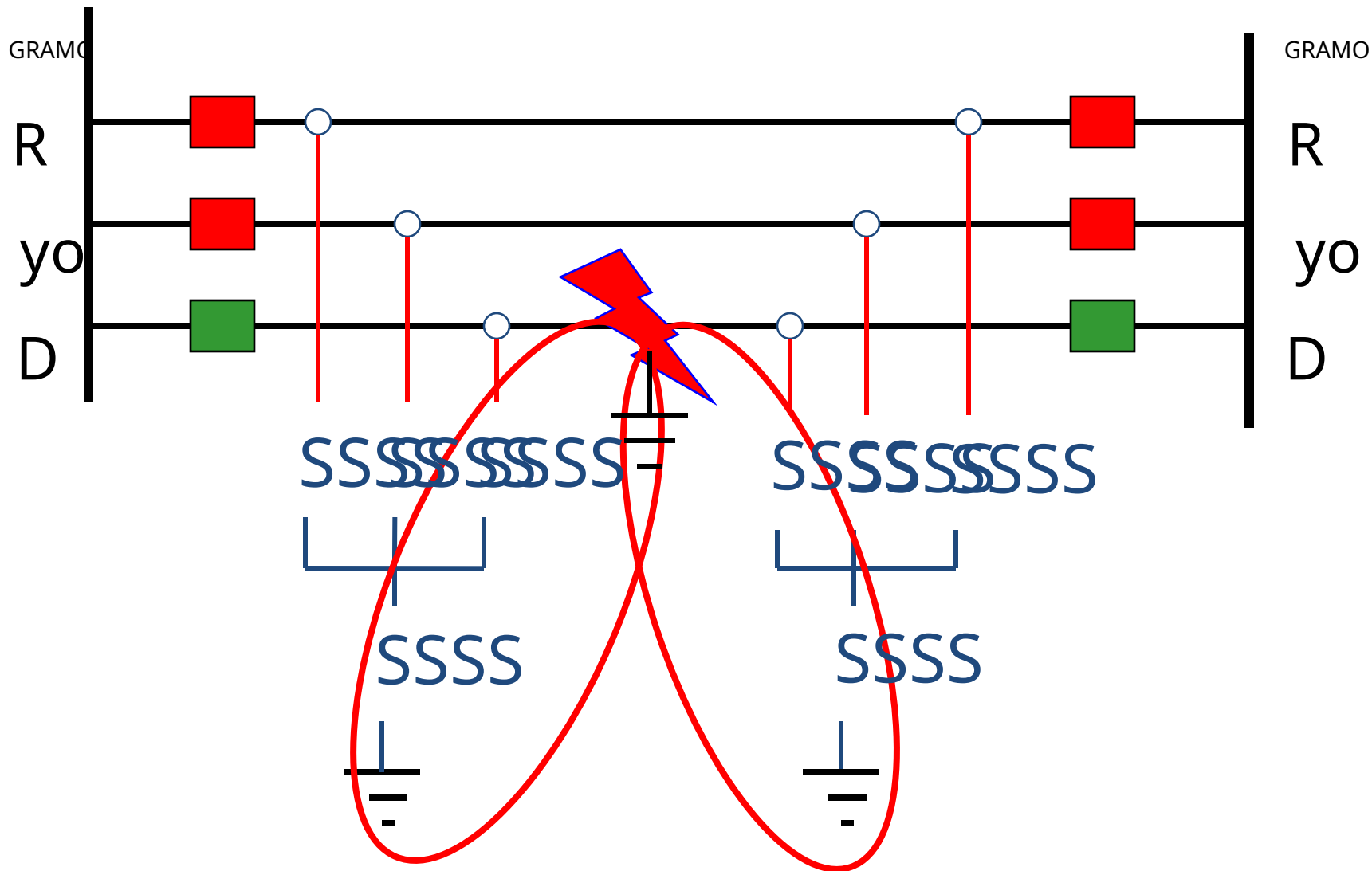
DISPARO UNIPOLAR



DISPARO UNIPOLAR

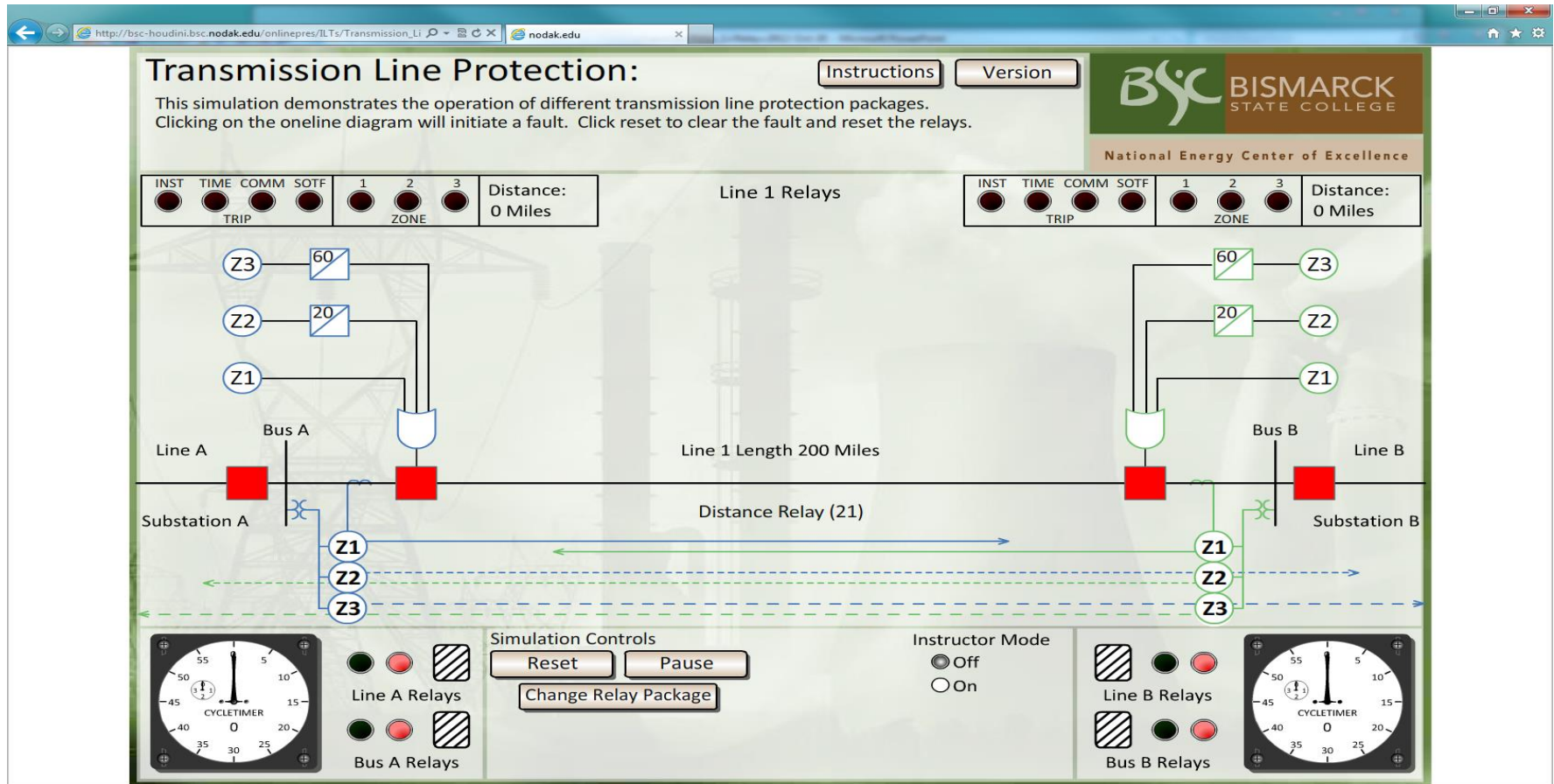


DISPARO UNIPOLAR



Tipos de relés - Práctica

http://bsc-houdini.bsc.nodak.edu/onlinepres/ILTs/Transmission_Line_Relaying.swf



Protección de equipos de subestaciones

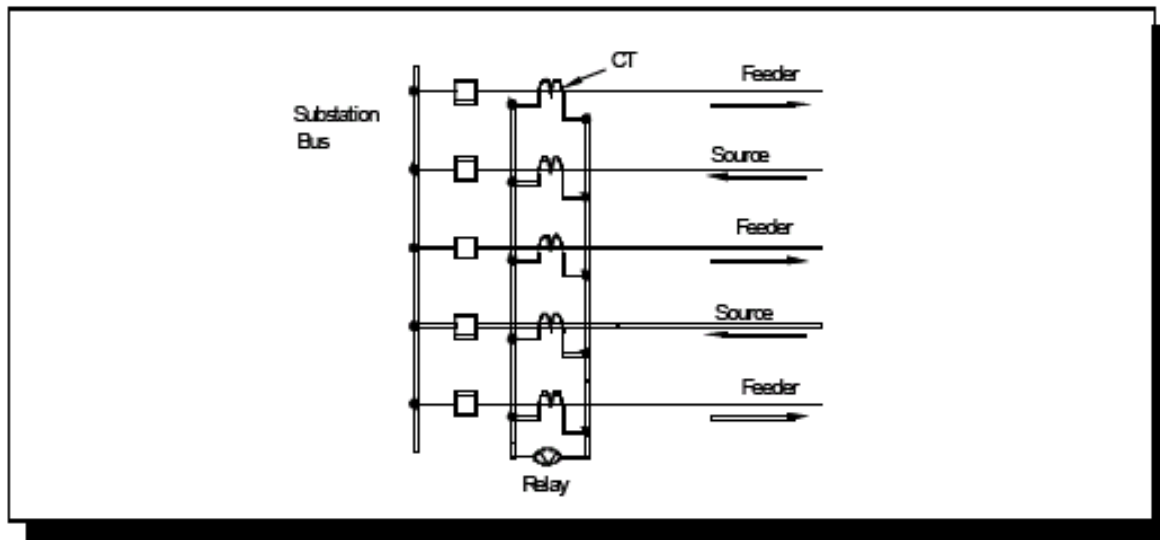
- Protección de equipos de derivación
- Protección de autobuses
- Protección del transformador
- Protección contra fallas del disyuntor
- Desconexión de carga por baja frecuencia

Protección de equipos de derivación

- El equipo de derivación, como un banco de capacitores, generalmente se protege usando:
 - Relés diferenciales o de sobrecorriente de tiempo que abren interruptores automáticos o interruptores automáticos para desenergizar este equipo durante una falla.
- O
 - Fusibles que se queman para desenergizar el dispositivo cuando ocurre un flujo de corriente alto.

Protección de autobuses

- Los buses de la subestación generalmente tienen una o más líneas de entrada que son fuentes de corriente de falla y múltiples líneas de salida, que pueden o no ser fuentes de corriente de falla.



Protección de autobuses

- La protección diferencial es el método más sensible y confiable para proteger los buses de la subestación, porque:
 - se suman todas las corrientes que entran y salen del bus
 - la diferencia entre las corrientes entrantes y salientes es la entrada a un relé de sobrecorriente sensible.

Protección del transformador

- Las formas más comunes de sistemas de protección para transformadores de subestaciones son la detección de sobrecorriente, diferencial y presión repentina.
- Los sistemas de protección diferencial y de sobrecorriente del transformador son similares en concepto a las aplicaciones discutidas anteriormente, en que:
 - Los relés de sobrecorriente del transformador detectan un flujo de corriente anormalmente alto al transformador.
 - Los relés diferenciales del transformador restan la corriente que sale del transformador de la corriente que entra al transformador, y luego use la diferencia de corriente para determinar si existe una falla interna.

Protección del transformador

- Sin embargo, ambos esquemas se complican al magnetizar el flujo de corriente de irrupción hacia el transformador.
- Cuando un transformador se energiza por primera vez, puede fluir una corriente magnetizante o excitante transitoria.
- La corriente de irrupción puede alcanzar valores máximos de hasta 30 veces el valor de carga completa, lo que es más que suficiente para hacer que funcione un relé de sobrecorriente..

Armónicos

- Para evitar que los relés diferenciales y de sobrecorriente operen con corriente de irrupción, debemos usar relés especiales con sensibilidad reducida a las corrientes de irrupción.
- Por lo general, estos relés filtran el contenido armónico de la corriente antes de decidir si existe una falla.
- ***Los armónicos son corrientes eléctricas que alternan a una frecuencia distinta de 60 Hz.***
- En algunos casos, la porción armónica de la corriente restringe la operación del relé hasta que las corrientes de irrupción decaen (desaparecen) a un valor insignificamente pequeño.

Presión repentina del transformador

- Los relés de presión repentina del transformador funcionan si la presión del gas en el transformador aumenta abruptamente hasta cierto nivel.
- Los aumentos repentinos de presión indican una falla.
- El gas del transformador generalmente se produce cuando el "arco" de las fallas internas descompone el aceite aislante del transformador.

Protección contra fallas del interruptor

- Pueden ocurrir problemas que impidan que un interruptor de circuito funcione cuando lo solicite un sistema de protección.
- Las fallas que no son eliminadas por el sistema de protección primario y los interruptores automáticos asociados casi siempre serán eliminadas eventualmente por los sistemas de protección en las zonas de protección adyacentes.
- Pero la demora en despejar la falla puede ser intolerable en instalaciones de alta tensión.

Protección contra fallas del interruptor

- Disyuntores en importantes

instalaciones de tensión

son frecuentemente

equipado con

cortacircuitos-

detección de fallas

circuitos



Desconexión de carga por baja frecuencia

- En un sistema de energía estable, los sistemas de control del generador generalmente mantienen la frecuencia del sistema muy cerca de 60 Hz.
- Los cambios repentinos o grandes en la capacidad de generación debido a la pérdida de un generador grande o de una línea de enlace pueden causar un desequilibrio severo entre generación y carga, lo que resulta en una disminución de la frecuencia.

Protección del generador

- Aunque la frecuencia de fallas del generador es baja, el potencial de daño severo y, en consecuencia, cortes prolongados es alto.
- Por lo tanto, algunos de los sistemas de protección más complejos y sensibles se utilizan para los generadores.

Protección del generador

- Algunos de los métodos más comunes para detectar fallas en generadores son:
 - Protección diferencial de devanado
 - Protección contra fallas a tierra
 - Detección de fallas desequilibradas
 - Protección de sobrecarga
 - Protección contra pérdida de excitación
 - Protección de motor de generador
 - Protección del Generador a Frecuencias Reducidas

Diferencial de bobinado

- Con el esquema de protección diferencial de devanados, las corrientes en cada fase en cada lado de la máquina se comparan en un circuito diferencial.
- Cualquier diferencia significativa en la corriente se interpreta como algún tipo de falla y el relé opera.

Protección contra fallas a tierra

- Es difícil detectar pequeñas fallas a tierra del generador antes de que se conviertan en grandes. Los relés de corriente generalmente son inadecuados para detectar fallas a tierra del generador.
- Es más común que el sistema de protección mida la tensión del neutro del generador con respecto a tierra.
- Un relé de sobretensión sensible está conectado a través de la resistencia del neutro del generador.
- Una falla a tierra en cualquier parte de la zona de protección del generador hace que aparezca un voltaje a través de la resistencia neutra, lo que activa el relé para disparar el generador.

Detección de fallas desequilibradas

- sabemos de ***Módulo 2: Fundamentos de Electricidad***, que los sistemas de energía eléctrica son trifásicos y normalmente equilibrados en todas las fases.
- A veces existen condiciones anormales en partes del sistema que causan condiciones desequilibradas. Éstos incluyen:
 - fallas monofásicas a tierra
 - fallas de línea a línea
 - voltajes desequilibrados
 - circuitos abiertos

Detección de fallas desequilibradas

- Para proteger el generador de daño causado por faltas desequilibradas, un sistema de retransmisión llamado **fase negativa secuencia (desequilibrio) relé** se utiliza para detectar la condición y disparo la máquina.



Protección de sobrecarga

- La mayoría de los generadores grandes están equipados con detectores de temperatura de resistencia (RTD) que detectan el sobrecalentamiento debido a una sobrecarga.
- Por lo general, las salidas de este RTD activan una luz de advertencia para informar al operador de la planta sobre las posibles condiciones de sobrecarga.
- El RTD también se puede usar para proporcionar una señal de disparo.

Pérdida de excitación

- Recordar de ***Módulo 4: Principios de Generación de Energía***, que la función del sistema de excitación del generador es proporcionar corriente continua a los devanados del rotor del generador (devanados de campo). El sistema de excitación del generador:
 - mantiene el voltaje del generador
 - controla el flujo de potencia reactiva
 - ayuda a mantener la estabilidad del sistema de energía

Motorización del generador

- Si ocurre un problema del motor primario no detectado (p. ej., flujo de agua o vapor bajo), la entrada a la turbina puede ser demasiado baja para cubrir todas las pérdidas en el generador.
- La turbina compensa esta deficiencia absorbiendo potencia real del sistema de potencia.
- Ahora, la máquina funciona de manera similar a un motor síncrono.
- Un sistema de protección que detecta el flujo inverso de potencia (hacia la máquina) identifica el motor del generador.

Protección del Generador a Reducido frecuencias

Subfrecuencia Límite (Hz)	sobrefrecuencia Límites (Hz)	Tiempo de retardo Antes de tropezar
60,0-59,5	60,0-60,5	NA (Normal)
59,4-58,5	60,6-61,5	3 minutos
58,4-57,9	61,6-61,7	30 segundos
57,8-57,4		7,5 segundos
57,3-56,9		45 ciclos
56,8-56,5		7.2 ciclos
<56,4	> 61,7	Viaje instantáneo

Planes de acción correctiva

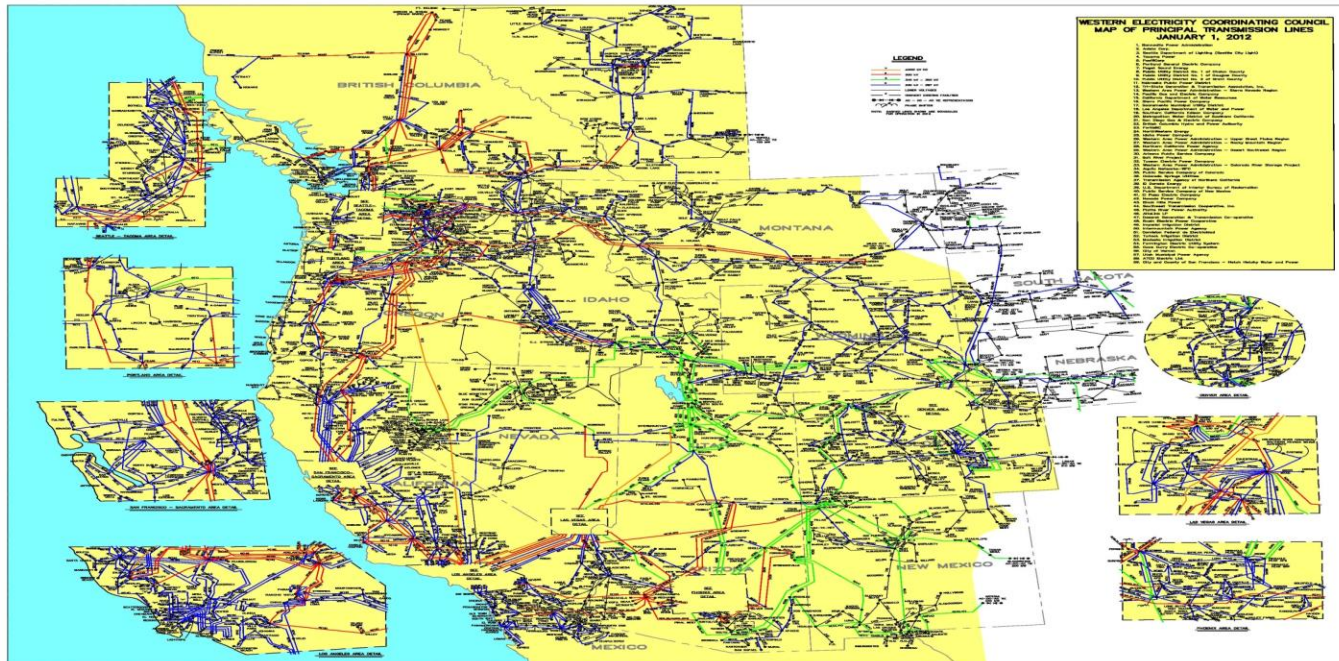
- Los esquemas de acción correctiva (RAS), también llamados sistemas de protección especial, inician acciones para evitar la inestabilidad del sistema de energía y las sobrecargas de equipos si se pierden elementos críticos de la red.
- Los requisitos del esquema de acción correctiva son únicos para cada sistema de energía.
- Estos esquemas de protección generalmente son el resultado de estudios de ingeniería que identifican los puntos "débiles" potenciales del sistema si ocurren ciertas contingencias.
- Una contingencia es la pérdida de uno o más elementos del sistema de potencia, como una línea de transmisión, un transformador o un generador.

Planes de acción correctiva

- Los tipos de funciones realizadas por los esquemas de acción correctiva incluyen:
 - disparo de unidades generadoras seleccionadas
 - insertar condensadores o resistencias de frenado dinámico
 - derramando carga
 - disparo de líneas de transmisión seleccionadas

Planes de acción correctiva

- Estas funciones se realizan para evitar la sobrecarga de líneas y la pérdida de instalaciones críticas.



Causas de las fallas del sistema de protección

- Los relés son tan buenos como el sistema al que están conectados.
- Las principales causas de falla del sistema de protección son:
 1. Falla del transformador de instrumentos -
 - una. Los CT, PT, CCVT, CCPD, etc. fallan
 2. Mal funcionamiento del relé de protección
 3. Falla del circuito de control.
 - una. Circuitos de control abiertos (bobina de disparo abierta, ratones/ratas que mastican cables, etc.)

¿Preguntas?

