

Introducción a los Sistemas de Protección.

Definiciones

- **Función de protección:** aquella prevista para detectar de la forma más rápida posible condiciones anormales predeterminadas del SEP (faltas o funcionamientos anormales).
- **Relé de Protección:** Es un dispositivo que integra una o más funciones de protección

Definiciones

- **Arranque de protecciones:** Operación de un relé de protección sin envío de una orden de apertura a los interruptores asociados.
- **Disparo de protecciones:** Operación de un relé de protección con envío de una orden de apertura a los interruptores asociados (no implica apertura del interruptor).

Definiciones

- **Selectividad:** propiedad de detectar un determinado tipo de anomalía en un equipo específico del SEP y no hacerlo ante otro tipo de anomalía o ante anomalías en otros equipos.
- **Rapidez:** Para minimizar las consecuencias de una falla se busca que la función de protección opere en el mínimo tiempo posible.
- **Sensibilidad:** Debe detectar el apartamiento más pequeño posible respecto al estado de régimen normal de funcionamiento.

Definiciones

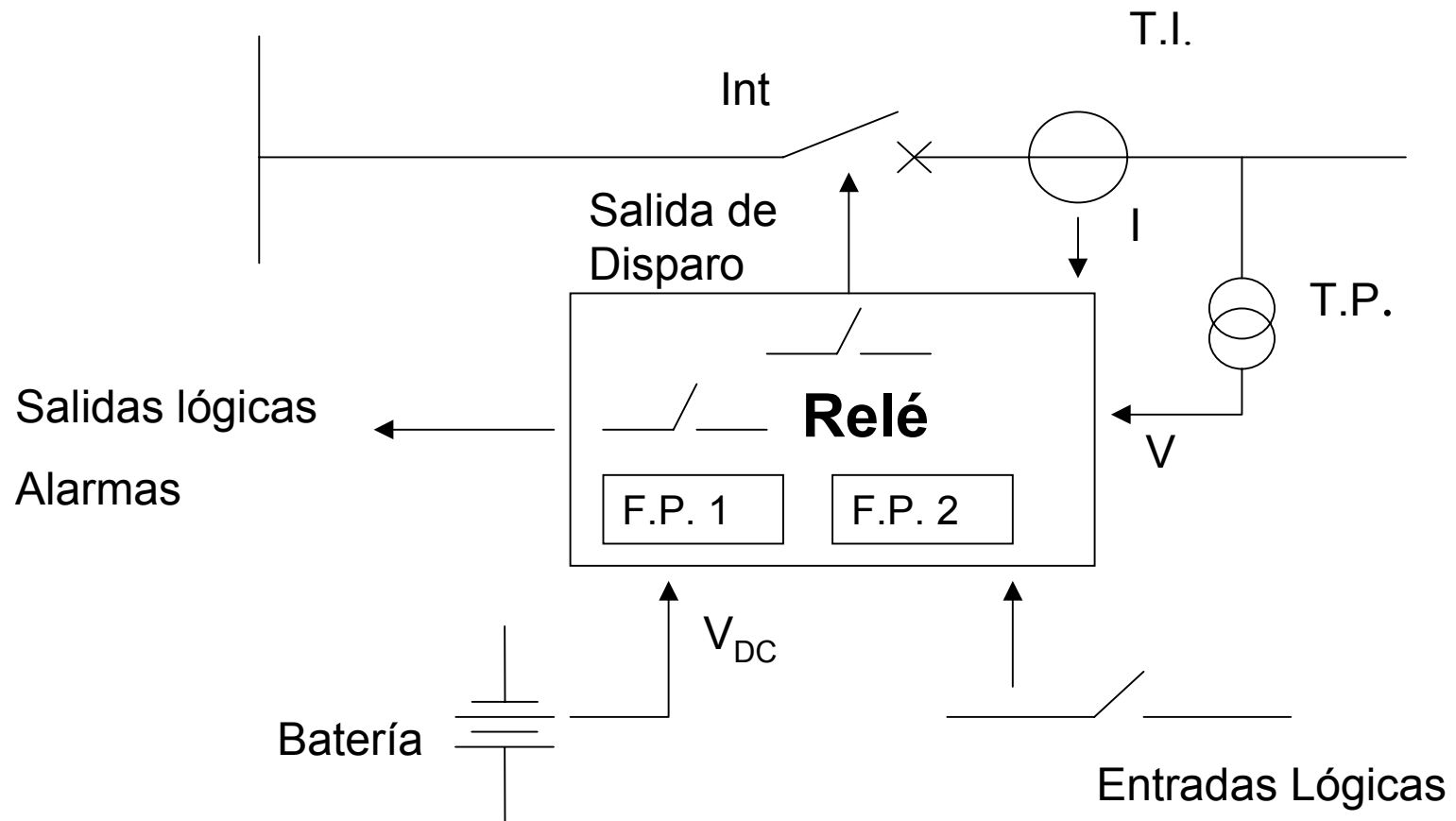
- **Confiabilidad** : Es la probabilidad que un dispositivo cumpla la función para la cual fue destinado, durante un determinado período de tiempo, sin fallar.
- **Dependability** : Probabilidad que una función de protección no deje de actuar ante un defecto en el equipo protegido. Opera cuando por diseño lo debe hacer.
- **Security**: Probabilidad que un relé no opere incorrectamente o intempestivamente.

Definiciones

■ Sistema de Protección:

- **Composición:** un sistema de protección está compuesto por relés y dispositivos de protección, sus circuitos de interrelación y los equipos, dispositivos e instalaciones asociados: interruptores, transformadores de tensión, transformadores de intensidad, cableados, sistema de teleprotección, canales de comunicación, alimentación de corriente continua, etc.
- **Objetivo:** retirar del servicio en forma selectiva y rápida cualquier instalación del SEP cuyo funcionamiento se aparte de un estado predefinido como normal, con el fin de evitar daños mayores en dicha instalación y de minimizar los efectos negativos sobre el resto del SEP

Sistema de Protección



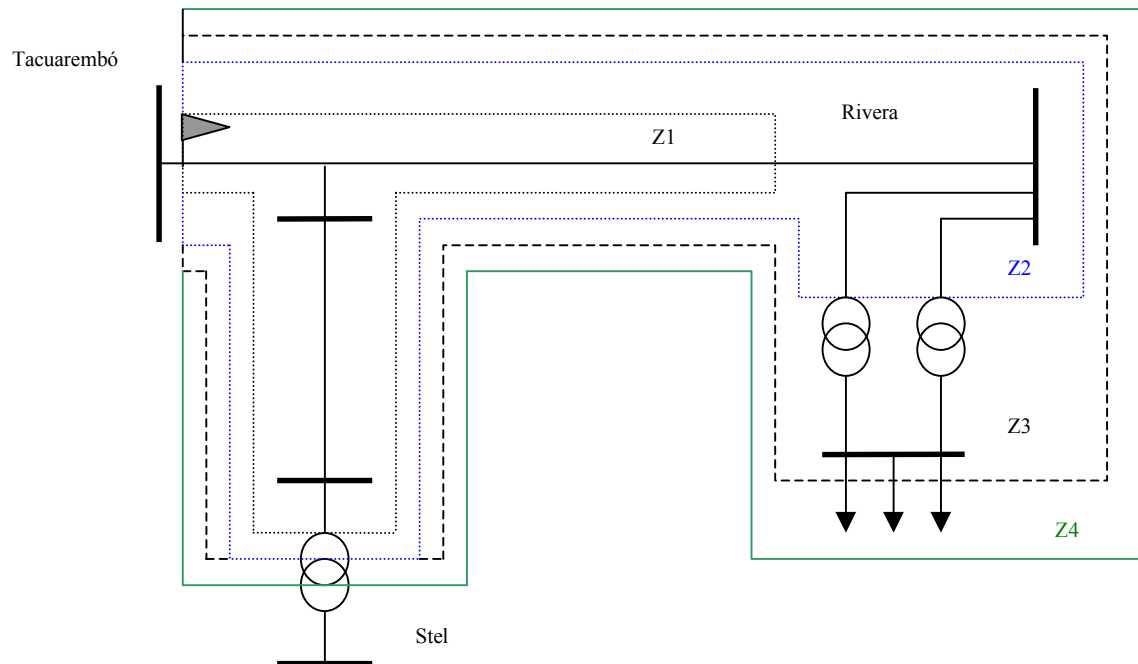
Sistema de Protección



- **T.I.** : Transformador de medida de corriente.
- **T.P.:** Transformador de medida de Potencial o Tensión.
- **Int.:** Interruptor. Elemento de maniobra con poder de corte acorde a la potencia de cortocircuito del punto de donde se ubica.
- **Batería:** Fuente de alimentación en corriente continua.
- **Entradas lógicas** : Posición de contactos eléctricos que brindan informaciones lógicas sobre bloqueos, acciones de control, posición de elementos de maniobra.
- **Salidas lógicas:** posición de contactos eléctricos internos al relé que brindan informaciones lógicas sobre el estado de las funciones de protección o el relé. Se pueden utilizar como alarmas.
- **F.P.:** Funciones de Protección implementadas en el relé.

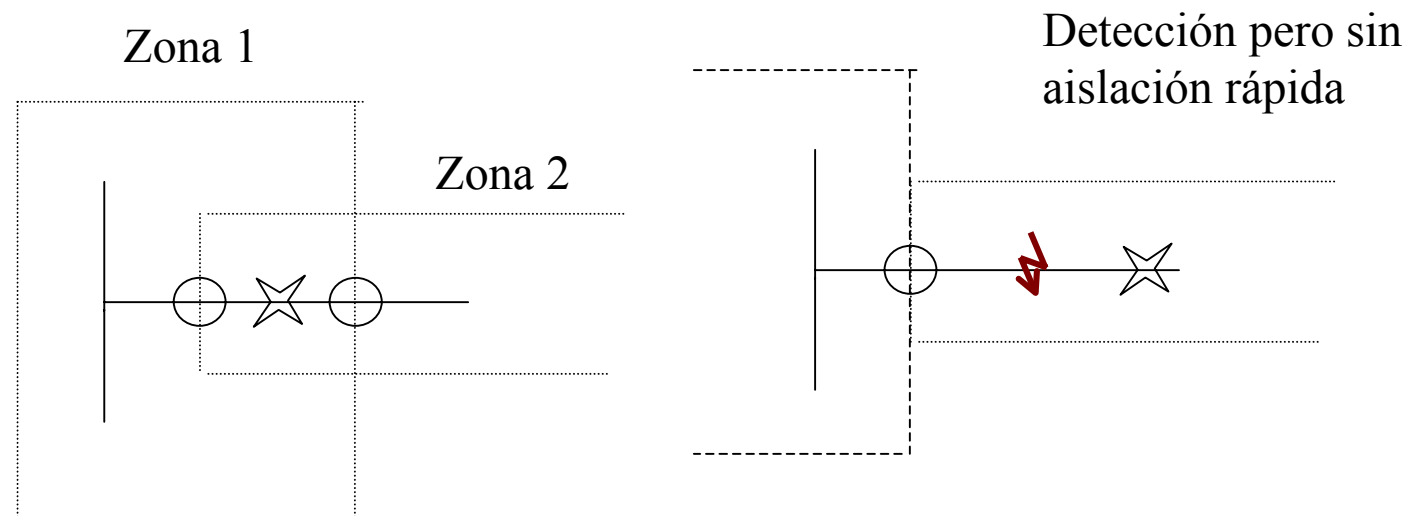
Selectividad y Zonas de Protección

- **Zona de Protección:** Se denomina a la región del sistema eléctrico que es protegida por un relé o conjuntos de relés.



Selectividad y Zonas de Protección

- **Solapamiento:** Toda porción del sistema eléctrico de potencia debe tener un dispositivo de protección que detecte anomalías en el mismo y que opere en forma “instantánea”.



Relés y Funciones de Protección

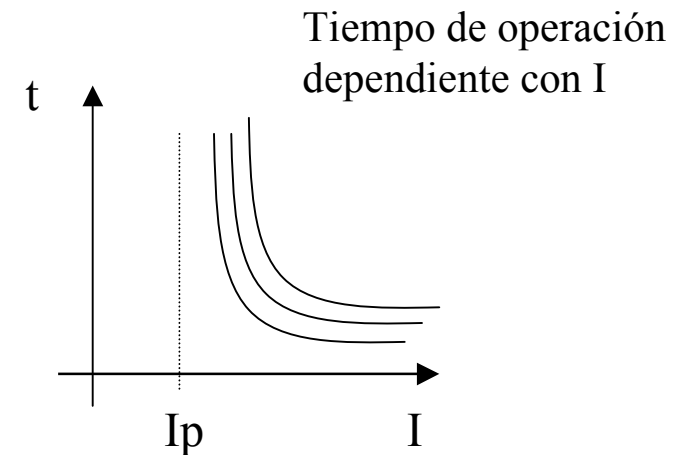
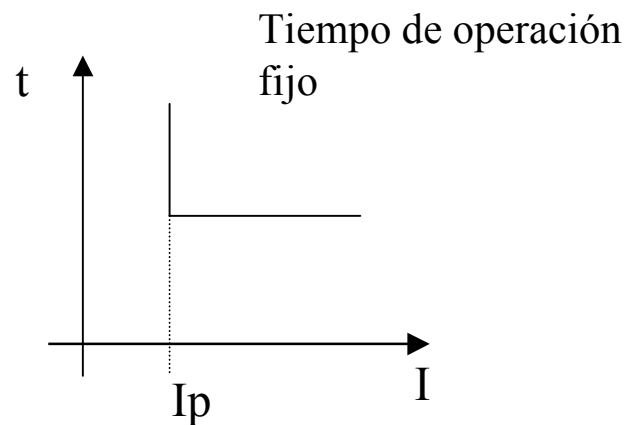
Principios Operativos

- **Magnitud:** Responden a la magnitud de la señal de entrada.
Ej: Sobreintensidad (valor de pico o Rms).
- **Direccional:** Responden al desfase entre dos señales de alterna.
Ej: direccional de Tierra. (ángulo entre I_{res} y V_{res}).
- **Cociente** : Responden al cociente de dos señales de entrada expresadas como fasores. El cociente es un número complejo, el relé puede responder a la magnitud del complejo o al complejo mismo.
Ej: Distancia.
- **Diferencial:** Responden a la magnitud de la suma algebraica de dos o más entradas.(comparación de corrientes) Ej: Diferencial Transformador.
- **Relés intercomunicados “Pilot Relays”** : Utilizan la comunicación de una información desde un punto remoto como señal de entrada. Ej: Diferencial de línea.

Relés y Funciones de Protección

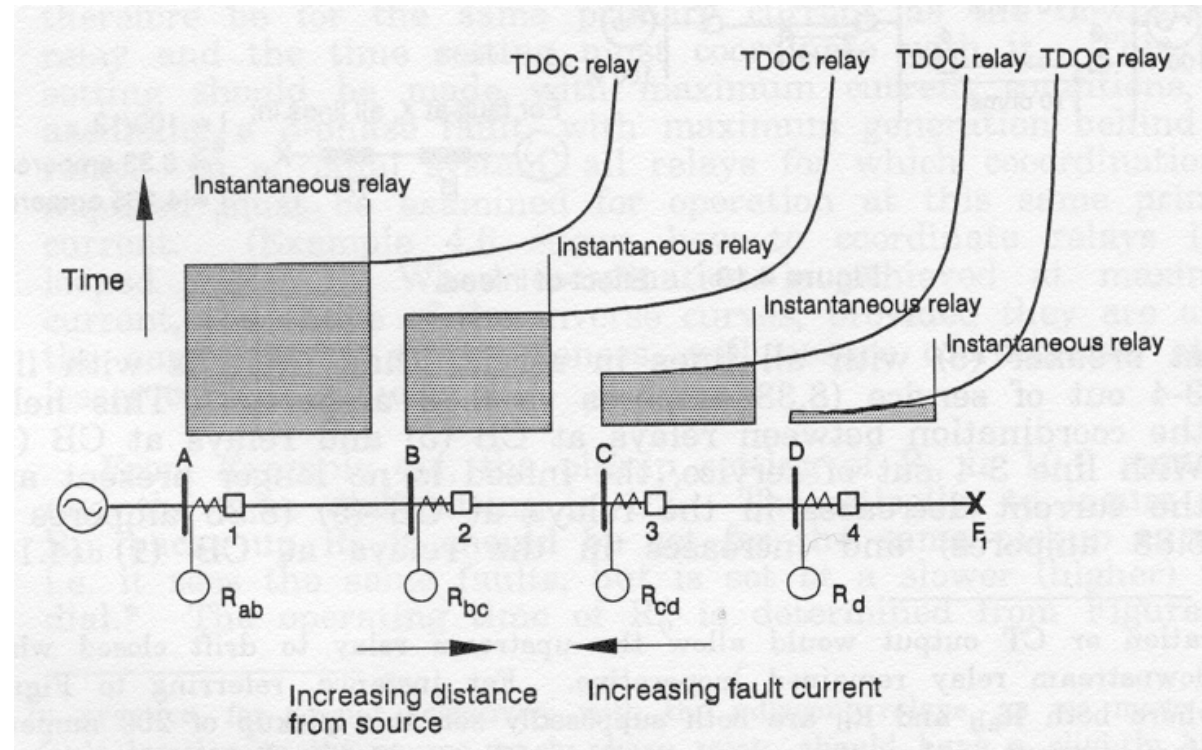
Principios Operativos

- **Sobreintensidad**
- **$|I| \geq I_p$ falla en la zona de protección**
- **$|I| < I_p$ falla fuera de la zona**



Relés y Funciones de Protección

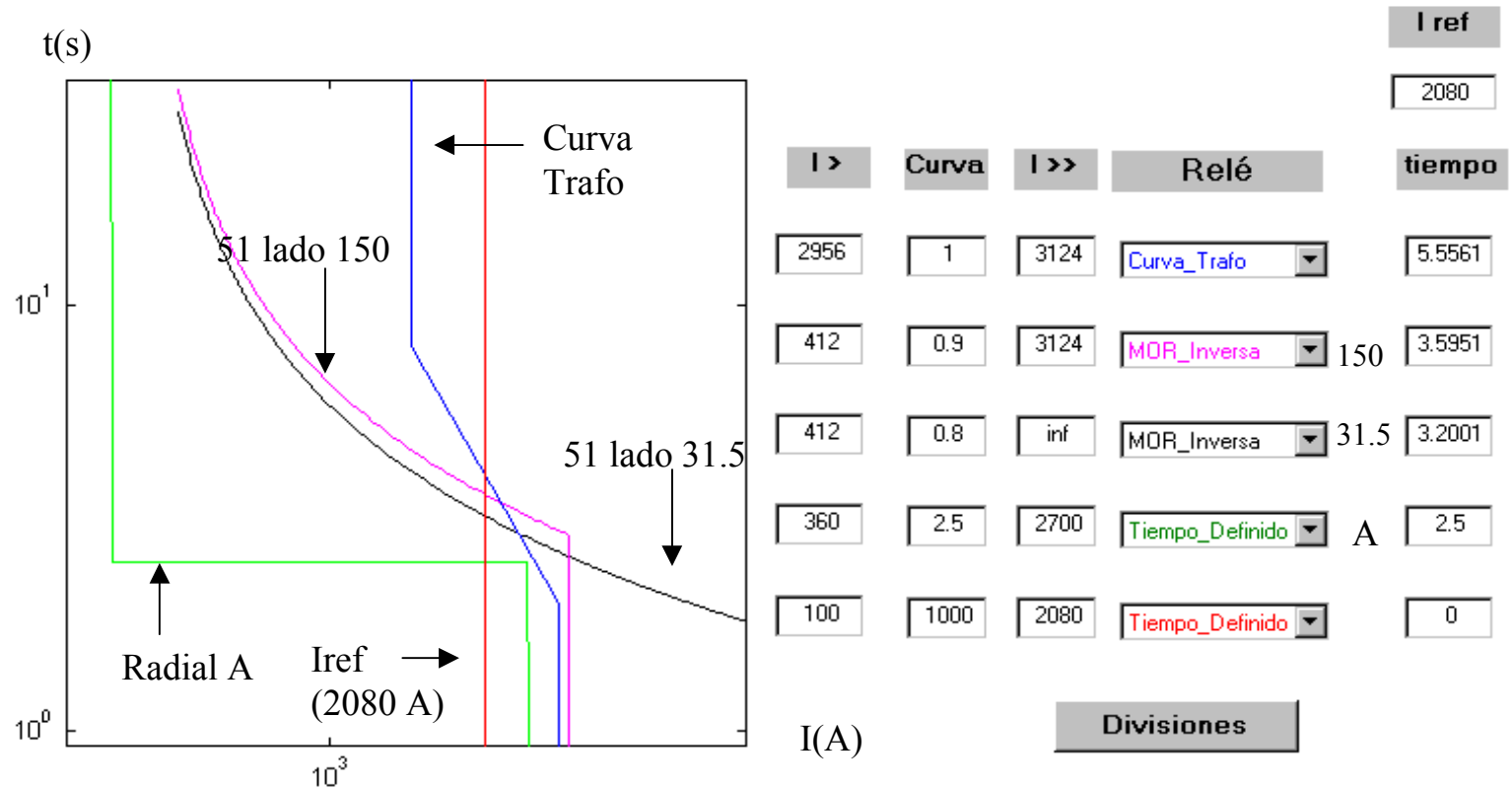
Principios Operativos



Ejemplo de coordinación de relés de sobreintensidad en un sistema radial

Relés y Funciones de Protección

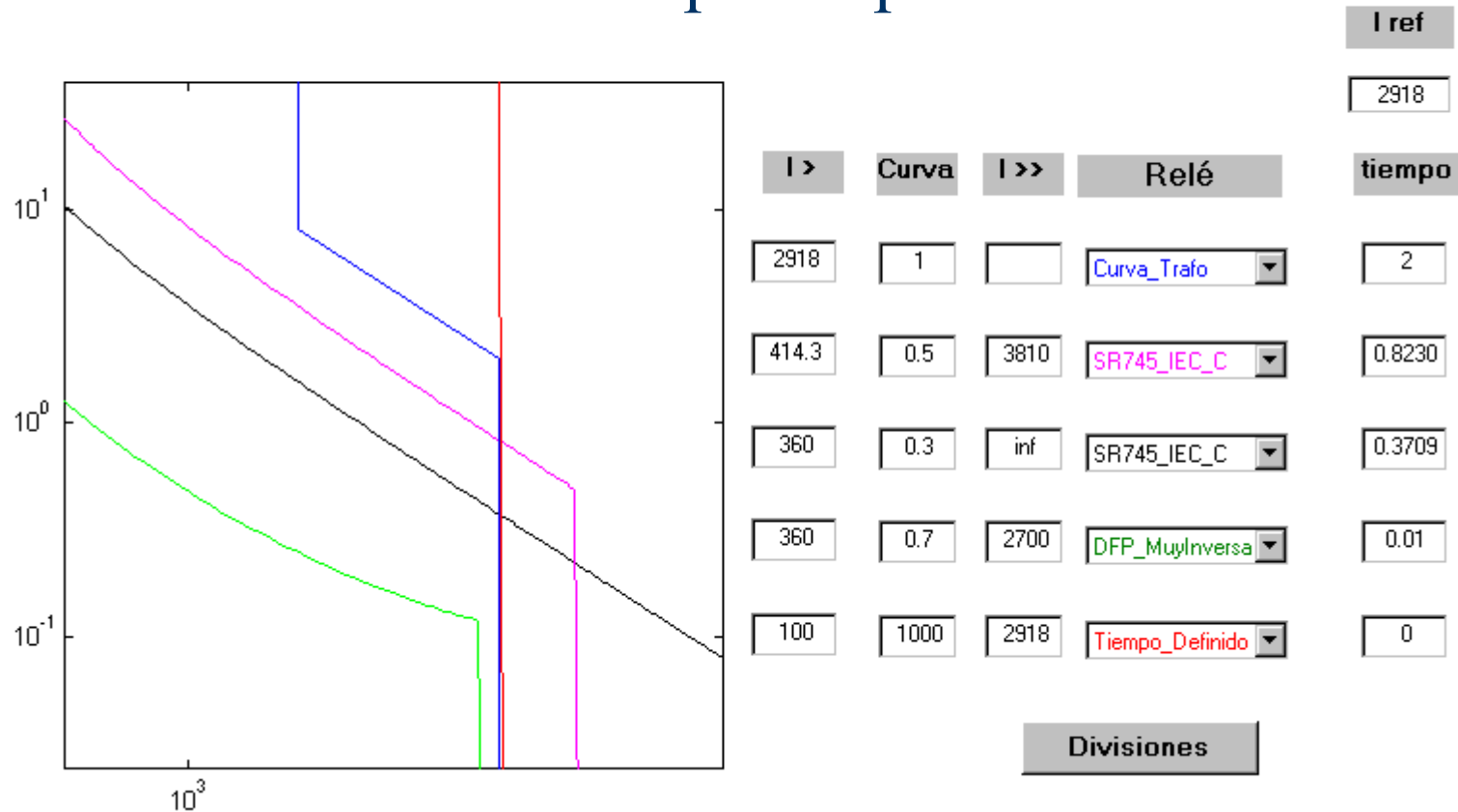
Principios Operativos



Ejemplo de Coordinación de Relés de Sobreintensidad en Transformador

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

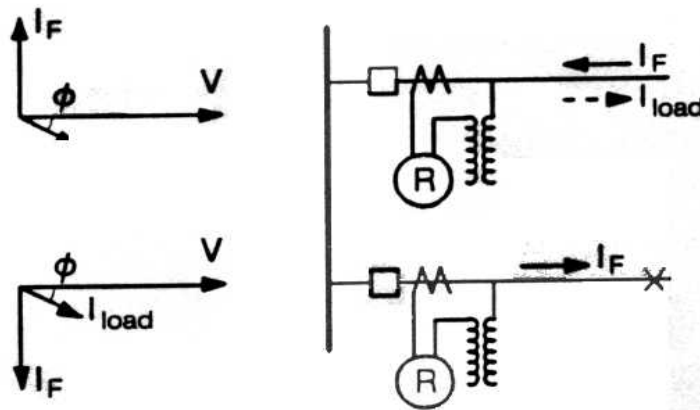


Ejemplo de Coordinación de Relés de Sobreintensidad en Transformador

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

■ Direccional



Mide el desfase entre la I_F y una tensión de referencia.

$$\Theta = \arg (I_{cc}, V_{cc})$$

Asumiendo la red con resistencia despreciable se tiene:

$$-180^\circ \leq \Theta \leq 0^\circ \text{ operación}$$

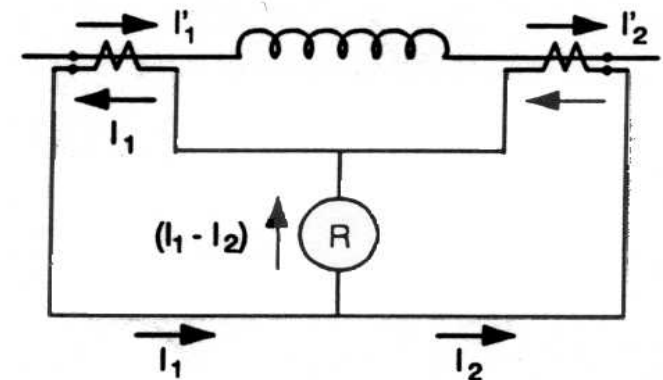
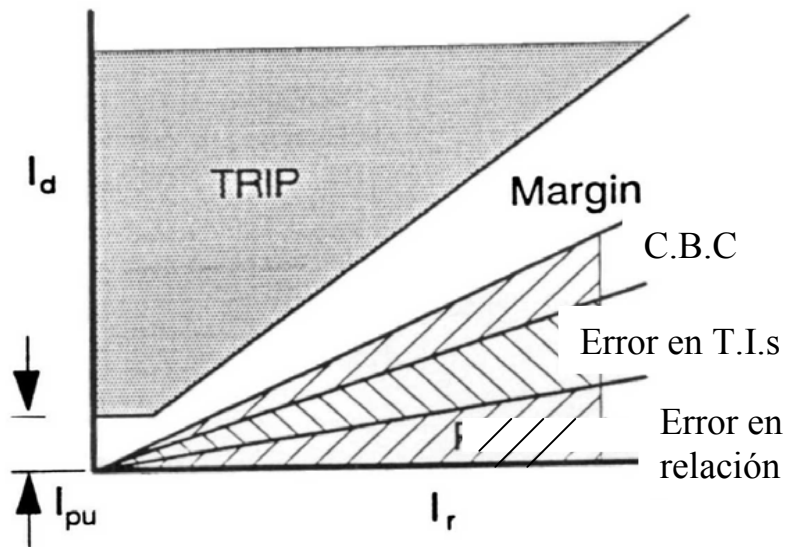
$$0^\circ < \Theta < 180^\circ \text{ bloqueo}$$

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

■ Diferencial

Principio diferencial aplicado al bobinado de un generador



En general se puede expresar la corriente diferencial como :

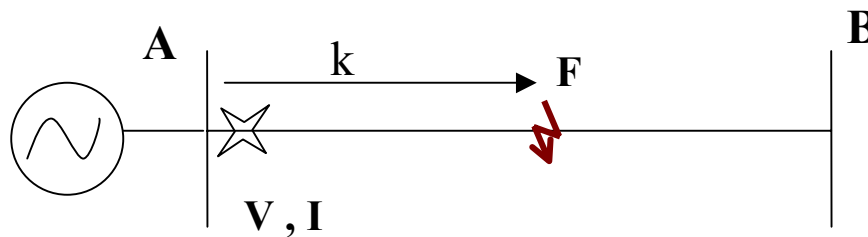
$$I_d = k \cdot I_r$$

Siendo $I_d = (I_1 - I_2)$ corriente diferencial
e $I_r = (I_1 + I_2)/2$ corriente de retención

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

■ Distancia

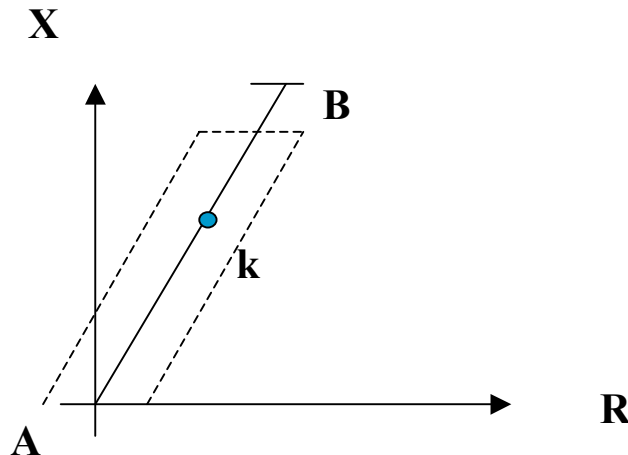


$$kZ1 = V^*/I^*$$

$Z1$ imp. Sec. directa en Ω/km

V^* tensión de defecto

I^* corriente de defecto



El cociente es un complejo y la comparación se hace en el plano complejo de impedancia.

Lugar geométrico ideal $\overline{AB}$. (resistencia de falta nula).

Lugar geométrico real entorno de $\overline{AB}$.

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

■ Ejemplos de características de operación en el plano (R,X)

MHO

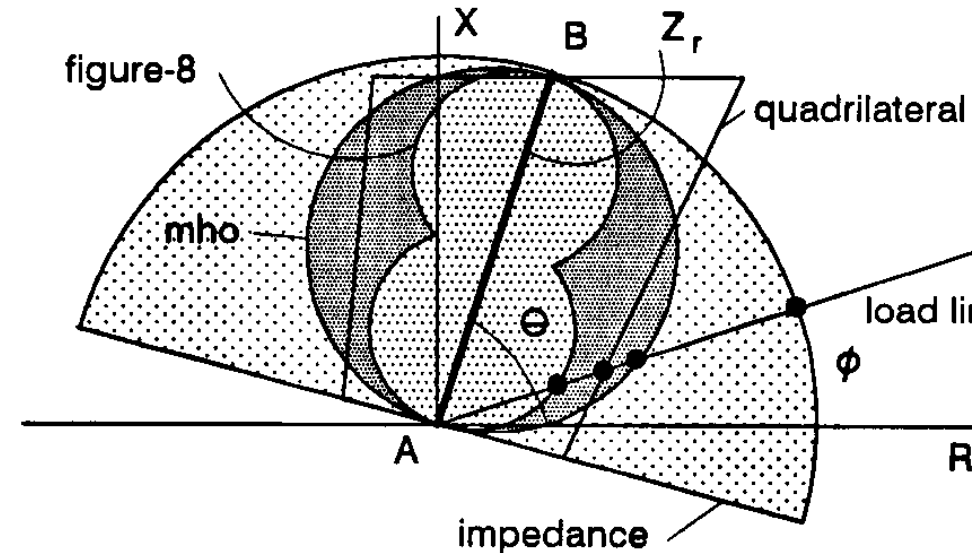
Figura 8

Cuadrilateral

Impedancia Direccional

■ Las distintas características se aplican según:

- Longitud de línea
- Resistencia de falla
- Carga máxima de la línea
- Configuración del Sistema Eléctrico



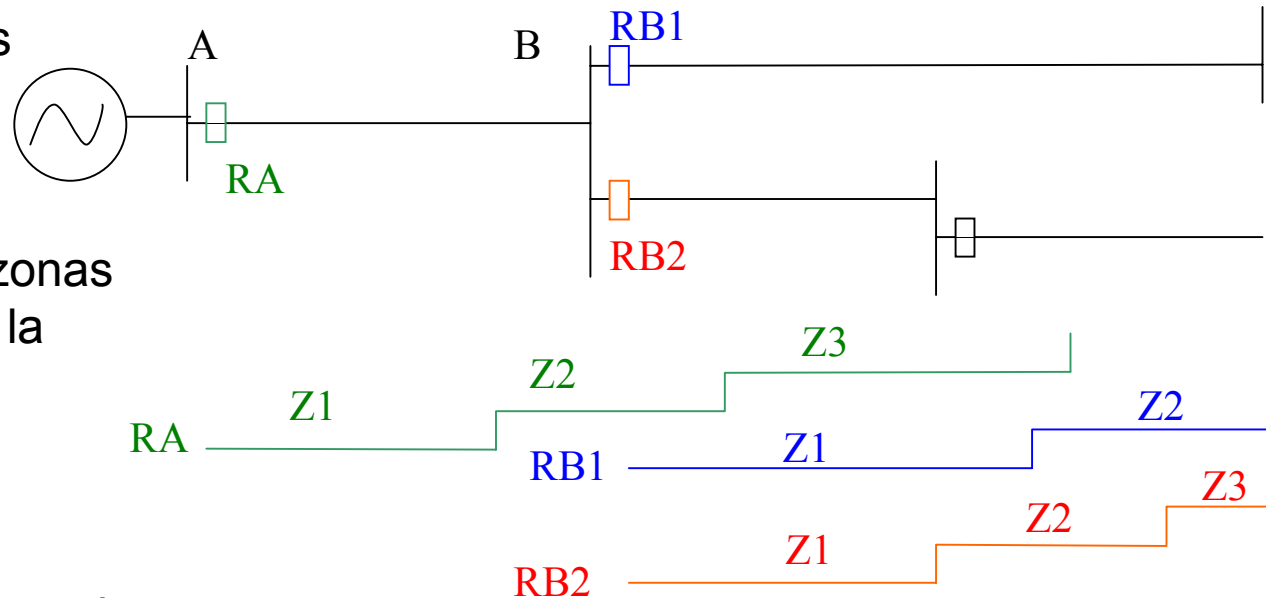
Características de Operación

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

Esquema Escalonado

Esquema simple de protección de sistemas radiales



Se ajustan diferentes zonas para poder cubrir toda la línea y poder brindar respaldo.

Se escalonan los tiempos de actuación de las distintas zonas para poder brindar selectividad.

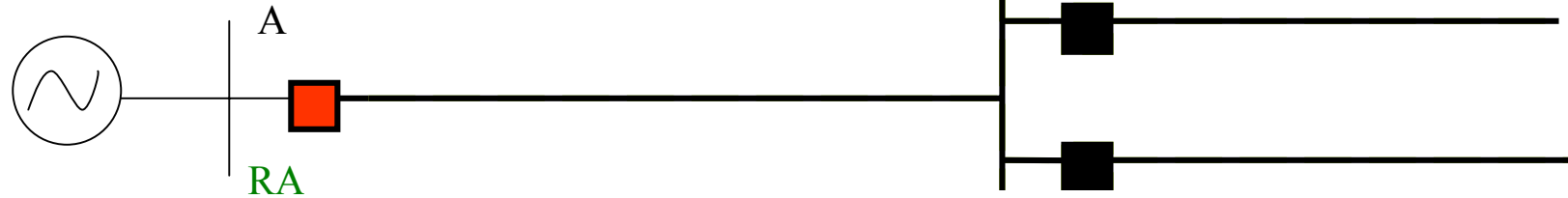
Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

Esquema Escalonado

Recierre

Zona 1



Zona 2



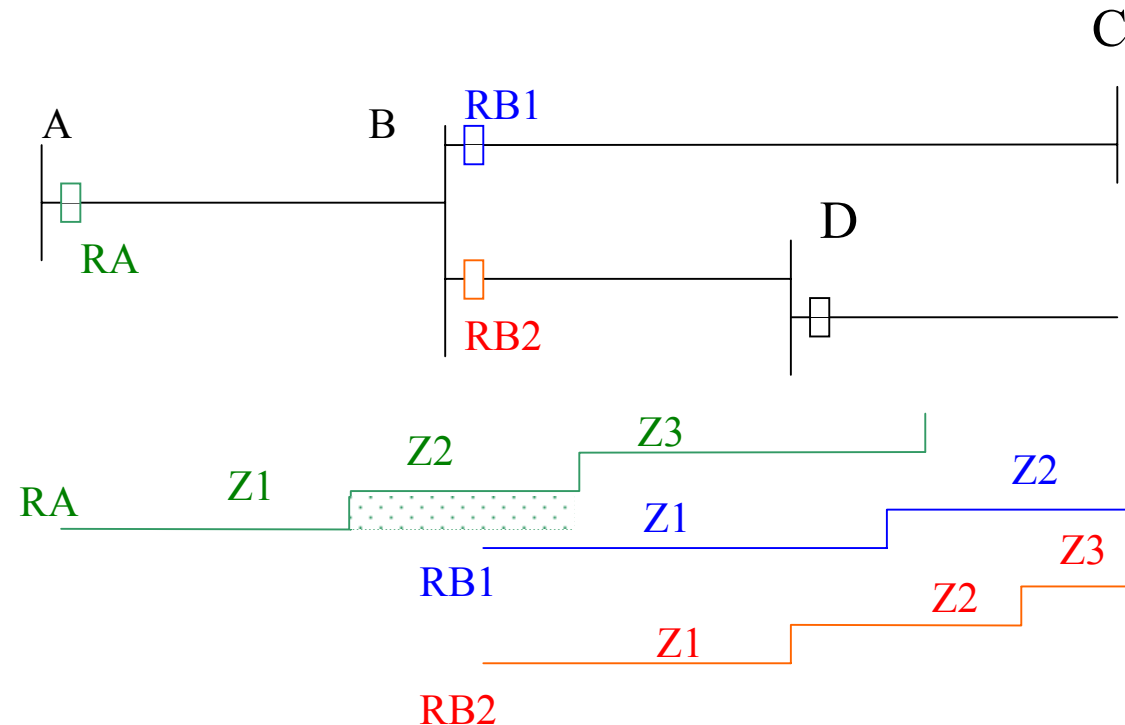
Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

Esquema Zona 1 Extendida

Este esquema permite despejar rápidamente un defecto fases-tierra en el 100% de la línea sin el uso de un canal de comunicación.

Este esquema requiere de una unidad de recierre.



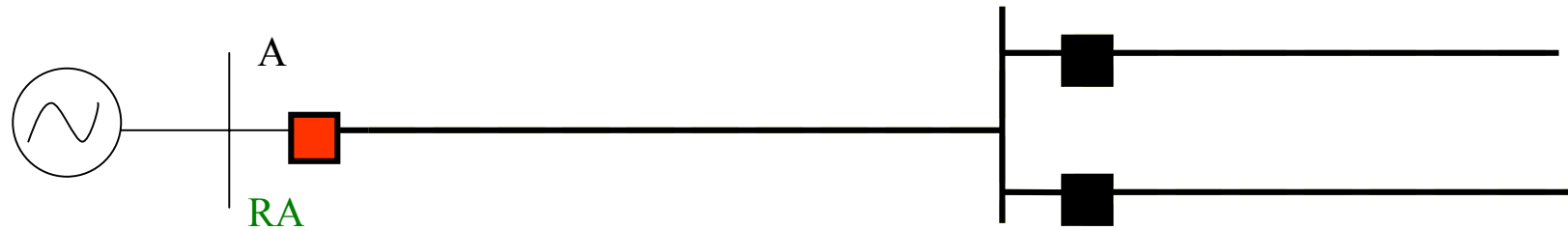
Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

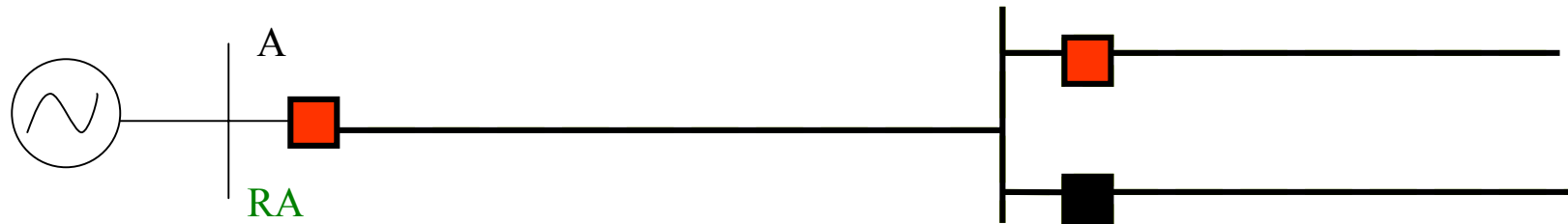
Esquema Zona 1 Extendida

Recierre

En la línea



En líneas adyacentes



Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

Relés Intercomunicados

Esquema de Subcance Permisivo

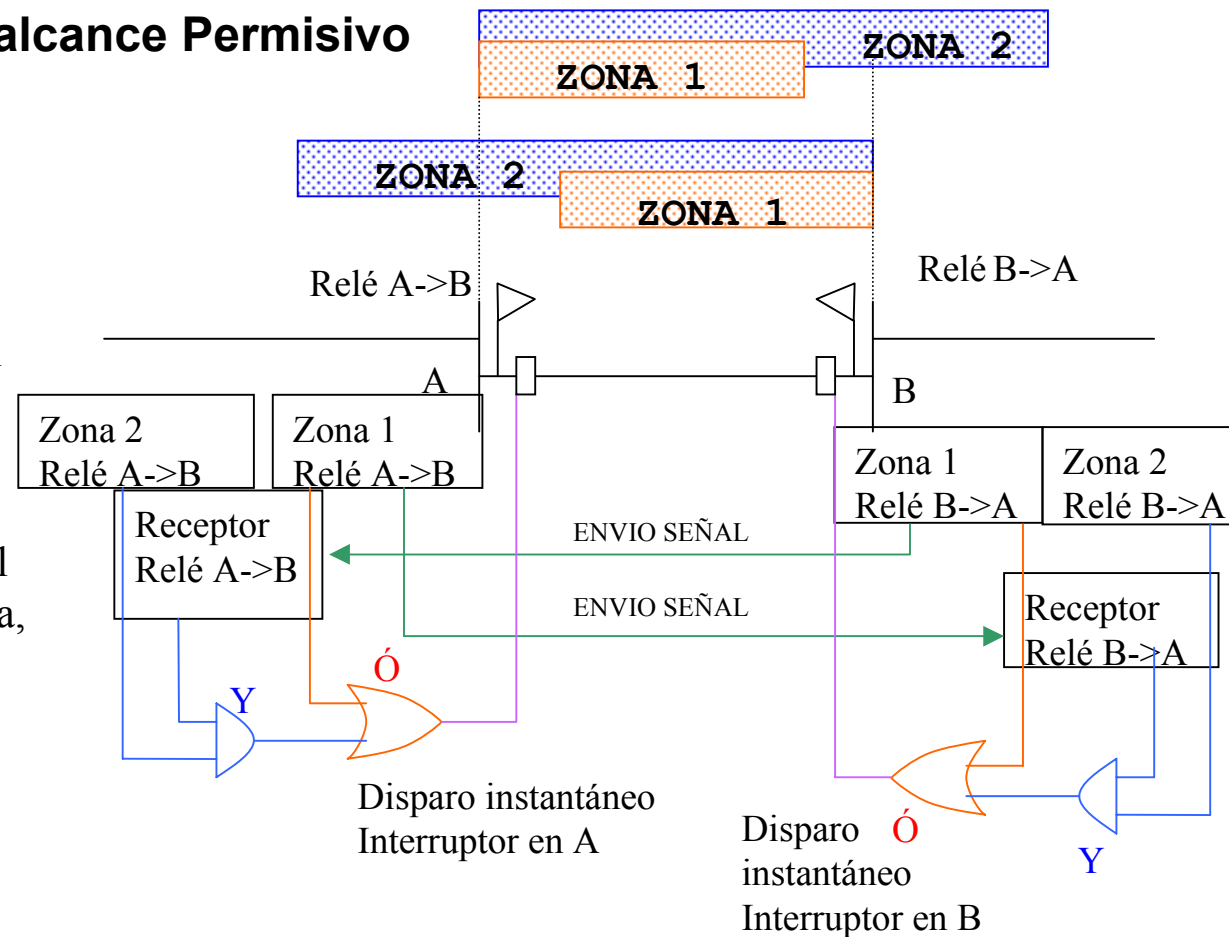
Se utiliza en líneas anilladas y largas.

Ventajas

- Simple
- Seguro - Una pérdida del canal no causa un disparo indebido

Limitaciones

- Para lograr alta velocidad en el despeje de faltas en toda la línea, todos los relés en todos los terminales deben operar para faltas internas



Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

Relés Intercomunicados

Esquema de Sobrealcance Permisivo

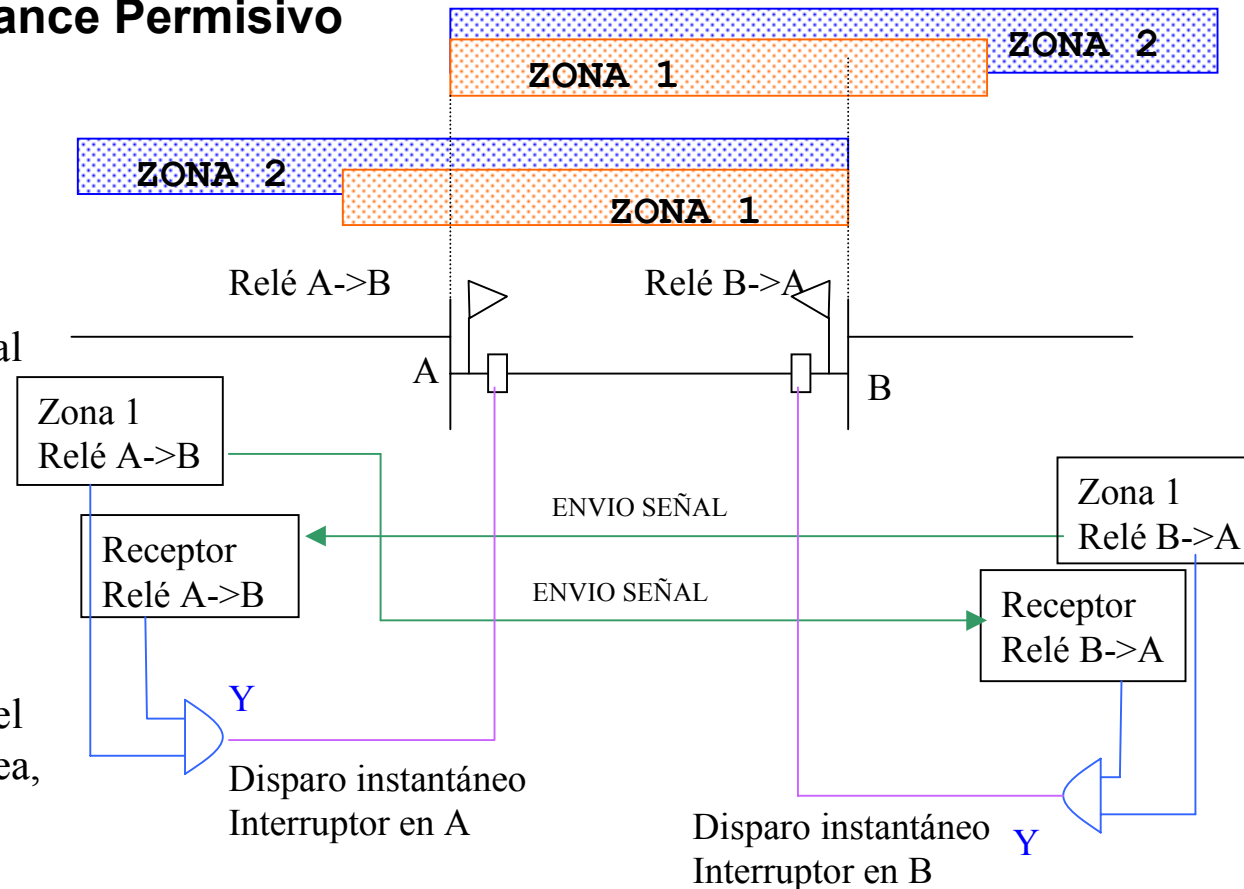
Se utiliza en líneas anilladas y cortas.

Ventajas

- Simple
- Seguro - Una pérdida del canal no causa un disparo indebido

Limitaciones

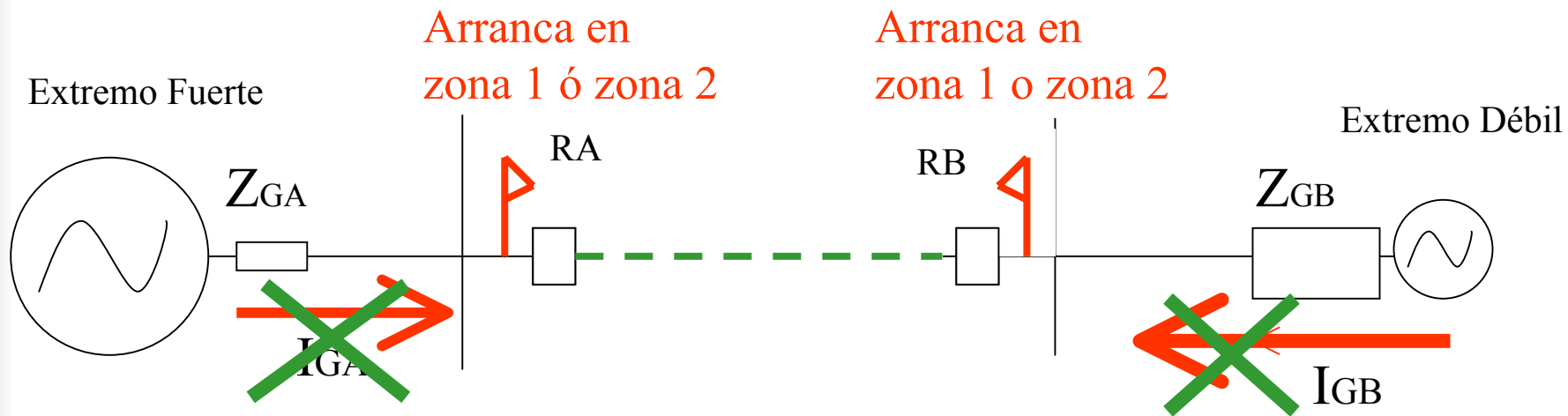
- Baja “dependability” - Una pérdida del canal demora el disparo.
- Para lograr alta velocidad en el despeje de faltas en toda la línea, todos los relés en todos los terminales deben operar para faltas internas



Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

Alimentación por extremo débil



$$Z_{GA} \ll Z_{GB} \Rightarrow I_{GA} \gg I_{GB}$$

Z_{GA} impedancia del generador en A

Z_{GB} impedancia del generador en B

Aumenta Corriente al defecto por RB

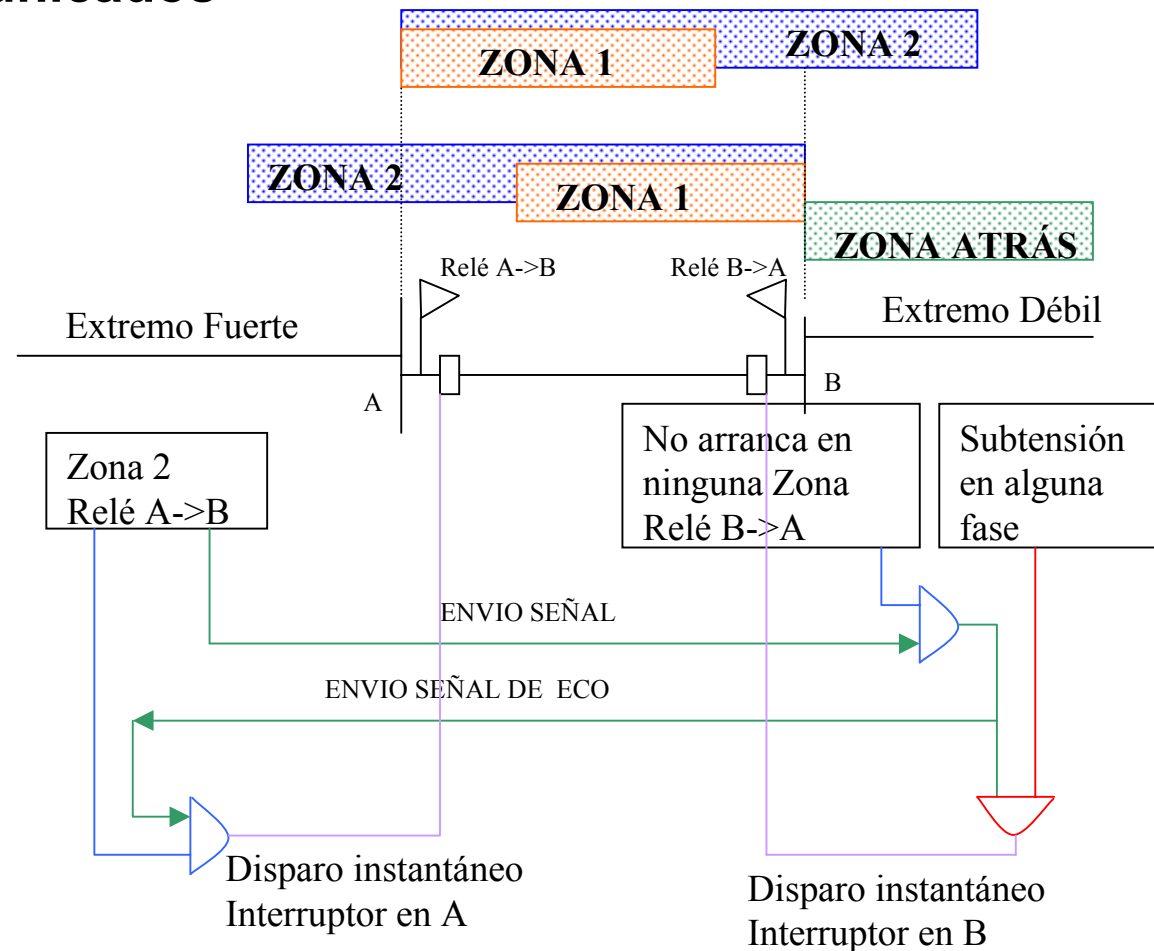
Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

Relés Intercomunicados

Lógica de “Weak infeed”

Se usa cuando uno de los extremos aporta bastante menos corriente al defecto que el otro. Y el extremo débil puede no arrancar para algún tipo configuración del sistema. Esta lógica funciona agregada al esquema de teleprotección



Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

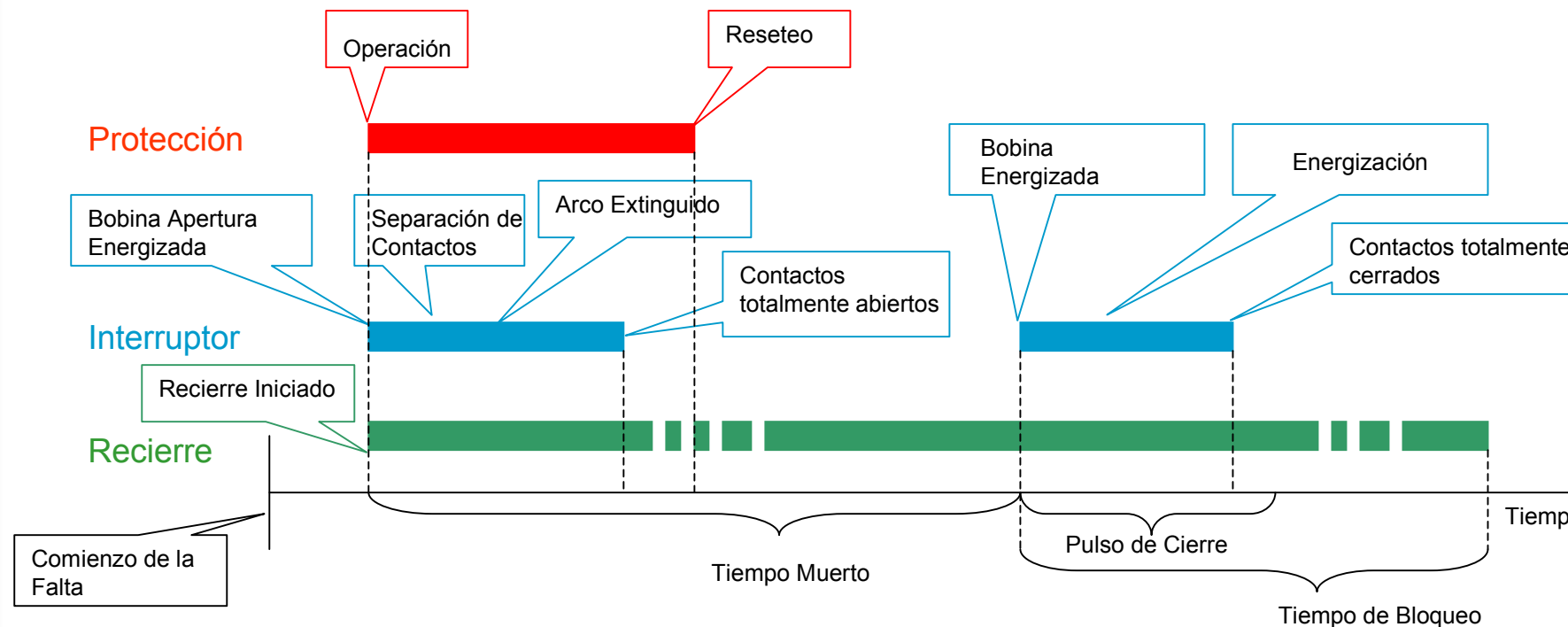
■ Recierre

- Entre el 80 y 90% de las faltas son transitorias.
- El restante 10-20% son faltas semipermanentes o permanentes.
- En la mayoría de la faltas , si la línea es disparada inmediatamente y se permite un tiempo para la desionización del aire, al intentar un cierre del interruptor la línea resulta reenergizada.
- En los sistemas de A.T. Permite además mantener la estabilidad del sistema y el sincronismo.

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

■ Diagrama de Tiempos de Recierre



Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

■ Recierre Monopolar

- Este tipo de recierre se utiliza para faltas monofásicas a tierra en líneas anilladas(sin carga en derivación) con apertura en ambos extremos. El tiempo muerto se ajusta generalmente en 800ms.

■ Recierre Tripolar

- Este tipo de recierre se utiliza para faltas monofásicas a tierra en sistemas radiales o anillados con carga en derivación. El tiempo muerto se ajusta generalmente en 500ms.

Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

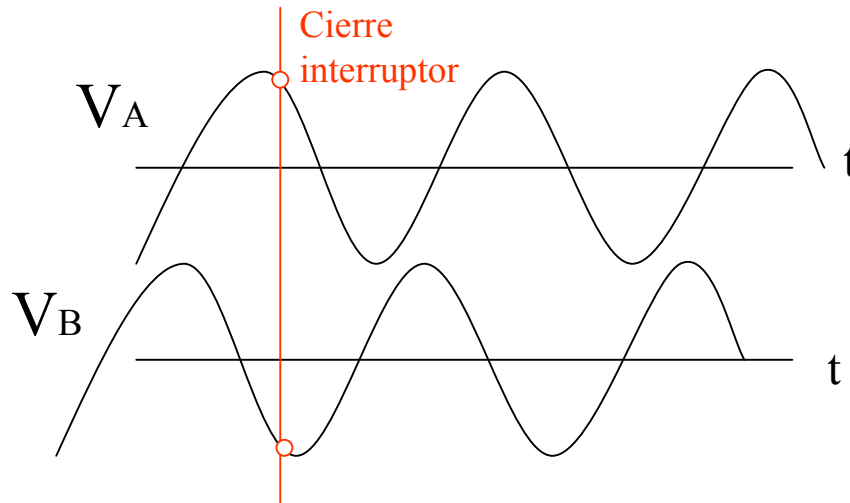
■ Verificación de Sincronismo

- Ante recierres monopolares lentos, recierres trifásicos o cierre manual en el que dos sistemas con generación se separan es necesario verificar sincronismo previo a que el recierre se realice.
- La función verifica lo siguiente:
 - **Diferencia de ángulo de fase**
 - **Diferencia de Tensión**
 - **Diferencia de Frecuencia**

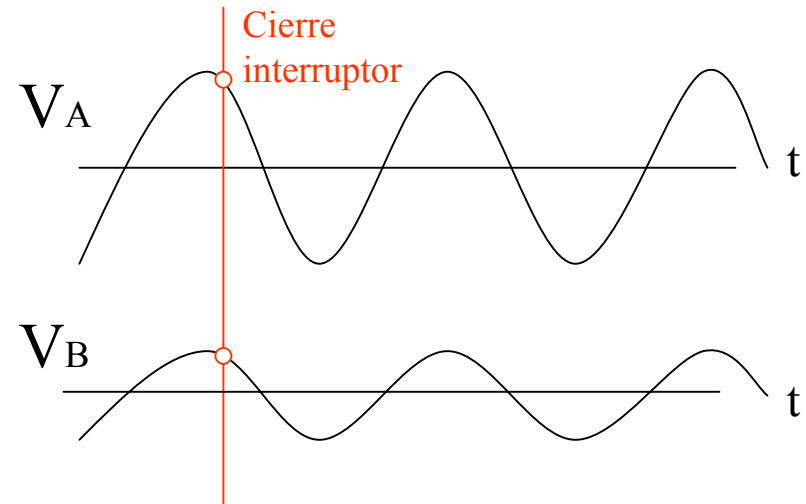
Relés y Funciones de Protección

Principios Operativos

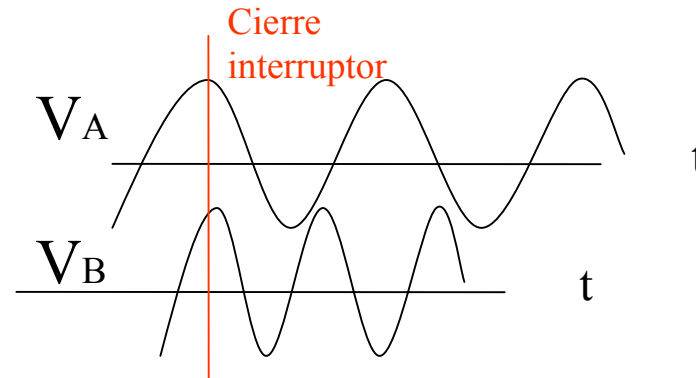
Diferencia de ángulo de fase



Diferencia de Tensión



Diferencia de Frecuencia



Funciones de Protección

Norma ANSI C37.2

■	21	Distancia
■	21G	Distancia (Generador)
■	21T	Distancia (Transformador)
■	24	Sobreflujo Magnético
■	25CS	Verificación de sincronismo
■	25S	Sincronización
■	27	Subtensión
■	32	Direccional de potencia
■	32N	Direccional de potencia de tierra
■	37	Subintensidad o Subpotencia
■	40	Pérdida de excitación
■	46	Carga desbalanceada o Secuencia negativa
■	49	Relé térmico, Imagen térmica
■	50	Sobreintensidad instantánea de fase
■	50BF	Falla interruptor
■	50N	Sobreintensidad instantánea de tierra
■	51	Sobreintensidad temporizada de fase
■	51N	Sobreintensidad temporizada de tierra
■	59	Sobretensión

■	59F	Sobreexcitación (V/Hz)
■	59N	Sobretensión residual
■	61	Desbalance de intensidades entre circuitos
■	64	Tierra carcasa
■	64R	Tierra rotor
■	64S	Tierra estator
■	67	Sobreintensidad direccional de fase
■	67N	Sobreintensidad direccional de tierra
■	78	Pérdida de sincronismo
■	79	Recierre
■	81	Frecuencia
■	86	Enclavamiento
■	87B	Diferencial barras
■	87G	Diferencial generador
■	87L	Diferencial línea
■	87N	Diferencial restringido
■	87R	Diferencial reactor
■	87T	Diferencial transformador
■	94	Disparo

Bibliografía

- **Apuntes curso “Protecciones del Sistema Eléctrico” - Fac. Ingeniería.**
 - Ing. Jorge Alonso
- **Apuntes curso “Procesamiento Digital de la Información para Sistemas Eléctricos de Potencia” - Fac. Ingeniería.**
 - Ing. Jorge Alonso
- **Power System Relaying**
 - Stanley H. Horowitz - Arun G. Phadke.
- **Protective Relays - Application Guide**
 - Gec Alsthom