

B-IV. SELECTIVIDAD y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.

SELECTIVIDAD

Es la capacidad de una protección para identificar la sección y/o fase(s) en falta de un sistema de potencia.

Protección de Selectividad Absoluta (unit protection).

También llamada protección de alcance definido.

Una protección cuya operación y su selectividad respecto de la sección protegida dependen de la comparación de las cantidades eléctricas de cada uno de los extremos de la sección protegida.

La protección de selectividad absoluta NO provee respaldo.

Protección de Selectividad Relativa (non-unit protection).

También llamada protección con alcance indefinido.

Una protección cuya operación y su selectividad respecto de la sección protegida dependen de la medida de cantidades eléctricas en un extremo de la sección protegida, y en algunos casos depende del intercambio de señales de lógica entre los extremos.

La selectividad de la sección protegida por una protección de selectividad relativa puede depender de su ajuste, particularmente con respecto a tiempo.

La selectividad relativa está asociada al concepto de respaldo.

Las protecciones de selectividad relativa de una sección dada ven también los defectos en otras secciones cercanas. Por ello deben coordinarse con las protecciones de las otras secciones, de manera de lograr selectividad y brindar adecuado respaldo si es posible.

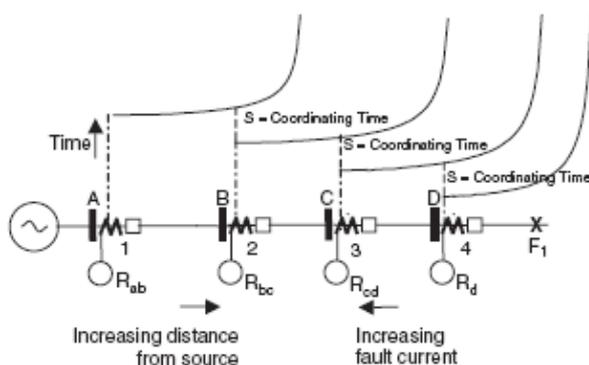


Figure 4.7 Relay coordination principles

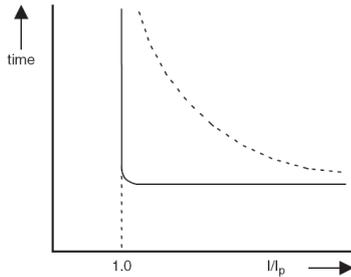
PRINCIPIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Los principios de Nivel, Zona, Dirección, Distancia son los principales. Estos principios se utilizan solos o combinados para desarrollar funciones de protección.

Principio de Detección de Nivel.

Es el principio de protección más sencillo. Se compara la amplitud de una magnitud con una referencia o umbral.

Caso típico es la función de protección de sobrecorriente (50 y 51, $I >> e I >$).



Por medir en un solo extremo del equipo protegido, el principio de detección de nivel es de selectividad relativa.

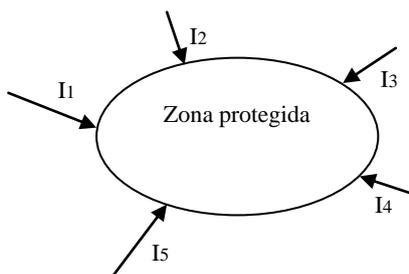
En el caso de sub y sobretensión (27 y 59, $U <$ y $U >$), sub y sobrefrecuencia (81, $f <$ y $f >$) puede no ser tan evidente el concepto de “extremo” y es más conveniente hablar de un “punto o lugar” de la sección protegida.

Otros ejemplos son subcorriente (37, $I <$), sobreflujo magnético (24, $\Phi >$).

Principio de Zona.

Se basa en la primera ley de Kirchoff: la suma de corrientes que confluyen en una zona dada es

cero. $\sum_i I_i = 0$



El circuito o zona protegida (vigilada), está delimitada por los puntos donde se miden dichas corrientes (ubicación de los TIs).

Las corrientes se miden en todas las ramas que se conectan al equipo protegido (se protege más que al equipo, sino también a parte de las ramas).

Si no hay defecto o hay un defecto fuera de la zona vigilada, la suma de corrientes es cero.

Si hay una falta dentro de la zona protegida, la derivación de la corriente de falta no está siendo sumada a las demás (no pasa por ninguna rama sensada), entonces la suma de las corrientes medidas es distinta de cero.

Es claramente entonces un principio con selectividad absoluta.

Las funciones diferenciales (87) utilizan este principio de operación.

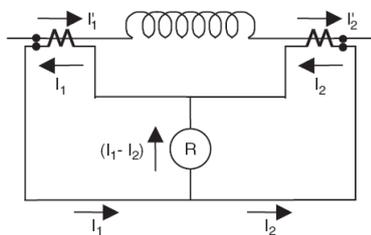
A veces ramas con corrientes despreciables o bajas no son medidas y esto se compensa o considera en la aplicación concreta del principio de zona.

Casos típicos de equipo protegido son:

Transformador, generador, bobinado de un transformador, línea o cable, motor, reactor, barra.

Se puede aplicar el principio a:

- una fase dada de un equipo (fase R de un transformador o línea),
- una zona de un equipo cuyas ramas medidas estén conectadas galvánicamente (bobinado de un transformador, generador)
- etc.



Para desarrollar este principio se pueden usar:

- Comparadores de fase
- Comparadores de amplitud

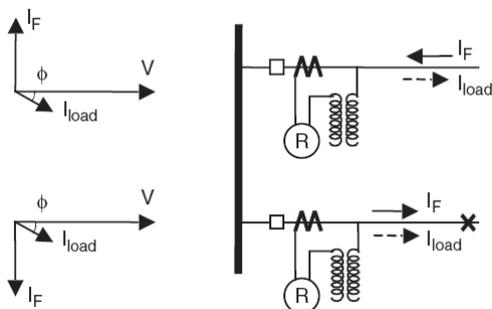
Principio de Dirección.

Una protección que detecta dirección puede discriminar si el defecto se encuentra a un lado u otro del punto de medida de corriente.

Por todo ello el principio de dirección es de selectividad relativa.

El principio de medición direccional se basa en la medida de potencia u otro similar.

Por lo tanto se precisa la medida de otra medida, generalmente una tensión (puede ser otra corriente).



La protección elabora una expresión función de las dos magnitudes medidas, en que se considera el argumento entre ellas.

La primera magnitud (corriente en el punto desde el que se quiere conocer la dirección) es la magnitud de operación.

De ella interesa el defasaje respecto de la referencia (magnitud de polarización).

La segunda magnitud (por ej. tensión generalmente) es la magnitud de polarización.

De ella importa fundamentalmente su argumento que se usa como referencia de ángulos. Y por supuesto importa que tenga un nivel significativo (que pueda ser usada como referencia).

Las funciones de protección direccionales como lo son sobrecorriente direccional (67, $\vec{I} >$), potencia (32, $\vec{P} >$) tanto de fases como de neutro usan este principio de operación.

La aplicación práctica del principio de dirección implica también un alcance máximo hasta el que puede medir dirección (hasta cuán lejos puede medir).

El alcance no es infinito en una dirección dada. Se detectan defectos en una dirección u otra hasta un punto dado por la sensibilidad de la protección y/o el ajuste de nivel implementado.

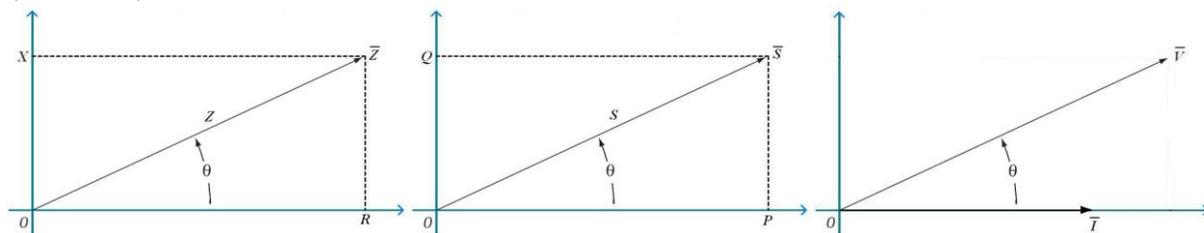
El ajuste de nivel implementado antes mencionado, se refiere a que muchas veces las funciones direccionales complementan el principio de dirección con el de nivel.

Importa entonces también la amplitud de la magnitud de operación (no solo su argumento).

También puede importar la amplitud de la magnitud de polarización (no solo su argumento).

El límite de sensibilidad, o punto hasta el que una función de protección direccional detecta defectos, se ve afectado por los errores de medida y fundamentalmente los cambios de configuración del sistema eléctrico. O sea que no es un punto fijo.

Nótese que en los tres planos (de impedancias, de potencias y de fasores V e I) el argumento θ (dirección) es el mismo.



$$\bar{Z} = Z_{\langle\theta\rangle} = \frac{V_{\langle\theta_V\rangle}}{I_{\langle\theta_I\rangle}} = \frac{V}{I} \langle(\theta_V - \theta_I)\rangle \quad \bar{S} = \bar{V} \hat{I} = V_{\langle\theta_V\rangle} I_{\langle-\theta_I\rangle} = V I_{\langle(\theta_V - \theta_I)\rangle} = S_{\langle\theta\rangle} \quad \theta = \theta_V - \theta_I$$

Nota.

Cuando se utilizan los términos Lead (Adelanto) y Lag (Atraso) referidos a una carga (o su $\cos \varphi$), se trata del ángulo de la corriente respecto de la tensión. Es el ángulo opuesto al de \bar{Z} .

Principio de Distancia.

El principio de distancia determina si la distancia entre el punto de observación y el punto en que se produce el defecto es mayor, menor o igual que una distancia prefijada.

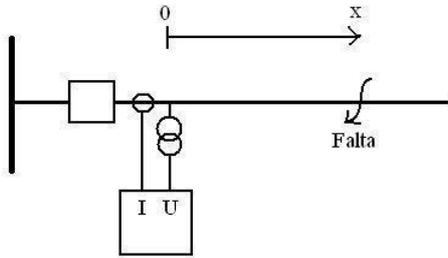
Por ello es un principio de selectividad relativa.

La medida de distancia se realiza midiendo impedancia. Se lo llama entonces principio de distancia o impedancia.

Por ello deben medirse corrientes y tensiones en un extremo del equipo protegido.

Este principio se utiliza para proteger líneas aéreas, cables subterráneos, transformadores, etc.

El origen de distancia está determinado por el punto en que se mide la tensión.



Normalmente se compara contra la impedancia directa (o de secuencia positiva).

Z - impedancia directa desde el punto observado hasta el cortocircuito

z - impedancia directa de la línea, en Ω/km

x - distancia desde el punto observado hasta el cortocircuito

$$x_{[\text{km}]} = \frac{Z_{[\Omega]}}{z_{[\Omega/\text{km}]}}$$

En una línea aérea uniforme (ideal) o un cable subterráneo, la impedancia es proporcional a su longitud.

Se puede deducir que la distancia al cortocircuito, para distintos casos es:

Para defecto trifásico:

$$x = \frac{1}{z} \times \frac{U_{AN}}{I_A}$$

Para defecto bifásico B-C:

$$x = \frac{1}{z} \times \frac{U_{BN} - U_{CN}}{I_B - I_C}$$

Para defecto monofásico A-N:

$$x = \frac{1}{z} \times \frac{U_{AN}}{I_A + K_0 \times I_N}$$

Se supuso:

- Cortocircuitos con resistencia nula
- Circuito sencillo (alimentación desde un solo extremo)

En casos de sistemas eléctricos más complejos el principio también es utilizable.

Las funciones de protección de distancia o impedancia ($21, Z<$) usan este principio de operación

Bibliografía y figuras:

- Power System Relaying. Stanley H. Horowitz, Arun G. Phadke.
- Curso Medidas y Protección en Sistemas Eléctricos de Potencia (IIE-FING-UdelaR). Jorge L. Alonso.
- Network Protection & Automation Guide (NPAG), ALSTOM (2002 y 2011).