



# PROTECCIONES – PROTECCIONES DE CIRCUITOS



## PROTECCIONES EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Jorge Antonio Jaimes Báez - MPE Ingeniero Eléctricista

# BIBLIOGRAFÍA

- **Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia** – Héctor Jorge Altuve Ferrer- Universidad Autónoma de Nuevo León- México
- **GUÍAS PARA EL BUEN AJUSTE Y LA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DEL STN.** Ingeniería Especializada Blandon – IEB – Julio 2000
- **Curso Protecciones Eléctricas** – Ingeniería Especializada Blandon – 2011
- **Protective relaying – Principles and applications.** J Lewis Blackburn Marcel Dekker, Inc. – 1987
- **IEEE BUFF BOOK - Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Comercial Power Systems** IEEE Industrial and Commercial Power Systems Committee. 1990
- **Electrical Distribution-System Protection.** Cooper Power Systems. Third Edition – 1990
- **Manual de Protecciones para Sistemas Eléctricos de Potencia.** Orlando Ortiz, César Rozo, Sandra Mendoza, William Chaparro. U. Nacional – ISA -2000
- **Protecciones Eléctricas – Notas de Clase.** Gilberto Carrillo Caicedo. UIS. 2007
- **Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión** – Segunda Edición. HVM - Mejía y Villegas Consultores.

# INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realizará una revisión de los principales esquemas de protección de líneas. Las líneas son los elementos del sistema que interconectan dos o más subestaciones y por su longitud, son los elementos más expuestos a fallas dentro de un sistema de potencia, razón por la cual hay que tener especial cuidado con la protección de las mismas

## SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

La selección del esquema de protección más adecuado está influenciado por varios factores, los cuales se describen a continuación:

- a. Importancia y función de la línea*
- b. Factores del Sistema*
- c. Comunicaciones*
- d. Tecnologías nuevas vs. Tecnologías viejas*
- e. Compromisos del diseño del esquema de protección*

## SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

### *Importancia y función de la línea*

Este es uno de los aspectos más relevantes en la protección de la línea de transmisión, dado que dependiendo de la importancia de la línea en el sistema se define el nivel de confiabilidad requerido.

En general, en las líneas más críticas del sistema se justifica la redundancia en la protección, las comunicaciones y en la fuente auxiliar de DC. Las líneas menos críticas se pueden proteger adecuadamente con relés de distancia y de sobrecorriente.

## SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

### *Importancia y función de la línea*

La determinación de la importancia de la línea se debe basar en el nivel de voltaje, longitud de la línea, proximidad a fuentes de generación, flujos de carga, estudios de estabilidad, consideraciones de servicio al cliente y otros factores.

En Colombia el Código de Red establece que todas las líneas de 220 kV o superiores son importantes, razón por la cual exige doble protección principal y redundancia en CT y en PT.

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Factores del Sistema*

En la selección de la protección de la línea, se deben tener en cuenta factores relacionados con los requerimientos del sistema o con la configuración de la línea, así:

### **- *Requerimientos de tiempo de despeje de falla***

La consideración del tiempo de despeje de falla no sólo influye en la selección de los relés principales sino también en la de la protección de respaldo local o remota, dado que el sostenimiento de una falla por un tiempo muy largo puede afectar la estabilidad del sistema.

Cuando la línea a proteger tiene incidencia en la estabilidad del sistema, se prefieren los esquemas fiables, como por ejemplo la doble protección principal y el respaldo remoto en segunda y tercera zonas.

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Factores del Sistema*

### ***- Requerimientos de tiempo de despeje de falla***

En Colombia, donde se tiene el esquema tendiente a la fiabilidad, de doble protección principal, las líneas que requieren alta fiabilidad y velocidad por problemas de estabilidad, se prefieren proteger con relés de protección de línea que tengan principio de funcionamiento diferente. Esto mejora substancialmente la fiabilidad pero afecta la seguridad, como lo ha demostrado la experiencia operativa.

Las líneas, cuya pérdida signifique racionamientos y problemas sociales, más que problemas de estabilidad, pueden tener una orientación más segura, utilizando por ejemplo dos relés de distancia de igual principio de protección.

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Factores del Sistema*

### **- Longitud de la línea**

Las líneas de transmisión pueden ser definidas o clasificadas como cortas, medias o largas. Esta clasificación no depende únicamente de la longitud de la línea sino también del nivel de tensión de la línea, el cual a su vez tiene un efecto muy importante en el SIR de la línea.

El SIR es la relación entre la impedancia de la fuente situada detrás de la protección de la línea y la impedancia de la línea ( $SIR = Z_G/Z_L$ ).

Normalmente, para una longitud de línea dada, la impedancia en por unidad (P.U.) varía mucho más con el voltaje nominal que la impedancia en Ohm. Este factor conjuntamente con las diferentes impedancias de cortocircuito a niveles de voltaje diferentes, muestran que el voltaje nominal de una línea tiene un efecto significativo en el SIR de la línea.

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Factores del Sistema*

### **- Longitud de la línea**

En conclusión, la línea se debe clasificar como corta, media o larga según el valor del SIR y no solamente según su longitud. De acuerdo a lo anterior, las líneas se clasifican así:

Líneas Cortas: aquellas cuyo SIR es mayor o igual 4.

Líneas Medias: aquellas cuyo SIR está entre 0.5 y 4.

Líneas Largas: aquellas que tienen un SIR menor o igual a 0.5.

La clasificación de las líneas es muy importante para la selección del esquema, dado que las líneas muy cortas o las líneas muy largas pueden requerir esquemas de protección especiales.

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Factores del Sistema*

### **- Longitud de la línea**

Para protección de líneas cortas se recomienda el uso de esquemas de protección completamente selectivos como hilo piloto, corriente diferencial o comparación de fases, dado que la diferencia en los aportes de corriente para falla cerca al relé o en el terminal remoto, es muy pequeña, dificultando de esta forma leer la variación de la impedancia con precisión. Adicionalmente, no se recomienda el uso de protección distancia como protección principal, dado que factores tales como la resistencia de arco o la impedancia de falla pueden causar subalcance en el relé.

Para la protección de líneas de longitud media, se puede utilizar sin problema la protección de distancia, dado que la discriminación del relé es más efectiva en líneas con SIR menor que cuatro (4).

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Factores del Sistema*

### **- Longitud de la línea**

Las líneas largas, conectadas entre sistemas débiles o siendo ellas mismas débiles en comparación con los sistemas que unen, generalmente requieren disparos de alta velocidad para evitar problemas de estabilidad en el sistema. Estas líneas pueden tener otros elementos incluidos, tales como condensadores en serie, lo cual hace variable la impedancia total de la línea bajo ciertas condiciones e introduce comportamientos transitorios que hacen difícil la selectividad. Los esquemas de protección que más se recomiendan para este tipo de líneas compensadas son la comparación de fases y la comparación direccional, utilizando PLC (Power Line Carrier) o microondas.

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Factores del Sistema*

### **- *Tamaño de la fuente***

El tamaño de la fuente que alimenta la línea determina los niveles de corriente de falla y afecta la capacidad de los sistemas de protección para proveer una adecuada selectividad. Si el tamaño de la fuente está sujeto a variaciones significativas debido a cambios en las condiciones de operación, la protección debe ser tan flexible que pueda ser fácilmente modificada o adaptada automáticamente para acomodarse a tales variaciones.

### **- *Configuración de la línea:***

El número de terminales o la influencia de condensadores en serie o reactores en paralelo, en ocasiones requieren prácticas de protección especiales.

# SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

## *Comunicaciones*

La selección del sistema de comunicaciones asociado con la protección de la línea debe hacerse en forma paralela a la selección de la protección, para garantizar que sean compatibles. La tendencia más moderna es separar los canales de comunicaciones para cada protección principal y para cada protección de respaldo de sobrecorriente direccional a tierra.

## SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

### *Tecnologías nuevas Vs Tecnologías viejas*

Las nuevas tecnologías suministran grandes ventajas, entre las que se cuentan: cargas más bajas para los CT's, mayor sensibilidad, rangos de ajuste amplios, posibilidades de varios grupos de ajustes, gran flexibilidad, posibilidades para resolver problemas especiales de protección, etc. Adicionalmente, hoy día, las tecnologías numéricas nuevas son más baratas que las tecnologías antiguas analógicas electrónicas o electromecánicas

## SELECCIÓN DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN

### *Compromisos del diseño del sistema de protección*

El diseño del sistema de protección puede requerir compromisos considerables. La confiabilidad es uno de ellos y resulta como una combinación entre fiabilidad y seguridad, las cuales, a menudo, son parcialmente excluyentes. Otros compromisos son: confiabilidad vs. costo, velocidad vs. seguridad, simplicidad vs. flexibilidad, independencia del diseño y fabricante vs. normalización, etc. El análisis y evaluación de todos estos compromisos es lo que permite finalmente al ingeniero de protecciones hacer la selección más apropiada del esquema de protección a utilizar.

## CONSIDERACIONES DE REDUNDANCIA Y RESPALDO

La redundancia para protecciones de líneas de transmisión se puede lograr por métodos diferentes, cada uno con niveles variados de complejidad, beneficios y costos. Esos métodos incluyen dos o más esquemas de protección duplicados, protección de respaldo local, respaldo remoto, y la duplicación de las fuentes de DC, de los CT's, PT's y bobinas de disparo del interruptor.

Los esquemas de respaldo local pueden constar de otros dispositivos de protección con características similares de protección (relés de sobrecorriente, relés de falla interruptor, etc.). El respaldo local actúa, normalmente, en un tiempo menor que el respaldo remoto.

## ESQUEMAS DE RELÉS

Los esquemas de relés pueden ser con señales piloto o sin señales pilotos

- *Esquemas sin señales piloto o no completamente selectivos*

Los esquemas sin señales piloto pueden ser:

- Relés de sobrecorriente no direccional
- Relés de sobrecorriente direccional
- Relés de distancia

## ESQUEMAS DE RELÉS

### - *Esquemas pilotos o completamente selectivos*

Los esquemas pilotos utilizan canales de comunicación para enviar información desde el terminal local del relé hasta el terminal remoto. Con estos esquemas se logran disparos muy rápidos cuando ocurren fallas dentro de la línea protegida.

Los esquemas de comparación de corriente envían información relacionada con el ángulo de fase y, en algunos casos, con la magnitud de las corrientes del sistema entre los dos terminales de línea. Los esquemas de comparación direccional envían información sobre la dirección de la corriente de falla entre los terminales.

## ESQUEMAS DE RELÉS

### - *Esquemas pilotos o completamente selectivos*

Los esquemas pilotos pueden ser:

- Esquema diferencial de corriente
- Esquemas de comparación de fase
- Protección direccional de onda viajera

Este tipo de esquemas de protección no suministran respaldo remoto a líneas adyacentes, dado que una protección absolutamente selectiva se comporta solamente como una principal, razón por la cual, normalmente se complementan con funciones de distancia en el mismo relé.

### - *Esquemas de Teleprotección*

Los esquemas de teleprotección se utilizan como complemento a las protecciones de línea para acelerar el disparo cuando hay una falla dentro de la línea. Los esquemas de teleprotección pueden ser permisivos o de bloqueo. Estos esquemas se explican a continuación, con base en las definiciones de la norma IEEE Std. C37-113 de 1999.

- DUTT: Disparo Directo Transferido en Sub alcance (Direct Underreaching Transfer Trip).
- PUTT: Disparo permisivo transferido en Sub Alcance (Permissive Under-reaching Transfer Trip).

### - *Esquemas de Teleprotección*

- POTT: Disparo permisivo transferido en Sobre Alcance (Permissive Over-reaching Transfer Trip).
- Aceleración de Zona (Zone acceleration)
- CD: Disparo permisivo transferido por Comparación Direccional (Permissive Directional Comparison Transfer Trip).
- Bloqueo por comparación direccional (Directional Comparison Blocking)
- Desbloqueo por comparación direccional (Directional Comparison Unblocking)
- Comparación Direccional Híbrida o Desbloqueo con lógica Eco (Unblocking with Echo Logic).

### *- Funciones Adicionales*

En los esquemas de protección de línea, existen funciones adicionales que complementan el esquema de protección, aumentan la seguridad y fiabilidad del esquema de protección o permiten el manejo de comportamientos especiales de algunos puntos del sistema de potencia.

En este numeral se van a explicar cada una de esas funciones adicionales que se deben ajustar en los esquemas de protección y se darán los criterios más recomendados para su ajuste.

### - *Funciones Adicionales*

- Detección de oscilación de potencia
- Cierre en falla
- Pérdida de potencial (Fuse failure)
- Eco y fuente débil
- Discrepancia de polos
- Protección tramo de línea
- Desenganche del disparo
- Protección sobre y baja tensión
- Relé de recierre y verificación de sincronismo
- Protección de falla interruptor

## CRITERIOS APLICACIÓN PROTECCIONES EN REDES DISTRIBUCIÓN

A diferencia de las subestaciones donde prácticamente la totalidad de las fallas son de naturaleza permanente, en las redes de distribución un alto porcentaje de las mismas son de naturaleza transitoria.

Bajo estas premisas y considerando las características de los equipos utilizados en sistemas de distribución, puede establecerse que existen fundamentalmente dos tipos de dispositivos para sistemas de distribución, en función de la naturaleza de una falla.

## CRITERIOS APLICACIÓN PROTECCIONES EN REDES DISTRIBUCIÓN

### *Dispositivos de protección contra fallas permanentes*

Son aquellos que por sus características de operación requieren ser reemplazados o restablecidos para energizar nuevamente un elemento del sistema.

Este tipo de dispositivo reaccionan desconectando del sistema la porción dañada independiente de que la falla haya sido de naturaleza transitoria o permanente.

Su operación implica una interrupción considerable en el suministro de energía, cuya duración dependerá de la localización y reparación de la falla así como del dispositivo de protección operado. *Los equipos típicos son fusibles y seccionadores*

## CRITERIOS APLICACIÓN PROTECCIONES EN REDES DISTRIBUCIÓN

### *Dispositivos de protección contra fallas transitorias*

Son aquellos que por sus características de operación disponen de la función de auto-restablecimiento o recierre automático y no requieren ser reemplazados o restablecido para energizar nuevamente el elemento del sistema fallado.

Operan desconectando momentáneamente la parte fallada e independientemente de que la falla haya sido de naturaleza transitoria o permanente, re-energizan el elemento protegido.

Su operación implica una interrupción momentánea (falla transitorias) en el suministro de energía, cuya duración dependerá del tiempo del recierre. Si la falla es de naturaleza permanente, el dispositivo al completar su secuencia de operación ajustada, abre y queda bloqueado, dejando aislado el sistema fallado.

## CRITERIOS APLICACIÓN PROTECCIONES EN REDES DISTRIBUCIÓN

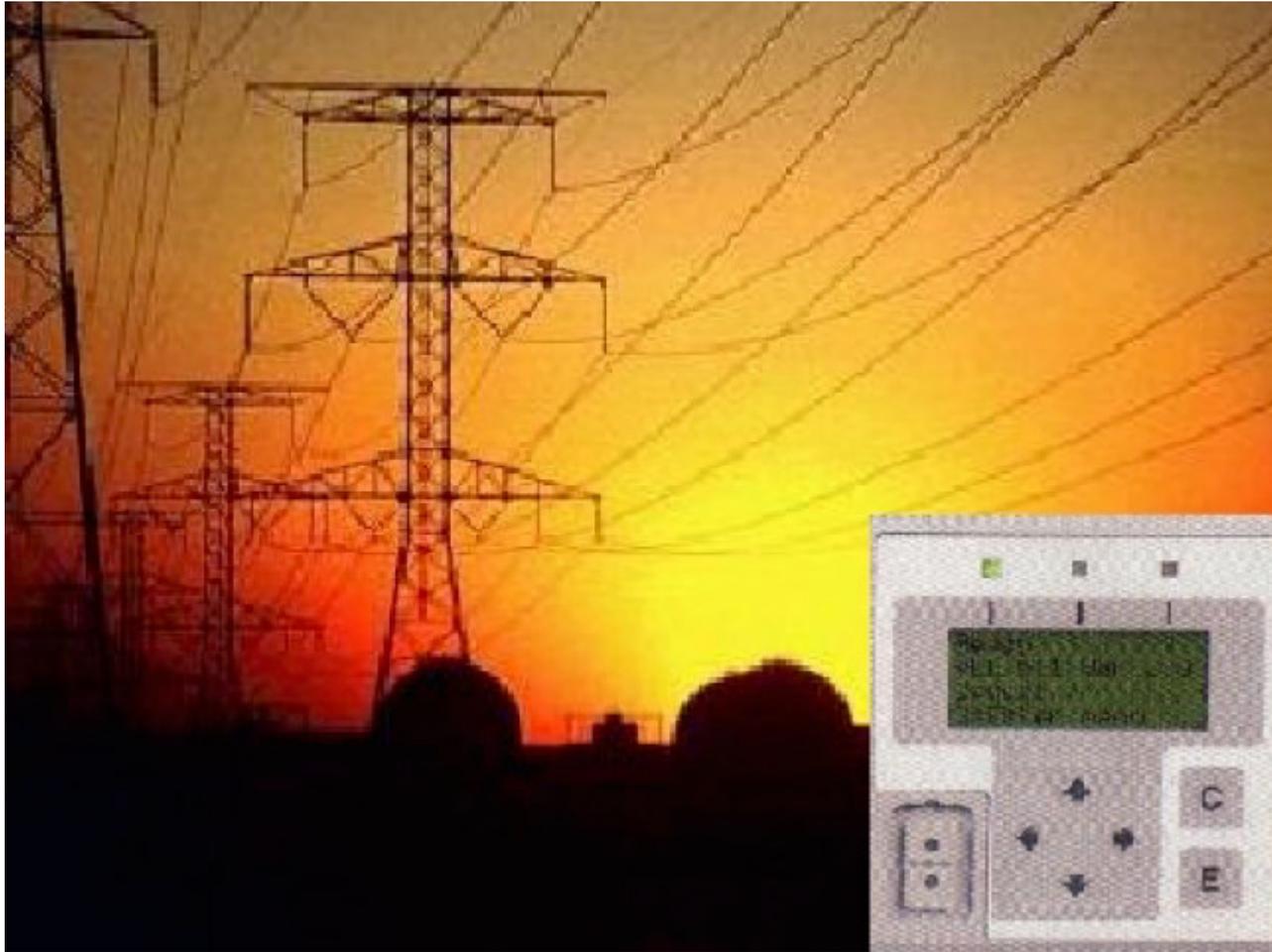
### *Dispositivos de protección contra fallas transitorias*

Los equipos típicos para esta aplicación son básicamente *los recierres (restauradores) e interruptores con relés de protección y recierre automático.*

La aplicación de sistemas de protección en una línea de distribución debe contemplar dispositivos para protegerla tanto contra fallas de naturaleza transitoria, como para fallas de naturaleza permanente.

Esto implica que deben coexistir de manera coordinada ambos tipos de dispositivos, siendo necesario la adecuada aplicación de criterios de coordinación entre los diferentes equipos.

# PROTECCIÓN CON SOBRECORRIENTES (50, 51)



## PROTECCIÓN LÍNEAS CON SOBRECORRIENTE (50, 51)

La protección de sobrecorriente es la forma más simple y la menos costosa de proteger una línea. Esta protección permite aclarar las fallas en la línea con un retardo de tiempo que depende de la magnitud de corriente circulante, suministrando un respaldo para los terminales remotos.

Los relés de fase operan para todo tipo de falla pero el ajuste de la corriente de arranque debe estar por encima de la máxima corriente de carga esperada. El disparo de los relés de sobrecorriente puede ser instantáneo, retardado por un tiempo fijo o retardado por un tiempo inversamente proporcional a la magnitud de la corriente.

## PROTECCIÓN LÍNEAS CON SOBRECORRIENTE (50, 51)

Las normas ANSI/IEEE C37.112-1996 e IEC 255-4 definen las ecuaciones para cada una de las características Tiempo vs. Corriente. Las curvas normalizadas son: Inversa, Moderadamente Inversa, Muy Inversa y Extremadamente Inversa. Sin embargo, los fabricantes de relés de sobrecorriente en ocasiones ofrecen otras posibilidades de curvas adicionales a las normalizadas

## PROTECCIÓN LÍNEAS CON SOBRECORRIENTE (50, 51)

Cuando las líneas se protegen con relés de sobrecorriente, es necesario buscar la coordinación con los demás dispositivos de protección, no sólo de la línea protegida sino también de los elementos adyacentes (otras líneas, transformadores, etc.). El disparo instantáneo aplica si el punto de arranque de la unidad instantánea se puede ajustar en un valor tal que la relación entre la corriente de cortocircuito del extremo del relé, sobre la corriente de cortocircuito del extremo final de la línea, sea superior a 1,5.

## PROTECCIÓN LÍNEAS CON SOBRECORRIENTE (50, 51)

Los relés de sobrecorriente no direccionales no son muy usados para proteger líneas de transmisión dado que éstas, por lo general, tienen al menos dos fuentes de alimentación de corrientes de falla y dichos relés tendrían que ser coordinados con los dispositivos de protección que están al frente y detrás del terminal de línea. Esto hace que la mayoría de las veces sea imposible la coordinación de estos relés.

## PROTECCIÓN LÍNEAS CON SOBRECORRIENTE (50, 51)

En algunas líneas de transmisión largas, terminadas en cargas o fuentes débiles, se pueden utilizar relés de sobrecorrientes no direccionales, dado que la contribución de corriente de falla en dirección reversa está muy limitada por la impedancia de la línea. Así mismo, en estas líneas, la magnitud de la corriente de falla es más alta para fallas cercanas al relé que para fallas en el extremo remoto. En estos casos, la utilización de relés de sobrecorriente de fases y de tierra instantáneos pueden dar una detección rápida y segura de fallas cercanas al relé.

## PROTECCIÓN LÍNEAS CON SOBRECORRIENTE (50, 51)

En conclusión, en líneas largas, dada la variación en la magnitud de la corriente de falla conforme varía el punto de falla, es relativamente fácil coordinar los relés de sobrecorriente no direccionales tanto de fases como de tierra. La coordinación de relés de sobrecorriente direccionales, usando características de tiempo definido, presenta una mayor simplicidad, por lo que, cuando se trata de protecciones de respaldo en líneas de transmisión, se recomienda su uso.

### Criterios para la coordinación en sistemas radiales

- Escoger el ajuste para la puesta en trabajo (pick-up) del relé de tal manera que funcione para todos los cortocircuitos de la línea y que brinde respaldo para cortos adyacentes. (el ajuste mínimo del valor de puesta en trabajo debe ser a la corriente de falla mínima, a condiciones de generación mínima, en el extremo más lejano de la línea adyacente)
- Los relés de fases se ajustan con la corriente de un cortocircuito línea a línea, que es la que presenta un menor valor, pero este ajuste no debe ser sensible a las corrientes máximas de carga de la línea, por lo tanto, los relés de sobrecorriente deben ser al menos dos veces la  $I_{max}$  de carga y no menor a 1.5 veces la  $I_{max}$  de la línea.
- Si existen dos o más líneas adyacentes, la falla debe ser asumida en la línea que ocasione un menor flujo de corriente por el relé que está siendo ajustado.

### Criterios para la coordinación en sistemas radiales

- El segundo paso en el ajuste de relés de tiempo inverso es el ajuste del tiempo de operación de tal forma que se obtenga selectividad con los relés de las líneas adyacentes.
- El ajuste de tiempo debe ser efectuado con las corrientes de falla máxima que pueden circular por el relé en condiciones de generación máxima (las fallas se suponen inmediatamente después del interruptor adyacente).
- Todos los relés de una cadena deben tener la misma característica de operación, de no ser así, la coordinación sería muy complicado y que es necesario comprobar la selectividad para todos los valores de corriente.

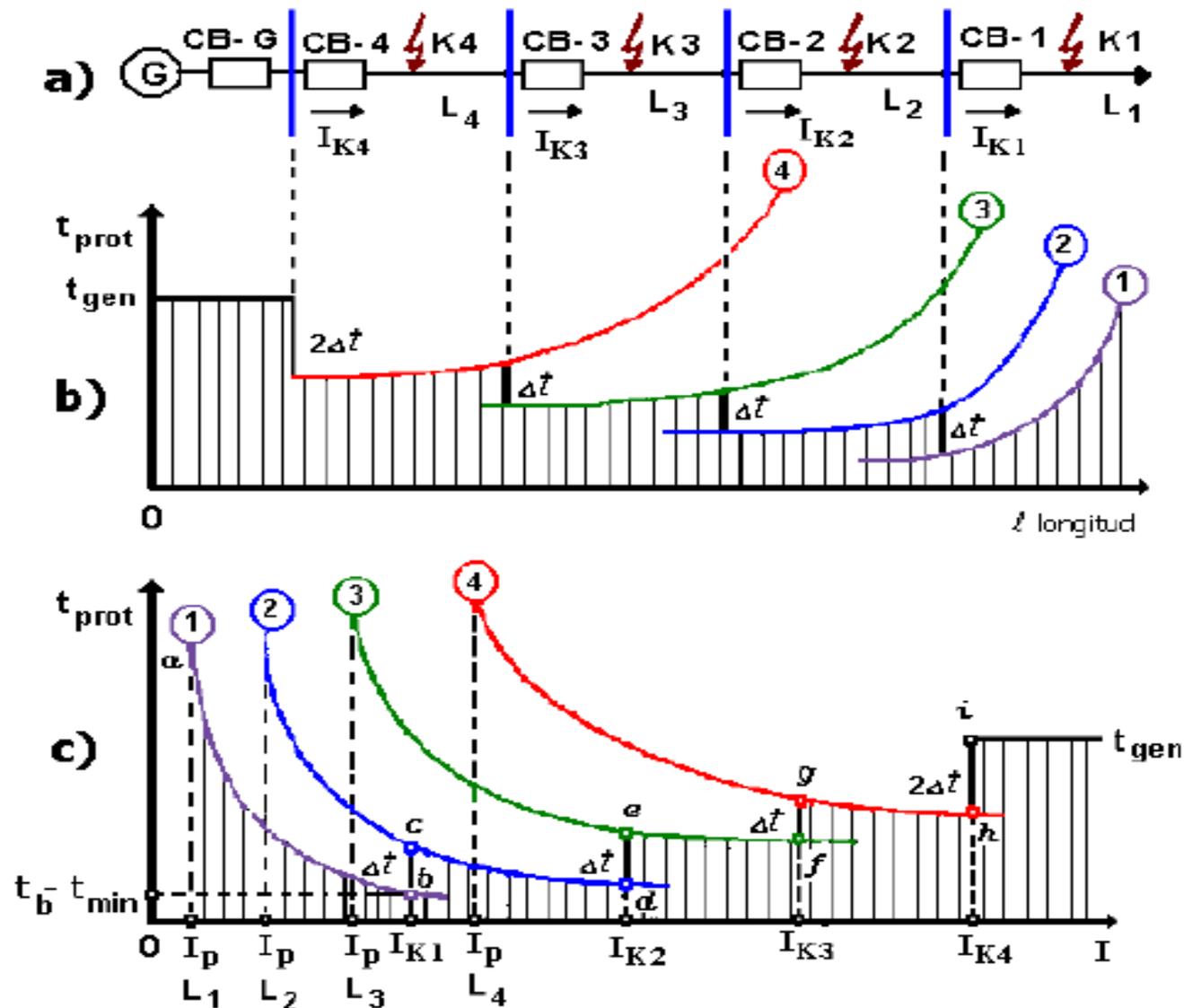
### Criterios para la coordinación en sistemas radiales

- La diferencia de tiempo que debe existir entre los tiempos de operación de dos relés consecutivos para lograr la correcta selectividad está dado por:

$$T1 = T2 + I2 + FS$$

- T1: Tiempo de operación del relé que se está ajustando
  - T2: Tiempo de operación del relé adyacente
  - I2: Tiempo de operación del interruptor adyacente
  - FS: Factor de seguridad
- 
- En resumen:  $\Delta T = I2 + FS = \text{Factor de coordinación}$ 
    - $\Delta T = 0.4$  segundos en relés electromecánicos
    - $\Delta T = 0.2$  segundos en relés de estado sólido o digitales

# PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE (50, 51)



Circuito radial con protección de sobrecorriente de tiempo inverso

a) Esquema de la red b) diagrama de protección con retardo de tiempo  $t = f(l)$

c) Diagrama de protección con retardo de tiempo en función de la corriente

### Selección de la curva de operación

#### ▪ Extremadamente Inversa:

- Coordinación con fusibles
- Coordinación con corrientes normales momentáneamente altas (magnetización trafo, arranque motores)
- En distribución (la corriente de corto no varía mucho con los cambios de generación)
- Cuando la corriente de corto varía considerablemente del principio al final de la línea.

### Selección de la curva de operación

#### ▪ Inversa:

- Cuando existe una alta impedancia de retorno
- Cuando no varía la corriente de corto entre el principio y el fin
- Cuando no se requiere coordinar con los dispositivos de protección de las cargas.
- Cuando se requiere un disparo relativamente rápido para corrientes bajas .
- Cuando varía la magnitud de la corriente de corto con los cambios de generación

### Estudios requeridos para el ajuste del 51

Para el ajuste del dial o multiplicador de tiempo de los relés de sobrecorriente de tierra, se requiere la simulación de fallas monofásicas francas ( $0.001\Omega$ ) y de alta impedancia ( $30\ \Omega$  ó  $50\ \Omega$ ) en varios puntos del sistema (por ejemplo, local, intermedia y remota) y el registro de las corrientes residuales vistas por cada uno de los relés a coordinar, no solo para las unidades de sobrecorriente no direccional a tierra, sino también para las direccionales a tierra.

Para el ajuste del dial de los relés de sobrecorriente de fases se simulan fallas bifásicas aisladas francas en varios puntos del sistema y se toman las mayores corrientes de falla de fase por cada uno de los relés involucrados.

El método consiste básicamente en determinar el tiempo de operación para la corriente de falla que circula por cada relé y verificar que éste opere primero y que los demás operen selectivamente.

### Verificaciones de los ajustes obtenidos

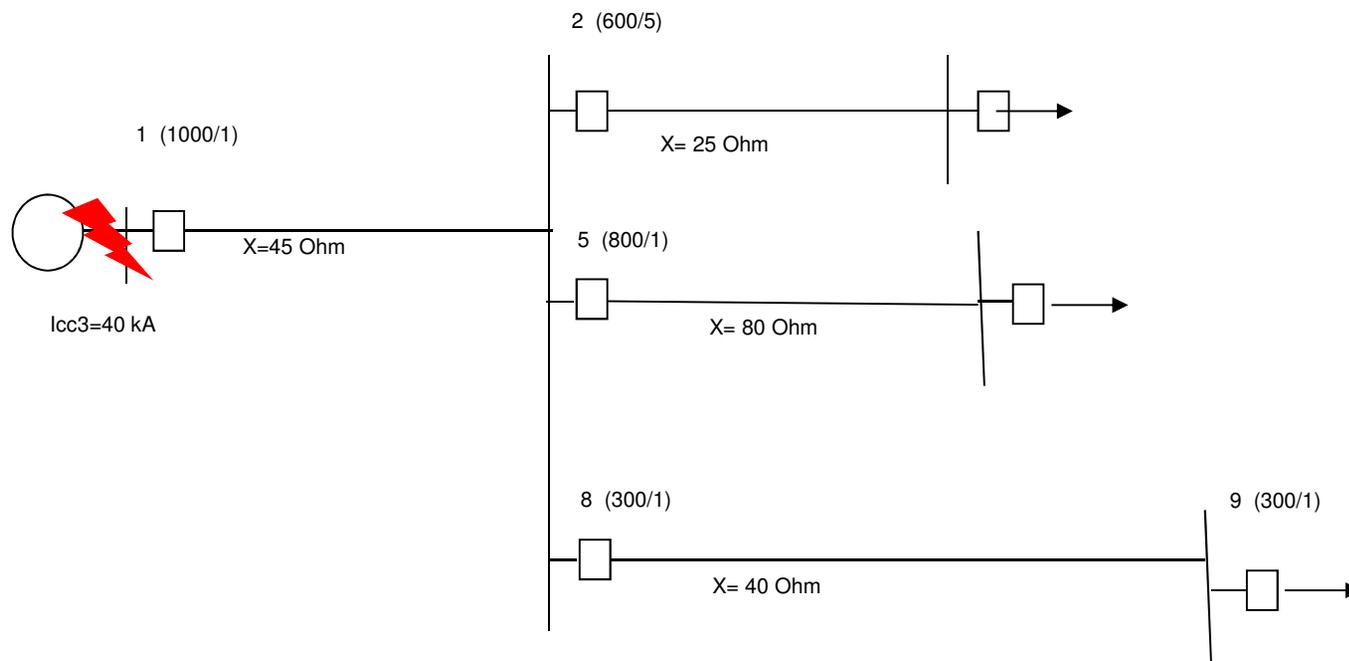
La anterior metodología se aplica para generaciones máximas (demanda máxima) y se realizan verificaciones en demanda mínima para diversas condiciones operativas.

Se deben verificar los ajustes obtenidos empleando la curva de soportabilidad de equipos, tales como transformadores de medida y de potencia.

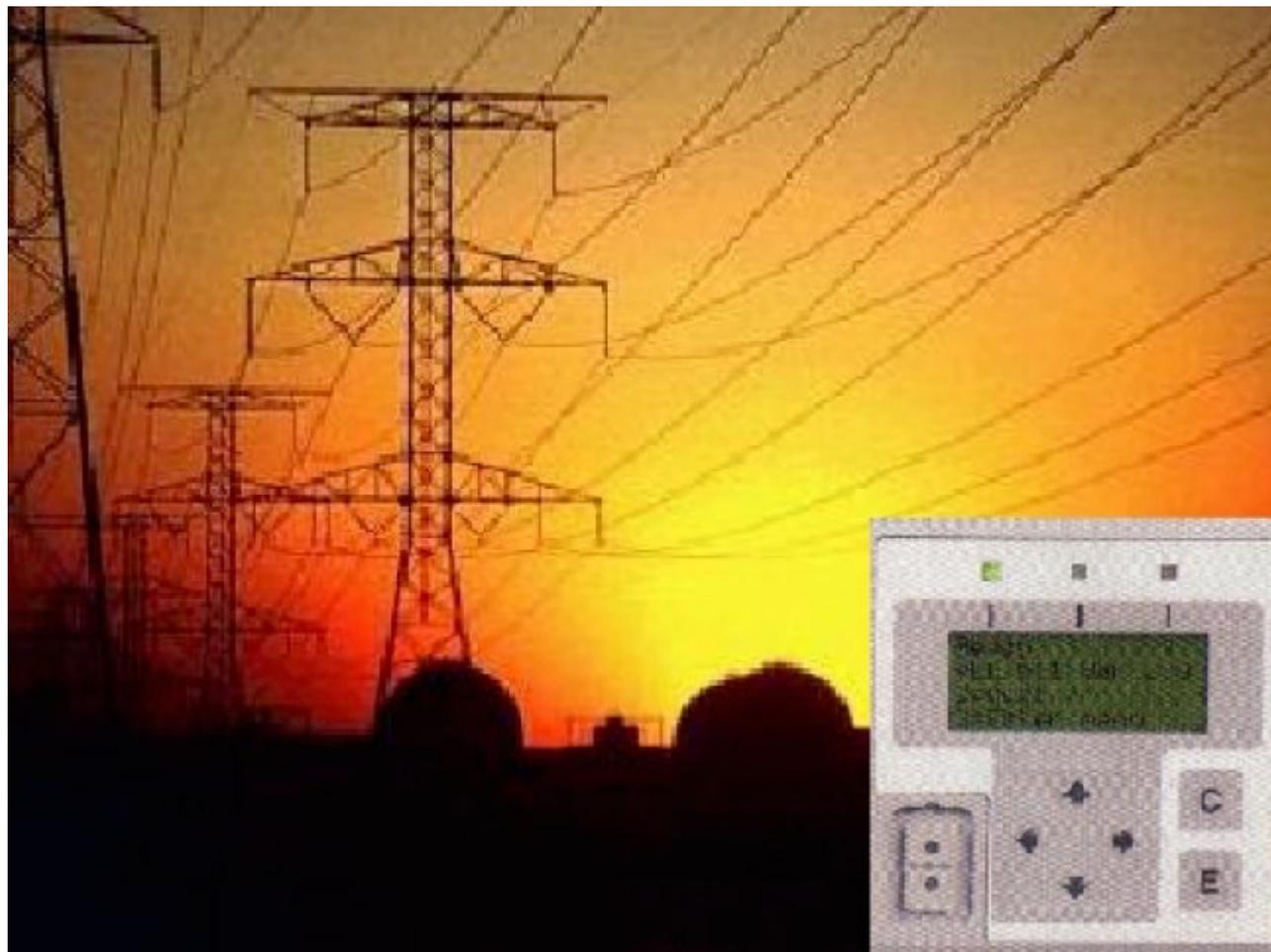
# PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE (50, 51)

## Ejemplo

Calcular los tiempos de operación y dial de los relés de sobrecorrientes indicados en la figura suponiendo que todos los relés tienen una curva de operación normalmente inversa. Tomen como corriente de arranque para todos los relés, el valor nominal de los transformadores de corriente en cada punto.  $K_s$  mínimo=0.1. Curva de todos los relés es Normalmente Inversa ( $K=0,14$  y  $n=0,02$ )



# PROTECCIÓN CON SOBRECORRIENTES DIRECCIONAL (67, 67N)



## PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL (67, 67N)

El Código de Redes en Colombia, exige que las protecciones de línea del STN sean respaldadas por protecciones de sobrecorriente direccional de fases y tierra.

Este esquema consta de cuatro (4) elementos de sobrecorriente de tiempo, uno para cada fase y uno para la corriente residual.

Las unidades instantáneas y de sobrecorriente de tiempo usadas en relés direccionales son idénticas en operación y diseño a las usadas en relés de sobrecorriente no direccionales, con la diferencia que la operación de una o ambas unidades es controlada o supervisada por una unidad direccional, con lo cual los relés de sobrecorriente direccional sólo responden a fallas en una sola dirección.

## PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL (67, 67N)

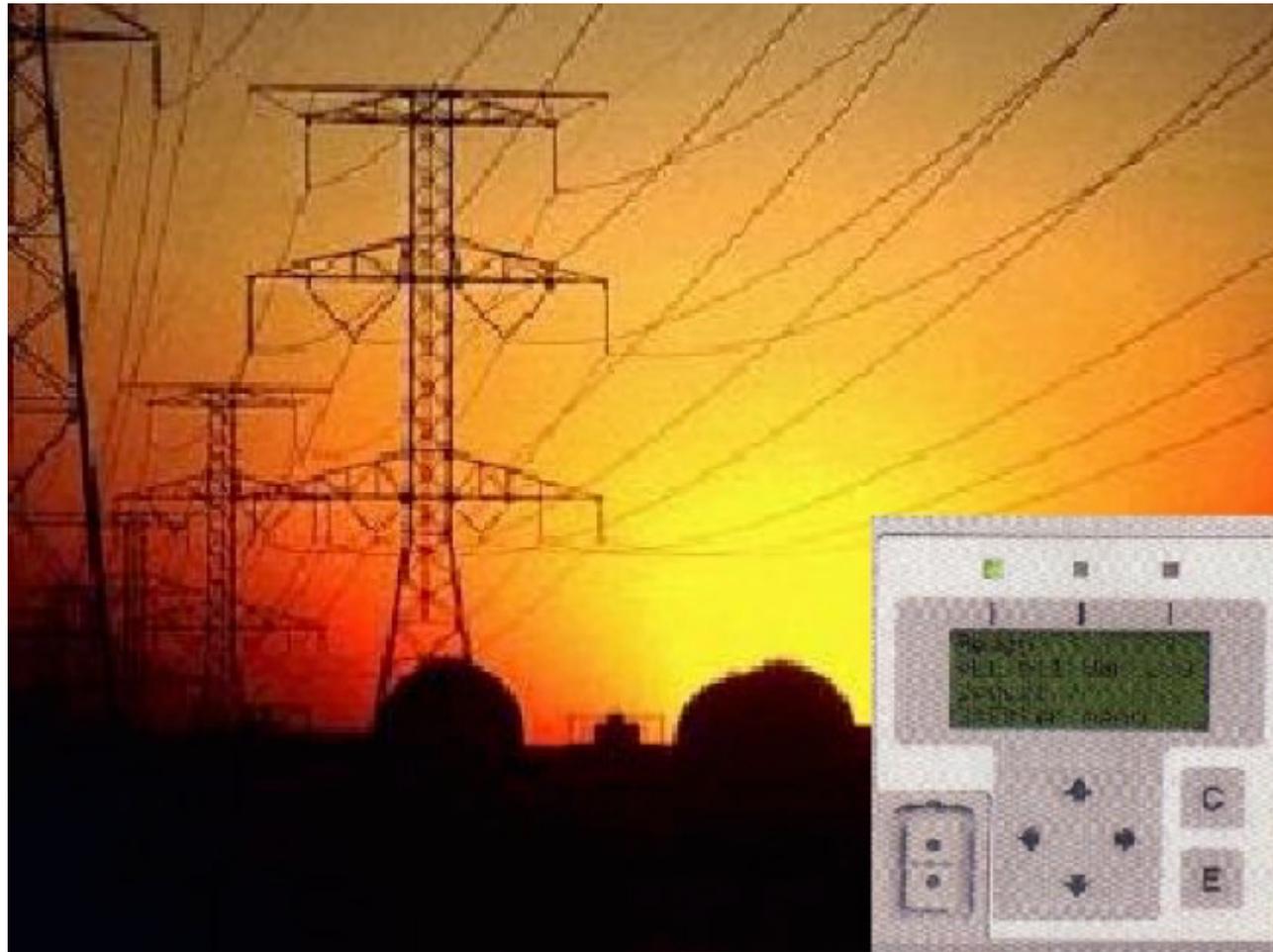
La direccionalidad viene dada por una entrada que puede ser de voltaje, de corriente o ambas. Los relés direccionales de fase son polarizados por el voltaje de fase, mientras que los relés de tierra emplean varios métodos de polarización, usando cantidades de secuencia cero o de secuencia negativa. Las unidades direccionales que se polarizan con secuencia negativa se prefieren en los casos donde los efectos de acoplamiento mutuo de secuencia cero hacen que las unidades direccionales de secuencia cero pierdan direccionalidad (líneas largas de doble circuito por ejemplo).

## PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL (67, 67N)

Los esquemas de relés de sobrecorriente direccional de fases se usan en sistemas enmallados donde la corriente de falla o de carga puede fluir en ambas direcciones. El arranque de los elementos de sobrecorriente deben ser ajustado por encima de la máxima corriente de carga en la dirección hacia adelante del relé, pero por debajo de la corriente normal de carga en dirección reversa.

Los requerimientos de ajuste de la corriente de arranque del elemento instantáneo y las características de corriente-tiempo son similares a los relés de sobrecorriente no direccional, pero considerando sólo las fallas en dirección hacia delante.

# PROTECCIÓN CON FUSIBLES



## PROTECCIÓN CON FUSIBLES

Los fusibles usados en derivaciones laterales sirven para dos propósitos: proteger los conductores de daño térmico en la zona comprendida desde el fusible hasta próximo dispositivo de protección aguas abajo (sí es usado) o al del final de la línea. Ellos también proporcionan seccionalización que en la mayoría de las aplicaciones indica la selección del fusible.

Los factores que determinan la corriente nominal del fusible y las características t-I son:

- a) Parámetros del circuito: corriente máxima de carga, voltaje del circuito, corriente de falla disponible, tamaño y tipo del conductor de línea.
- b) Características t-I de daño térmico del conductor.
- c) Dispositivo de protección aguas abajo y aguas arriba.

## PROTECCIÓN CON FUSIBLES

Si el objetivo es la protección del conductor, sus características t-l de daño deben ser consideradas. Esta información debe ser suministrada por los fabricantes de conductores y por el IPCEA (The Insulated Power Cable Engineers Association). Las curvas dan los tiempos requeridos para que las corrientes de falla calienten los conductores a una temperatura que causará el daño deseado. Las curvas de los fusibles deben ser más rápidas que las curvas de daño de los conductores para corrientes de falla superiores a la máxima disponible.

El fusible de la derivación lateral, ya sea que se seleccionen para protección del conductor o para seccionalización se deben coordinar con los dispositivos de protección aguas abajo y aguas arriba