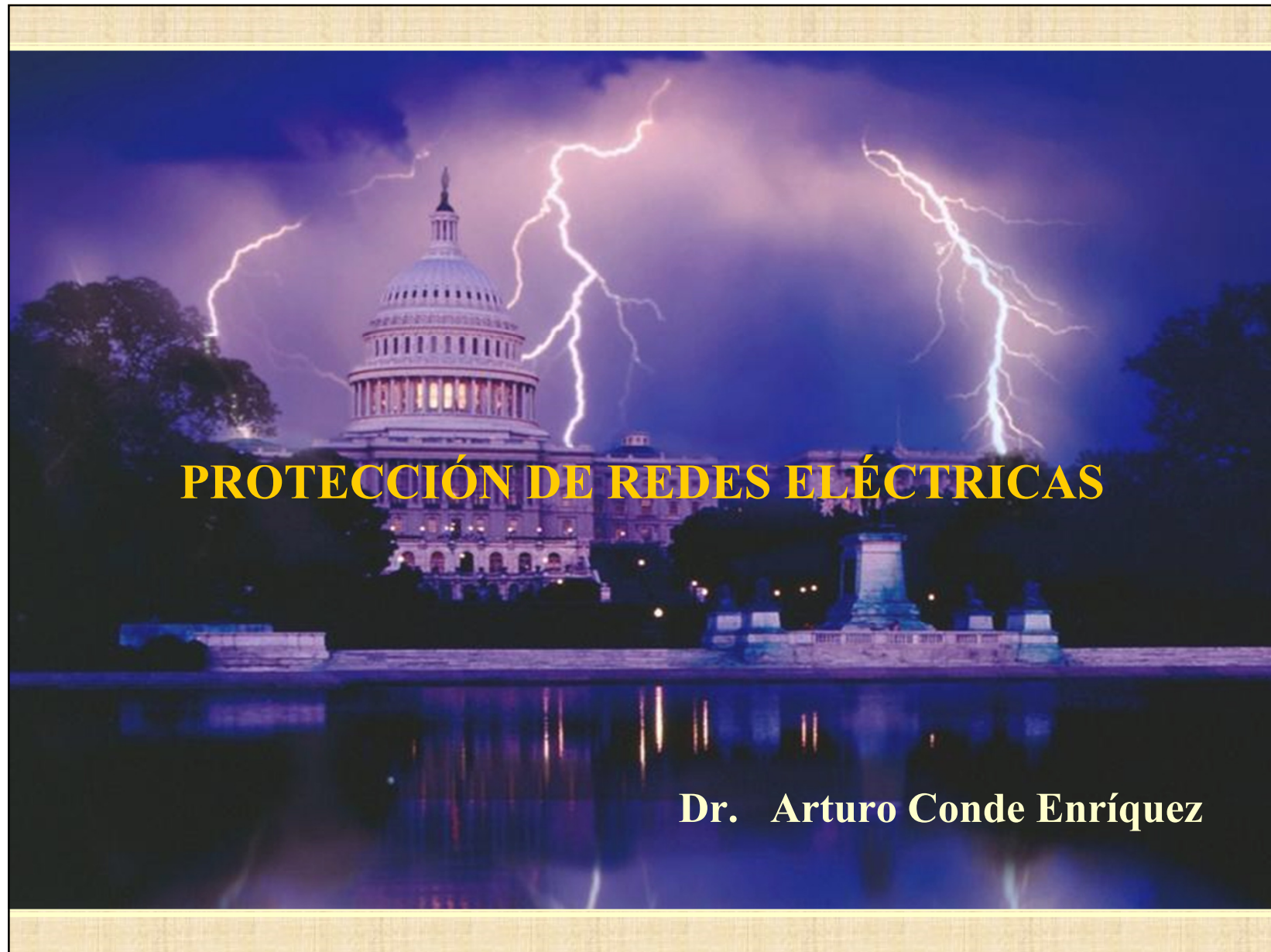
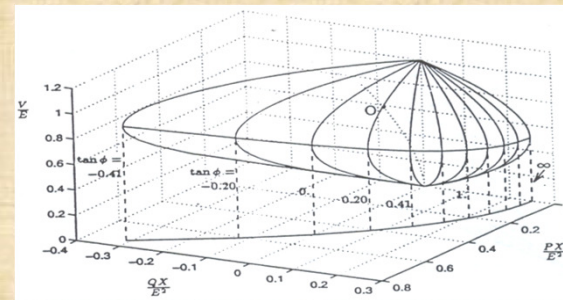
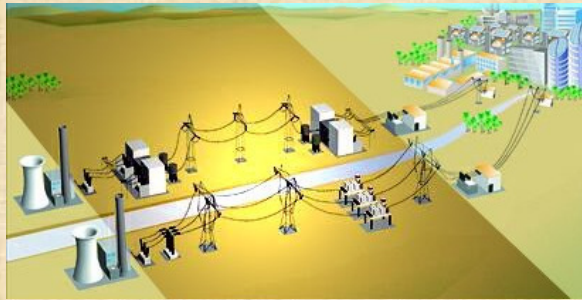




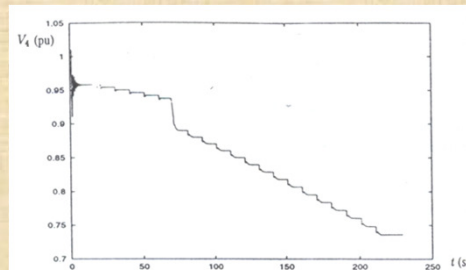
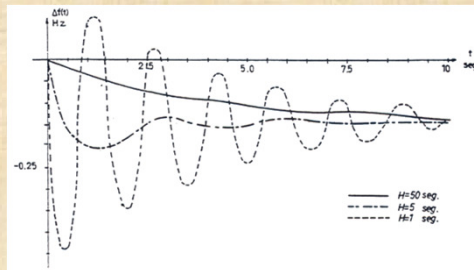
El objetivo principal de todo los sistemas de potencia es mantener un alto nivel de continuidad de servicio, minimizando los tiempos de fuera de servicio ante condiciones intolerables.

Disturbios

Estado Estable



Estado Transitorio



Monitoreo de variables para el diseño de sistemas de protección

50, 51

Sobrecorriente

59, 27

Sobre o bajo voltaje

Factor de potencia

87

Ángulo de fase

32, 67

Dirección de potencia y corriente

21

Impedancia

81

Frecuencia

46, 47

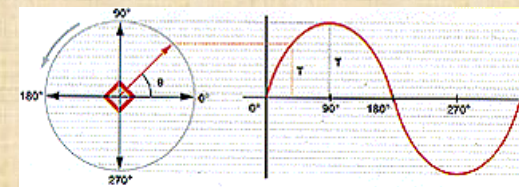
Contaminación eléctrica

49

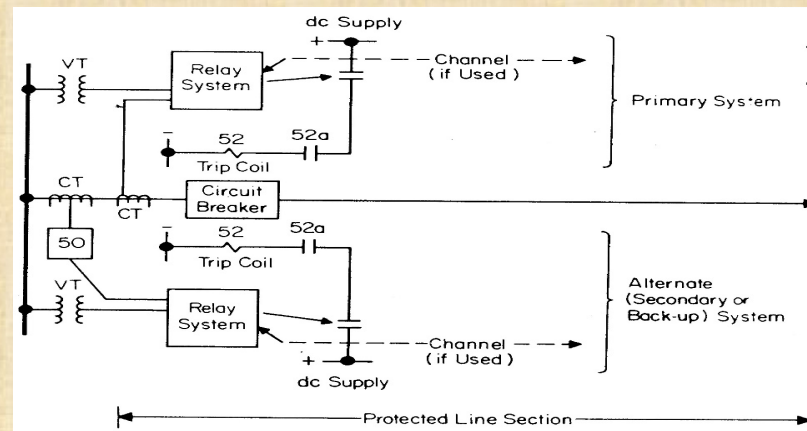
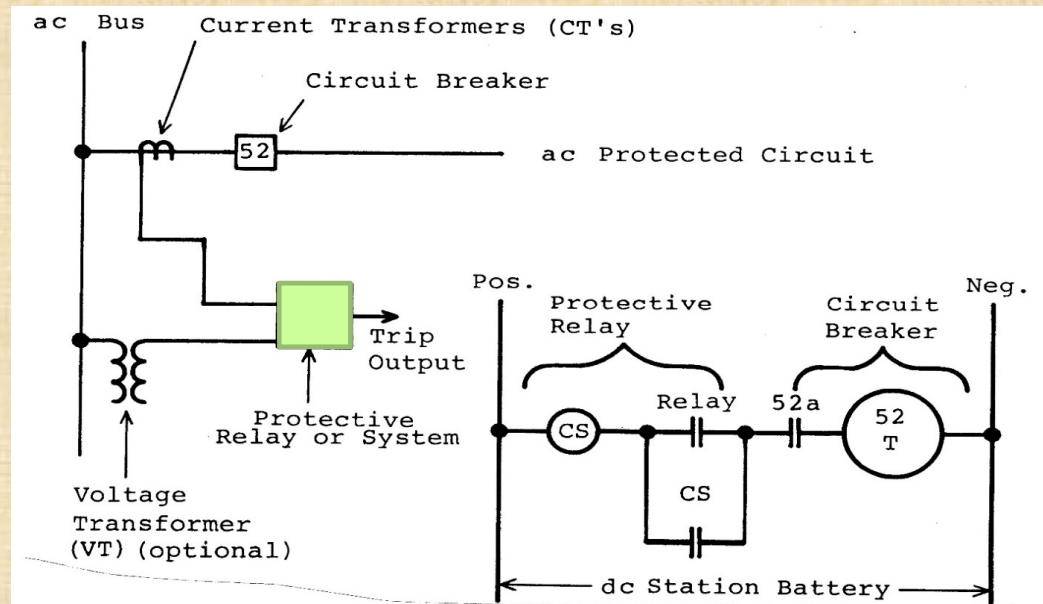
Temperatura

Desplazamiento físico

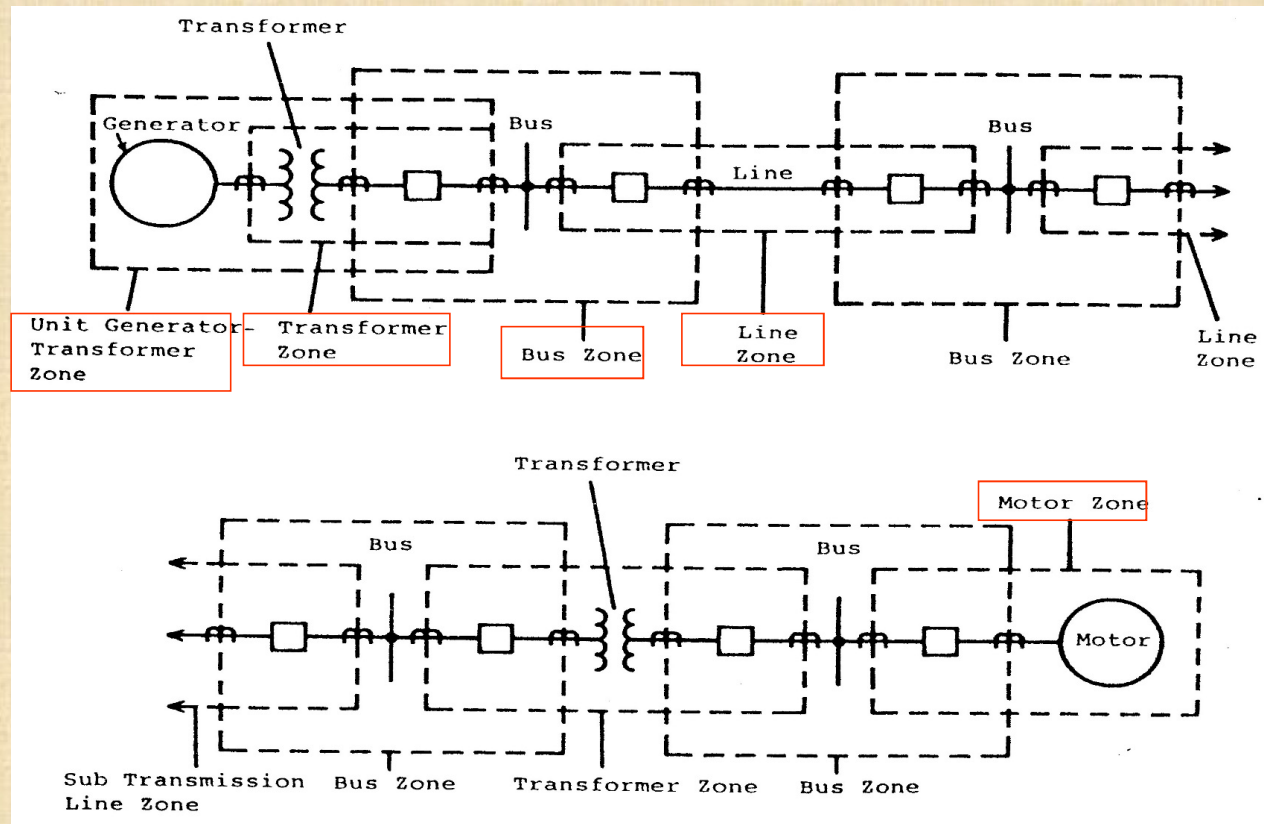
Presión



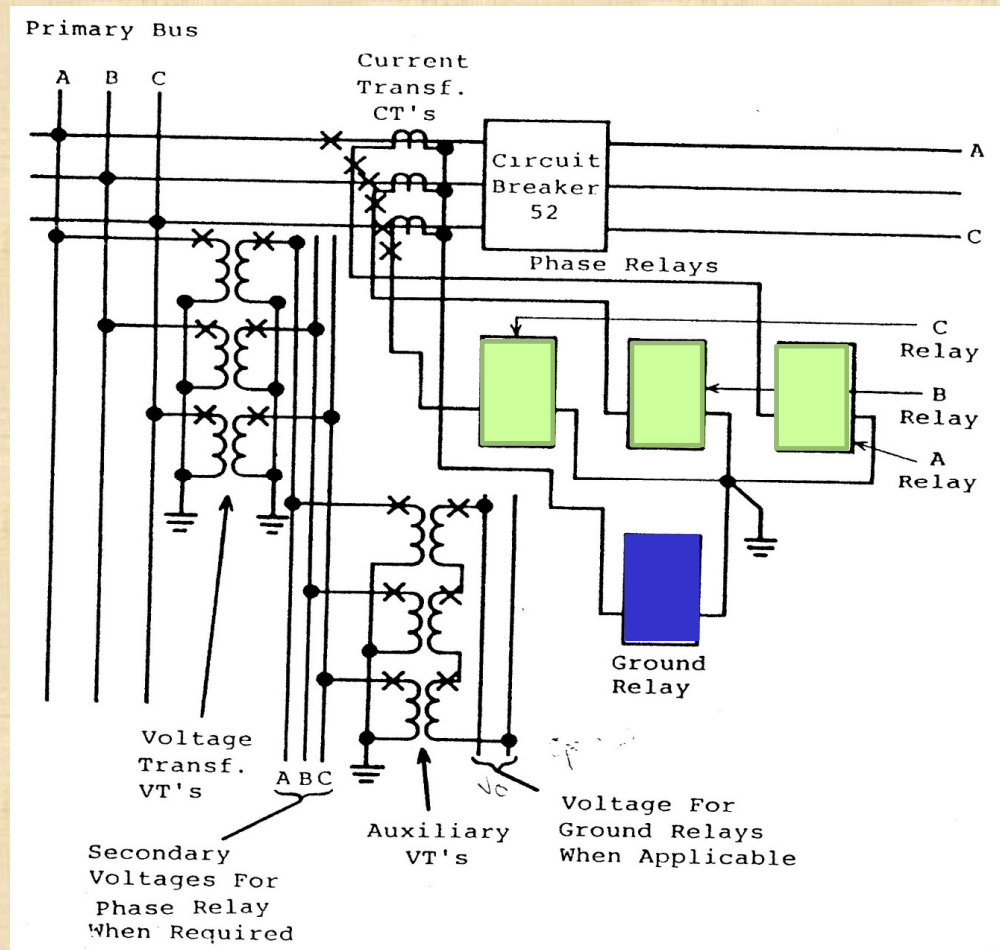
Estructura del sistema de protección



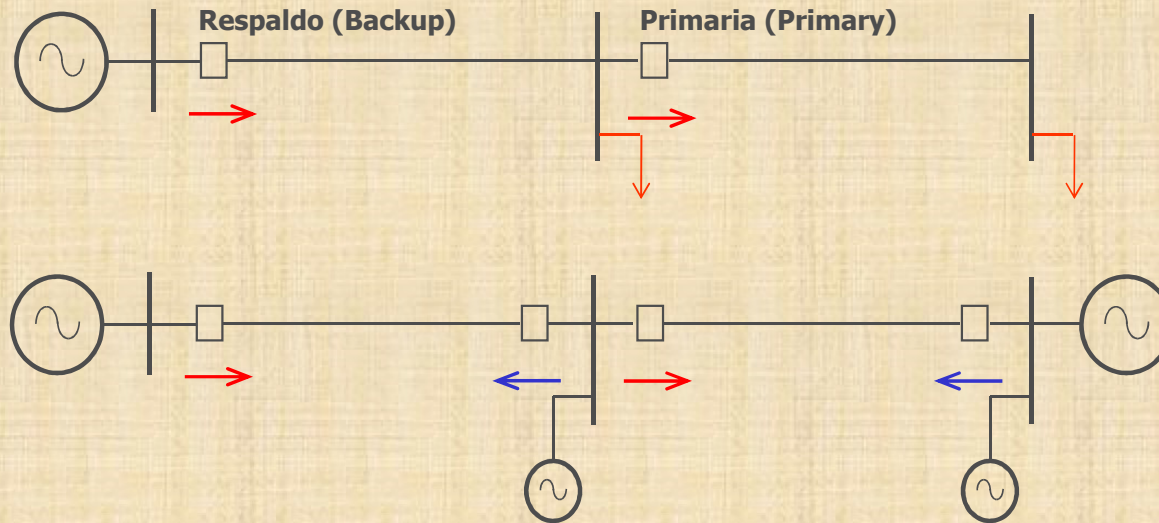
Protección de elementos



Protección de Fase y Tierra



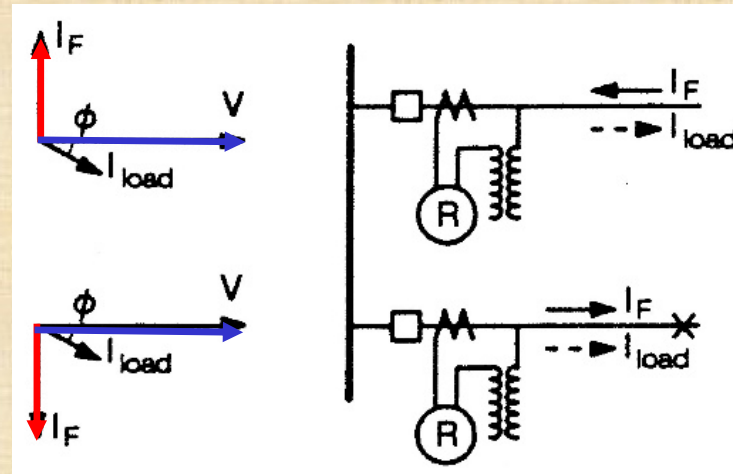
Direccionalidad



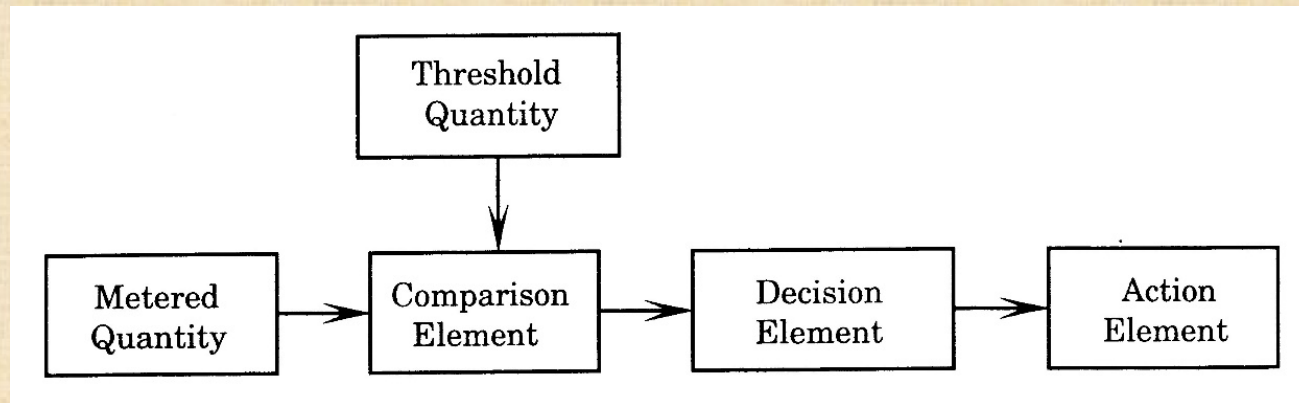
Cantidades

Operación. I_F

Polarización. V

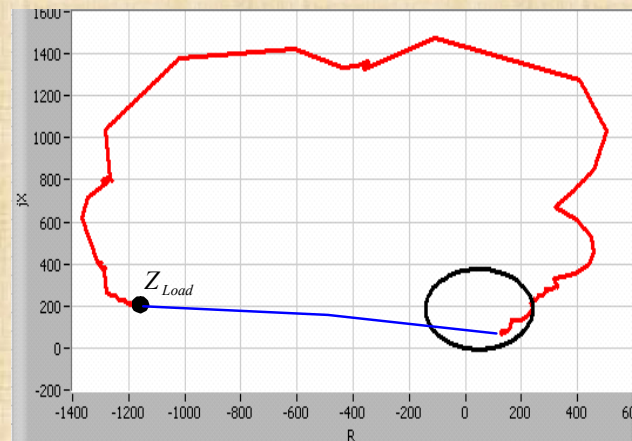
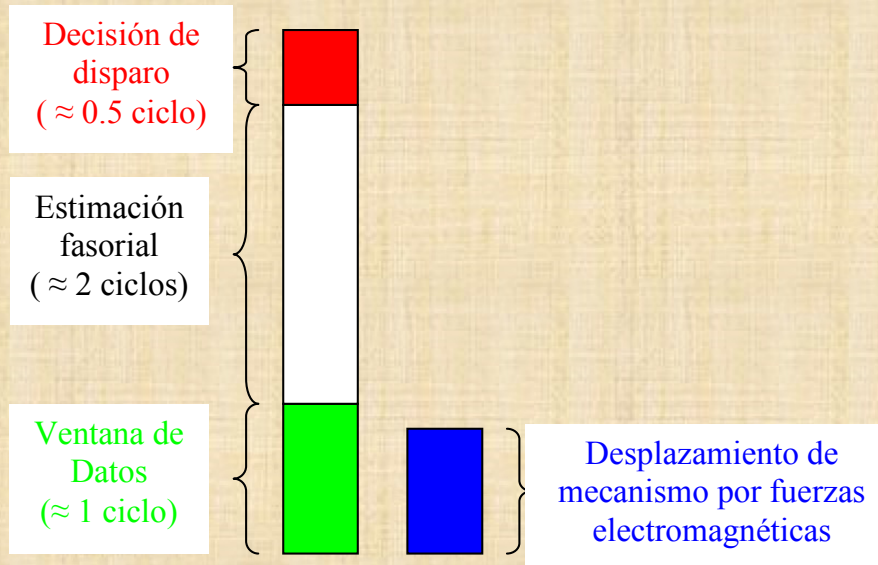


Estructura funcional de la protección



$$T_C = T_P + T_D + T_A$$

Tiempo de accionamiento de la protección



Requerimientos del esquema de protección

Velocidad de operación

Protecciones de muy alta velocidad, aunque son deseables, pueden incrementar las operaciones no deseadas.

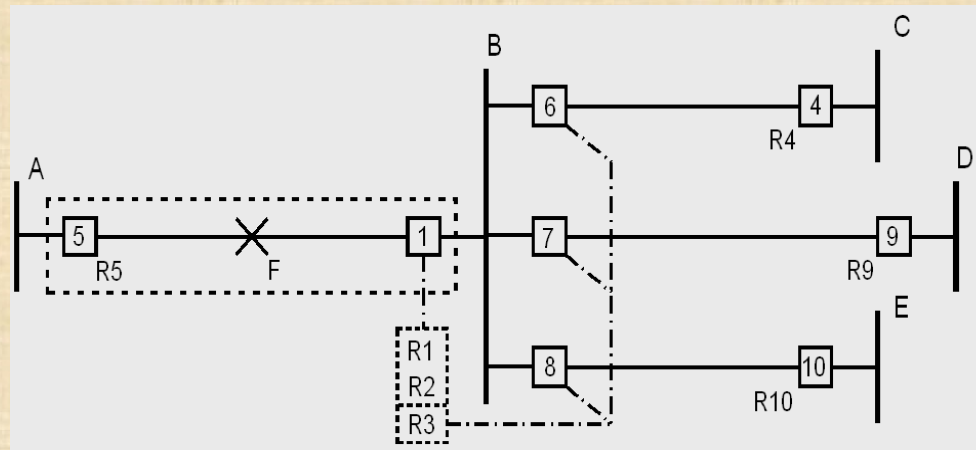


Velocidad de los sistemas de protección

- Instantáneo
- Retardo de tiempo
- Alta velocidad
- Ultra alta velocidad

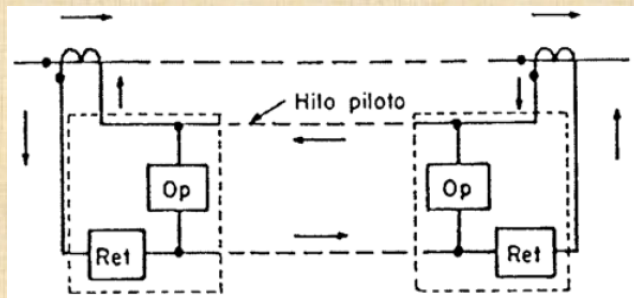
Tiempos admisibles de desconexión

400 - 500 kV	Menor a 0.1 seg
115 - 330 kV	0.15-0.25 seg
< 115 kV	1.0-2.0 seg

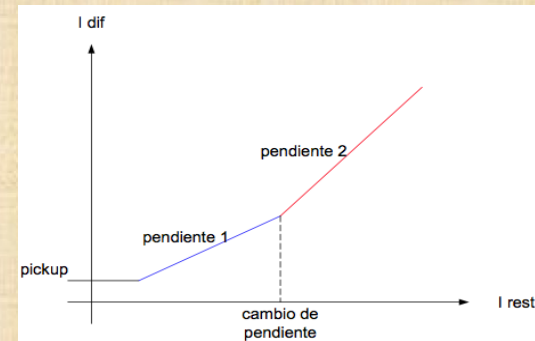


Principios de protección

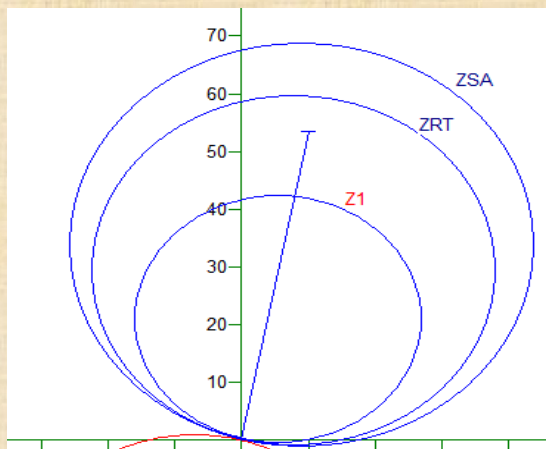
Relevador Piloto (85)



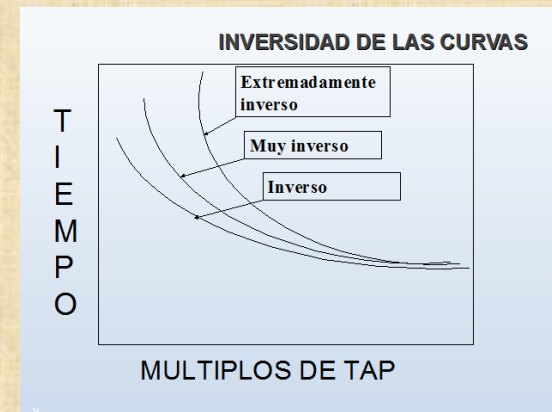
Relevador Diferencial (87)



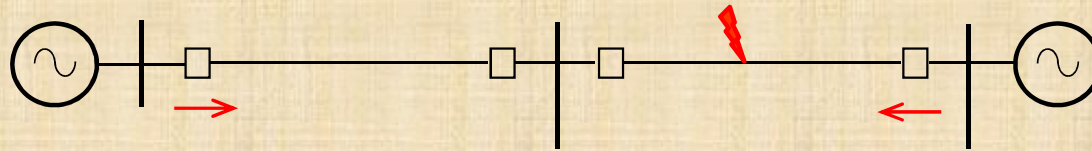
Relevador Distancia (21)



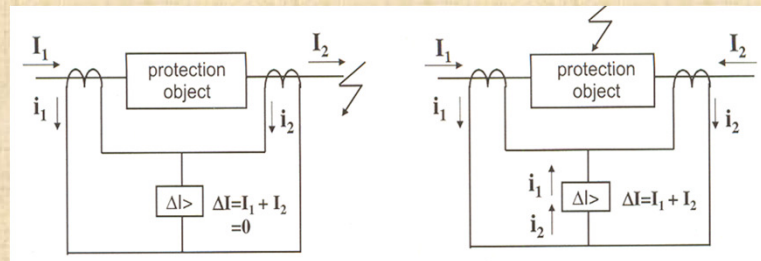
Relevador Sobrecorriente (51/67)



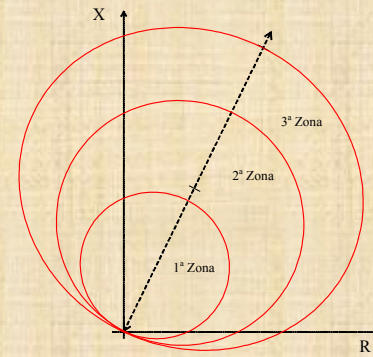
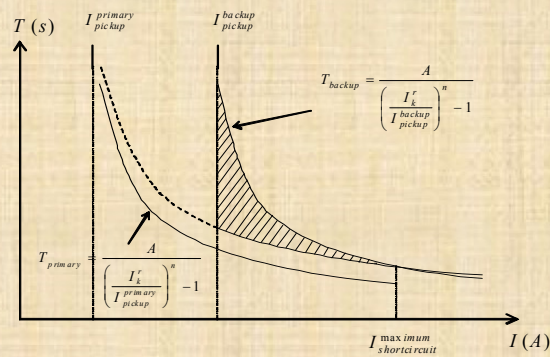
Protección primaria y respaldo



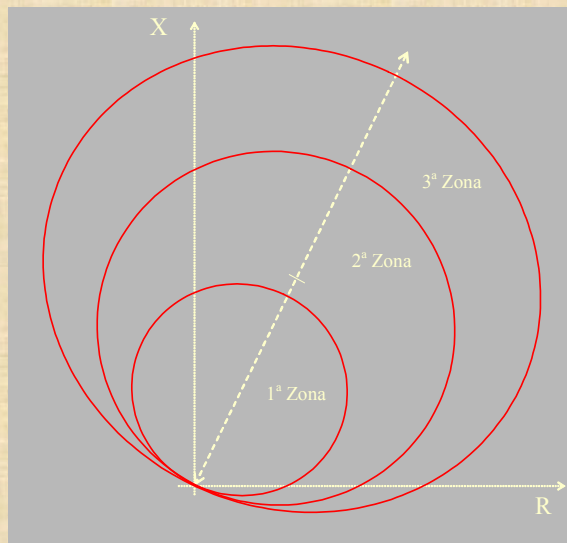
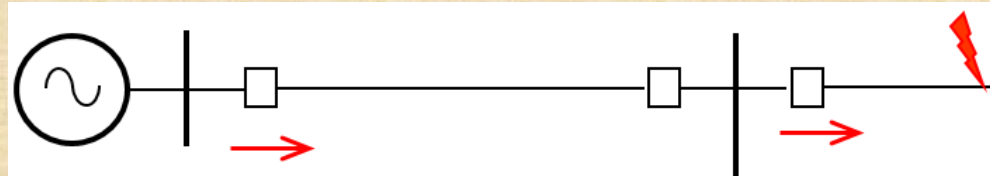
Selectividad Absoluta



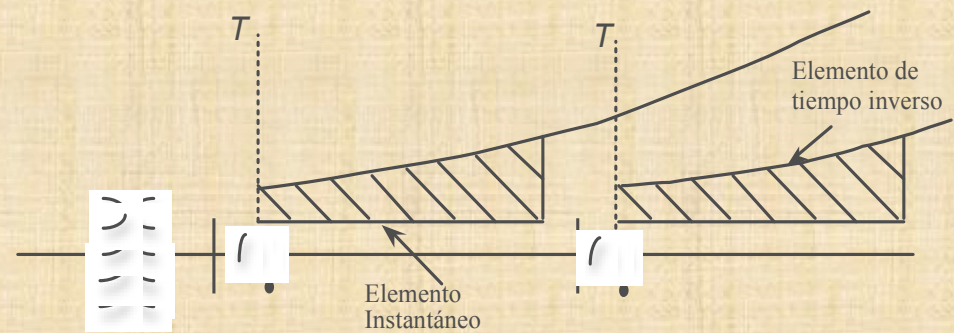
Selectividad Relativa



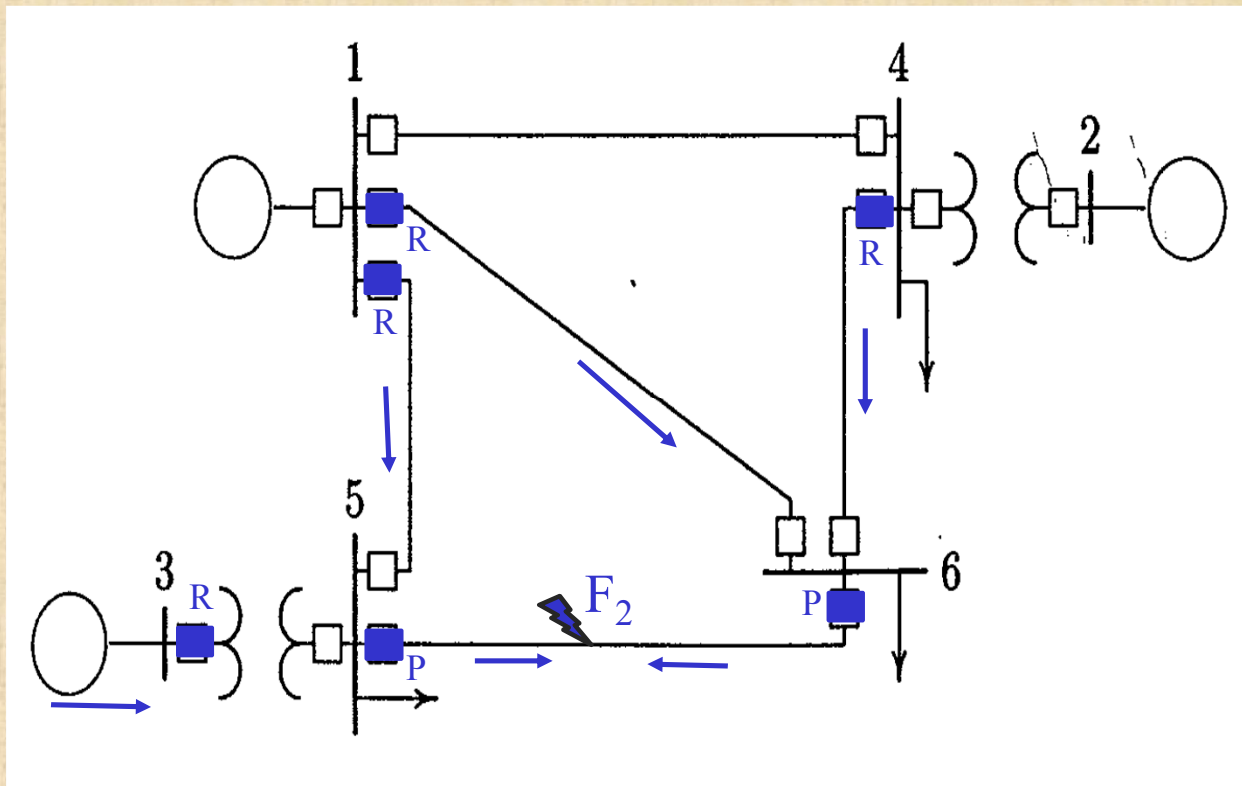
Coordinación de dispositivos de protección



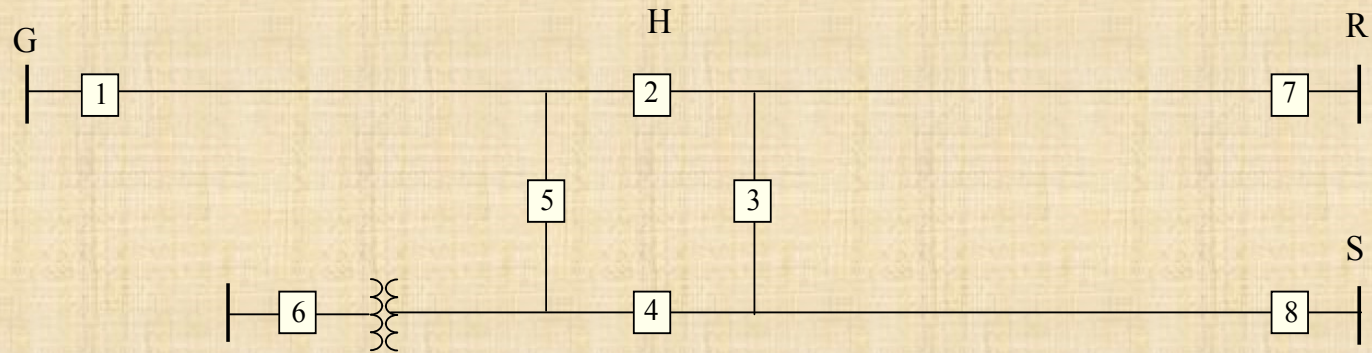
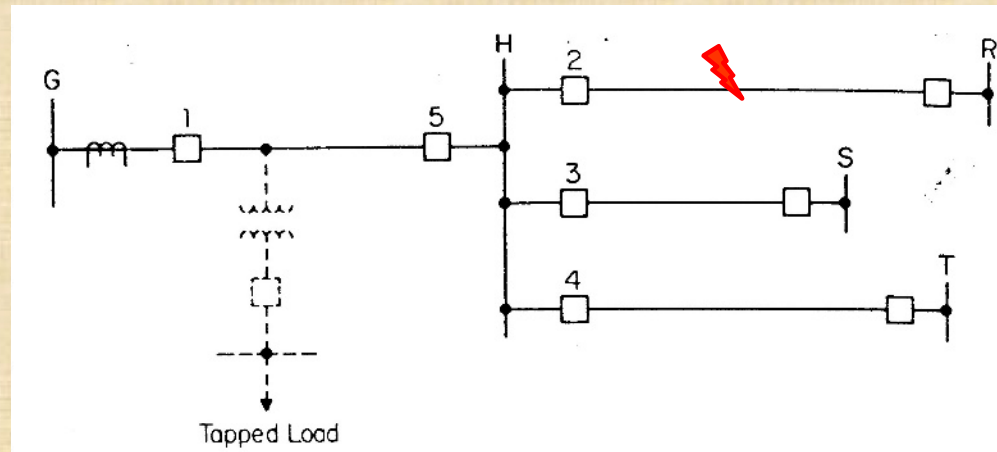
Tiempo CTI=0.3



Protección primaria y respaldo



Respaldo Local vs Remoto



Condiciones anormales

Operación Cros-Country

Fuente intermedia

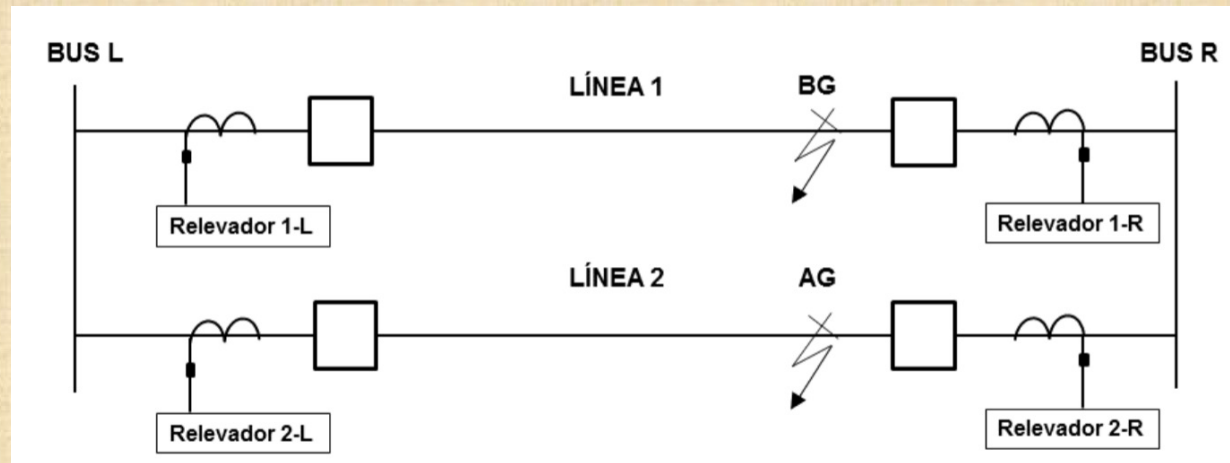
Acoplamiento magnético mutuo

Fallas de alta impedancia (HIF)

Operación en límites de seguridad

Operación Cros-Country

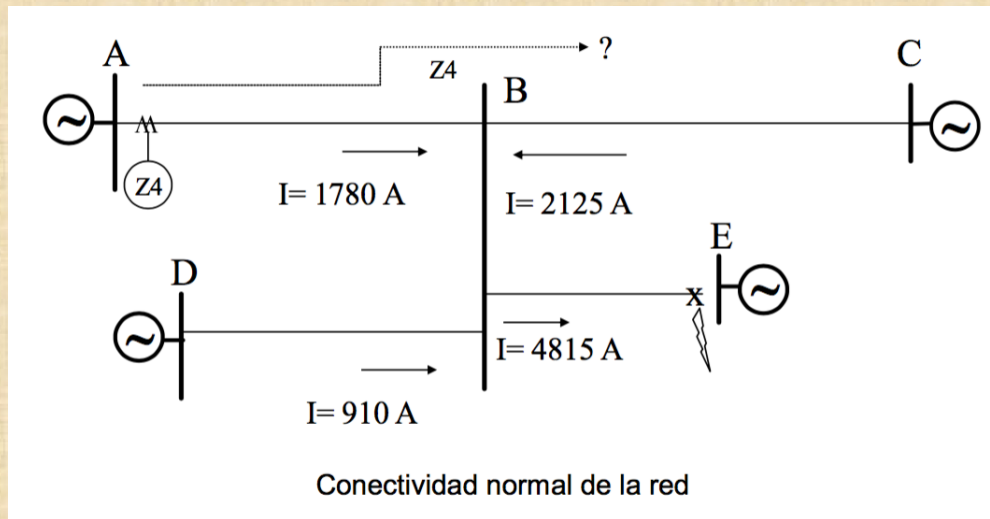
Se presenta en líneas paralelas con fallas monofásicas altamente resistivas y en diferentes fases en cada línea, como se ilustra en el siguiente dibujo:



En el extremo más cercano el disparo será mono polar y del lado más alejado el disparo será tripolar. Ambas líneas quedarán fuera de servicio

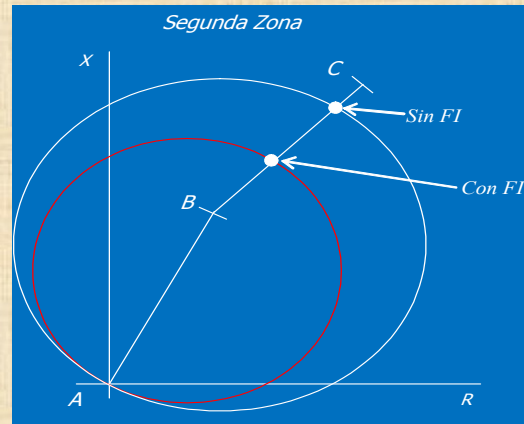
Se implementa un esquema de disparo condicionado a la recepción de disparo mono polar del extremo remoto, es decir se tendrán que transmitir disparos por fase.

Fuente Intermedia (Infeed)

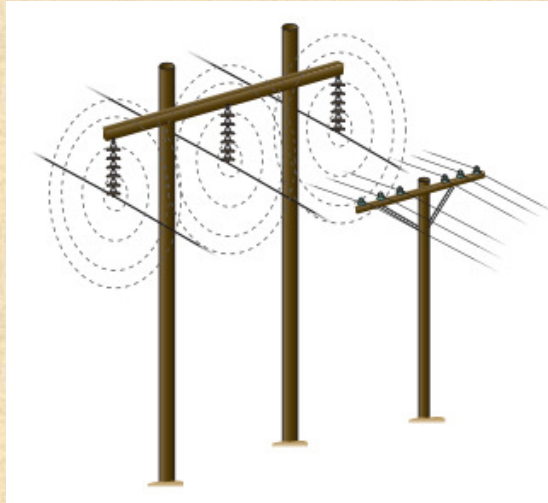


$$\text{INFEED} = \frac{I \text{ aportación total}}{I \text{ aportación propia}}$$

$$\text{INFEED} = \frac{I \text{ aportación total}}{I \text{ aportación propia}} = \frac{4815 \text{ A}}{1780 \text{ A}} = 2.7$$



Acoplamiento magnético



$$Z_{OM} = 50 - 70\% (Z_O)$$

Compensación por acoplamiento mutuo

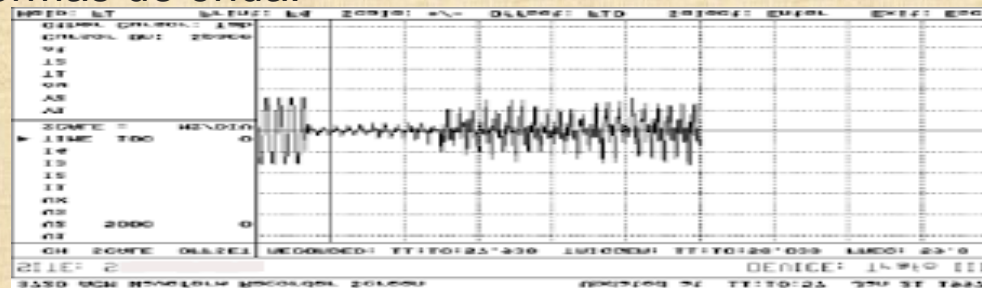
$$\underline{Z}_a = \underline{V}_a / (\underline{I}_a + [\textcolor{red}{Z}_m / \underline{Z}] [\underline{I}_b + \underline{I}_c])$$

Fallas a tierra

- La mayoría de las fallas involucran tierra
- Las protecciones contra fallas a tierra son más sensibles que las de fase, ya que no responden a la corriente de carga
- Sin embargo, la magnitud de la corriente asociada a la falla de alta impedancia puede ser comparable con la corriente de carga.

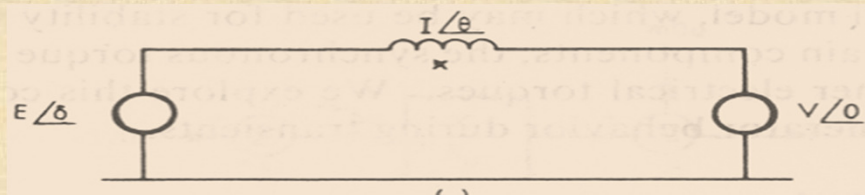


Es necesario incorporar sistemas de detección HIF, basados en reconocimiento de formas de onda.

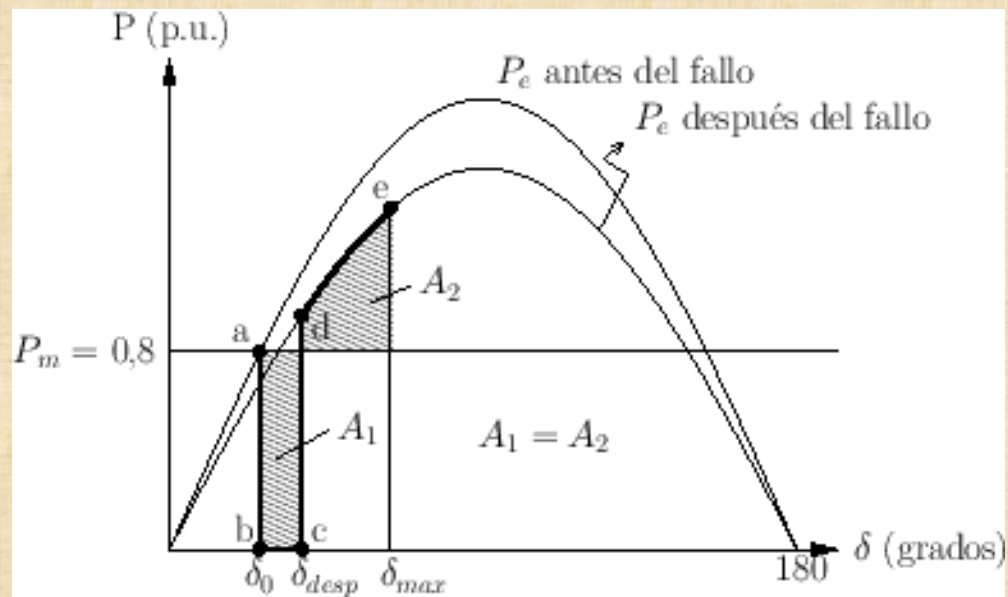


Sistemas eléctricos de potencia modernos

Operación cerca de los límites de seguridad



$$P = \frac{E V}{X} \sin \delta$$



Desempeño de los esquemas de protección

Tipo de aterrizamiento

Transductores

Tipo de aterrizamiento

El tipo de aterrizamiento tiene un efecto significativo en la protección de los componentes del sistema de potencia

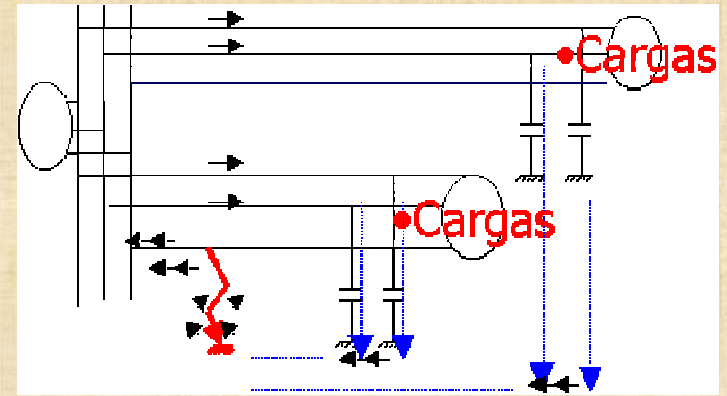
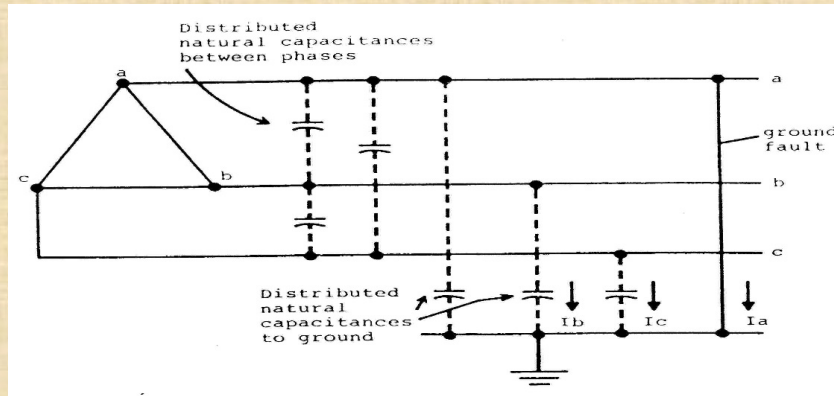
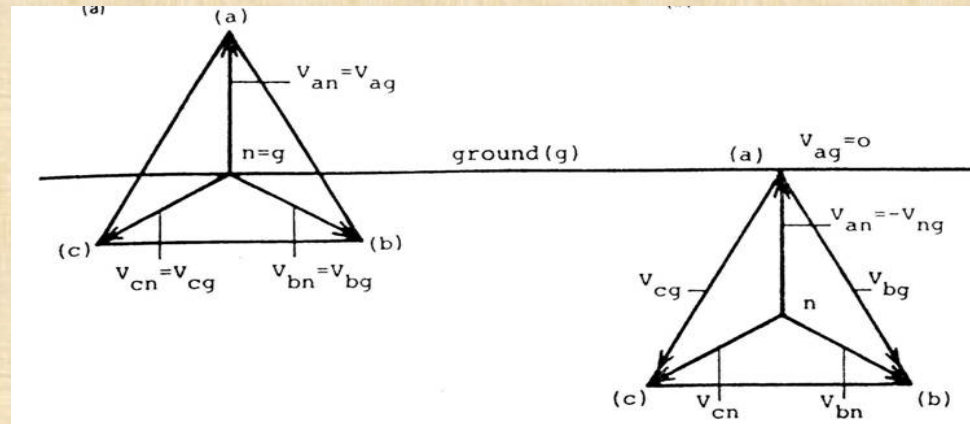
Objetivo.- minimizar los sobrevoltajes transitorios, una rápida detección y aislamiento del disturbio o áreas falladas

Métodos de aterrizamiento

- Aislado
- Alta impedancia
- Baja impedancia
- Sólido

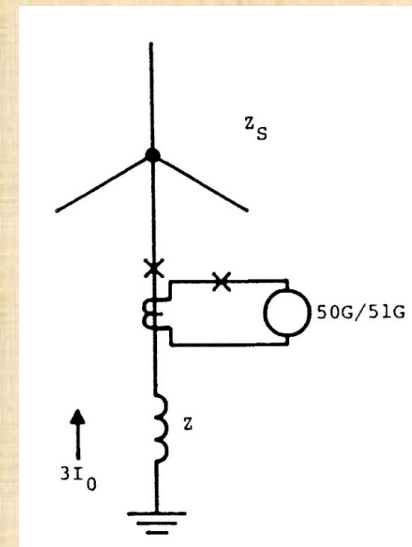
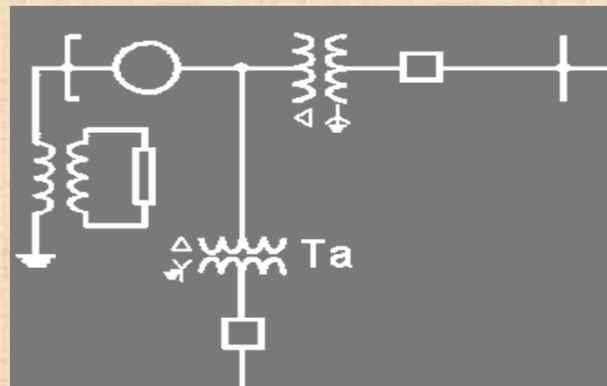
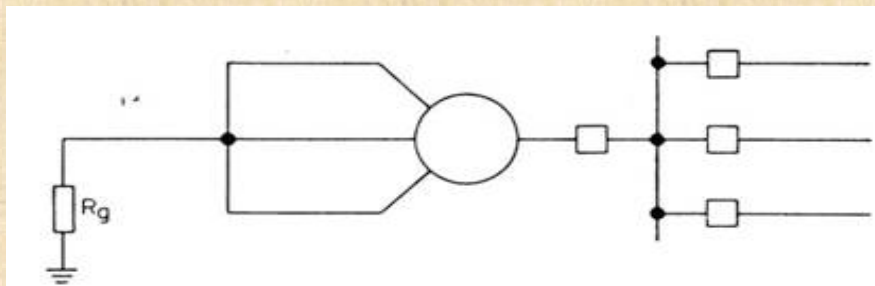
Sistema aislado

Falla Fase a Tierra



Alta y Baja Impedancia

Es usado para limitar la corriente de cortocircuito, permitiendo la operación selectiva del esquema de protección

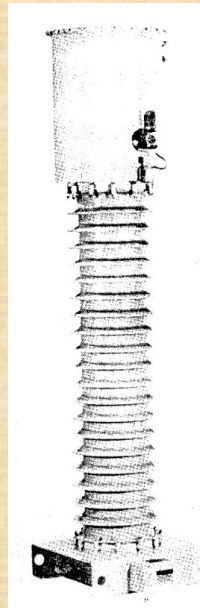


Transformadores de instrumentos

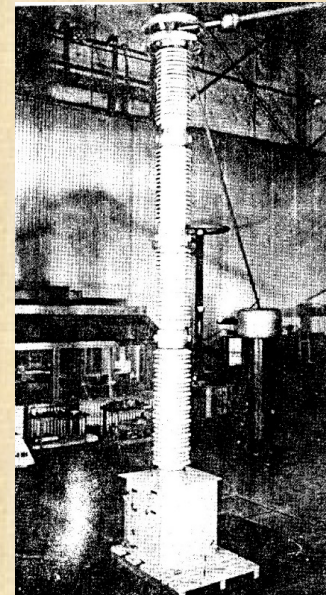
Los relevadores requieren una reproducción exacta de las condiciones normales, tolerables e intolerables en el sistema de potencia.

Las aplicaciones de protección y medición imponen diferencias constructivas

Transformadores de corriente (TC)

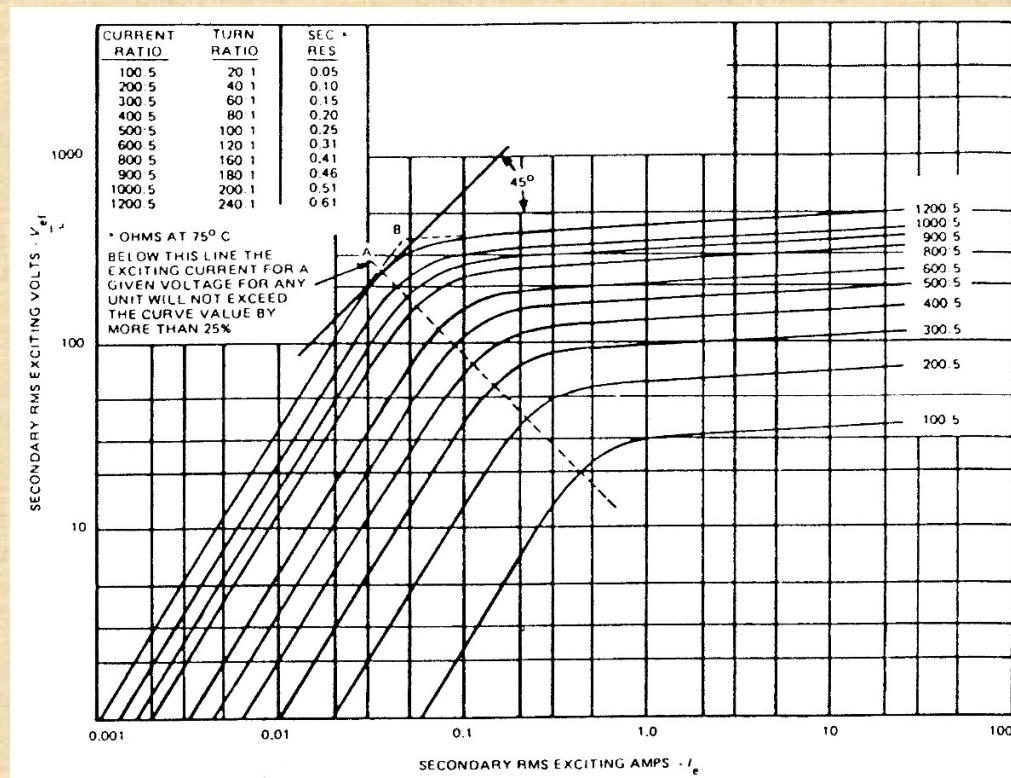


Transformadores de potencial (TV, TP, CCVT)



Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente deben reproducir las fallas cercanas a la terminal remota, o en el punto de coordinación

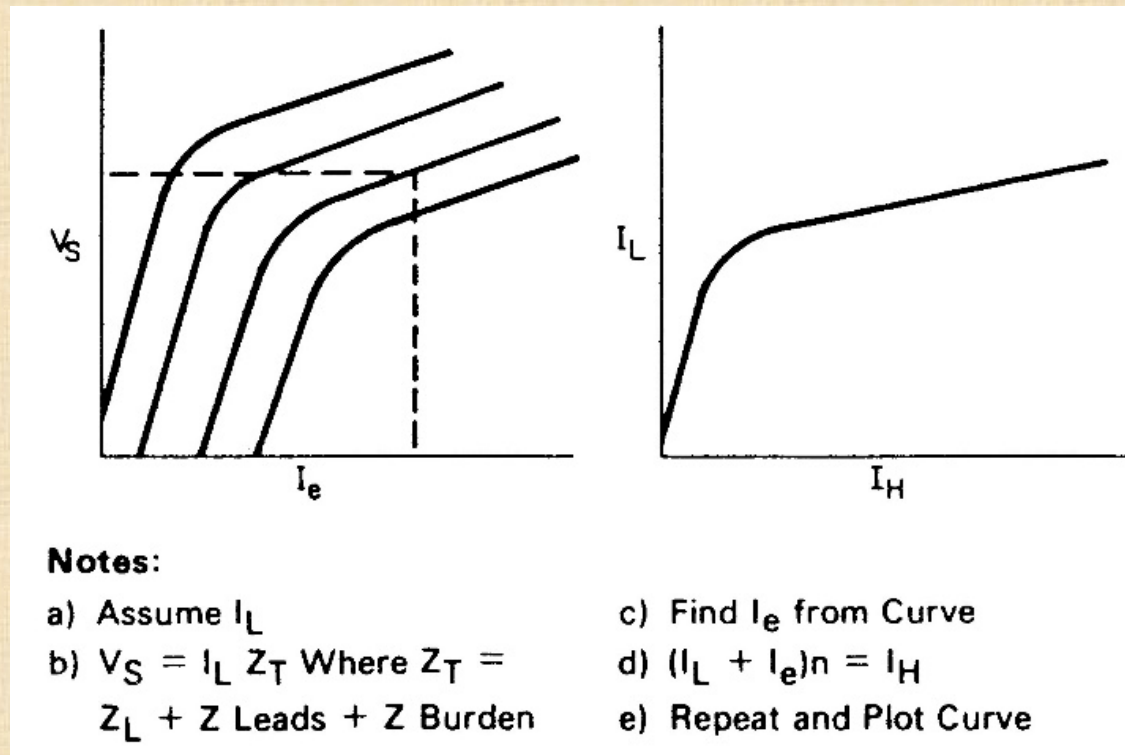


ANSI/IEEE standard C57.13

Método Curvas de excitación

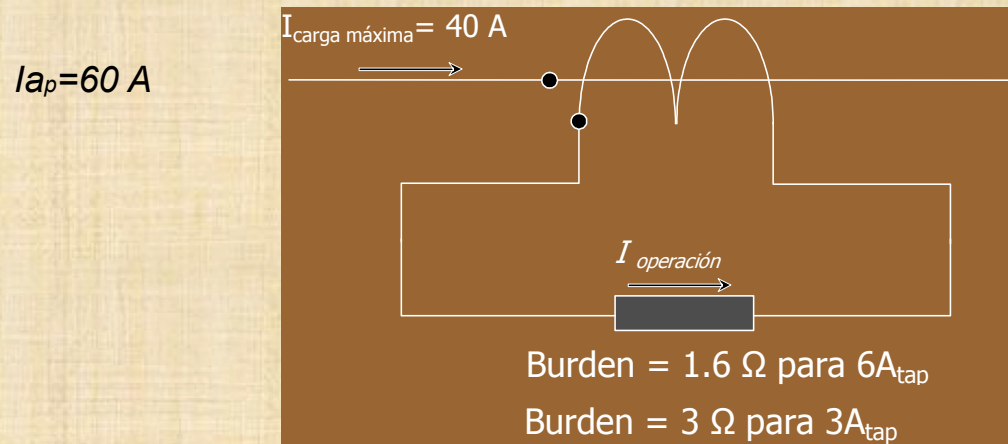
Se desarrolla una curva, que relaciona la corriente de primario a la corriente de secundario, que depende del tap, longitud de cable y burden del equipo

$$V_{cd} = V_S = I_L (Z_L + Z_{lead} + Z_B)$$



Método Curvas de excitación

Ejemplo 1. Relevadores de fase



a) RTC = 10 (50:5)
 $I_{as} = 6 \text{ A}$

$$V_S = I_L Z = 6 \times 1.6 = 9.6 \text{ V}$$

De la curva $I_e = 6 \text{ A}$

En primario:

$$I_H = NI_S + NI_e = 60 + 60 = 120 \text{ A}$$

b) RTC = 20 (100:5)
 $I_{as} = 3 \text{ A}$

$$V_S = I_L Z = 3 \times 3 = 9 \text{ V}$$

De la curva $I_e = 0.5 \text{ A}$

En primario:

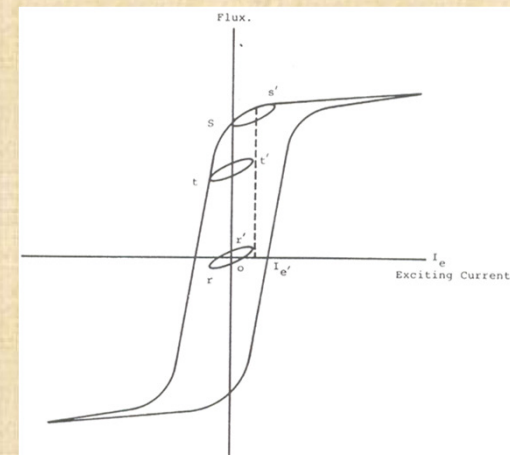
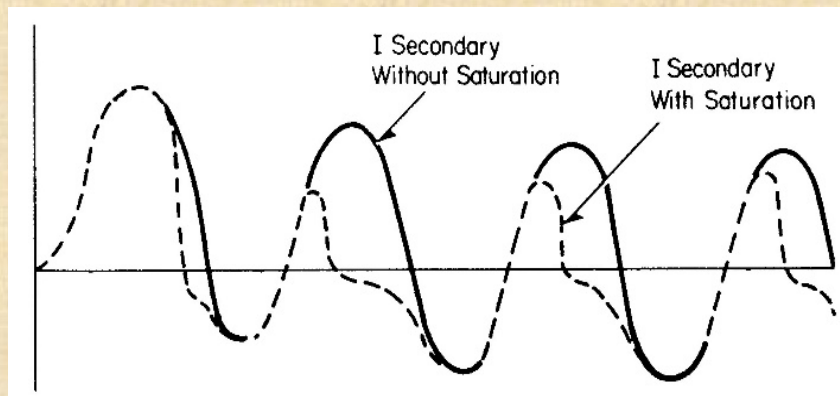
$$I_H = NI_S + NI_e = 60 + 10 = 70 \text{ A}$$

Saturación por corriente asimétrica de CD

La componente de CD resulta de:

En un circuito altamente inductivo, la corriente es máxima cuando el voltaje es cero.

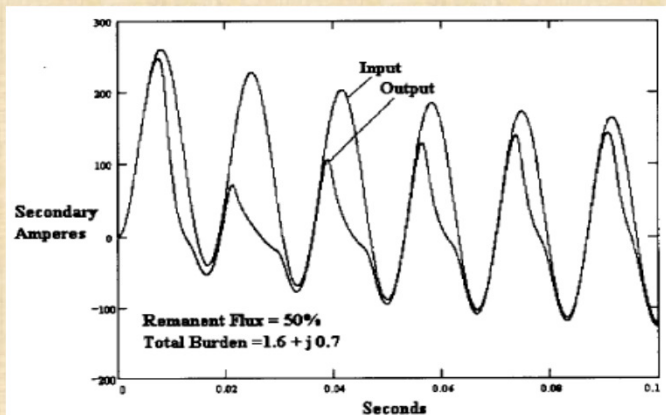
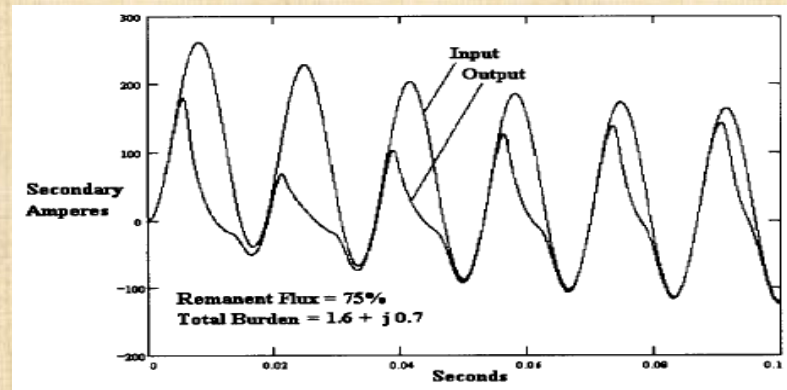
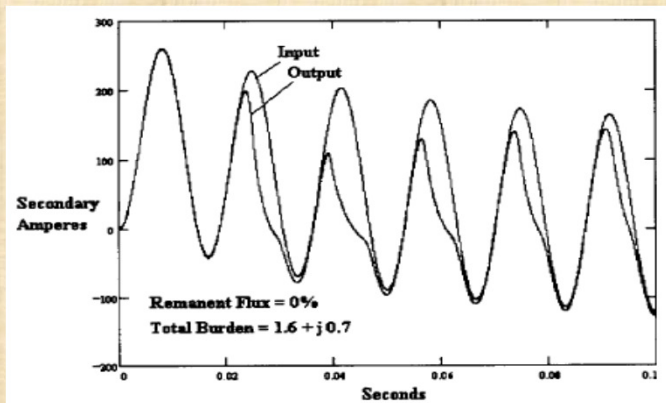
La constante de tiempo de la corriente es determinado por las condiciones de la red.



Saturación componente DC

Flujo residual

Figure 8 shows three waveforms representing the output current of a ct with and without remanence. These waveforms relate to a typical C800 1200/5 ct. The fault current in each case is 24 000 A and the dc offset has a time constant of 0.05 s ($X/R = 19$) and maximum amplitude. The total burden for all three traces is $1.6 + j0.7 \Omega$. Waveforms A, B, and C show the ct behavior with remanent flux of 0%, 50%, and 75%, respectively. The time-to-saturate in each case is 1.5 cycles, 0.5 cycles, and 0.3 cycles, respectively.



La reducción del flujo remanente:

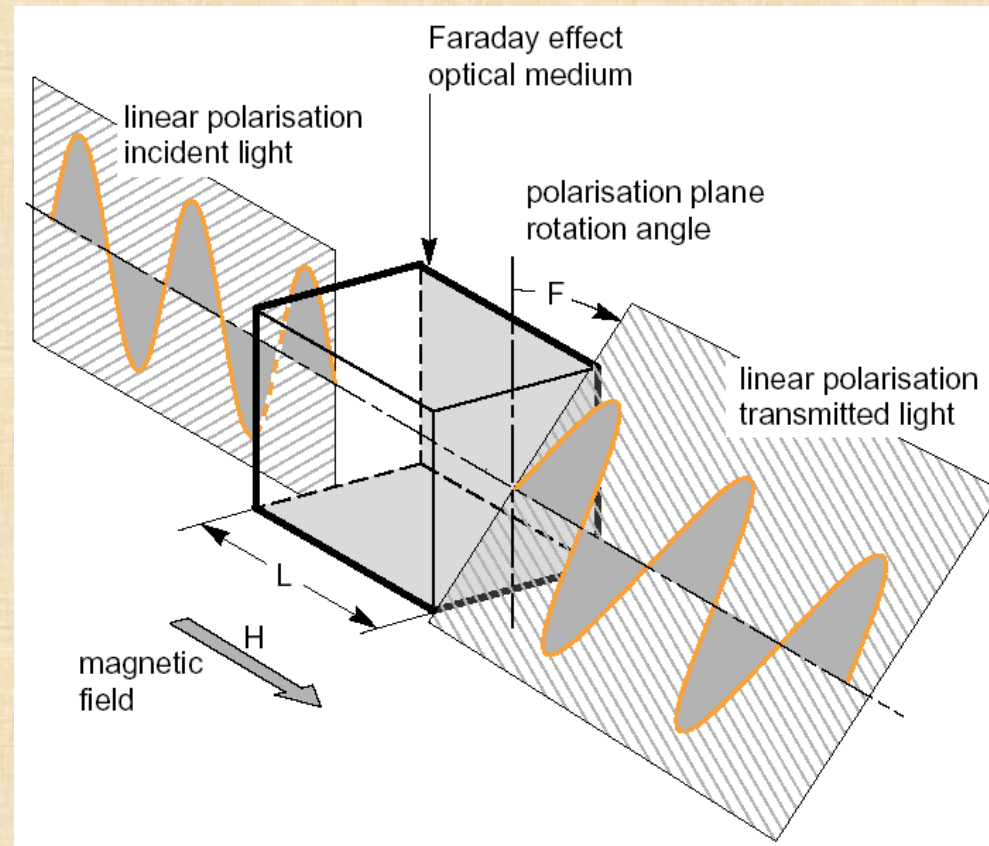
Un CT fuera de servicio:

Con el primario abierto una fuente de voltaje variable AC es conectada a través del secundario (hasta saturación). La reducción del voltaje a cero en un periodo de 3s desmagnetizará el núcleo.

Un CT en servicio:

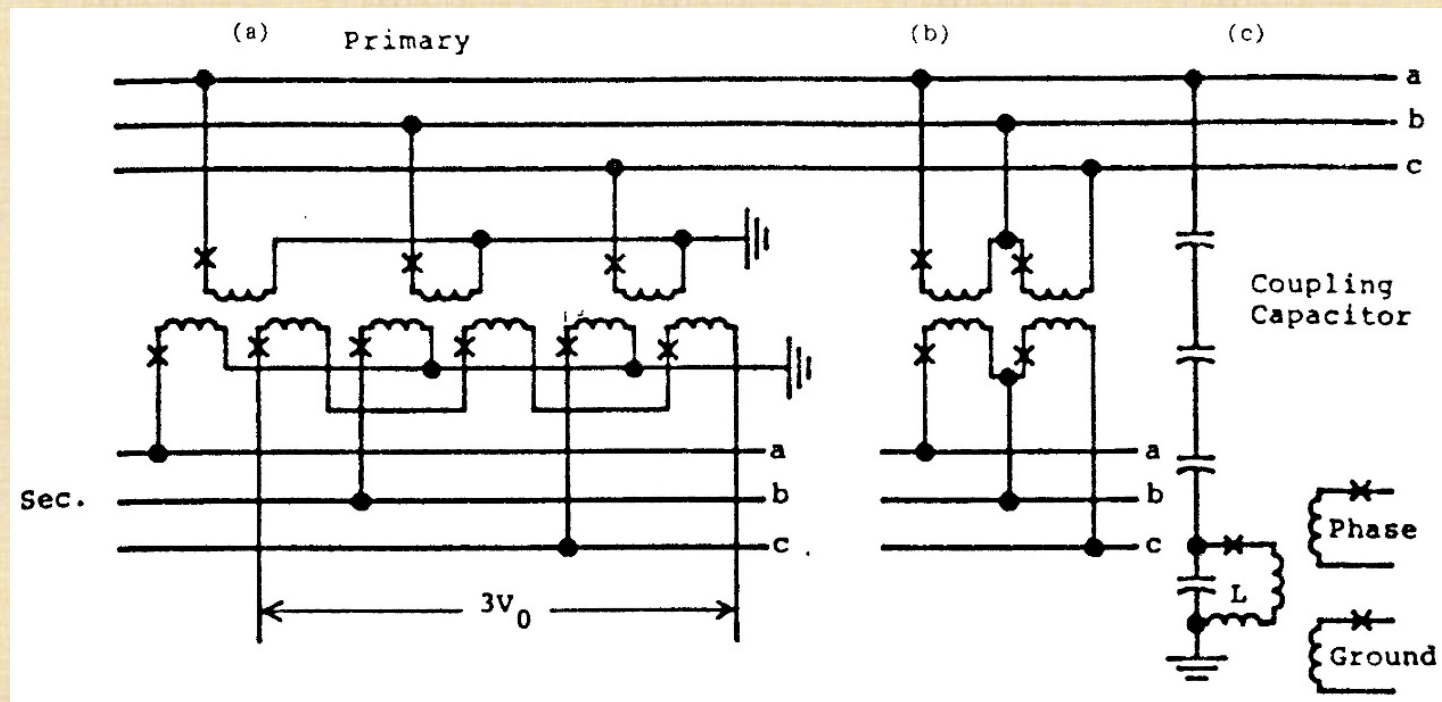
Insertando un resistor variable en el secundario, incrementando la resistencia para saturar el núcleo, y entonces se reduce la R a cero.

Magneto-óptico



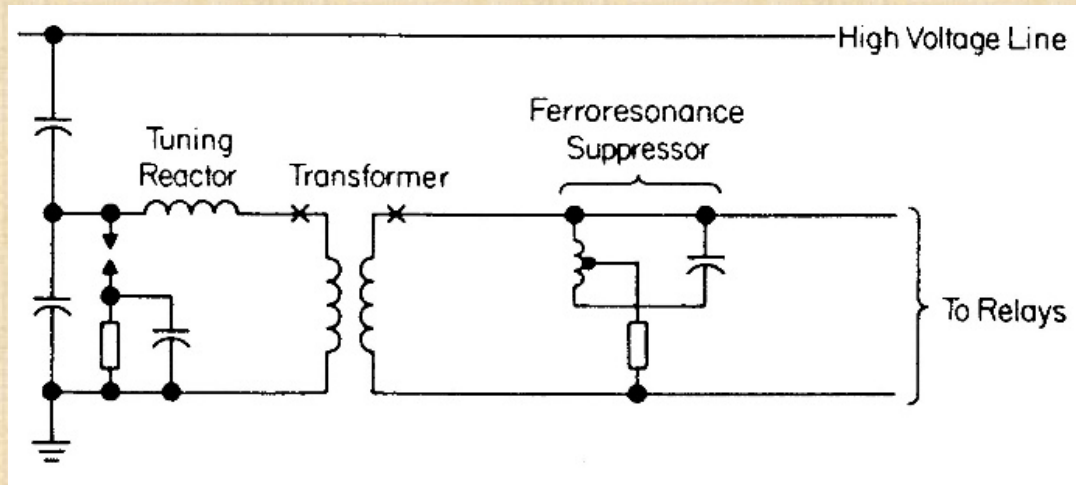
Transformadores de voltaje

Conexión

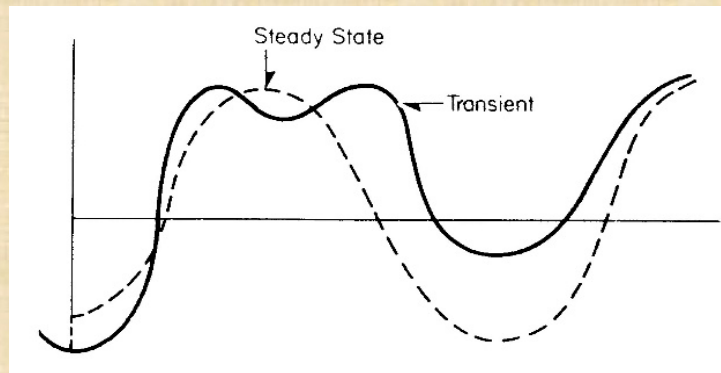


Transformadores de acoplamiento capacitivo CCVT

Circuito equivalente

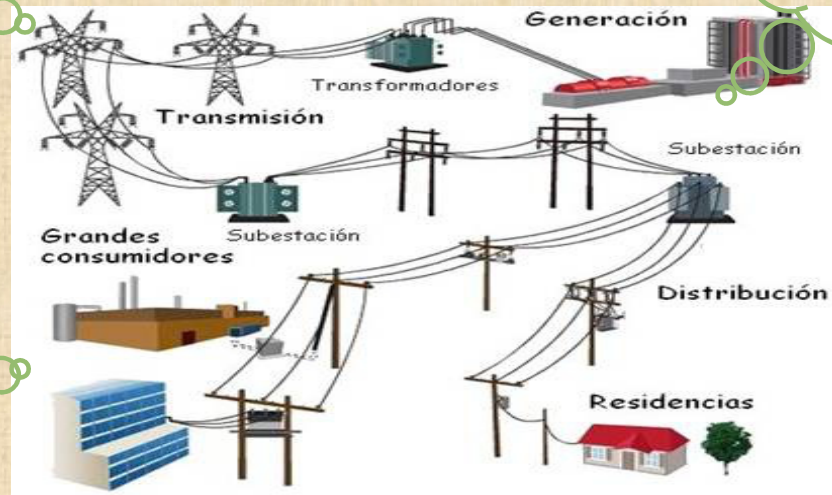


Respuesta
transitoria



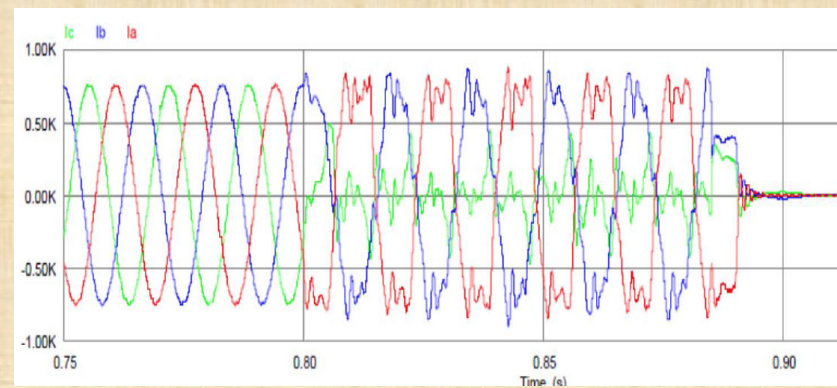
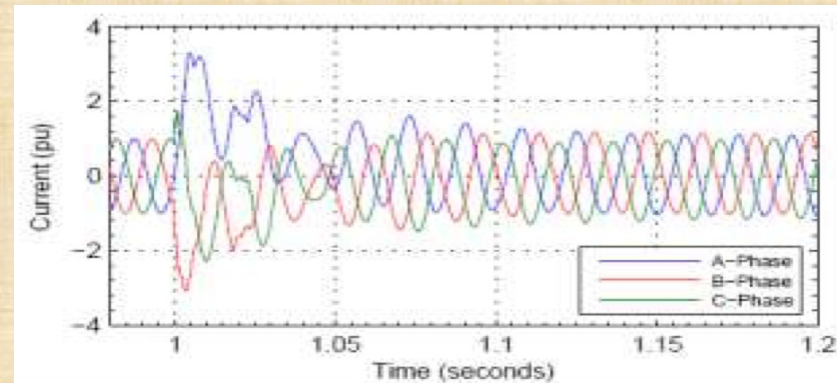
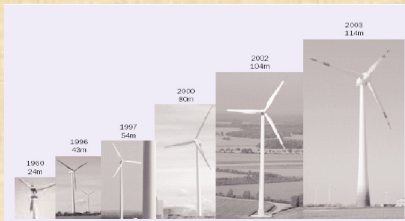
Sistemas eléctricos de potencia modernos

Generación dispersa. IPP, Cogeneradores, Fuentes alternas



Sistemas eléctricos de potencia modernos

Contribución de cortocircuito



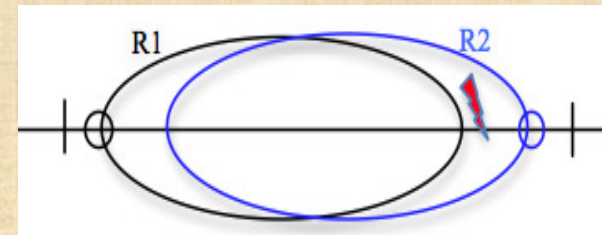
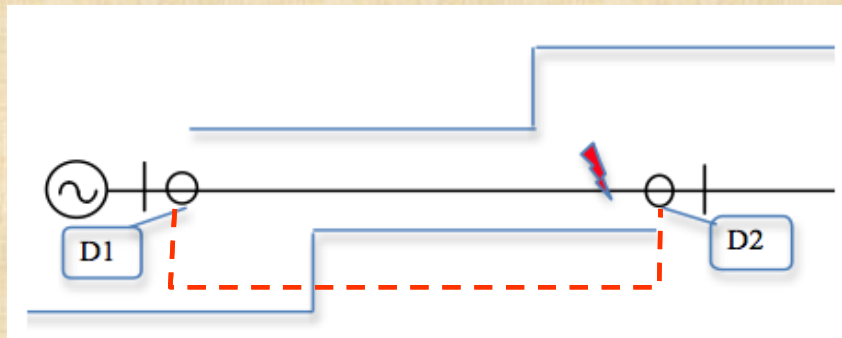
Generación dispersa. IPP, Cogeneradores, Fuentes alternas

Los sistemas de protección son afectados por:

- **Impacto de frecuencias no fundamentales en la operación de relevadores de protección**
- **Topología altamente dinámica de la red eléctrica**
- **Disminución de las corriente de falla**

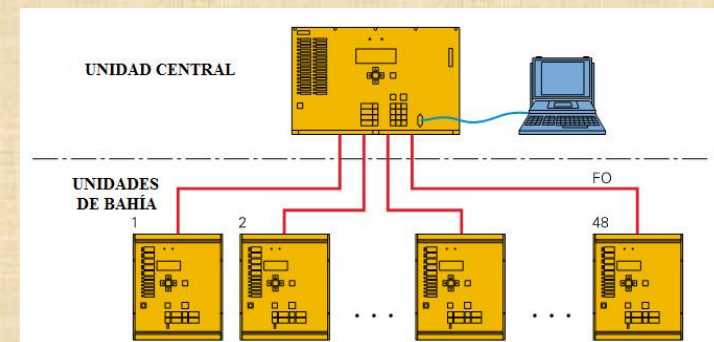
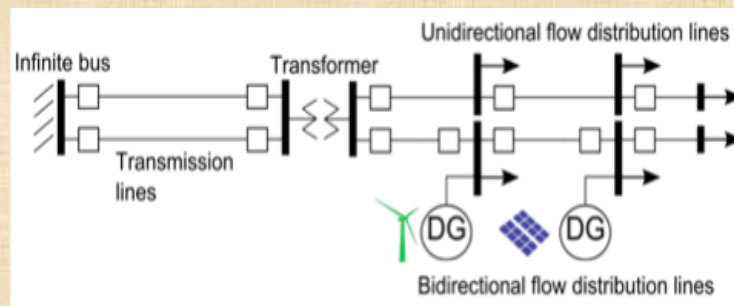
**Sistemas automáticos de ajuste y coordinación
en línea de relevadores**

Teleprotección



Subalcance
Señal de Disparo

Redes Inteligentes



Tendencia de las redes eléctricas

Smartgrids

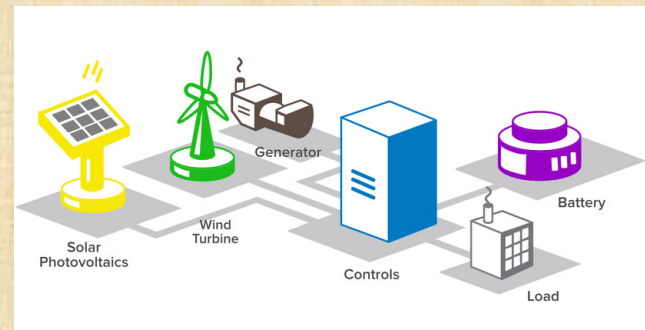
EMS

Área amplia



DMS

Micro grids



Protección de Area Amplia

Estudios de coordinación de protecciones y revisión de diseño

- **Actualización** de estudio y revisión de esquemas de protección y ajustes acorde a los cambios del sistema
- Evitar disparos anticipados de generadores coordinación entre relevadores **V/hz** y excitación
- Asegurar una operación planeada del esquema de protección (relevadores de distancia no deben operar para condiciones fuera de paso o sobrecarga)



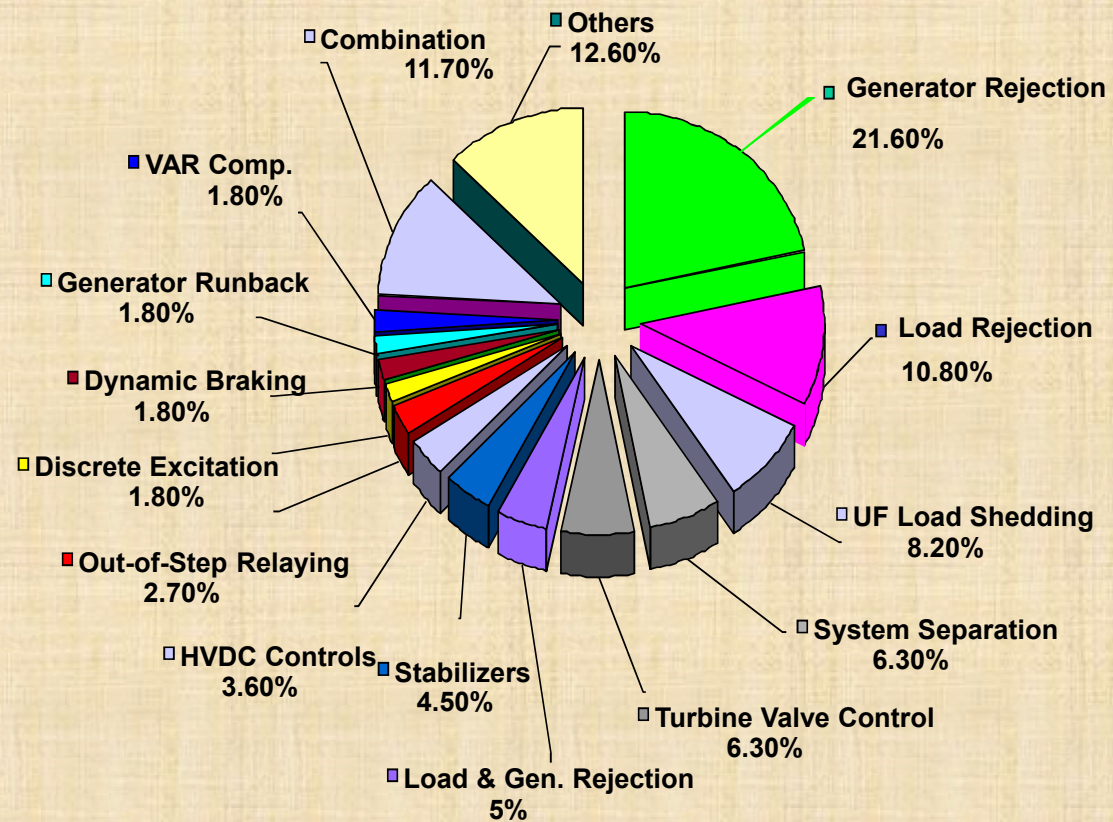
Diseño y prueba de las aplicaciones de protección para evitar fallas ocultas

- Evaluación y prueba del esquema de protección
- Incrementar la seguridad de la protección en áreas vulnerables de blackouts

Aplicaciones

IEEE PSRC, WG C6 Report

“Wide Area Protection and Emergency Control”



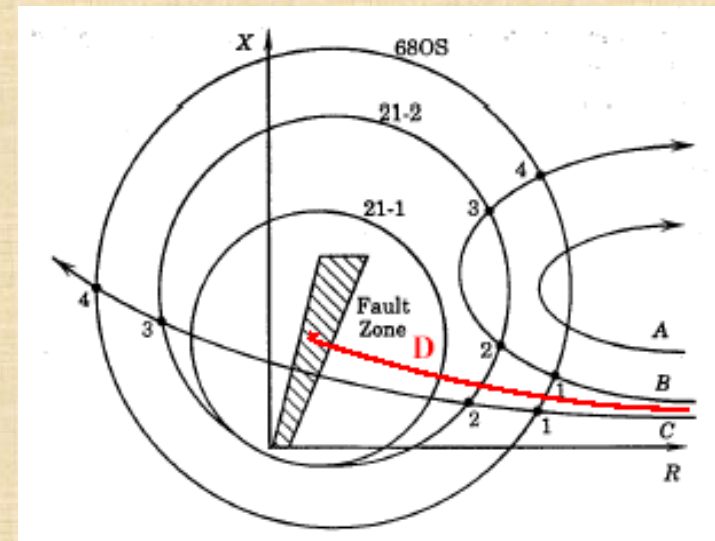
Oscilaciones de potencia

Cantidades en secuencia positiva

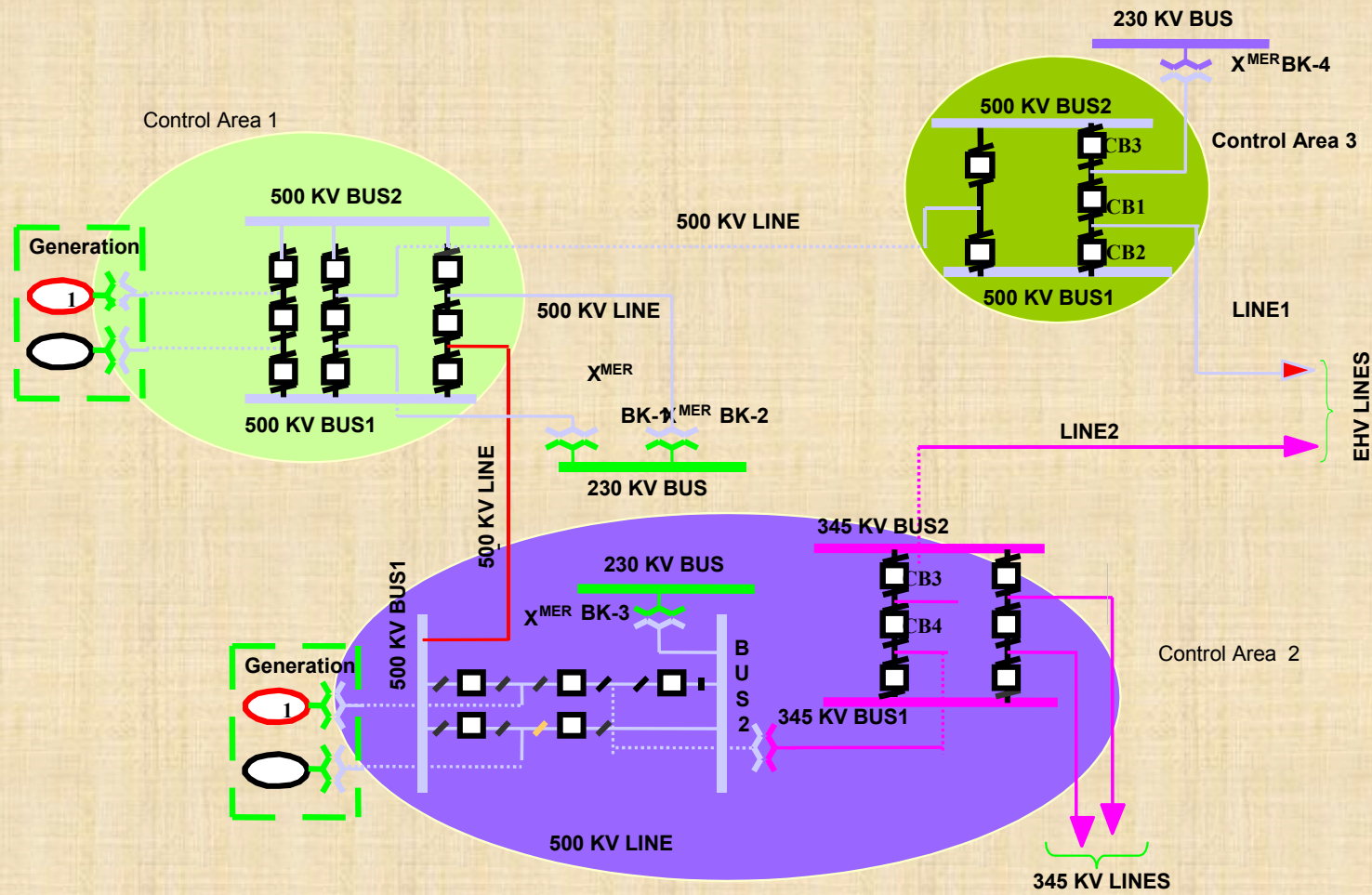
Condiciones balanceadas

Simetría de las impedancias medidas del lazo

Estudios de disparo mono polar y recierre



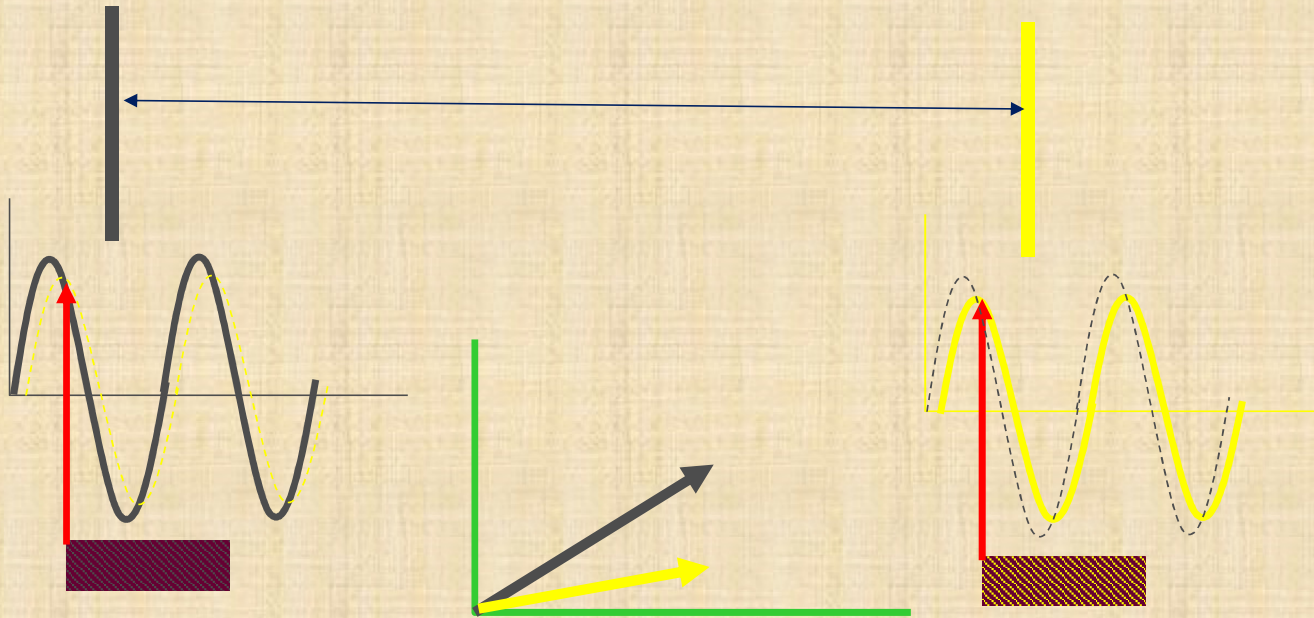
Arquitectura



Sincronización de cantidades eléctricas

Subestacion A

Subestacion B



Mediante la sincronización de fasores es posible tener los fasores en la misma referencia de tiempo

Implementar esquemas especiales de protección

- Prevención de sobrecarga de líneas
- Evitar la degradación paulatina de voltaje
- Iniciar la separación pre-planeada del sistema ante condiciones críticas
- Objetivo principal de mejora en la seguridad del sistema
- Coordinación con sistemas vecinos



Implementación de protección adaptativa

Activación selectiva de grupos de ajustes acorde a las condiciones del sistema

Disparo de carga adaptativa y restauración

Restauración

- Herramienta para operadores para ejecutar acciones de restauración
- Disponibilidad de información crítica en tiempo y calidad
 - Identificación del origen del problema
 - Voltaje, frecuencia, excitación, estado topológico
 - Provee información para mejorar el éxito de la restauración
 - Cálculo en tiempo del efecto de carga fría
 - Actualización de la información
 - Factor de riesgo



Monitoreo en tiempo real

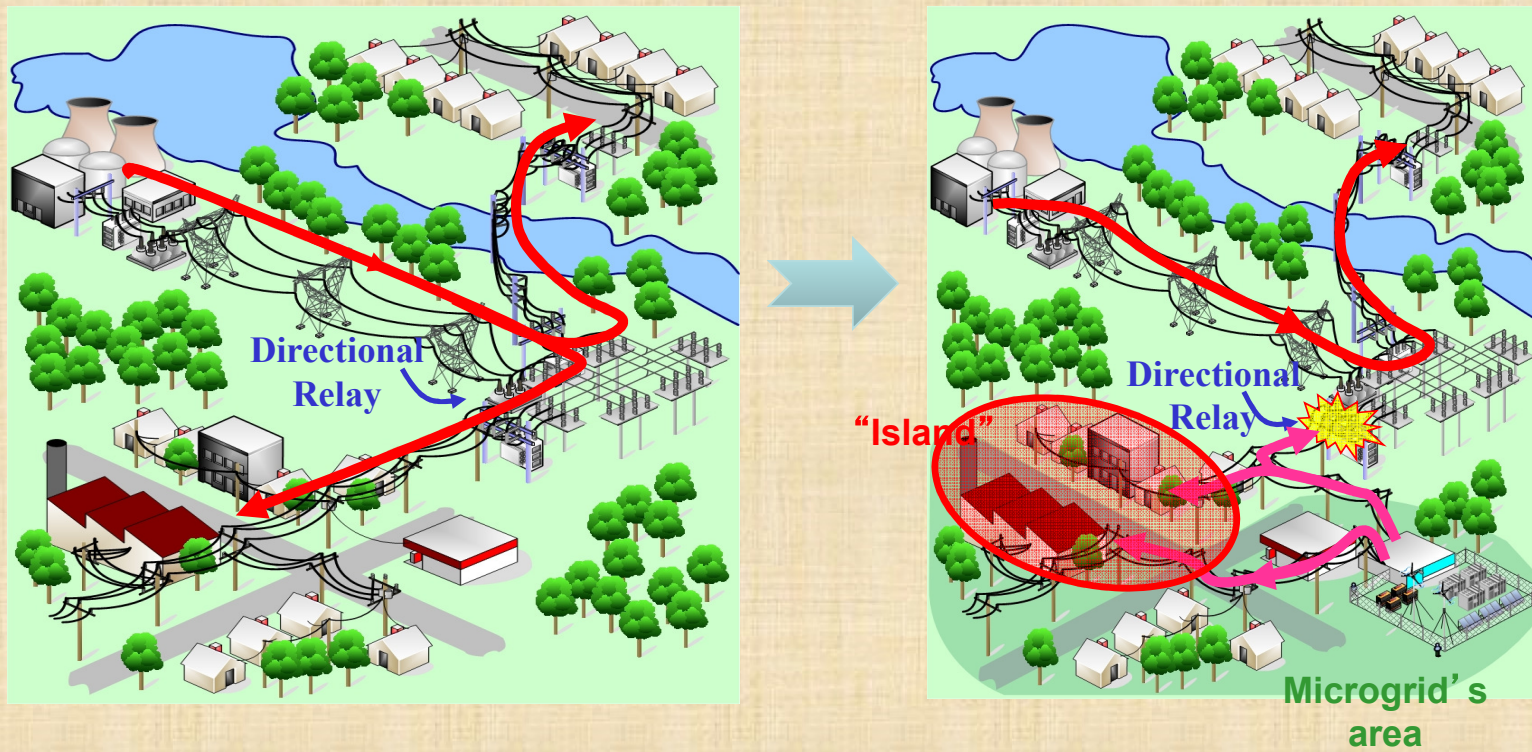
- Medición fasorial
- Monitoreo de voltaje y frecuencia



Esquemas remediales

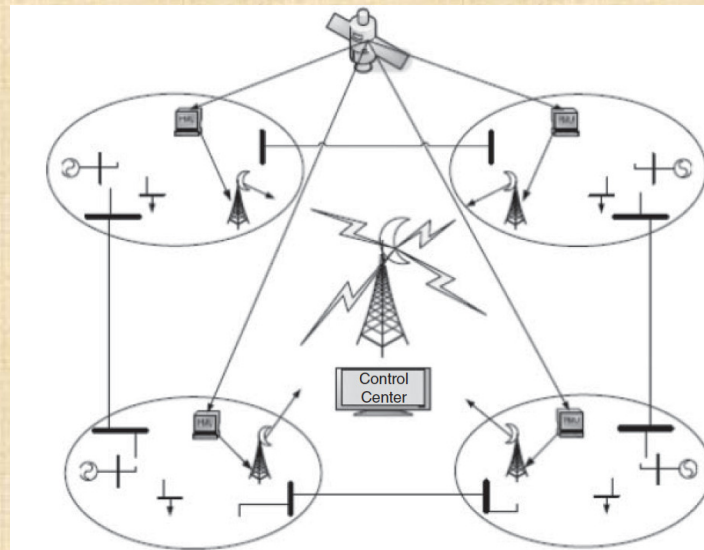
- Cálculo de carga
 - Designación de bloques de carga
 - Impacto en la carga
 - Información de prefalla
 - Determinación del último estado operativo
 - Simplificación de información

Micro-redes



Sistemas avanzados de monitoreo y medición

- Mejorar las mediciones de la red y permitir la transformación de datos en información.
- Evaluar los equipos y la integridad de la red, tener un sistema avanzado de relés de protección.
- Habilitar la elección del consumidor y la respuesta de la demanda, y ayudar a aliviar la congestión



Componentes y Subsistemas

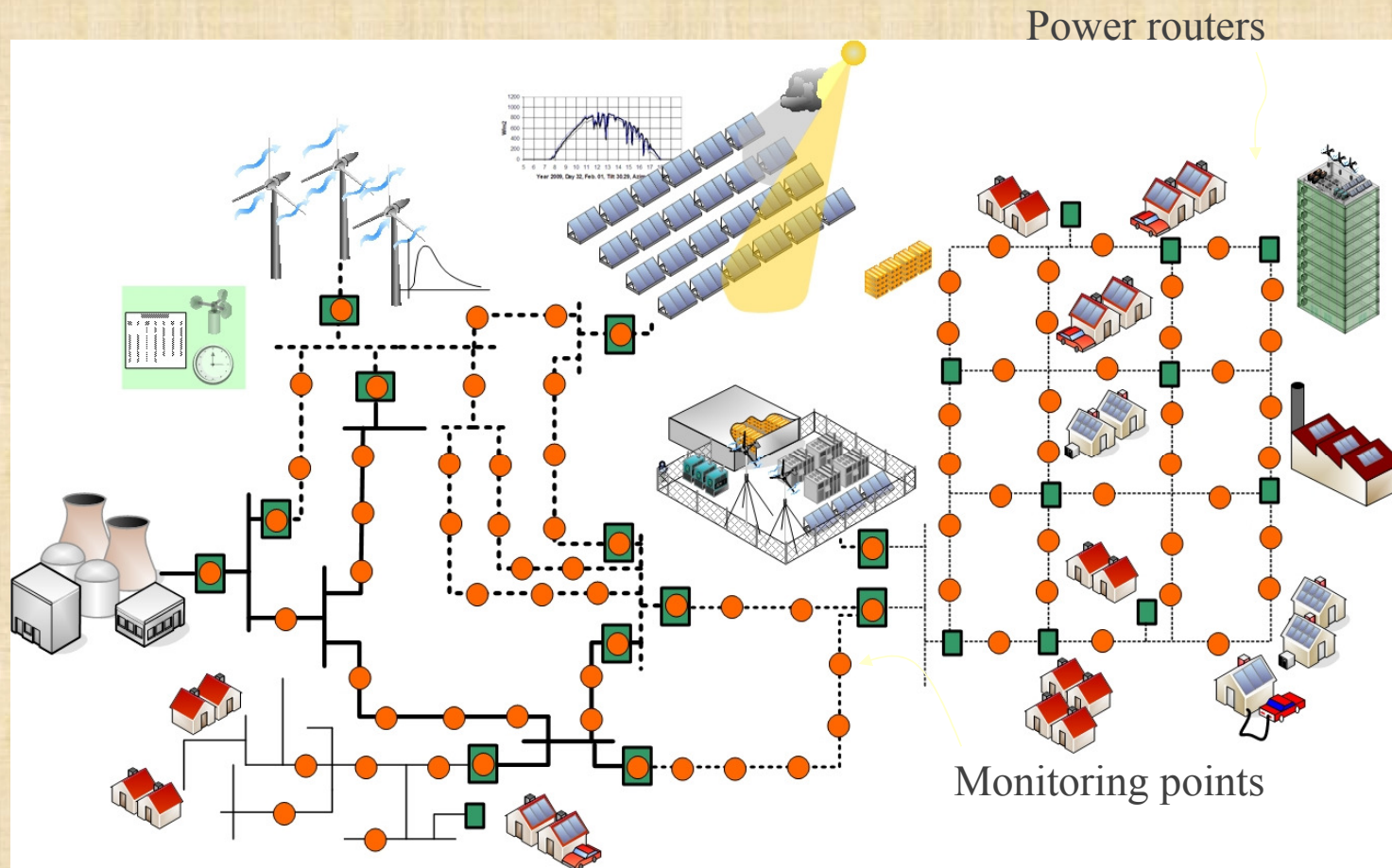
Estos dispositivos se aplican las últimas investigaciones en materiales, la superconductividad, almacenamiento de energía, la electrónica de potencia y microelectrónica

Producir densidades de potencia más altos, una mayor fiabilidad y una mayor calidad de la energía eléctrica

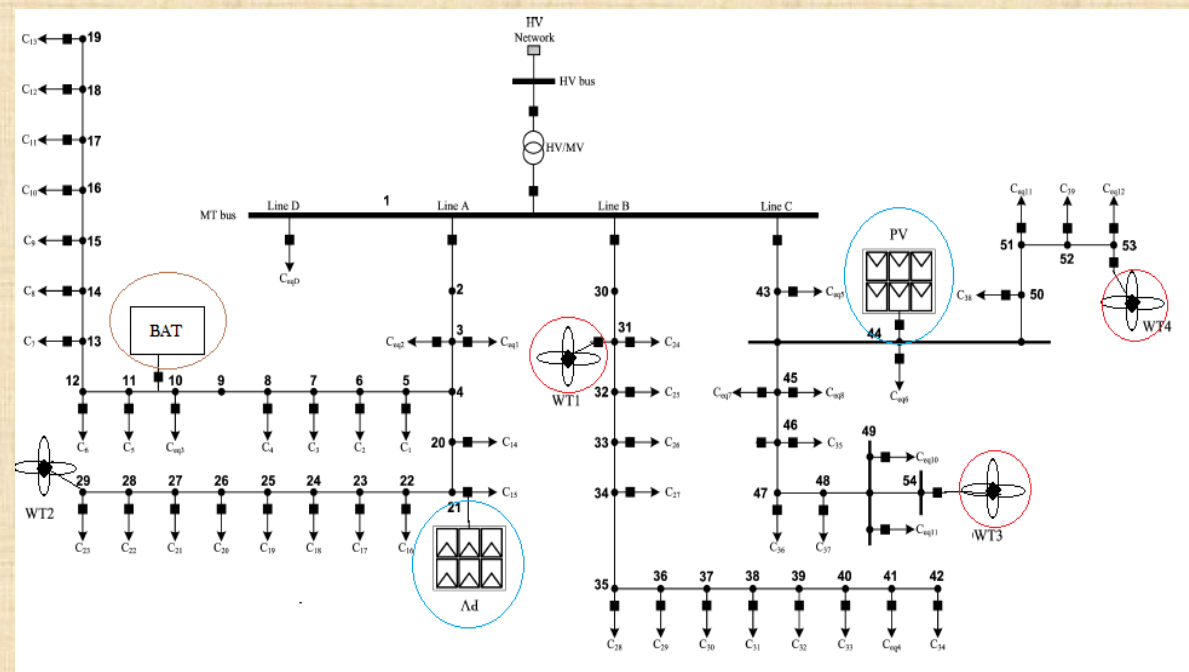
- ❖ Almacenamiento de energía avanzada
- ❖ Nuevas Tecnologías de la batería. Sulfuro de Sodio (NAS)
- ❖ Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)



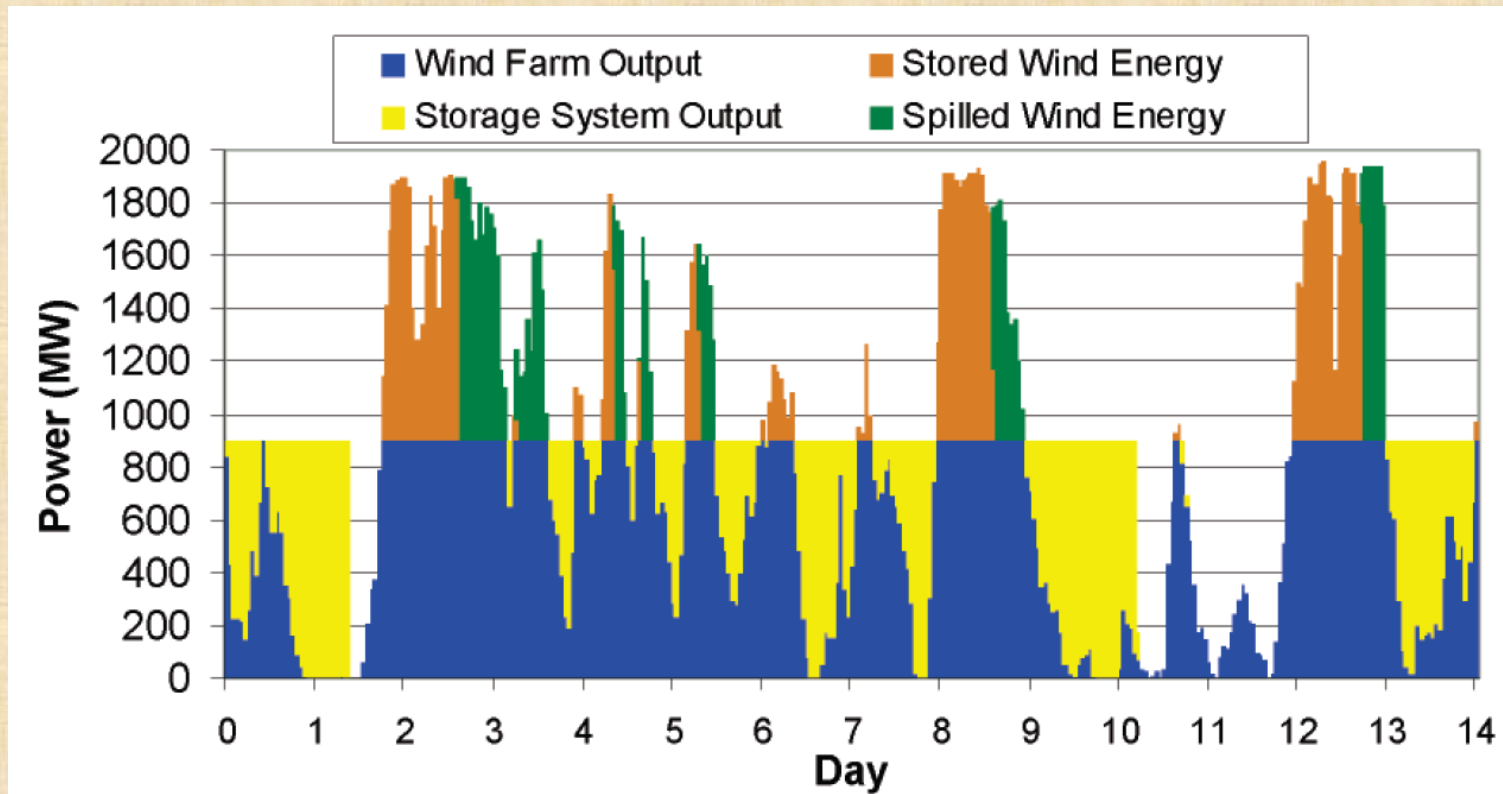
Métodos de control y topologías



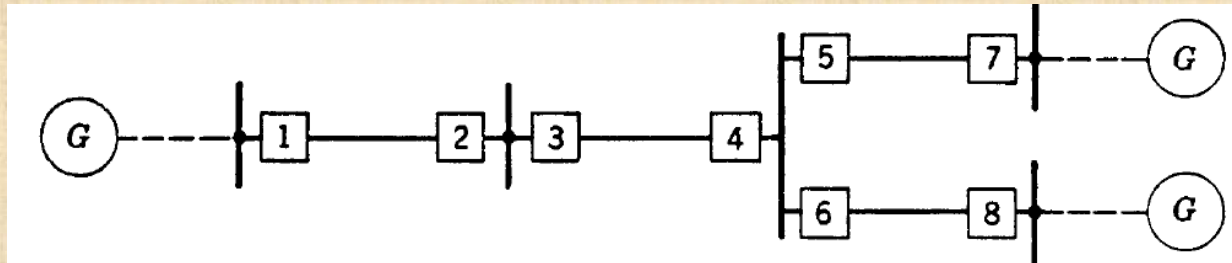
Gestión de energía con fuentes convencionales y renovables en sistemas de distribución



Wind With Storage



Ejercicio. Operación de relevadores de protección



Case	Breakers Tripped
<i>a</i>	4, 5, 8
<i>b</i>	3, 7, 8
<i>c</i>	3, 4, 5, 6
<i>d</i>	1, 4, 5, 6
<i>e</i>	4, 5, 7, 8
<i>f</i>	4, 5, 6

Ejercicio. Secuencia de operación

T=0-1.5 ciclos -- no falla

Voltaje nominal

Corriente = Carga

Corriente de tierra=cero

