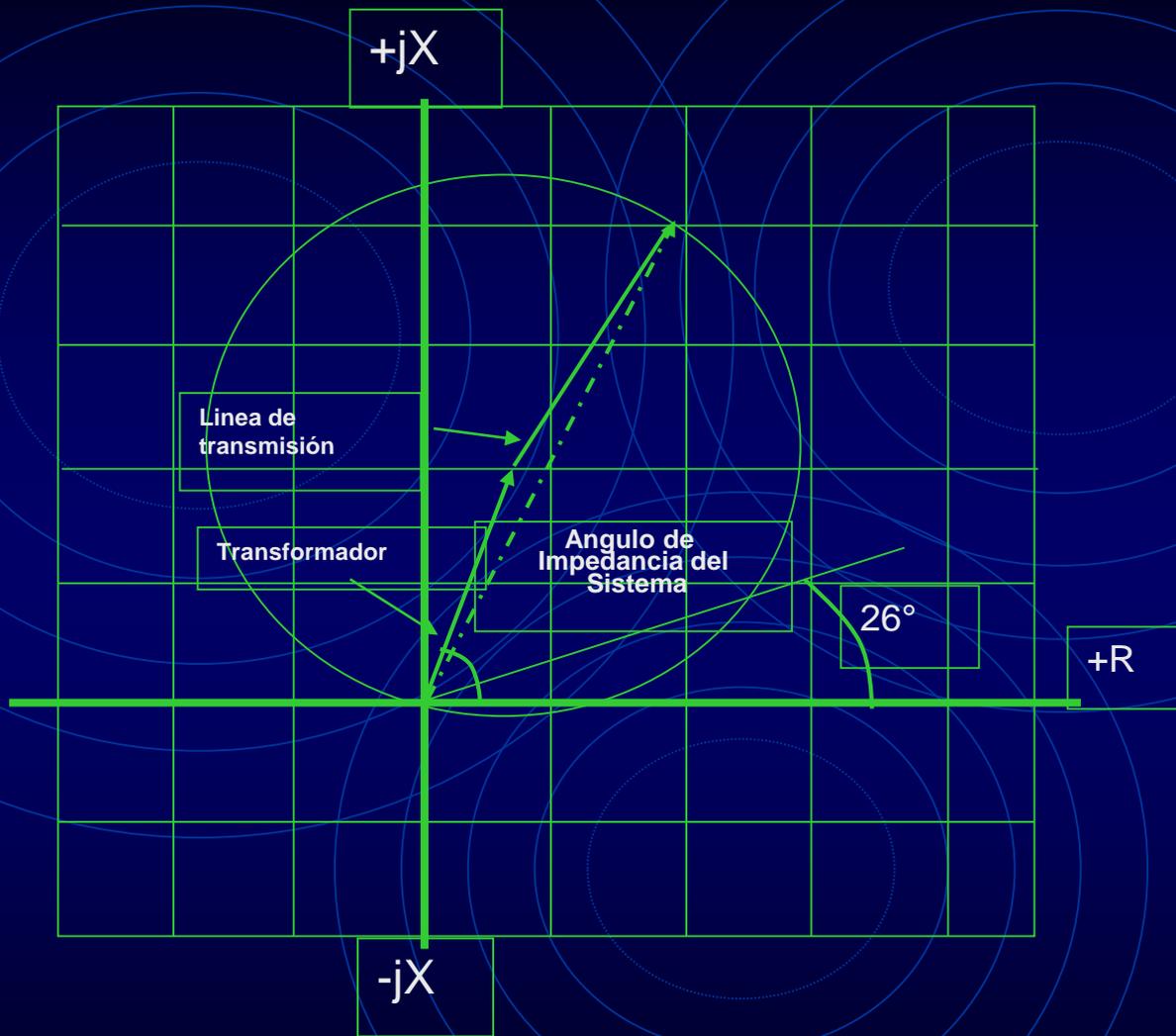


PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP's



PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP's

EVALUACIÓN DIAGNOSTICA

- ¿Que son las protecciones eléctricas?
- ¿Que significa zona de protección?
- ¿Que significa protección primaria y de respaldo?
- ¿Que significado tienen los numeros 21, 87, 51, 50FI, 67N?
- ¿Cual es el objetivo del sistema de proteccion de un SEP?
- ¿Que protecciones deben tener las lineas, los transformadore los generadores?
- ¿Para que se usan los TC's y TP's en los SEP's?

PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP's

El objetivo general de la materia:

Seleccionar las protecciones que deben tener los elementos primarios de un SEP. Calcular y analizar el comportamiento de las protecciones de un sistema eléctrico de potencia, bajo condiciones de falla y de condiciones anormales de operación

PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP's

TEMARIO

UNIDAD 1

Filosofía y principio de operación de los relevadores.

- 1.1 Filosofía de la protección de SEPs
- 1.2 Protección primaria y de respaldo
- 1.3 Clasificación de los relevadores de protección
- 1.4 Transformadores de corriente y potencial
- 1.5 Relevadores de voltaje y sobre corriente
- 1.6 Relevadores direccionales

UNIDAD 2

Protección de Transformadores y Barras.

- 2.1 Tipos de fallas en transformadores
- 2.2 Corriente de magnetización
- 2.3 Protección diferencial de transformadores de dos y tres devanados
- 2.4 Protección de respaldo
- 2.5 Curva de daño del Transformador
- 2.6 Protección de barras.
- 2.7 Protección diferencial de corriente
- 2.8 Protección diferencial de voltaje
- 2.9 Protección con relevadores digitales

PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP's

UNIDAD 3

Protección de Líneas

3.1 Protección de líneas con relevadores de corriente.

3.2 Protección de líneas con relevadores de distancia

3.2.1 Relevador tipo admitancia

3.2.2 Relevador tipo reactancia.

3.2.3 Relevador tipo cuadrilateral

3.3 Respuesta del relevador de distancia

3.3.1 Generación intermedia (INFEED)

3.3.2 Oscilaciones de potencia

3.4 Protección de líneas con sistema piloto

3.4.1 Sistema de comunicaciones

3.4.2 Protección piloto de disparo trasferido
directo, permisivo de bajo alcance y sobre alcance.

3.5 Protección diferencial de línea

PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP'S

UNIDAD 4

Protección de Unidades Generadores

4.1 Protección contra fallas internas

4.1.1 Falla de fase del estator

4.1.2 Falla de tierra del estator

4.1.3 Falla de tierra del rotor

4.2 Protección contra fallas externas

4.3 Protección contra condiciones anormales

4.3.1 Pérdida de excitación

4.3.2 Corrientes desbalanceadas del estator

4.3.3 Sobreexcitación

4.3.4 Potencia inversa

4.3.5 Baja frecuencia

PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP's

METODO DE CALIFICACION DE CADA UNIDAD

EXAMENES ESCRITOS	75%
TAREAS	20%
ASISTENCIA	5%
TOTAL	100%

FECHA DE EXAMENES

UNIDAD 1	17/sept/2019 real
UNIDAD 2	
UNIDAD 3	
UNIDAD 4	

PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP's

UNIDAD I

FILOSOFIA DE PROTECCIÓN DE SEP's

PROTECCIONES DE SEP's

OBJETIVO DEL SISTEMA DE POTENCIA:

El objetivo del sistema de potencia es producir, transmitir y distribuir energía eléctrica, con el máximo de disponibilidad y el mínimo de pérdidas, así como considerando aspecto de seguridad y el mínimo impacto al medio ambiente

EXPUESTO A FALLAS:

Una falla en el sistema significa que la frecuencia, corriente o voltaje excede los límites especificados al equipo que forma el SEP.

FALLAS ELÉCTRICAS EN UN SEP:

Monofásica a tierra	70-80%
Fase-Fase a tierra	17-10%
Fase-Fase	10-8%
Trifásica	3-2%

PROTECCIONES ELECTRICAS DE SEP'S

ANTECEDENTES

El desarrollo de los sistemas de protección eléctrica de SEP's inicio a finales del siglo 19 y principios del siglo 20 junto con la aparición de los primeros SEP's. Luego evolucionò de acuerdo a la tabla:

FECHA	Elementos	Ventaja	Desventaja
1890-1900	Fusibles	Detectan y desconectan Son economicos	Mucho tiempo para restablecer, solo sobrecorriente
1900-en adelante	Relevador Electromecanico + interruptor + TP y TC	Ajustables, V, I, Frec mayor interrupcion de corriente	Mas elementos
1950-en adelante	Relevador estado solido o estático	Bajo mantenimiento no hay partes moviles.	Caro , requiere acondicionar temperatura.
1970	Estado solido multifuncion	Un solo equipo como dos o mas relevadores	Caro , requiere acondicionar temperatura
1980	Microprocesados multifuncion	Capacidad de comunicaci3n, menos volumen	Caro , requiere acondicionar temperatura

PROTECCIONES DE SEP's

RESPUESTAS DE UN SEP ANTE PERTURBACIONES

- **RESPUESTA ELECTRICA** INSTANTANEA
PROTECCIONES ELECTRICAS
- **RESPUESTA INERCIAL** MILISEGUNDOS
PROTECCIONES ELECTRICAS CON RETARDO DE TIEMPO
- **REGULACION PRIMARIA** SEGUNDOS
- **REGULACION SECUNDARIA** SEGUNDOS-MINUTO
- **RESPUESTA DEL OPERADOR** MINUTOS

PROTECCIONES DE SEP's

SISTEMA DE PROTECCION DE UN SEP

OBJETIVO

Puesto que es la primer línea de defensa para el SEP, el objetivo del sistema de protección es minimizar los efectos de la falla, desconectando los elementos fallados, asegurando un máximo de disponibilidad del suministro de energía, con un máximo de seguridad para las personas y el equipo.

Para lograr lo anterior el Sistema de Protección: utiliza una combinación de relevadores, asignados para proteger un equipo incluyendo los interruptores, ya que relevadores e interruptores deben funcionar juntos para lograr el objetivo.

PROTECCIONES DE SEP's

SISTEMA DE PROTECCION DE UN SEP

FUNCION GENERAL

Detectar condiciones anormales del equipo, detectar fallas eléctricas, proteger el equipo para disminuir los daños que ocasiona una falla (corto circuito).

FUNCION PRINCIPAL

Sacar de operación cualquier elemento de un sistema de potencia que sufre un corto circuito o cuando empieza a operar de una manera anormal que podría causar daño o interferir con la operación efectiva del resto del sistema.

FUNCION SECUNDARIA

Proporcionar indicación de la localización y tipo de falla.

PROTECCIONES DE SEP's

CARACTERISTICAS BUSCADAS EN EL SISTEMA DE PROTECCION

- DETECTAR TODAS LAS FALLAS ELECTRICAS Y OTRAS CONDICIONES ANORMALES DE OPERACION
- DESCONECTAR EL MINIMO EQUIPO NECESARIO DEL SEP PARA LIBRAR LA FALLA, LO MAS RAPIDO POSIBLE

CARACTERISTICAS BUSCADAS EN LOS RELES DE PROTECCION

SENSIBILIDAD DETECTAR TODO TIPO DE FALLAS Y DE BAJA APORTACION

VELOCIDAD OPERAR LO MAS RAPIDO POSIBLE PARA MINIMIZAR DAÑOS EN EL EQUIPO PROTEGIDO

SELECTIVIDAD DESCONECTAR SOLO EL EQUIPO FALLADO

CONFIABILIDAD OPERAR SIEMPRE CORRECTAMENTE

PROTECCIONES DE SEP's

FACTORES QUE AFECTAN EL SISTEMA DE PROTECCIÓN

ECONOMIA

En ocasiones, pagar por el equipo de protección, se considera no viable derivado de la frecuencia de falla, del tipo de equipo y la importancia de la carga que alimenta.

PERSONALIDAD DEL SEP

Debido a la personalidad del ingeniero de protección y del personal que administra el SEP, el sistema de protección adquiere su "personalidad", derivado de las preferencias en tecnología y las costumbres aprendidas del pasado.

LOCALIZACION DE INTERRUPTORES Y TC's

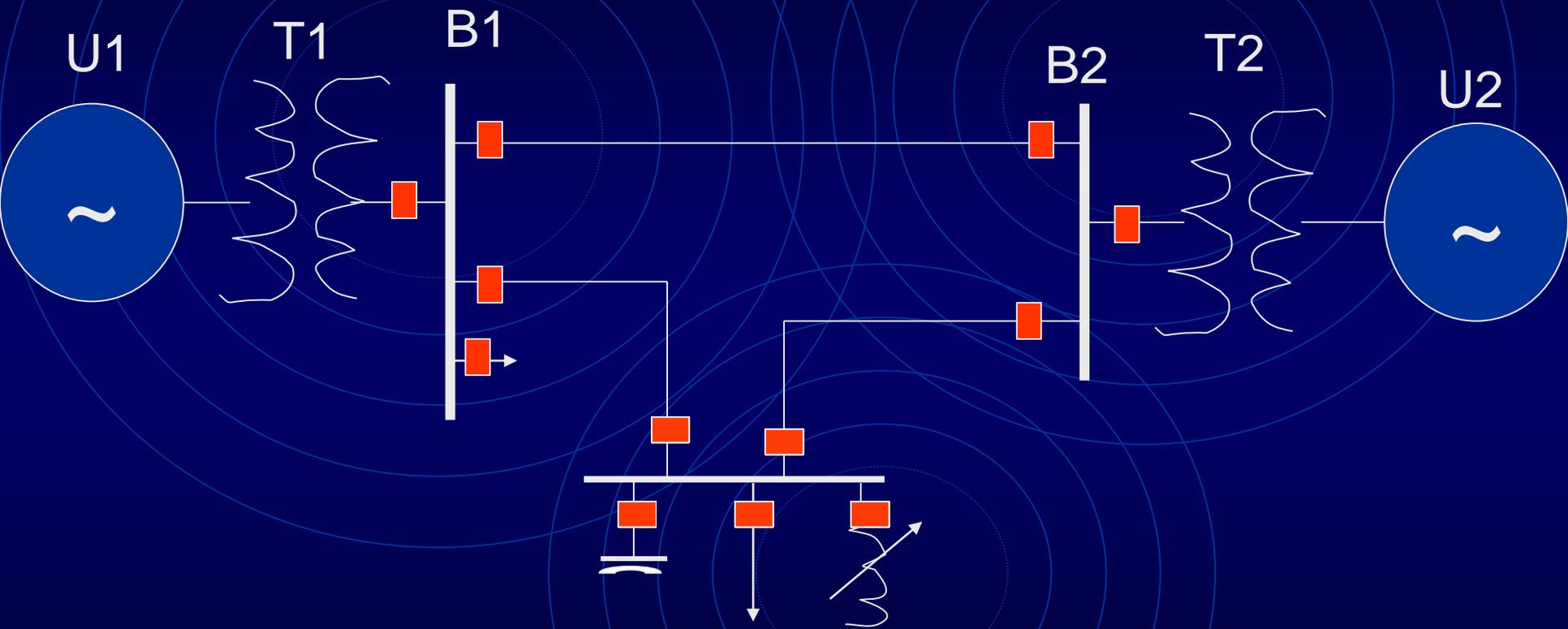
El diseño de las subestaciones y el tipo de interruptor usado afecta el tipo de sistema de protección que se puede usar en el SEP, dada la localización de TC's y TP's

LA SEÑALIZACION DISPONIBLE

Es muy importante poder tener una señalización cuando opera un relevador y el interruptor.

PROTECCIONES DE SEP's

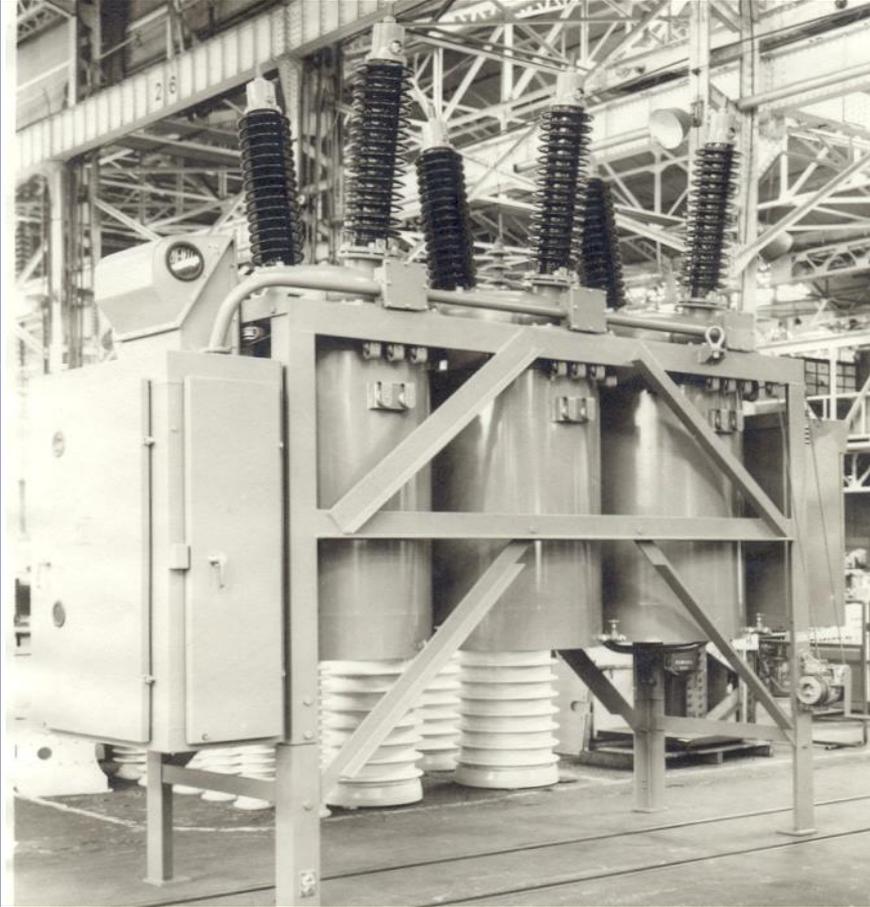
EQUIPOS A PROTEGER EN UN SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA



Se requieren equipos de interrupción y de medición para los reles, interruptores de potencia, TC's y TP's

PROTECCIONES DE SEP'S

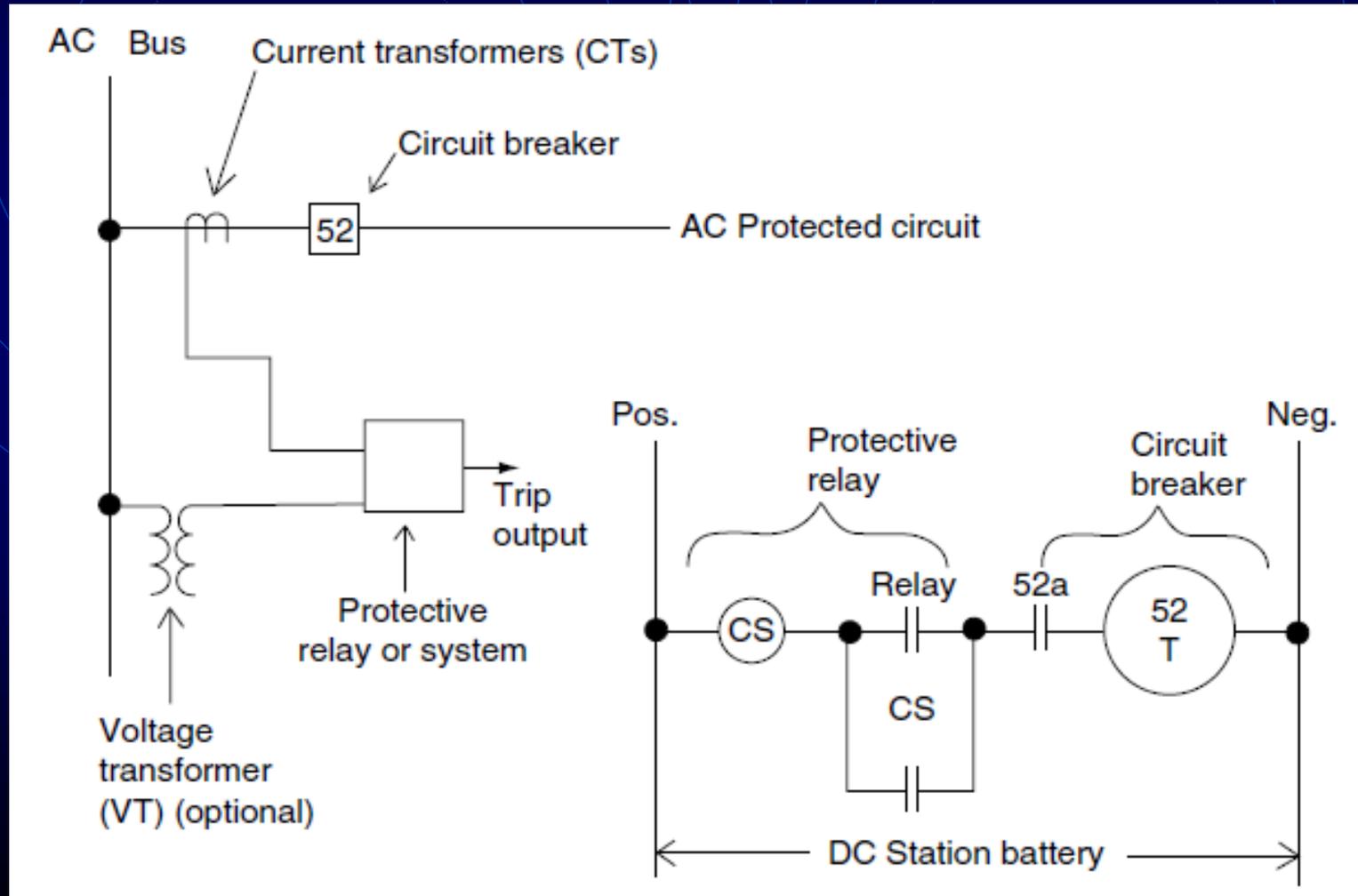
Interruptores de potencia



PROTECCIONES DE SEP'S

CONEXION TIPICA DEL EQUIPO DE PROTECCION

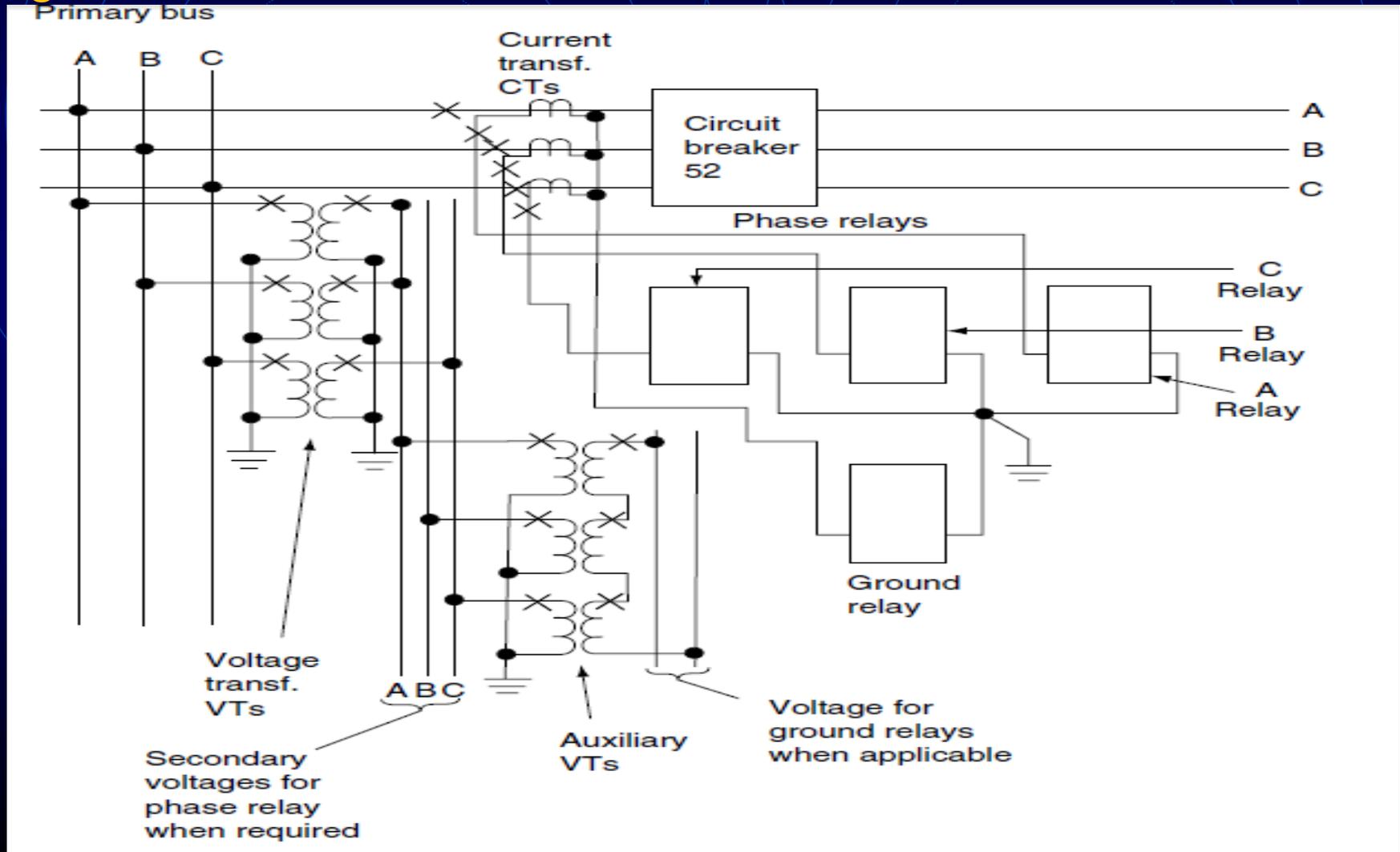
Diagrama unifilar



PROTECCIONES DE SEP'S

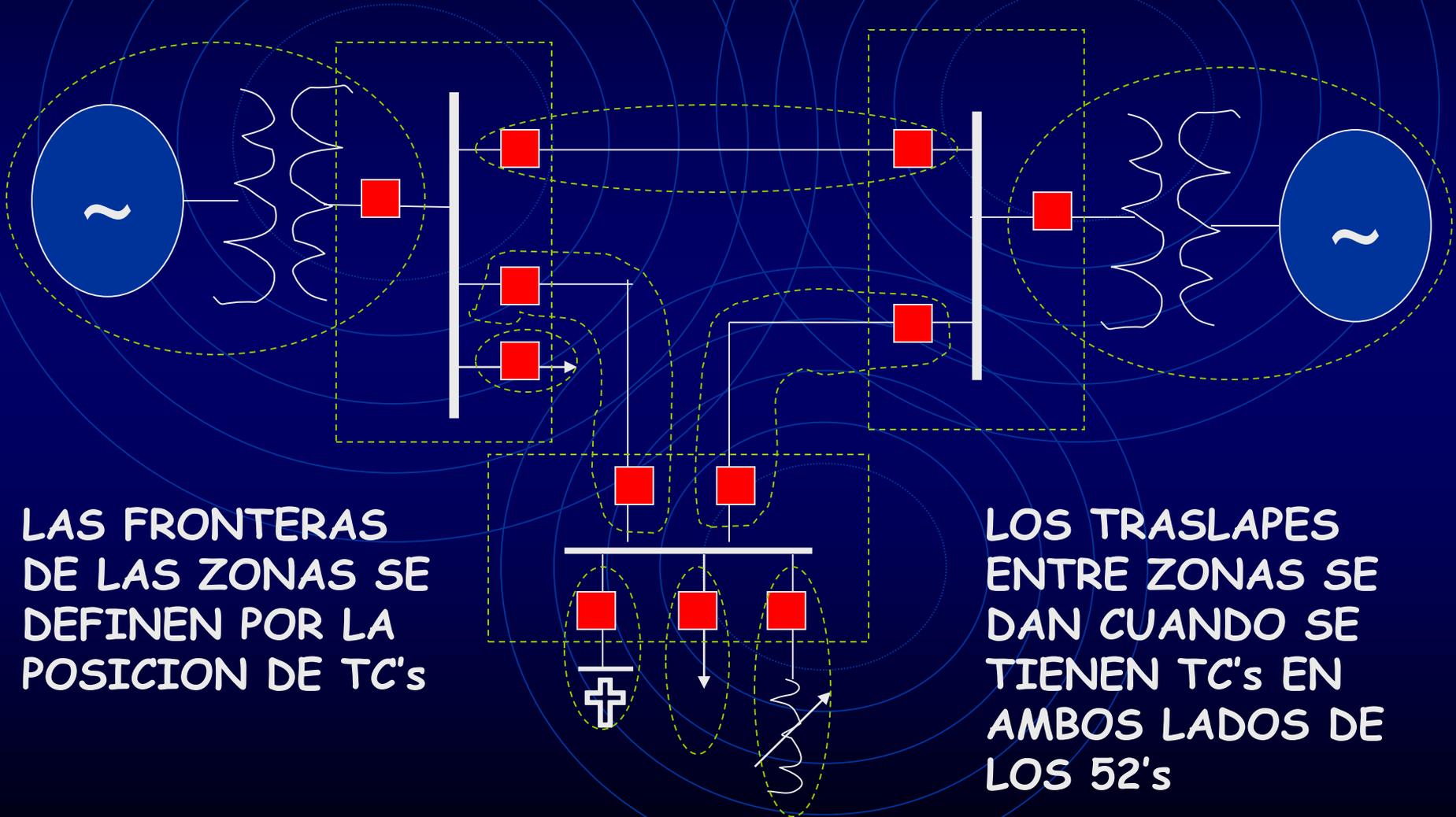
CONEXION TÍPICA DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN

Diagrama trifilar



PROTECCIONES DE SEP'S

ZONAS DE PROTECCION EN UN SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA



LAS FRONTERAS DE LAS ZONAS SE DEFINEN POR LA POSICION DE TC's

LOS TRASLAPES ENTRE ZONAS SE DAN CUANDO SE TIENEN TC's EN AMBOS LADOS DE LOS 52's

PROTECCIONES DE SEP'S

CONSIDERACIONES GENERALES PARA FALLAS EN SEP'S

El calculo de CC para cada nodo de un SEP de N nodos es un caso para computadoras y proporciona al ingeniero de campo las referencias de los valores de corto circuito en los buses de su entorno.

Si se conocen los datos de MVA_{CC} para fallas 1F y 3F en cualquier bus del sistema:

$$X_1 = X_2 = MVA_B / MVA_{CC3F} \quad \text{pu}$$

$$X_G = 3MVA_B / MVA_{CC1F} \quad \text{pu}$$

$$X_0 = X_G - X_1 - X_2$$

Ejem. Para el bus de 115 de PNO se tiene 625.33 MVA_{CC3F} y 838.82MVA_{CC1F}

$$X_1 = X_2 = 100 / 625.33 = 0.16$$

$$X_G = 300 / 838.82 = 0.3576$$

$$X_0 = 0.3576 - 0.16 - 0.16 = 0.0376$$

PROTECCIONES DE SEP's

CONSIDERACIONES GENERALES PARA FALLAS EN SEP'S

Para NVJ encontrar la corriente y los MVA para un cc trifásico en el Bus de 13.8 kv, si en el Bus de 115 kv se tiene una potencia de cc trifasico de 700 MVA.

TR DE NVJ

18 / 24 / 30 MVA OA / FA / FA

$Z = 7.84 / 10.71 / 13.2 \%$

110 / 13.8 Kv

Para 115KV base y 100MVA base

$$X_{1SIST} = 100/700 = 0.1428 \text{ p.u}$$

$$Z_{TR} = 0.132 (100/30) (110/115)^2 = 0.40257 \text{ pu}$$

PROTECCIONES DE SEP'S

CONSIDERACIONES GENERALES PARA FALLAS EN SEP'S

Con lo anterior se puede encontrar la I_{CC} trifásico en el Bus de 13.8kv:

$$I_{CC3F} = \frac{1}{X_{1S} + X_{TR}} = \frac{1}{(0.1428 + 0.40257)} = 1.83 \text{ p.u.}$$

$$I_{B115kv} = \frac{100}{\sqrt{3} * 115} = 502.06$$

$$I_{CC3F} = 4183.8 * 1.83 = 7656.4$$

$$I_{B13.8kv} = \frac{100 * 115}{\sqrt{3} * 115 * 13.8} = 4183.8 \text{ A}$$

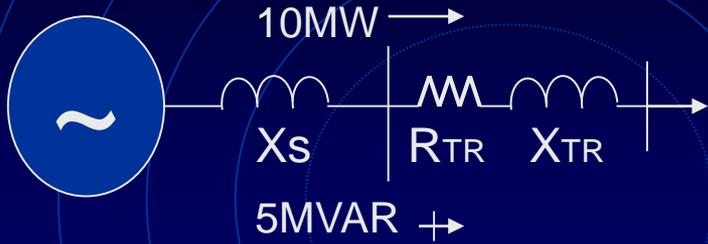
$$MVA_{CC3F} = 1 * 1.83 * 100 = 183$$

Para comprobar:

$$MVA_{CC3F} = \sqrt{3} * 13.8 * 7.6564 = 183.0$$

PROTECCIONES DE SEP'S

CONSIDERACIONES GENERALES PARA FALLAS EN SEP'S



Desde el punto de vista del generador
 $V = 115\text{KV}$ y suponiendo $R_{TC} = 1/1$ y
 $R_{TP} = 1/1$, además $R_{TC}/R_{TP} = K_s$

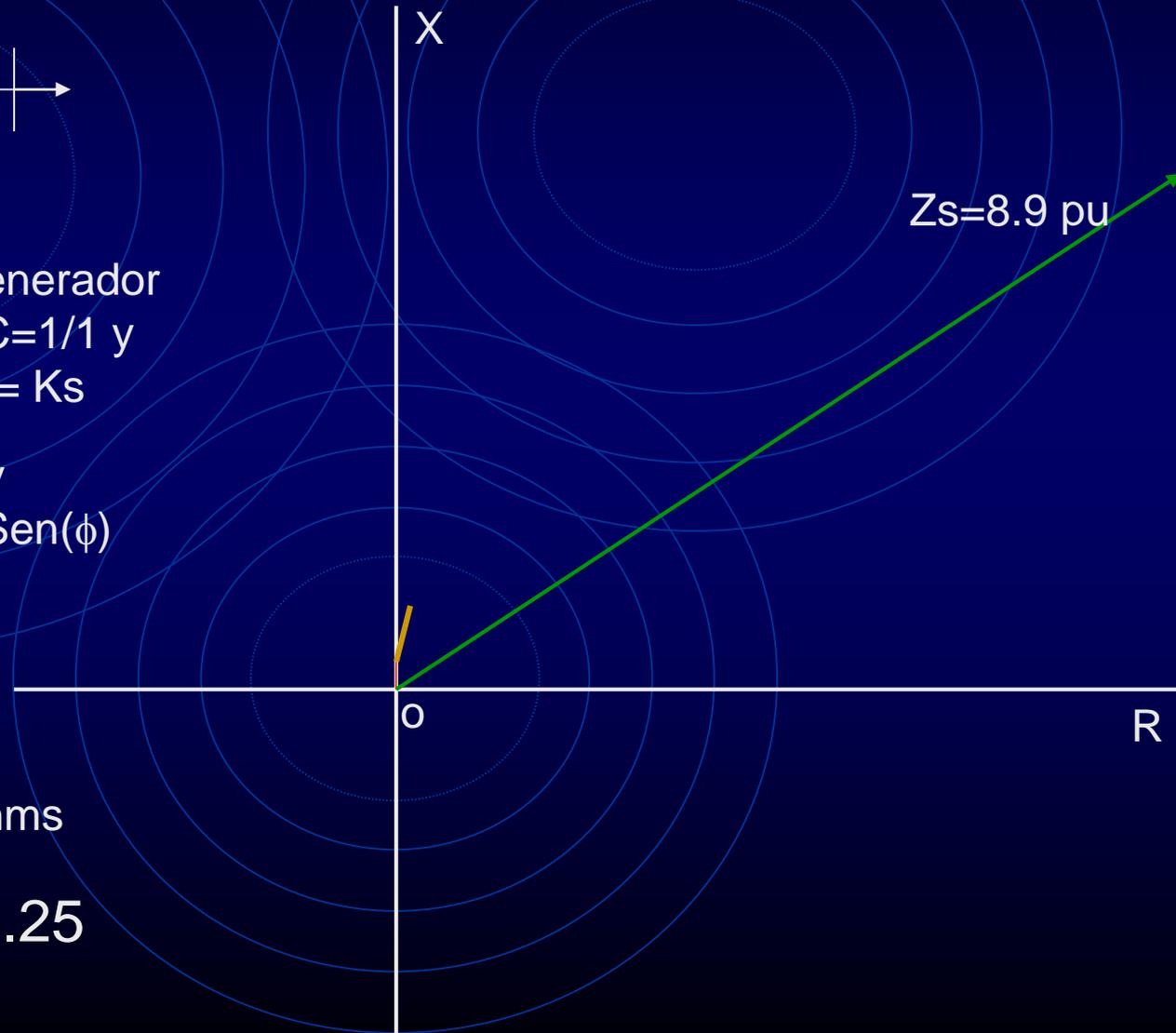
$Z_s = Z_{\text{prim}} = (KV^2 / MVA)K_s$ y
 $R_s = Z_s \cos(\phi)$ y $X_s = Z_s \sin(\phi)$

$MVA = 11.18$ Y $Z_s = 1182.92$

$\phi = \tan^{-1} Q/P = 26.56^\circ$

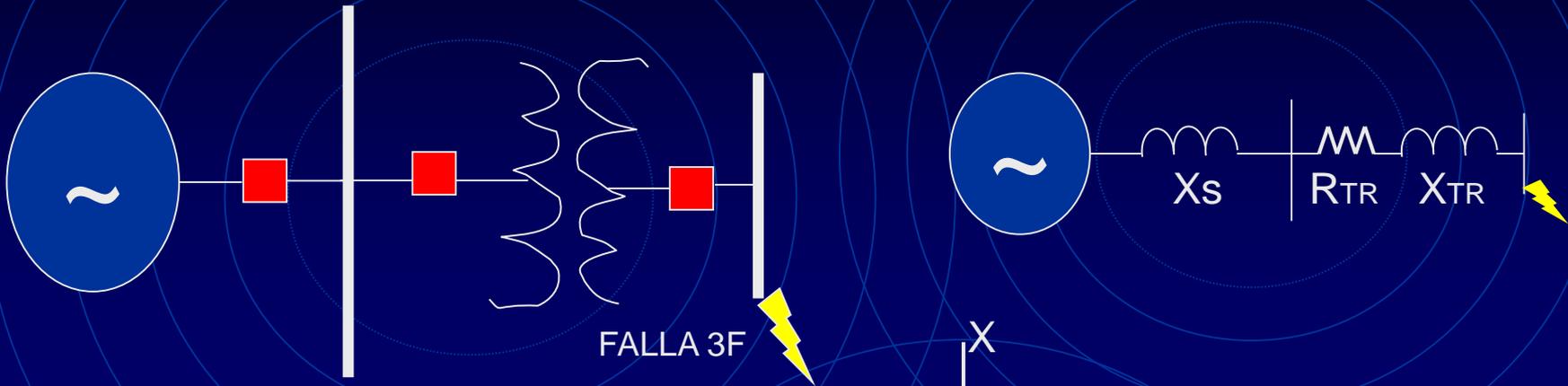
$R_{TR} = 1058.12$ Y $X_{TR} = 529$ ohms

$Z_{\text{base}} = 115^2 / 100 = 132.25$

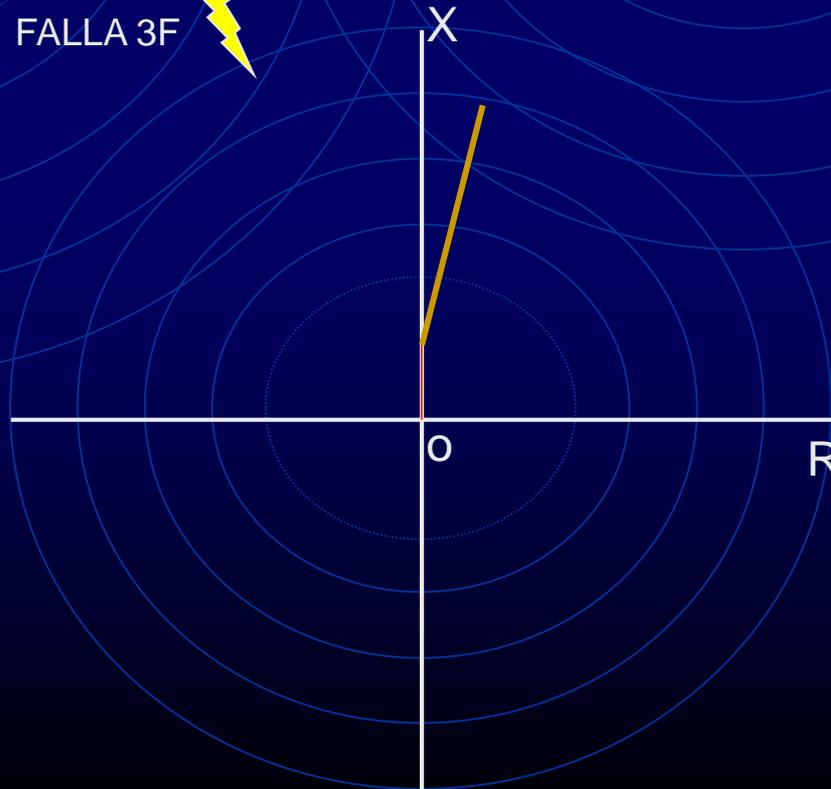


PROTECCIONES DE SEP'S

CONSIDERACIONES GENERALES PARA FALLAS EN SEP'S



Ahora bien, en el plano de impedancia, o sea el plano X-R (reactancia-resistencia) como visualizamos al transformador y la falla en el bus de 13.8kv.



PROTECCIONES DE SEP's

UNIDAD I continúa

PROTECCION PRIMARIA

Y

PROTECCION DE RESPALDO

PROTECCIONES DE SEP's

ESQUEMA DE PROTECCION DE UN SEP

PROTECCIÓN PRIMARIA

La protección primaria proporciona la primera línea de protección y debe desconectar únicamente el elemento dañado.

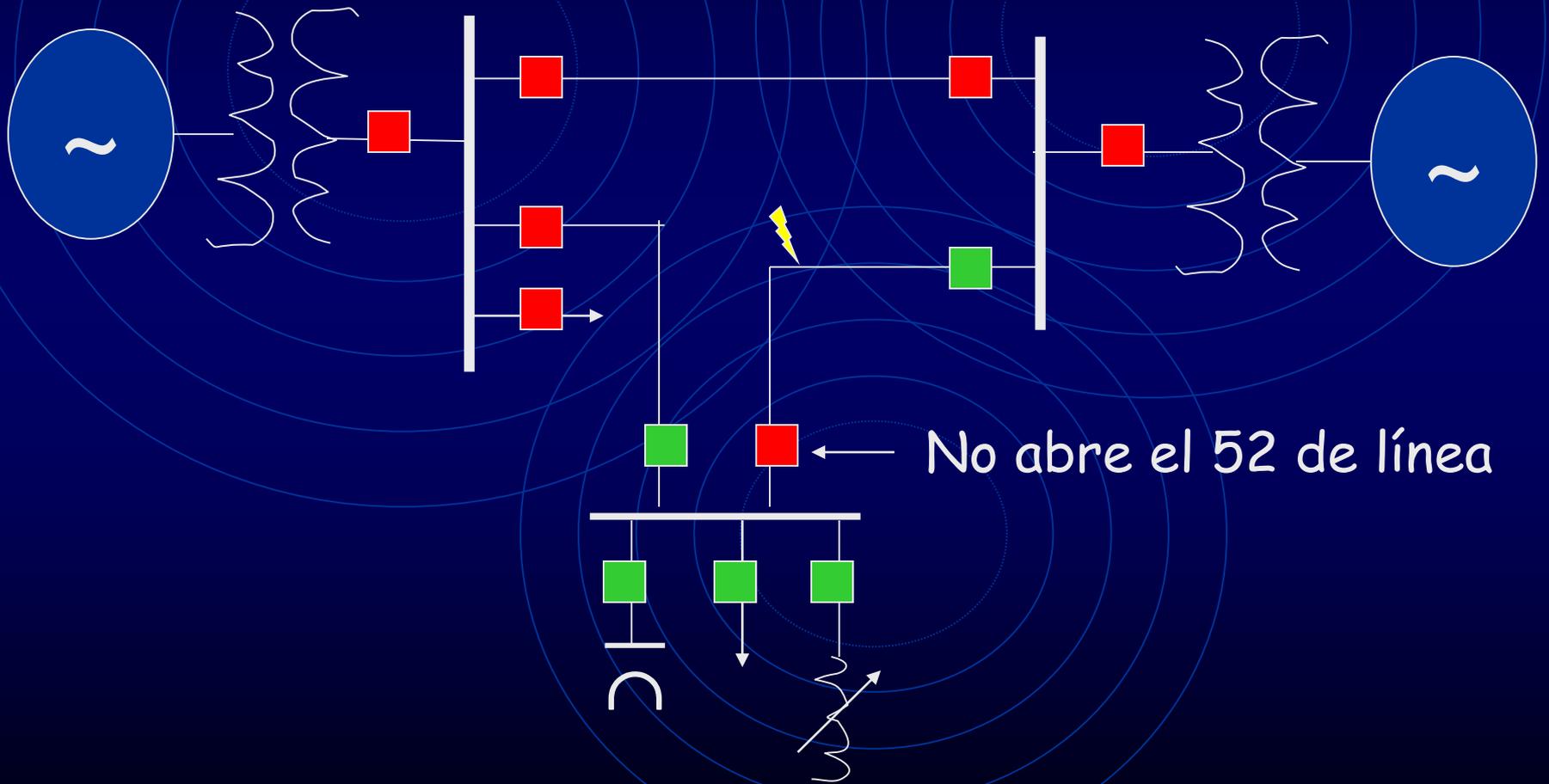
PROTECCION DE RESPALDO

En caso de que una falla no sea librada por la protección primaria, actuara la protección llamada “ respaldo “ la cual generalmente desconecta una considerable porción del sistema.

Dado que los esquemas de protección, como el equipo asociado a estos, esta sujeto a fallas, el respaldo es indispensable. Puede ser respaldo local y respaldo remoto.

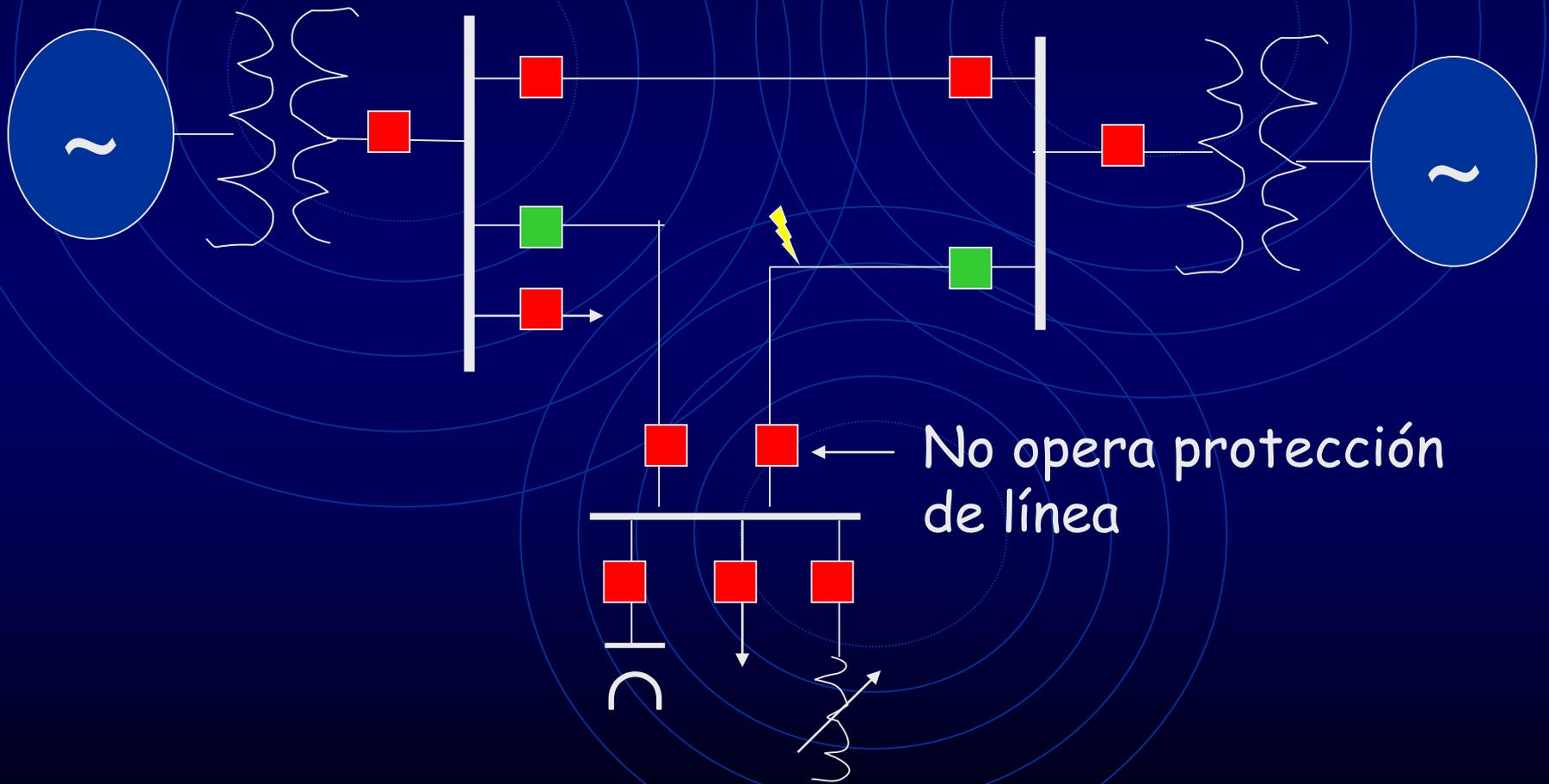
PROTECCIONES DE SEP'S

RESPALDO LOCAL



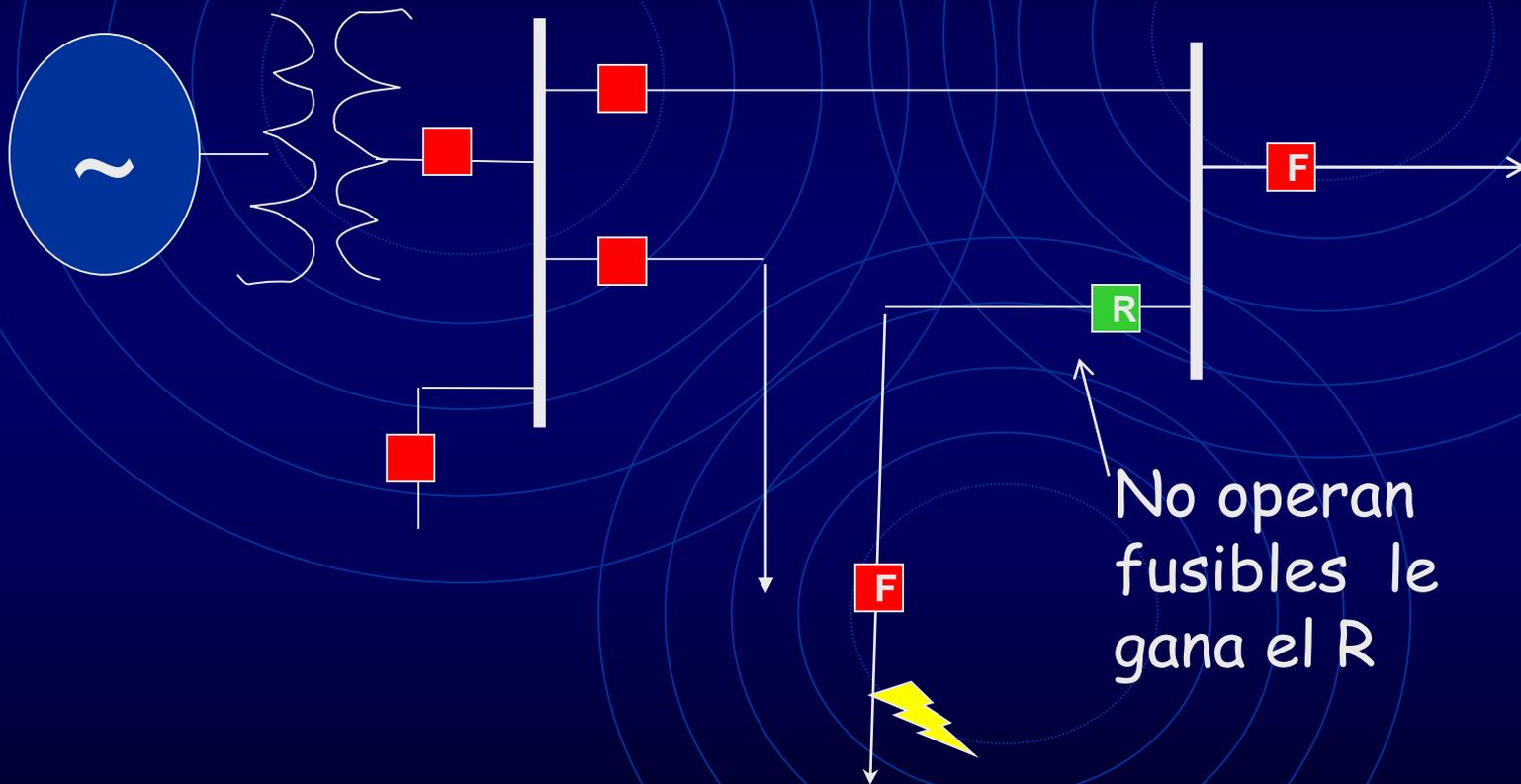
PROTECCIONES DE SEP'S

RESPALDO REMOTO



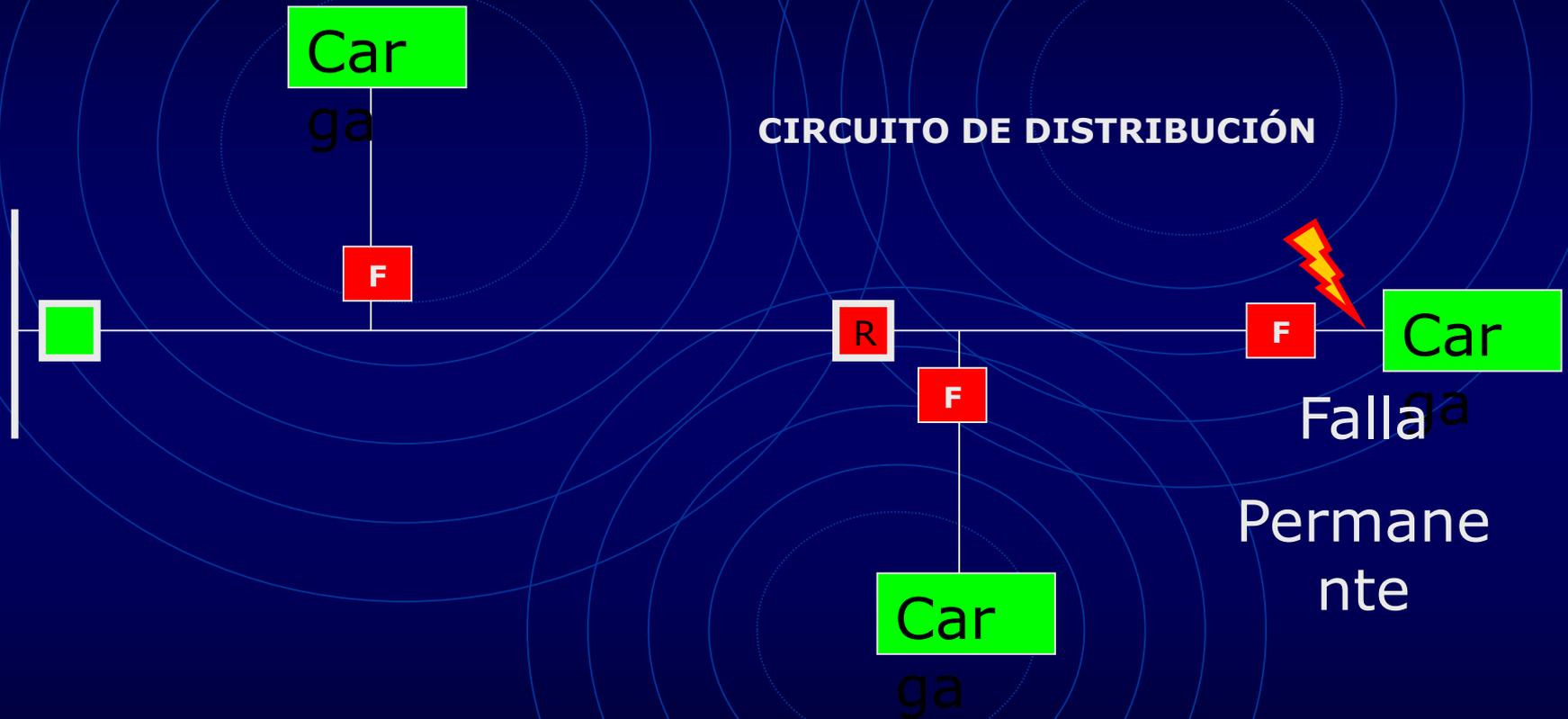
PROTECCIONES DE SEP'S

RESPALDO EN CIRCUITOS DE DISTRIBUCION



PROTECCIONES DE SEP'S

RESPALDO EN CIRCUITOS DE DISTRIBUCION



PROTECCIONES DE SEP'S

UNIDD 1

CLASIFICACIÓN DE LOS RELEVADORES DE PROTECCIÓN

PROTECCIONES DE SEP's

DESARROLLO DE PROTECCIONES ELECTRICAS

PRINCIPIOS DEL SIGLO XX HASTA LOS 60's

- RELEVADORES DE ATRACCION ELECTROMAGNETICA
- RELEVADORES DE INDUCCION ELECTROMAGNETICA

DE LOS 60's HASTA LOS 80's

- RELEVADORES DE INDUCCION ELECTROMAGNETICA
- RELEVADORES ANALOGO-DIGITALES(TAMAÑO Y ECONOMIA)

DE LOS 80's HASTA LA FECHA

- RELEVADORES DIGITALES
- RELEVADORES MULTIFUNCION(MICROPROCESADOS)

PROTECCIONES DE SEP's

CLASIFICACION DE LAS PROTECCIONES DE SEP's

POR SU USO:

Los relevadores se pueden clasificar de varias formas, pero la clasificación por su uso o función es la más general:

A) RELEVADORES DE PROTECCION Es el tema de la materia

B) RELEVADORES DE REGULACION O CONTROL

Cambiadores de Tap's, reguladores de voltaje, control de temperatura, control A/C interruptores, etc.

C) RELEVADORES DE RECIERRE, SINCRONIZACION Y VERIFICACION de S

Son necesarios para la operación del SEP

D) RELEVADORES DE MONITOREO

E) RELEVADORES AUXILIARES

PROTECCIONES DE SEP's

TIPOS DE PROTECCIONES ELECTRICAS

ELECTRO MECANICAS



www.geindustrial.com

CFD High Speed Differential Relay



IBC Directional Overcurrent Relay

ANALOGO-DIGITALES



BUS1000/2000 Bus Bar Protection

DIGITALES



DMS Digital Multifunction System

The DMS Feeder Management System is a microprocessor based multifunction protection, control, and measurement unit part of GE's DDS Product Family

PROTECCIONES DE SEP'S

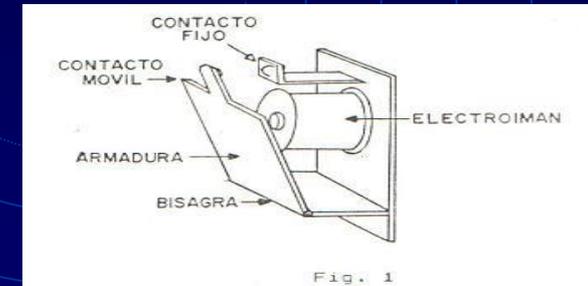
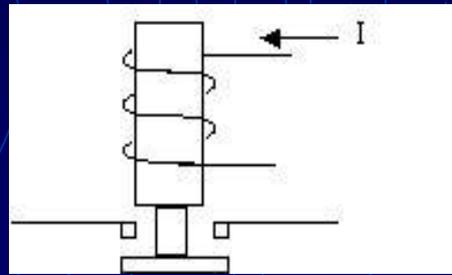
TIPOS DE PROTECCIONES ELECTRICAS

ELECTRO MECANICAS

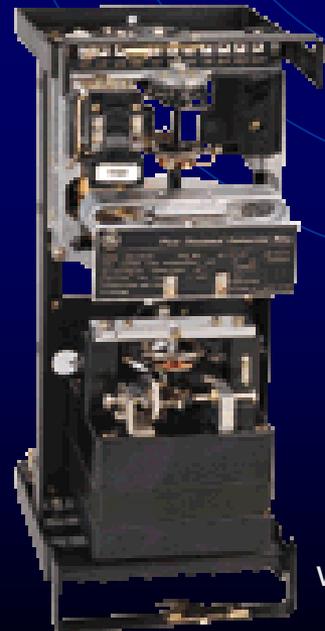
1.- ATRACCIÓN ELECTROMAGNETICA



CFD High Speed Differential Relay

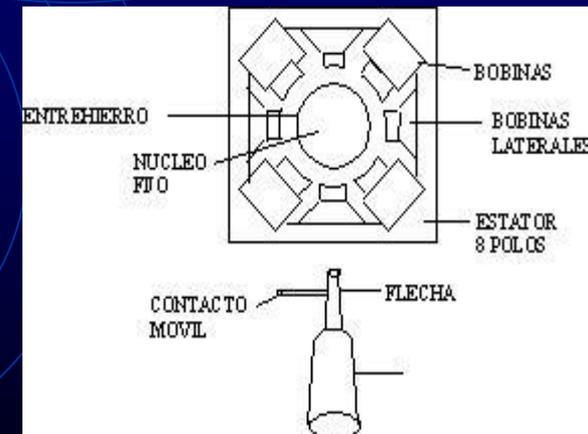
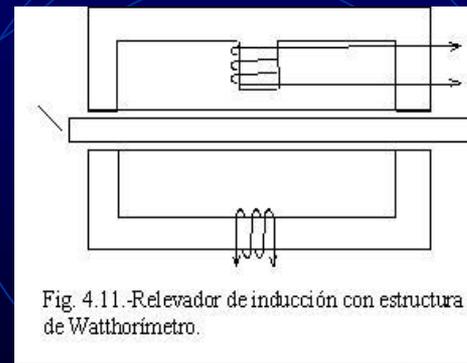
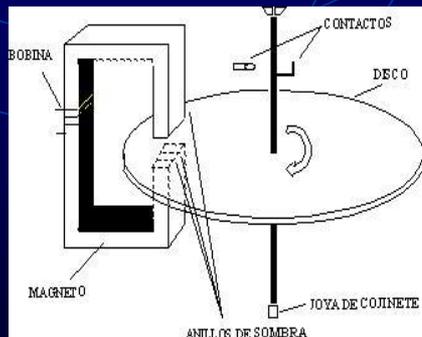


2.- INDUCCIÓN ELECTROMAGNETICA



www.geindustrial.com

IBC Directional Overcurrent Relay



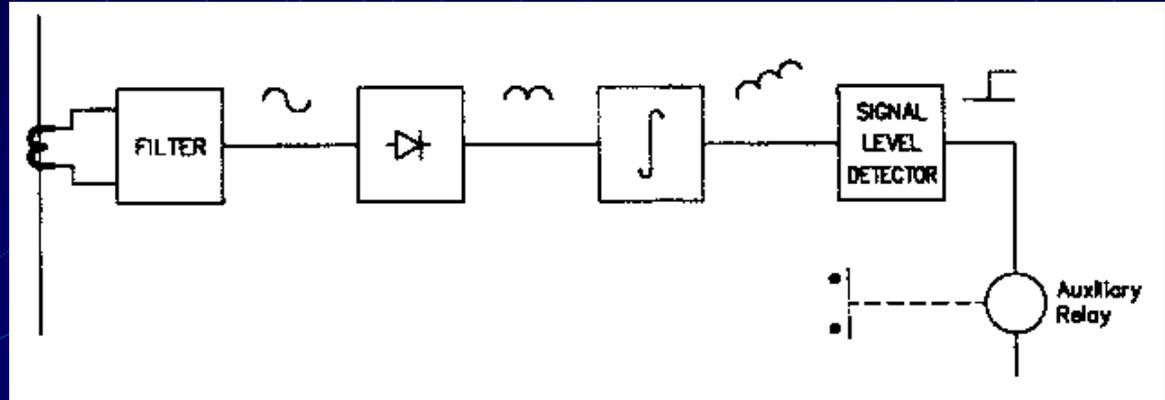
PROTECCIONES DE SEP'S

TIPOS DE PROTECCIONES ELECTRICAS

ANALOGO-DIGITALES



BUS1000/2000 Bus Bar Protection



Los integradores y/o derivadores usan elementos analógicos como resistencias, inductancias y capacitancias, y digitales como amplificadores operacionales, contadores análogo digital, flip-flops y transistores, para procesar la señal y ejecutar las funciones de alarma, disparo, y ajustes.

PROTECCIONES DE SEP'S

TIPOS DE PROTECCIONES ELECTRICAS

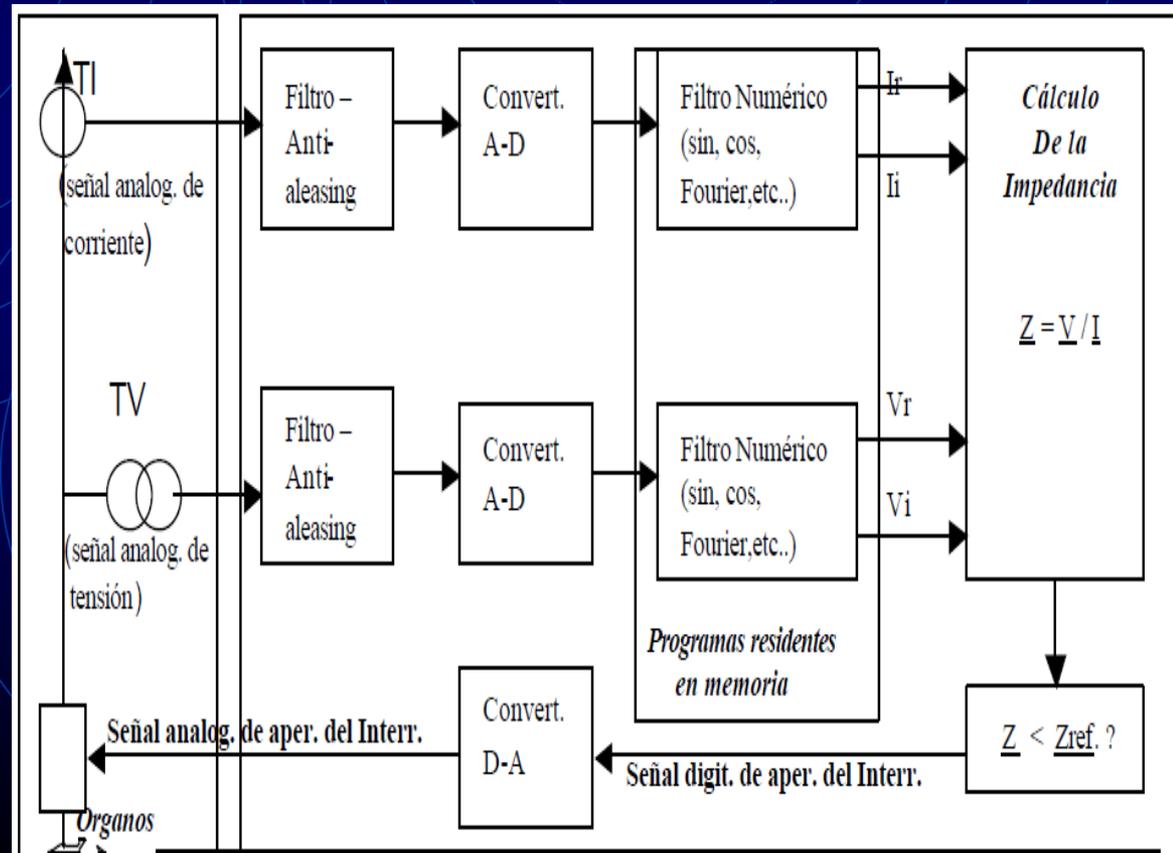
DIGITALES

DMS Digital Multifunction System
The DMS Feeder Management System is a microprocessor based multifunction protection, control, and measurement unit part of GE's DDS Product Family



Filtros anti-aliasing
eliminan armónicas de orden superior

Muestreadas por medio de convertidores analógicos -digitales;
se produce la conversión de señales analógicas continuas a valores numéricos digitales



PROTECCIONES DE SEP's

CLASIFICACION DE LAS PROTECCIONES DE SEP's

POR SU SEÑAL DE ENTRADA:

- A) CORRIENTE
- B) VOLTAJE
- C) TEMPERATURA
- D) PRESION
- E) FRECUENCIA
- F) POTENCIA

POR CARACTERISTICA DE COMPORTAMIENTO:

- A) TIEMPO DEFINIDO
- B) TIEMPO INVERSO
- C) DIRECCIONAL
- D) BAJO/ALTO VOLTAJE
- E) COMPARACION DE FASE
- F) DE DISTANCIA
- G) COMPARACION DIRECCIONAL
- H) FASE / TIERRA

POR SU PRINCIPIO DE OPERACION:

- A) PORCENTAJE DIFERENCIAL
- B) RESTRICCIÓN MÚLTIPLE
- C) ELECTROMECANICO
- D) DIGITAL
- E) ESTADO SÓLIDO
- F) TERMICO

PERO TODAS LAS PROTECCIONES ELECTRICAS NECESITAN ALIMENTARSE CON VOLTAJE Y/O CORRIENTE

PROTECCIONES DE SEP'S

ESQUEMA ESTRUCTURAL DE UN RELEVADOR DE PROTECCION



- 1.- La parte que contiene los órganos de medición, que determina las condiciones de operación en dependencia de las señales de entrada.
- 2.- La parte lógica, que forma las señales de salida en dependencia de la combinación, secuencia y comparación de las señales que viene del órgano de medición.

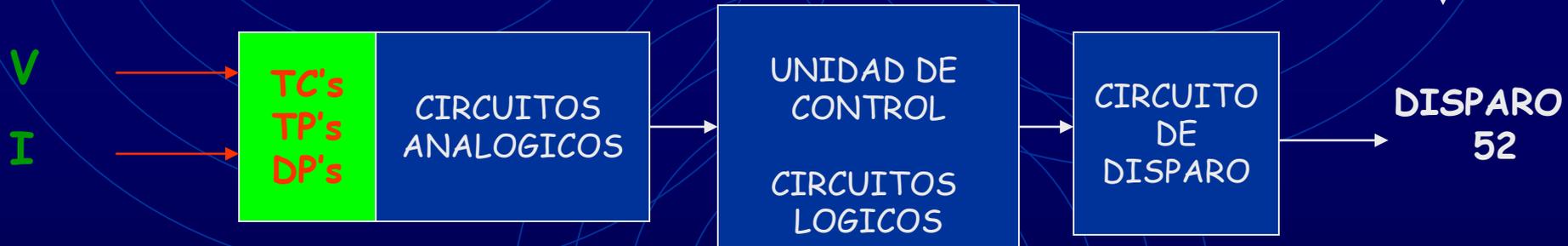
PROTECCIONES DE SEP'S

TIPOS DE PROTECCIONES ELECTRICAS

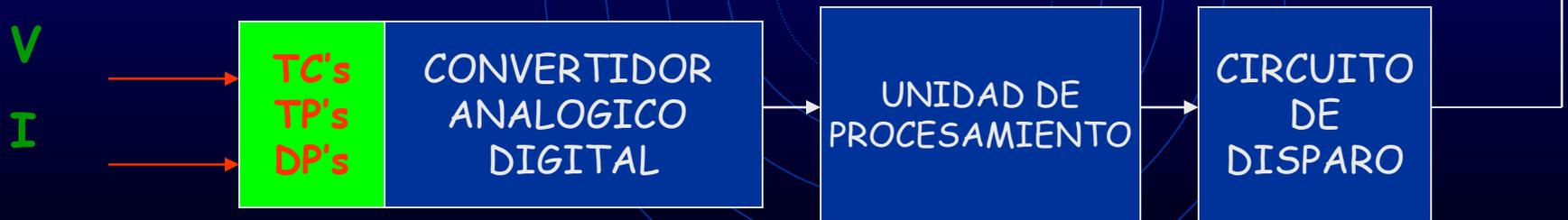
ELECTROMECHANICAS



ANALOGICAS-DIGITALES



DIGITALES



PROTECCIONES DE SEP's

CODIFICACION DE LAS PROTECCIONES DE SEP's

Números de dispositivos:

A	Alarm
ac or AC	Alternating current
B	Bus, battery, blower
BP	Bypass
BT	Bus tie
C	Current, close, control, capacitor, compensator, case
CC	Closing coil, coupling capacitor, carrier current
CS	Control switch, contactor switch
CT	Current transformer
CCVT	Coupling capacitor voltage device
D	Down, direct, discharge
dc or DC	Direct current
E	Exciter, excitation
F	Field, feeder, fan
G*	Ground, generator
GND, Gnd	Ground

H	Heater, housing
L	Line, lower, level, liquid
M	Motor, metering
MOC	Mechanism-operated contact
MoD	Metal oxide protective device
MOS	Motor-operated switch
N*	Neutral, network
NC	Normally closed
NO	Normally open
O	Open
P	Power, pressure
PB	Pushbutton
PF	Power factor
R	Raise, reactor
S	Speed, secondary, synchronizing
T	Transformer, trip
TC	Trip coil
U	Up, unit
V	Voltage, vacuum
VAR	Reactive power
VT	Voltage transformer
W	Watts, water
X, Y, Z	Auxiliary relays

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE SOBRECORRIENTE

DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE

DE DISTANCIA

DIFERENCIAL DE BUS Y DE LINEA

DE SOBREVOLTAJE

DE FALLA INTERRUPTOR

DE BAJAFRECUENCIA

DE POTENCIA INVERSA

DE SECUENCIA NEGATIVA

DE COMPARACION DIRECCIONAL

DE SOBRETENPERATURA, SOBRE PRESION, ACUMULACION DE GASES

PROTECCIONES DE SEP's

UNIDAD 1 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS

PROTECCIONES DE SEP's

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS

TC'S

TIPOS , USOS Y CONEXIONES

TP'S Y DP'S

USO Y CONEXIONES

USAR PRESENTACIÓN DE TCs Y TP's

PROTECCIONES DE SEP's

UNIDAD 1

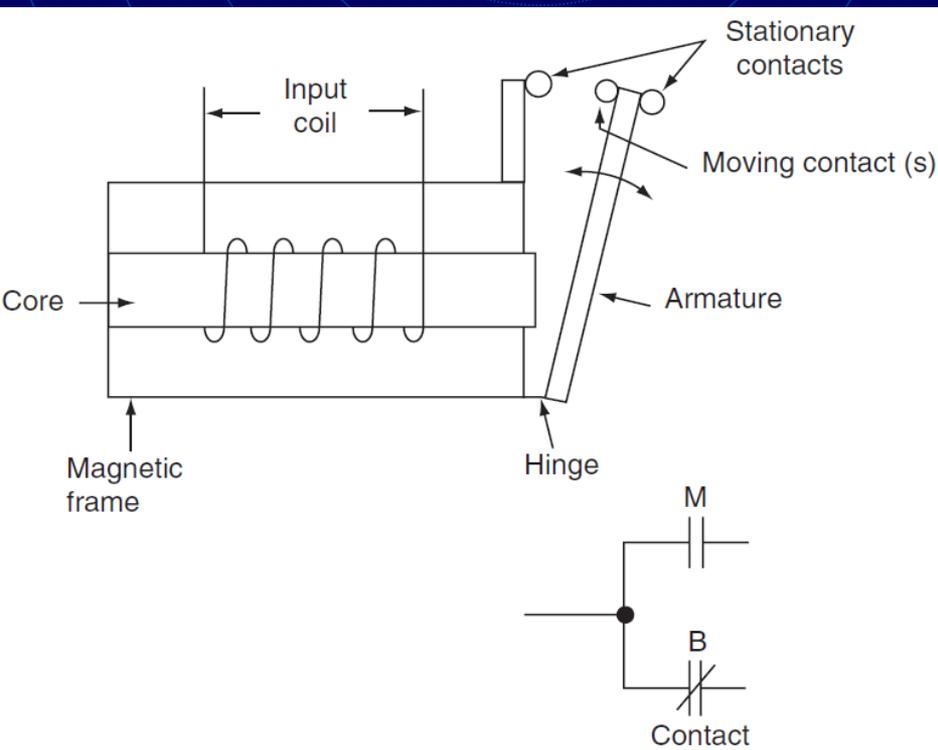
RELEVADORES DE VOLTAJE Y
SOBRECORRIENTE
SE INCLUYEN FUSIBLES

PROTECCIONES DE SEP's

Relevadores de Voltaje

Son muy usado en todas las areas de protección, en la modalidad de “sobre voltaje” o “bajo voltaje”, y principalmente para disparar un interruptor o como detector de falla por seguridad.

El tipo de relevador mas usado para este propósito es el relevador telefónico:



Sin embargo tambien se puede usar un relevador tipo copa de inducción.

La bobina del relevador normalmente trae taps para dar el ajuste, uno de bajo voltaje usaria el contacto B, uno de alto voltaje usaria el contacto M. O bien se diseña el mecanismo de contacto para siempre usar el M .

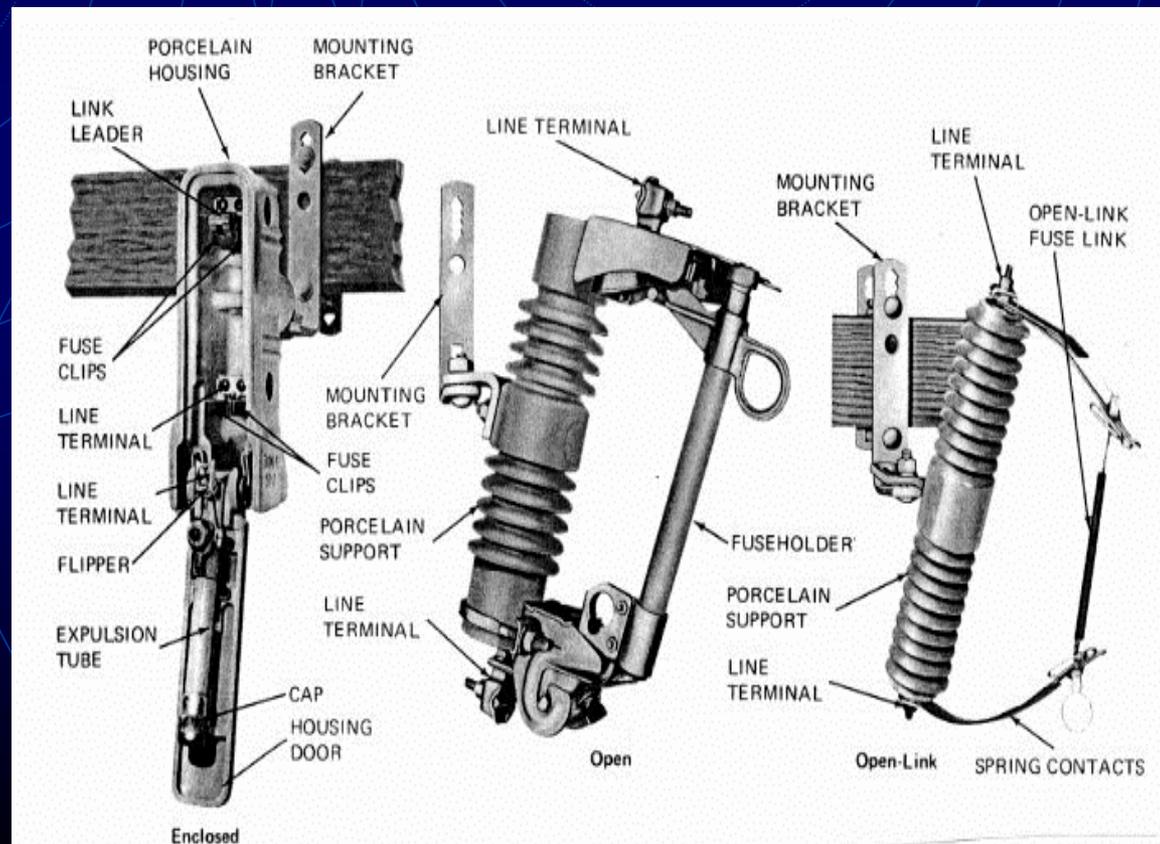
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

FUSIBLES

El fusible es el medio más sencillo de interrupción automática de corriente en caso de cortocircuitos o sobrecargas.

En general, un fusible está constituido por un elemento sensible a la corriente (en adelante, elemento fusible) y un mecanismo de soporte de éste.



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

FUSIBLES

La curva característica de un fusible se puede separar en partes

a. Curva de tiempo mínimo de fusión: Relaciona la corriente con el tiempo mínimo al cual el fusible se funde.

b. Curva de tiempo máximo de fusión o de aclaramiento: Se obtiene adicionando un margen de tolerancia (en corriente) a la curva a.

c. Curva de tiempo total para la extinción del arco: Se obtiene adicionando a la curva b, el tiempo necesario para la completa extinción del arco.

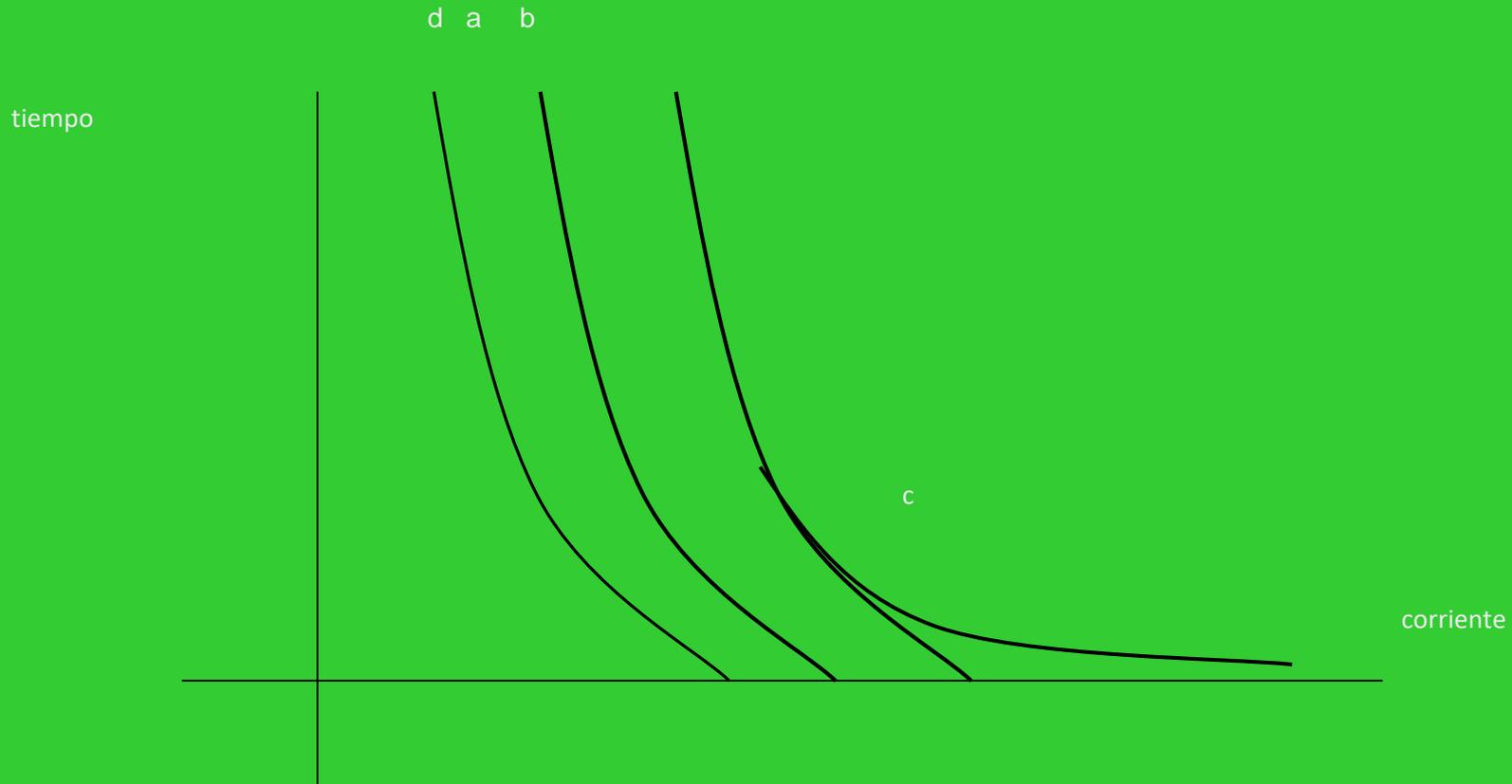
d. Curva tiempo-corriente de corta duración: Relaciona la corriente y el tiempo máximo permisible para que el fusible no quede debilitado en caso de sobrecargas de corta duración. Se obtiene estableciendo un margen debajo de la curva a.

PROTECCIONES DE SEP's

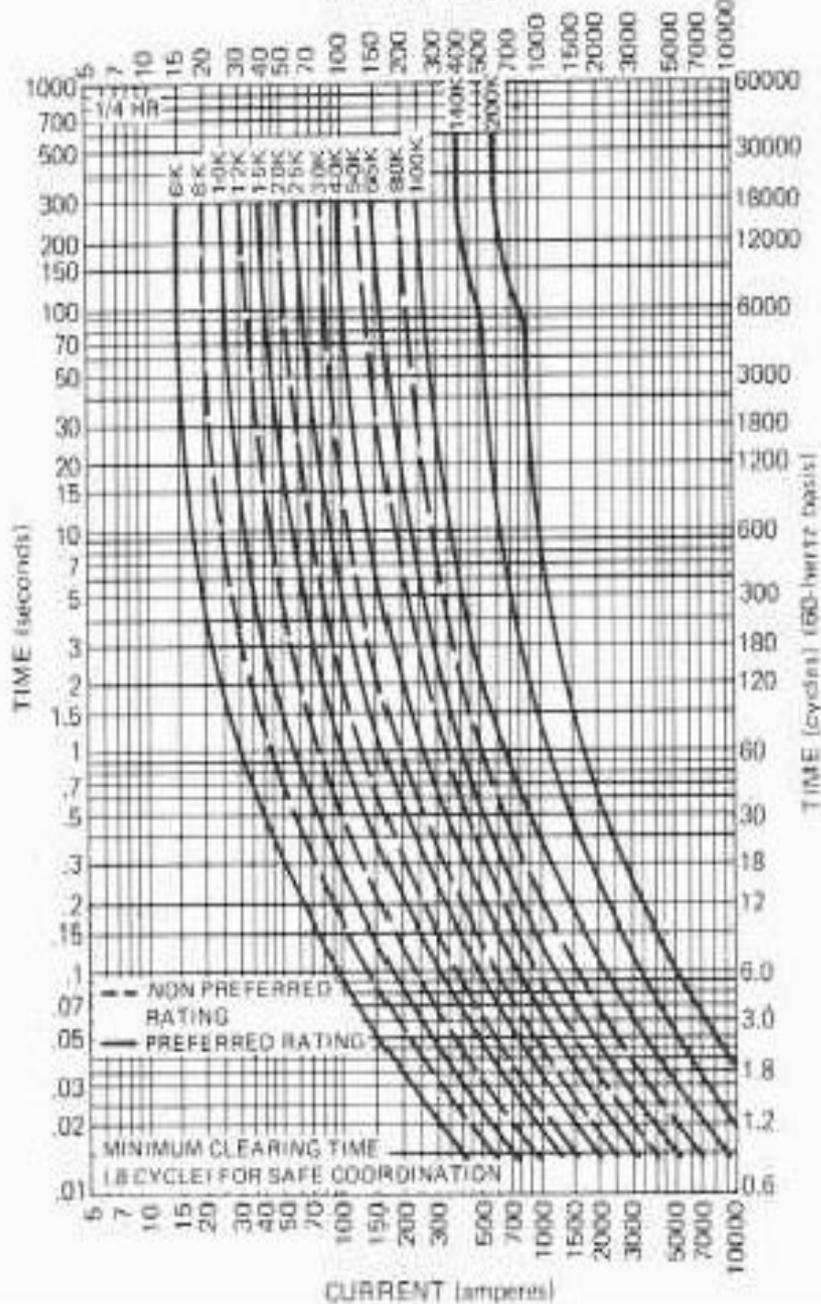
PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

FUSIBLES

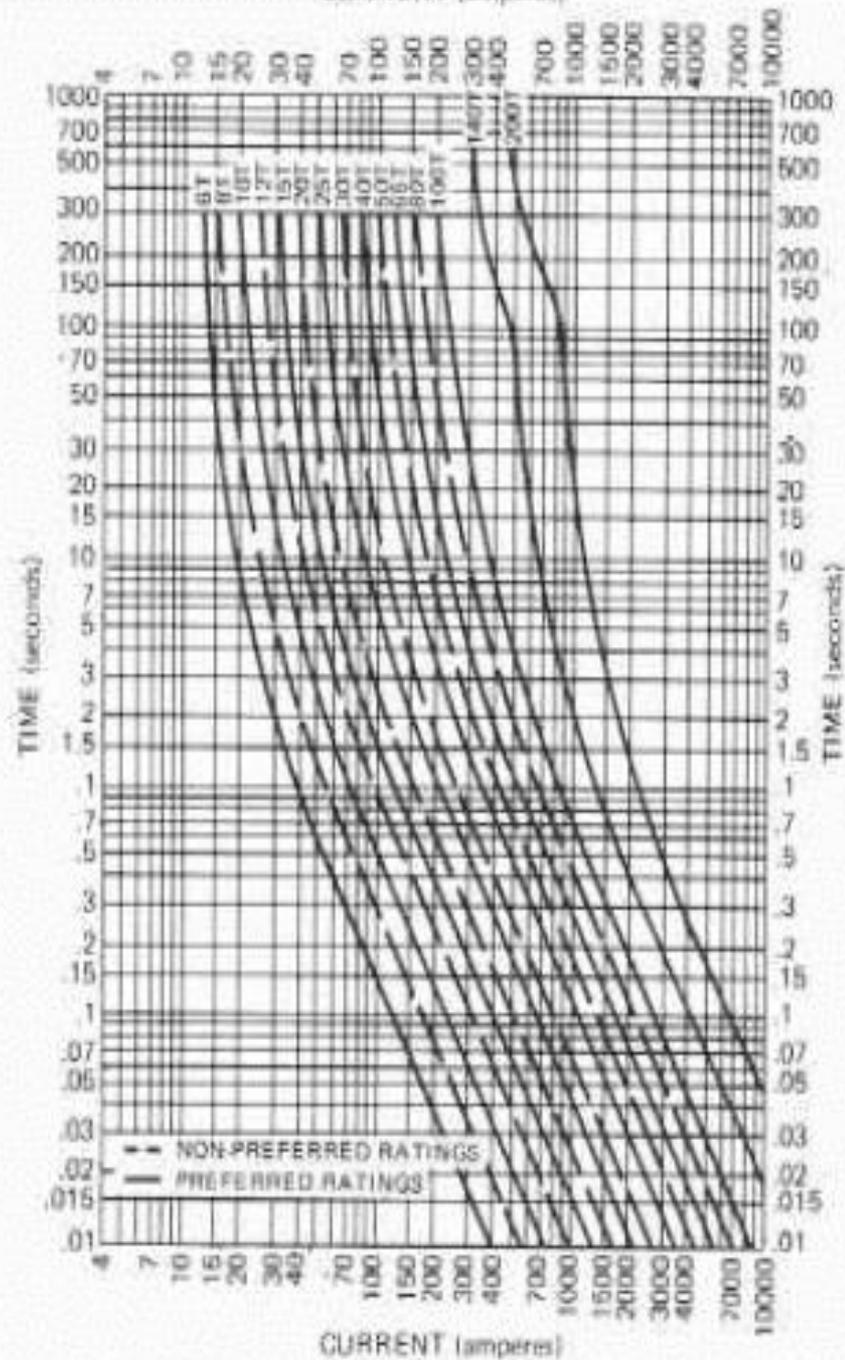
La curva característica de un fusible se puede separar en partes

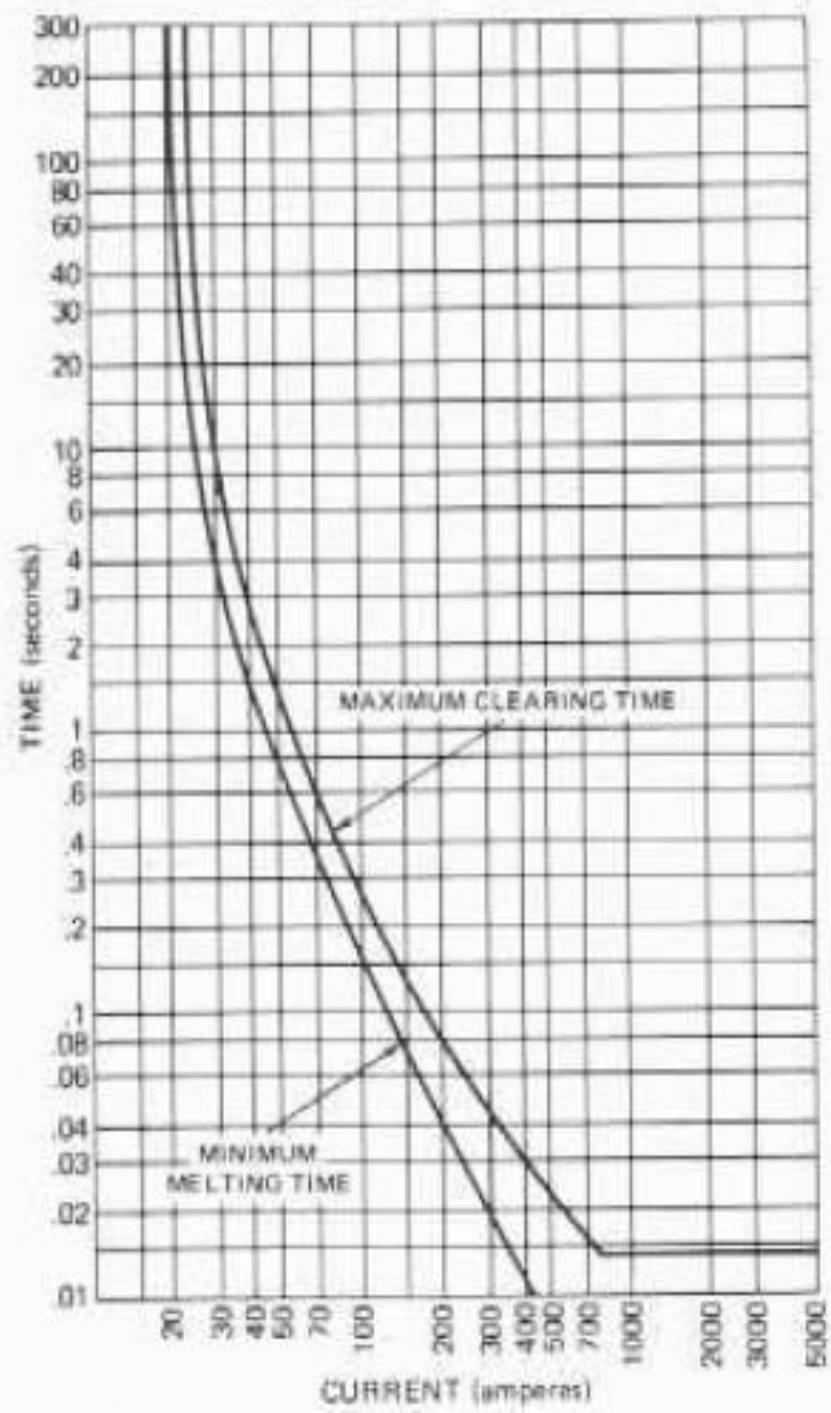
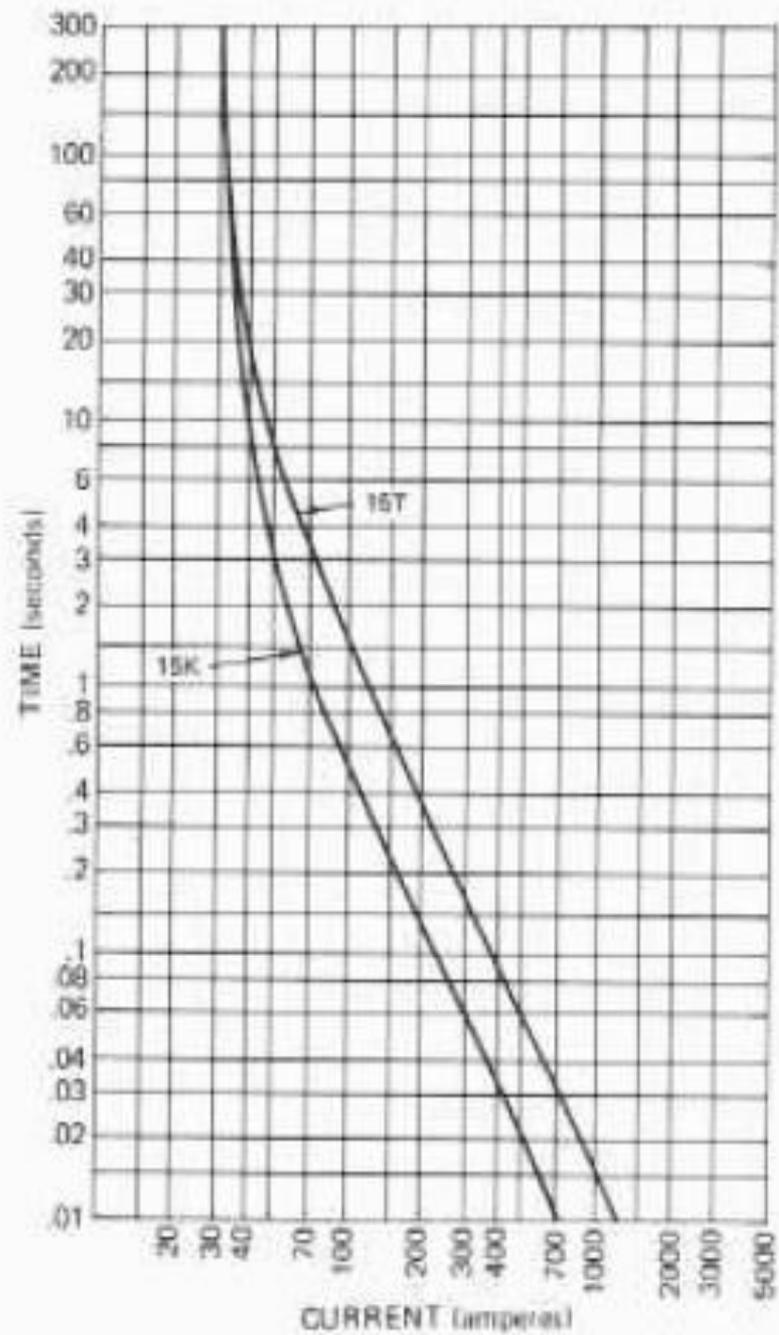


CURRENT (amperes)



CURRENT (amperes)





PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

FUSIBLES

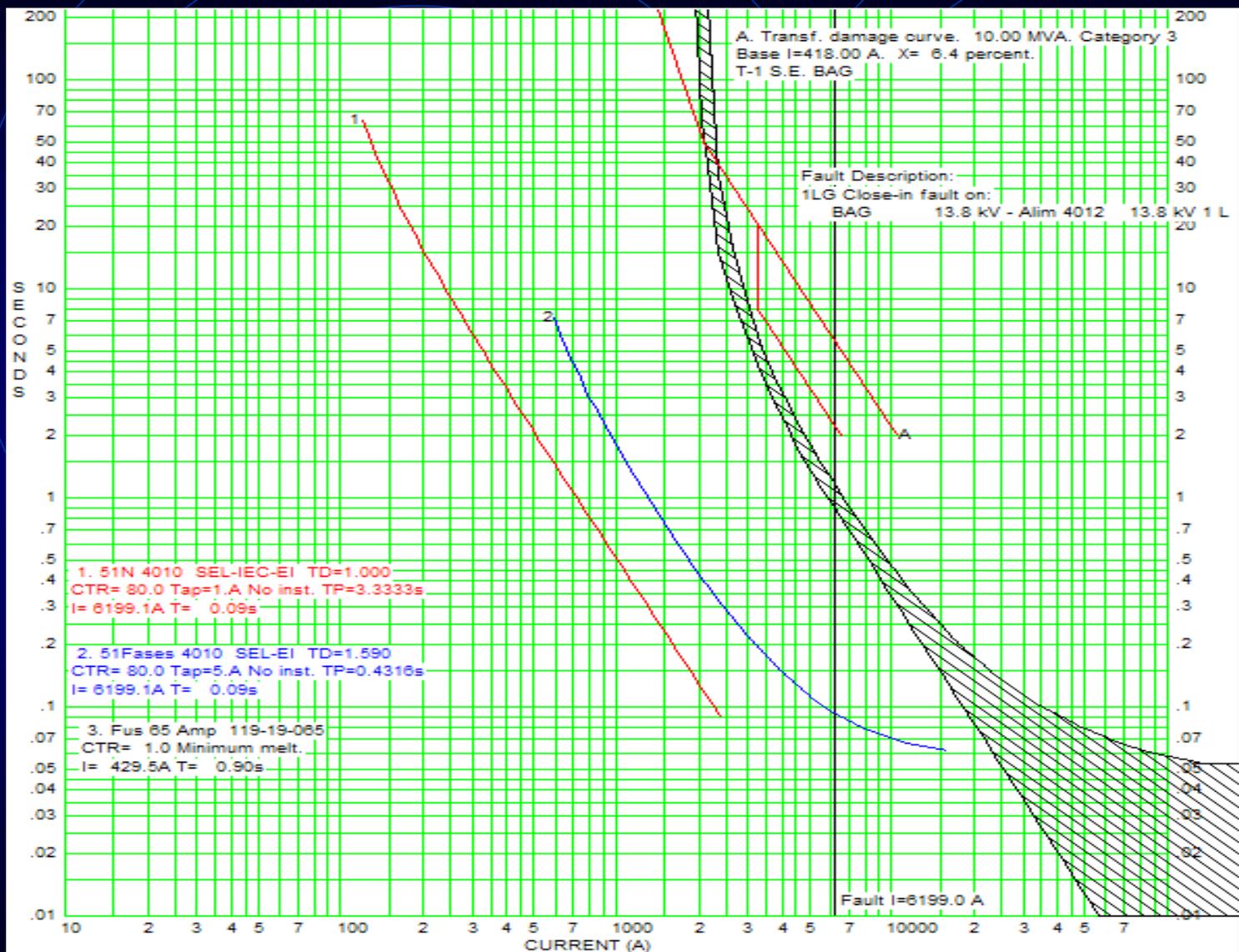
Se puede decir, en general, que los fusibles deben ser capaces de soportar 1,5 veces la corriente nominal. Esto es, su curva característica debe quedar a la derecha de la recta vertical que tiene como abscisa ese valor corriente

Fusible tipo K es rápido y se usa en ramales; el tipo T es lento y se usa en transformadores

H Rating	Continuous Current (A)	N Rating	Continuos Current (A)	EEI-NEMA K or T Rating	Continuous Current (A)	EEI-NEMA K or T Rating	Continuos Current (A)
1H	1	25	25	6	9	40	60*
2H	2	30	30	8	12	50	75*
3H	3	40	40	10	15	65	95
5H	5	50	50	12	18	80	120+
8H	8	60	60	15	23	100	150+
		75	75	20	30	140	190
N Rating		85	85	25	38	200	200
5	5	100	100	30	45		
8	8	125	125				
10	10	150	150	* Only when used in a 100- or 200-ampere cutout.			
15	15	200	200	+ Only when used in a 200-ampere cutout.			
20	20			Limited by continuous current rating of cutout.			

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE



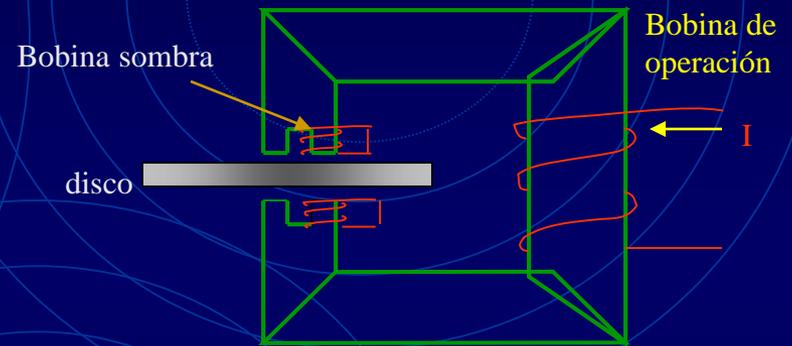
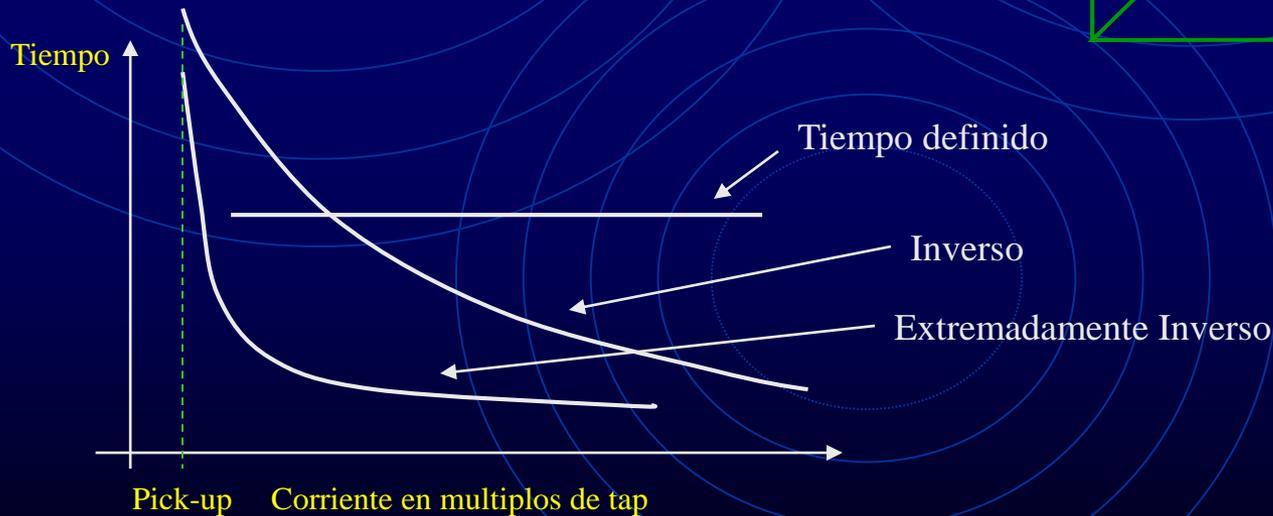
Fases y Neutros	TIME-CURRENT CURVES @ Voltage 13.8 kV	By DDNO
For Falla 1F		No. 3
Comment Falla a la salida Alimentador 4010 (Todos los elementos)		Date Ene 2008

PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE DE SOBRECORRIENTE

Es la protección mas sencilla y barata pero la mas difícil de aplicar

Características de operación



PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

SOBRECORRIENTE

$$\phi_1 = \Phi \text{ sen } wt$$

$$\phi_2 = \Phi \text{ sen } (wt + \theta)$$

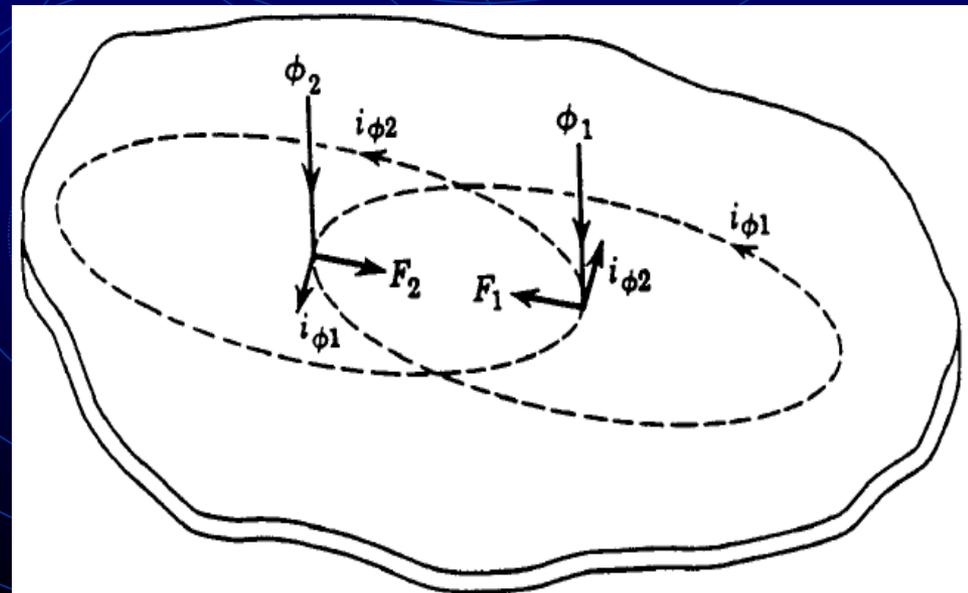
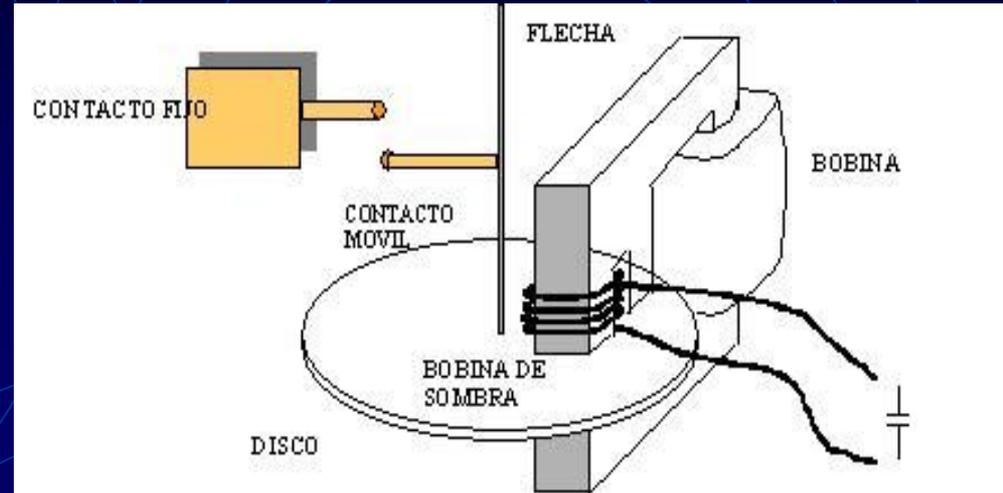
$$i \phi_1 \propto \frac{d \theta_1}{dt} \propto \Phi \cos wt$$

$$i \phi_2 \propto \frac{d \phi_2}{dt} \propto \Phi \cos (wt + \theta)$$

$$F = (F_2 - F_1) \propto (\phi_2 i \phi_1 - \phi_1 i \phi_2)$$

$$F \propto \Phi_1 \Phi_2 \text{ sen } (wt + \theta) \cos wt - \text{sen } wt \cos (wt + \theta)$$

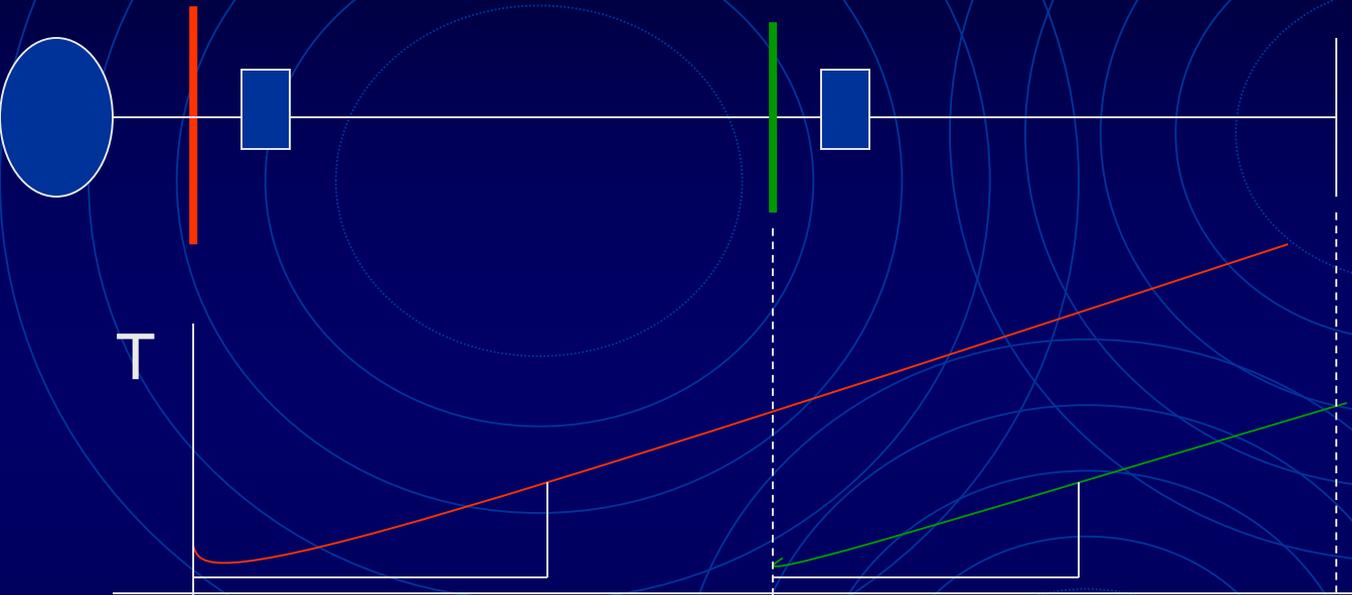
$$F \propto \Phi_1 \Phi_2 \text{ sen } \theta$$



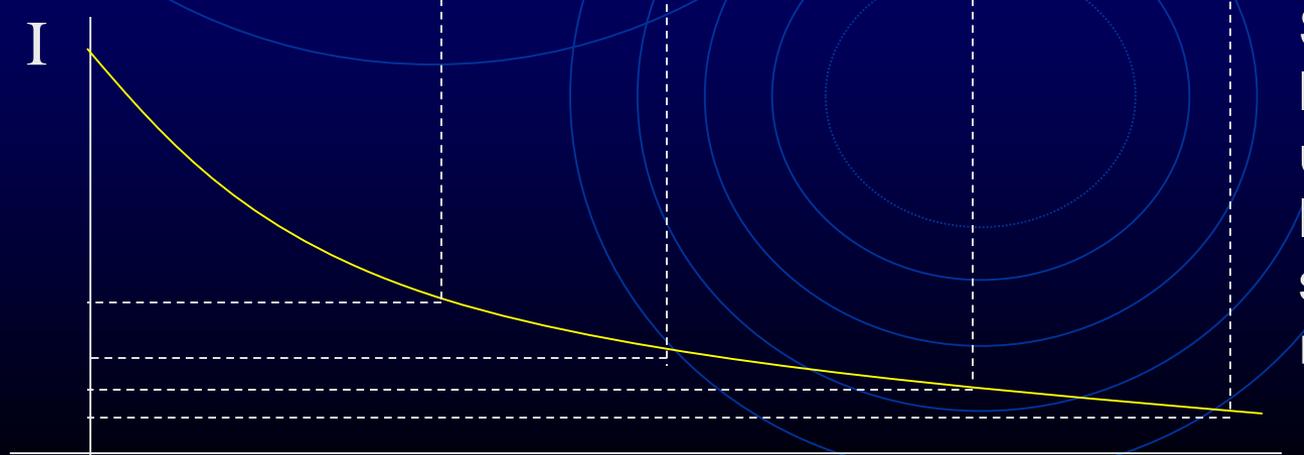
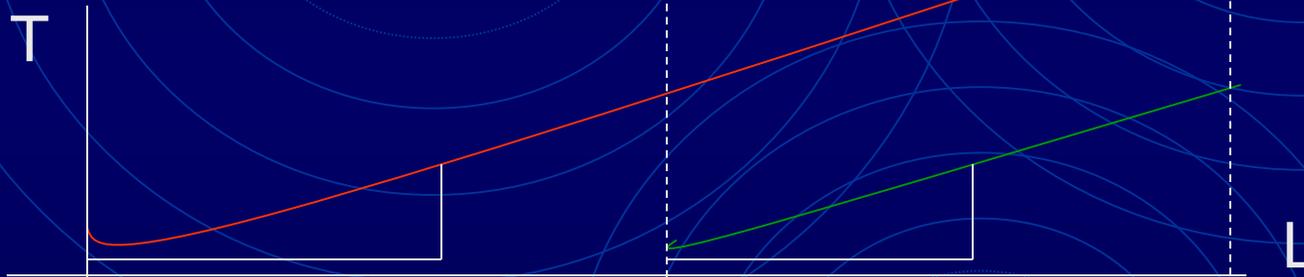
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DE SOBRECORRIENTE



Se basa en el valor de la I como indicador del lugar de la falla



Sin embargo la I_{cc} no depende únicamente del lugar de la falla si no del tipo y régimen de operación

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DE SOBRECORRIENTE

Ventajas:

- **Es simple y económica**

Desventajas:

- **Es aplicable solamente a redes radiales**
- **La protección de fase tiene limitaciones de sensibilidad**
- **Requiere cambios frecuentes de parámetros de ajuste**

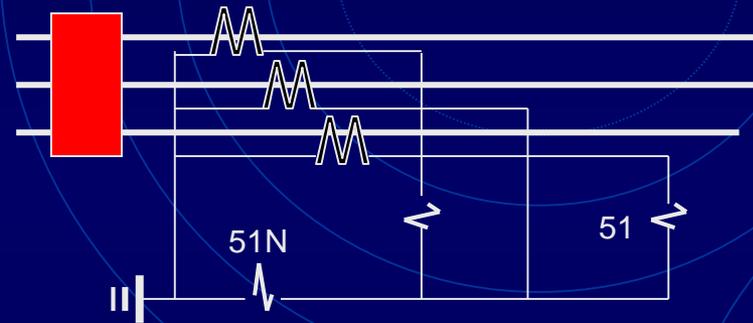
PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

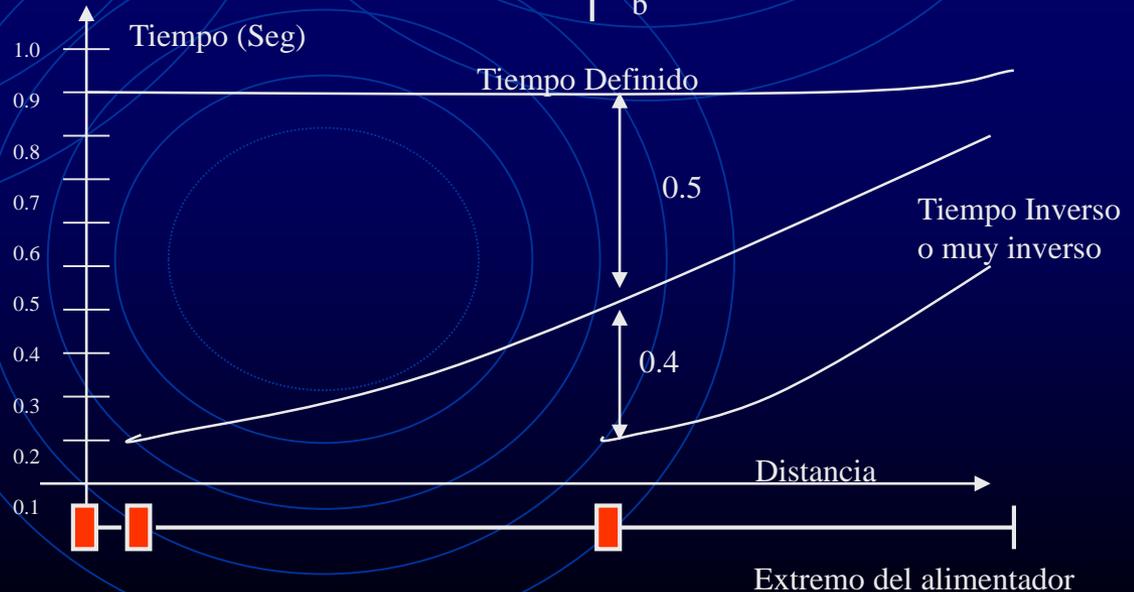
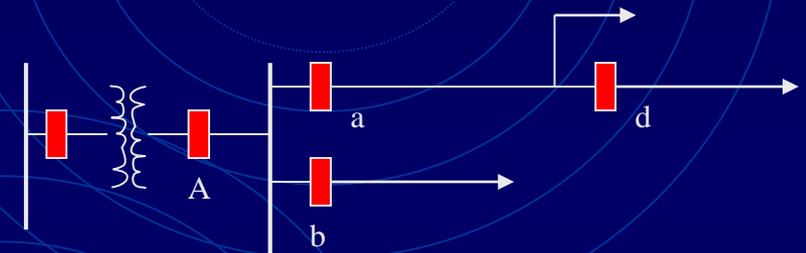
DE SOBRECORRIENTE

Usos Principales

- Como proteccion primaria en lineas radiales



El mayor problema en la coordinacion
Es que el valor de I de falla depende
de las condiciones del sistema o
topologia del a red



PROTECCIONES DE SEP'S

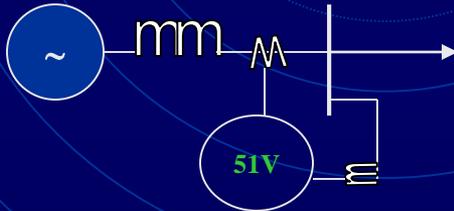
PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE SOBRECORRIENTE

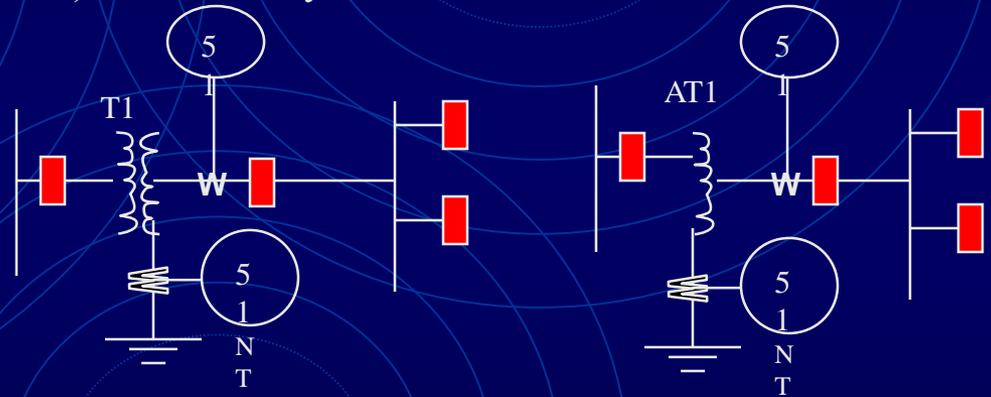
Usos Principales

Como respaldo:

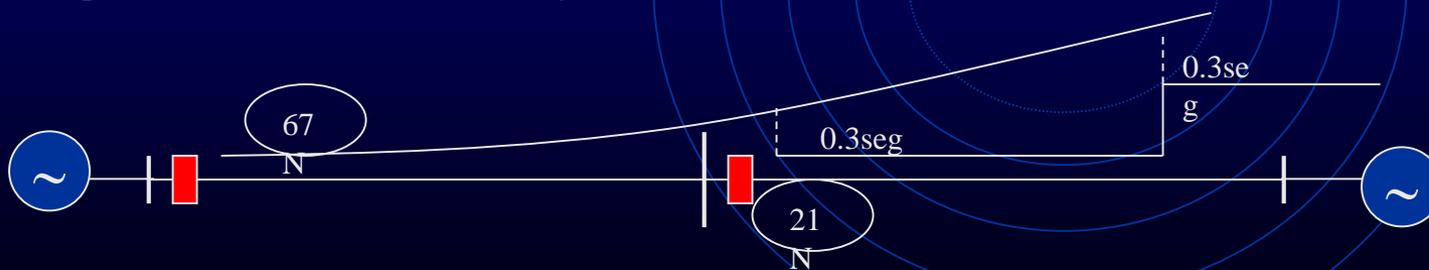
- 1) En generadores con restriccion de voltaje(51V)



- 2) En TR's y ATR's



- 3) En lineas de transmision con elemento direccional polarizado con corriente o voltaje(67N)



PROTECCIONES DE SEP'S

UNIDAD 1

RELEVADOR DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE

PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

El problema básico es ubicar correctamente el C.C.



Para lograr lo anterior, los principios que se pueden usar:

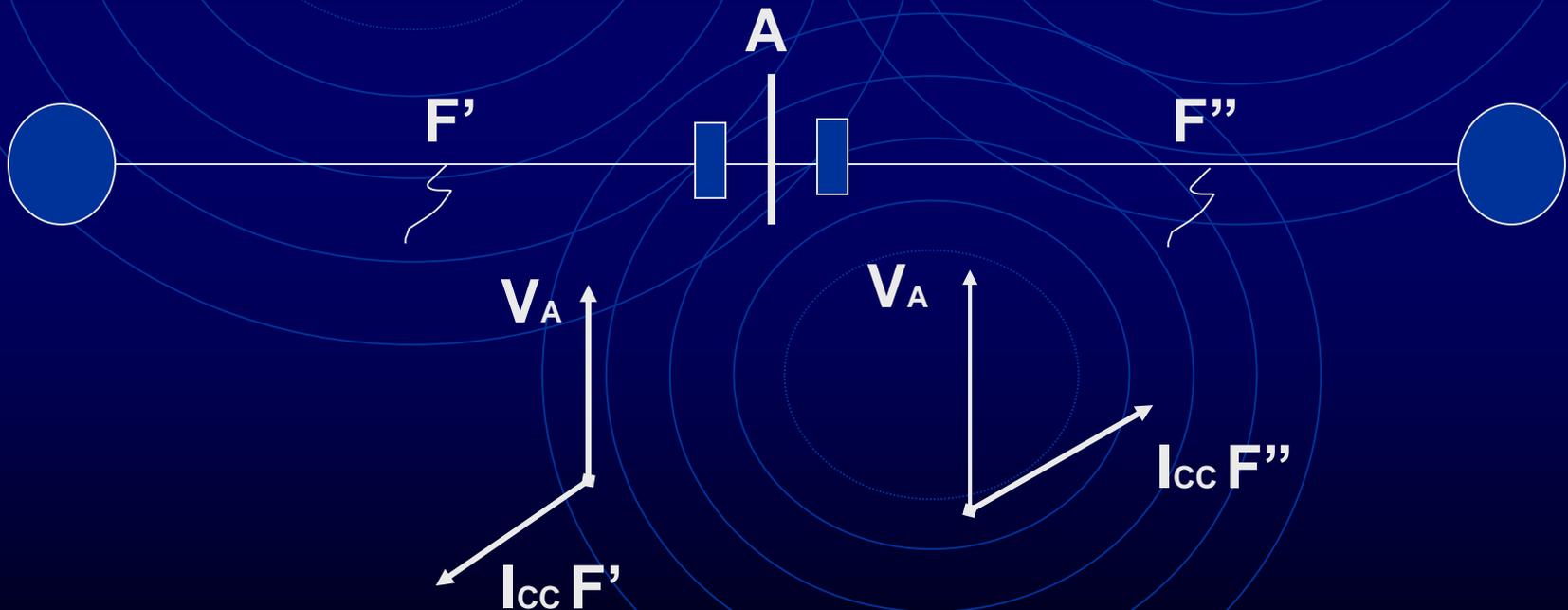
- **SOBRE CORRIENTE**
- **DIRECCIONAL SOBRE CORRIENTE**
- **DISTANCIA**
- **DIFERENCIAL**

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE

Se basa en la medición del valor de la corriente y la determinación de la dirección de la potencia de corto circuito en el punto de localización de la protección



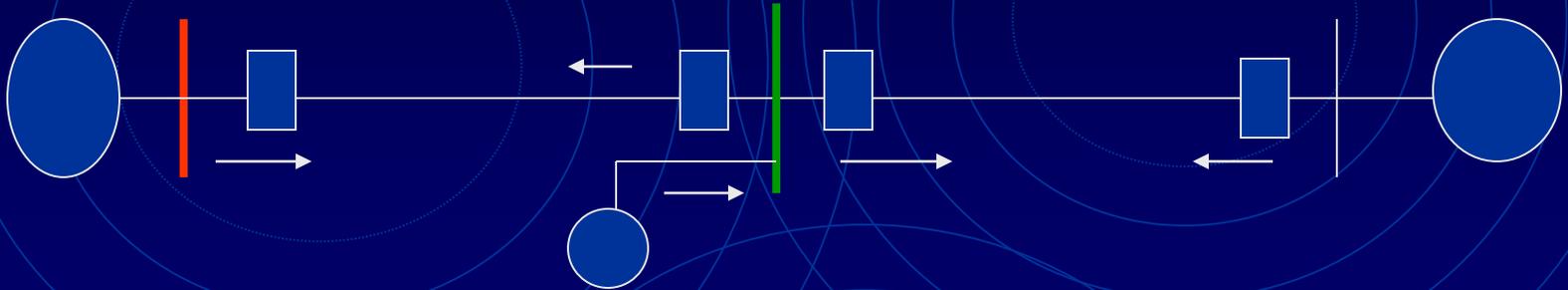
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

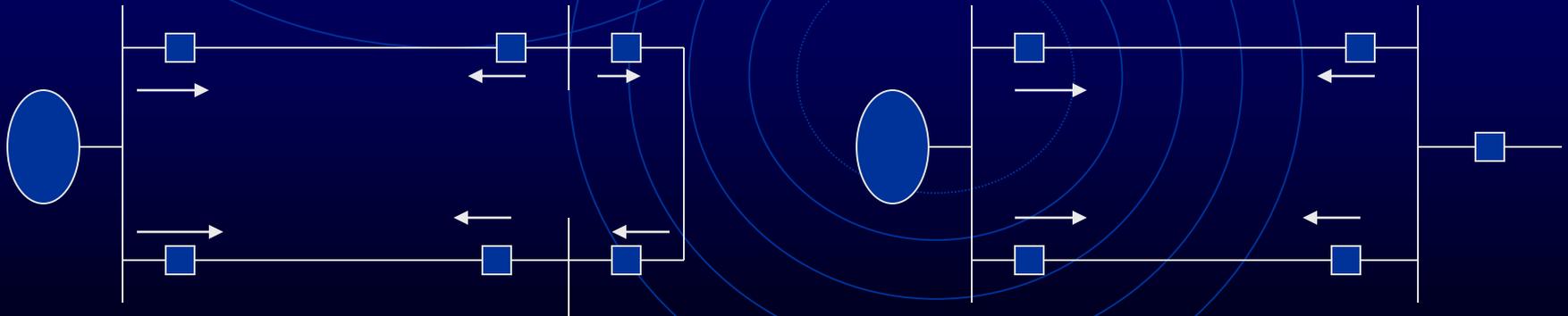
PRINCIPIO DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE

Es aplicable en:

Redes longitudinales con alimentación en varios puntos



Redes anilladas y líneas paralelas con alimentación en un solo punto:



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE

Ventajas:

- **Es aplicable a redes longitudinales con alimentación en varios puntos, redes anilladas y líneas paralelas**
- **El 67N tiene alta sensibilidad**

Desventajas:

- **La protección de fase tiene limitaciones de sensibilidad**
- **Requiere cambios frecuentes de parámetros de ajuste**

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

RELEVADORES DIRECCIONALES

Se basan en la interacción de dos cantidades actuantes:

$$F_n = K \phi_1 \phi_2 \text{Sen}(\theta)$$

Corriente polarizante y corriente actuante.- Este acciona con dos fuentes de corriente tomadas de dos TC diferentes.

Voltaje polarizante y corriente actuante.- Es la forma mas comun de polarizar y el voltaje se toma de voltaje entre fases y la corriente del TC de linea. En caso de 67N el voltaje polariznte es $3V_0$, y la corriente del neutro de los TCs.

Para que opere se deben cumplir dos condiciones:

- I.- Superar un determinado valor de corriente (como los 51)
- II.-Tener una direccion determinada, la potencia de corto circuito o la I_{cc}

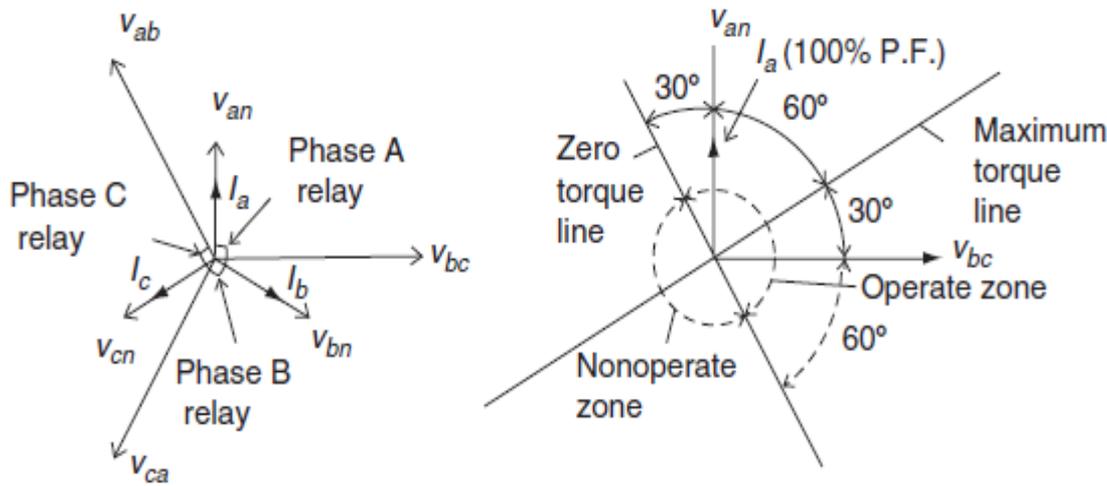
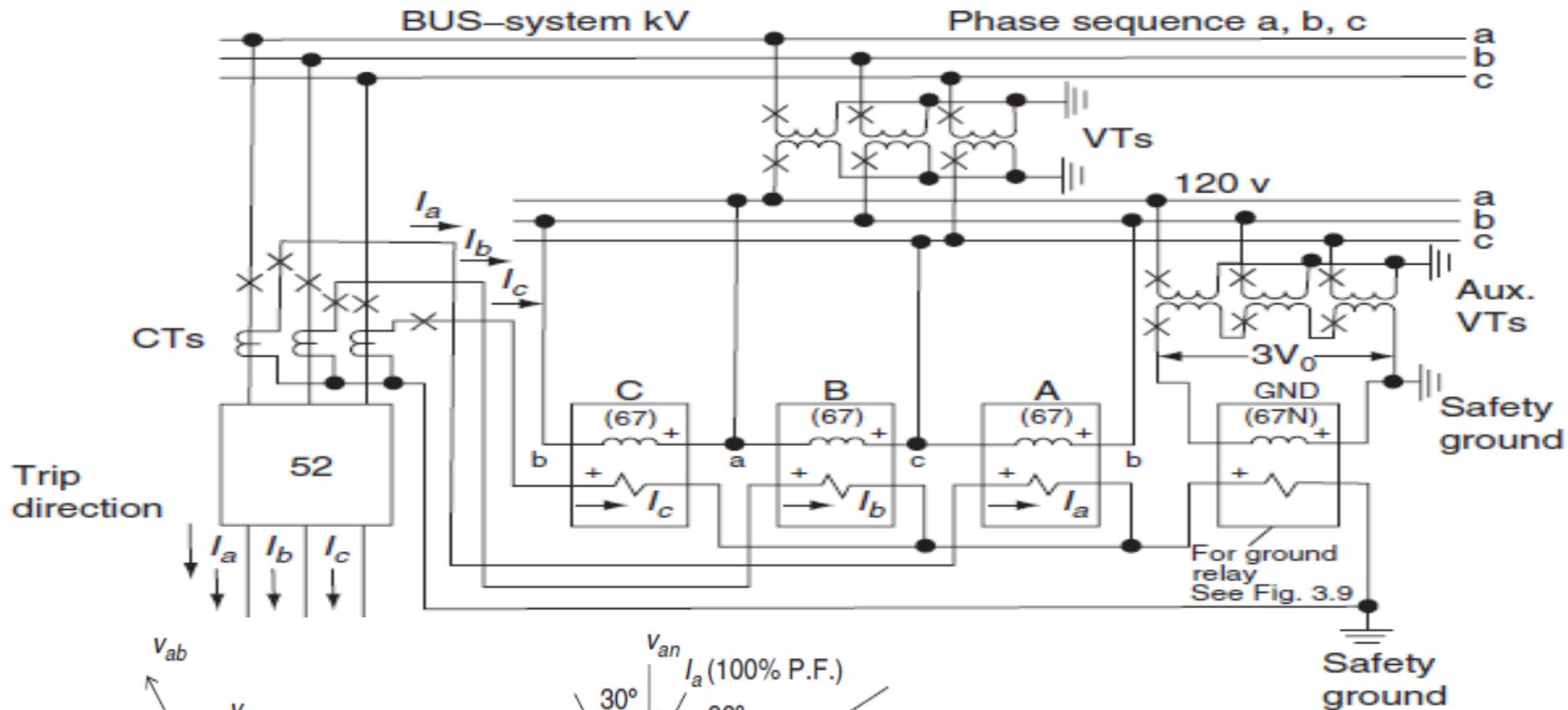
La fuerza de operación o neta en un relevador de inducción es:

$$F_n = K \phi_1 \phi_2 \text{Sen}(\theta)$$

Donde teta es el angulo de fase entre las dos variables que producen flujos.

PROTECCIONES DE SEP'S

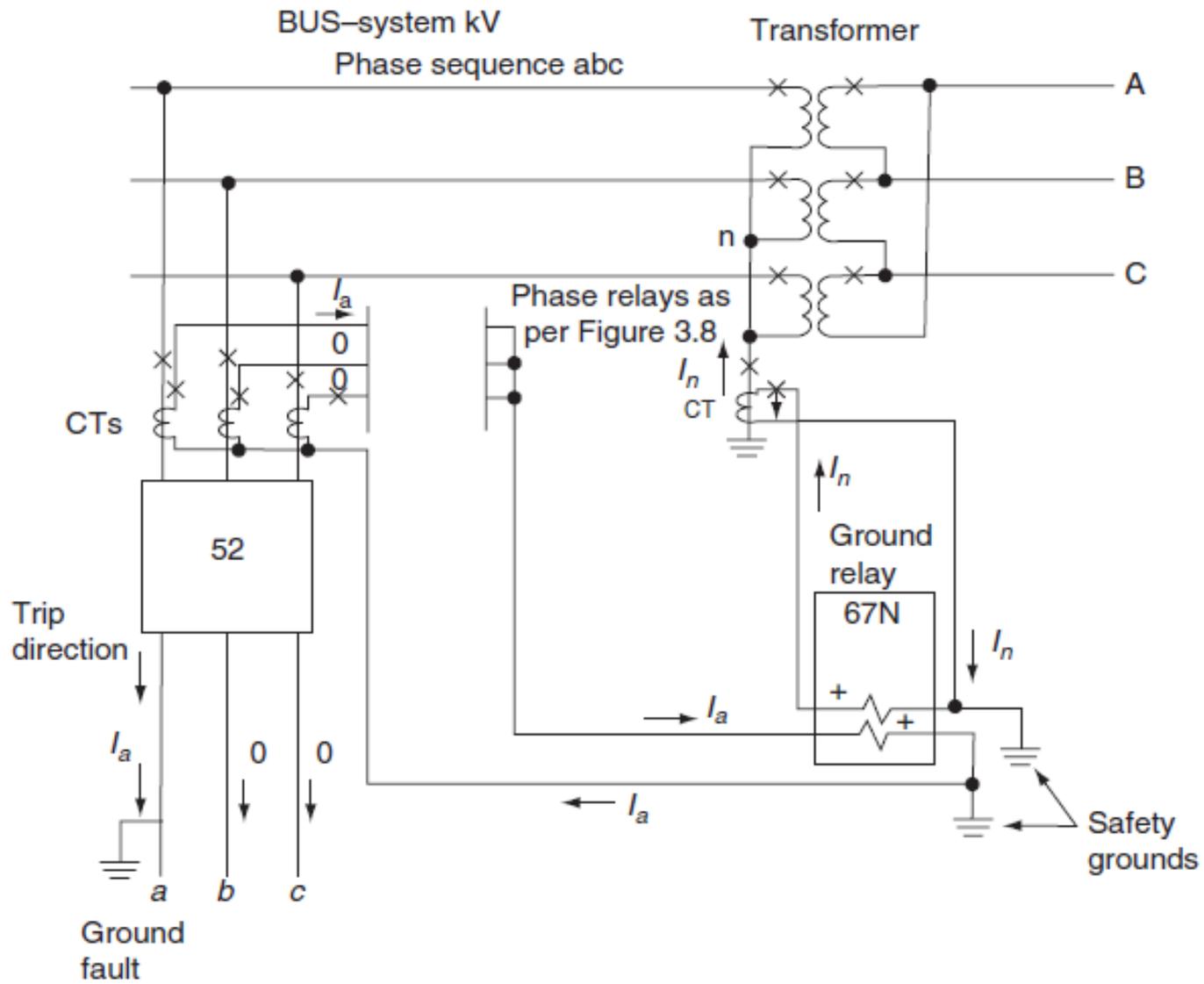
PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION



(b)

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION



Los relés 67N se pueden polarizar con 3I₀ siempre que se tenga un T delta-estrella aterrizada

PROTECCIONES DE SEP's

AJUSTES RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE

VER EJEMPLOS EN:

Libro Protective relayin, Blackburn página 453...

Libro Proteccion System, Anderson página 229...

PROTECCIONES DE SEP's

AJUSTES RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE

Variables a usar:

$I_{cc3\phi}$ = Corriente de corto circuito trifásico

$I_{cc1\phi}$ = Corriente de corto circuito monofásico

I_{CI} = Corriente de falla cercana = I_{FMAX} = Corriente máxima de falla

I_{FB} = Corriente de falla bus lejano = I_{FMIN} = Corriente mínima de falla

I_{LMAX} = Corriente de carga máxima

I_{PICKUP} = Corriente de arranque del relevador

RCT = Relación de transformación de CT = R_c

TAP = $I_{LMAX} * 2 / RCT$ ó $I_{LMAX} * 1.5 / RCT$ = I_{PICKUP} secundaria

$M = XPU$ = múltiple de tap = I_F / I_{PICKUP} * primarias

MOC = minimum operating current = I_{pickup}

PROTECCIONES DE SEP's

AJUSTES RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE

Corregir el resumen. Was ist richtig? Was ist richtig nicht?

RELE	ANDERSON	BLACKBURN
50	$I_{pickup} = 6 * I_L$ o $1.25 * I_{FB}$	$I_{pickup} = (1.1 - 1.3) * I_{FB}$
50N	$I_{pickup} = 1.5 * I_{cc1fFB}$	
51	$I_{pickup} = 2 * I_{LMAX}$	$I_{pickup} = (1.25 - 1.5) * I_{LMAX}$
51N	$I_{pickup} = 0.333 * I_{pickup51}$ o $0.5 * I_{cc1fFB}$	$I_{pickup} \geq 3 I_o$ de Carga

PROTECCIONES DE SEP's

UNIDAD 2 PROTECCION DE TRANSFORMADORES Y BARRAS O BUSES

PROTECCIONES DE SEP'S

TIPOS DE FALLAS EN TR'S

De manera general existen dos tipos de falla en un TR:

I.- Fallas Internas

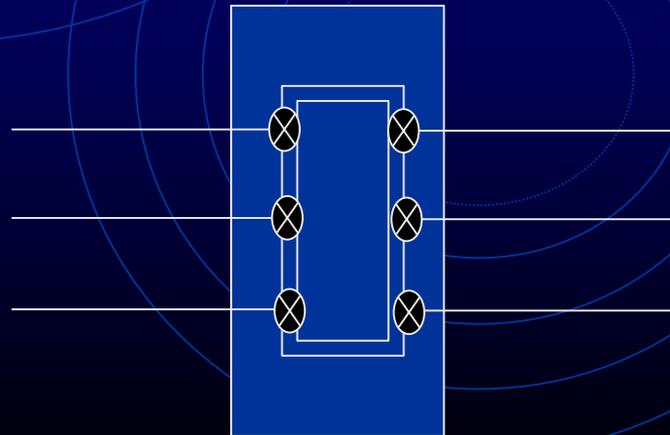
Fallas de aislamiento
(o incipientes)
Mecánicas
Cortocircuito

Protección primaria

II.- Fallas externas

Cortocircuito

Protección de respaldo



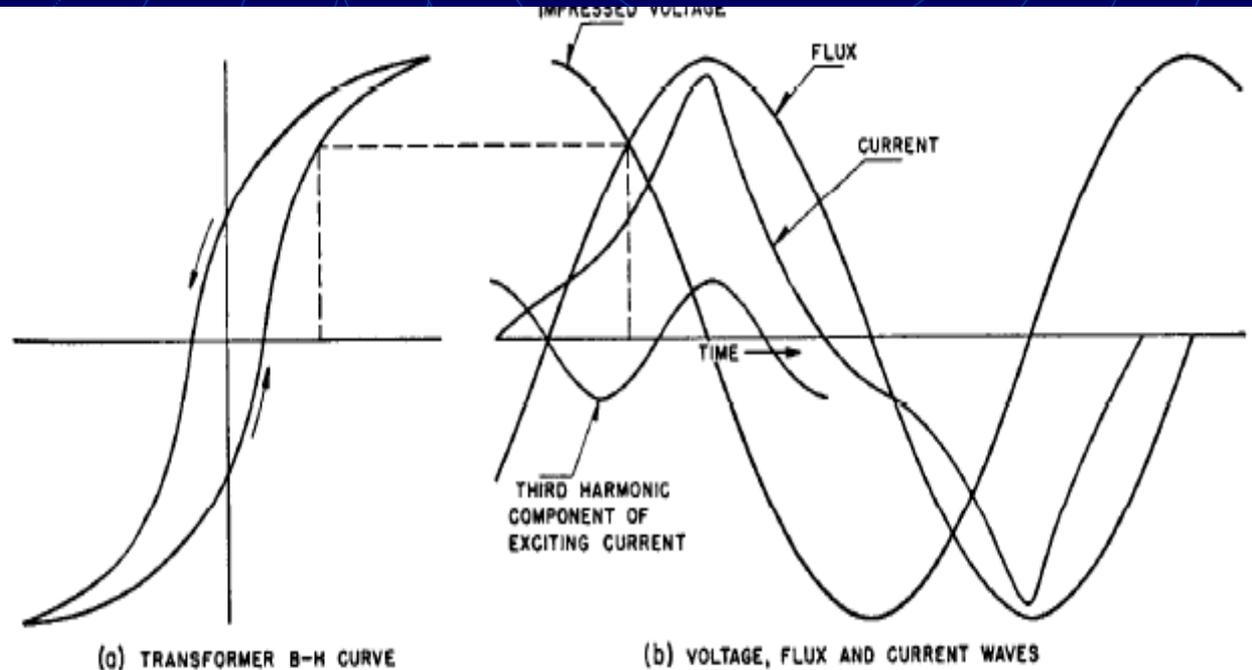
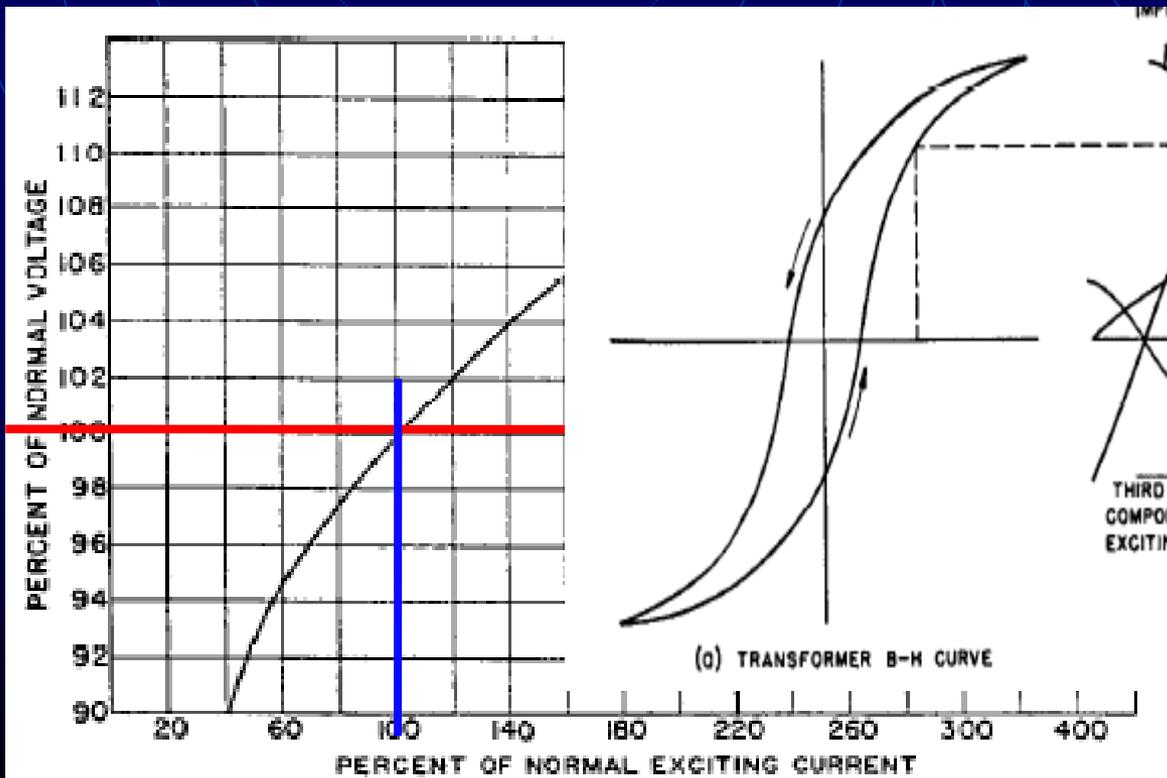
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

CORRIENTE DE MAGNETIZACIÓN

La corriente total de excitación de un TR incluye dos componentes, la de pérdidas en el cobre del primario y la corriente de magnetización.

El diseño económico de TR's nos dice que se operen sus nucleos magnéticos en la parte curvada de la trayectoria de saturación y a voltaje nominal. Ya que cualquier incremento del voltaje incrementará grandemente la corriente de excitación.



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

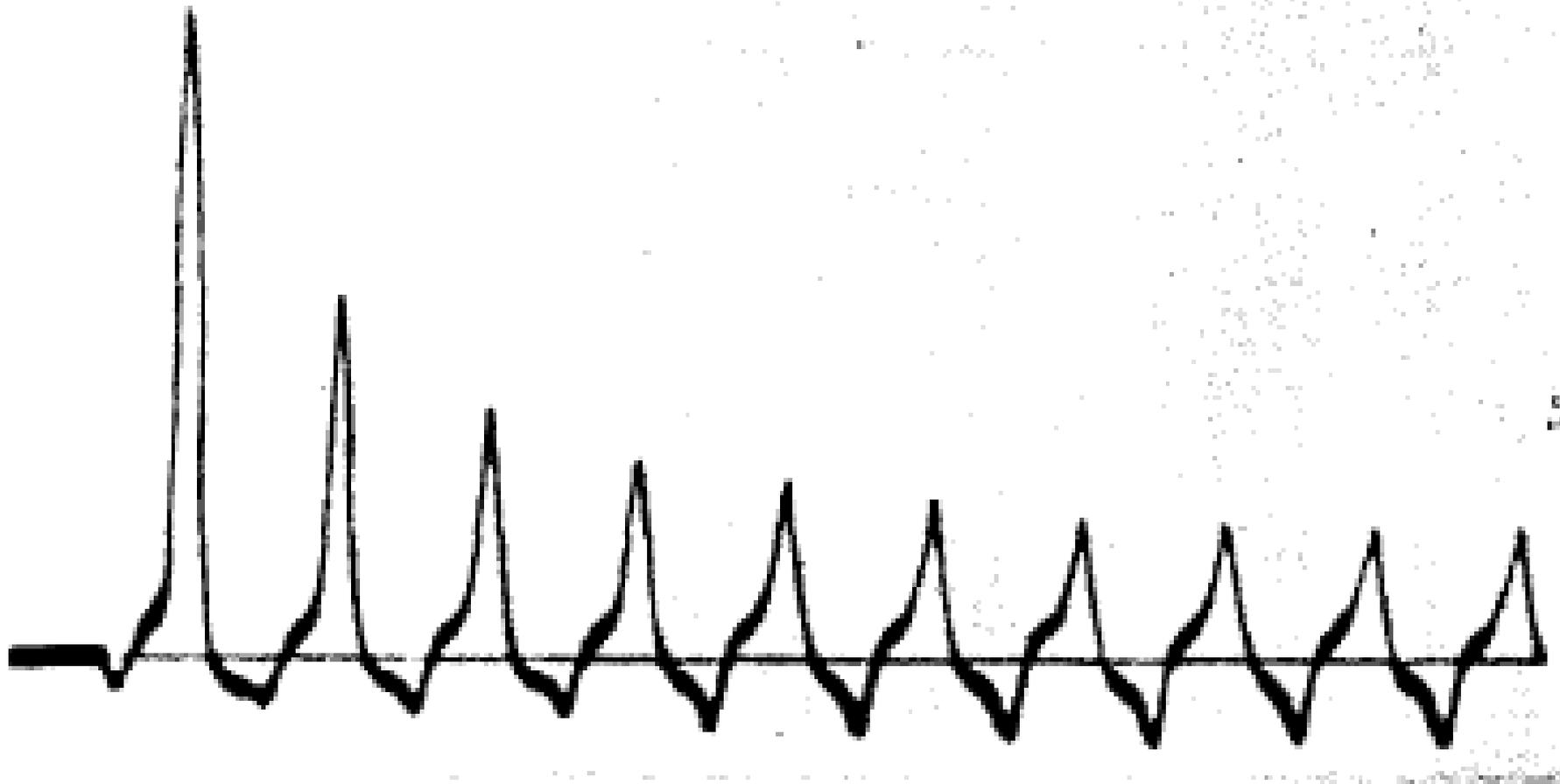


Fig. 43—Current inrush for a particular transformer energized at zero voltage.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

CURVA DE DAÑO DEL TR DE POTENCIA

Los criterios para la selección, aplicación y ajustes de la protección por medio de relevadores deben considerar que el transformador sea protegido contra el efecto de las corrientes de falla externa que al pasar por el mismo durante un tiempo determinado pueden dañarlo.

El límite teórico para las sobrecorrientes que pueden soportar los transformadores se estableció en el documento ANSI C57.92-1962 "Guía para sobrecarga de transformadores de potencia y distribución inmersos en aceite", ésta contiene información acerca de la capacidad de sobrecarga térmica de corto tiempo, la cual no consideraba los efectos mecánicos sobre los devanados de los transformadores, por lo que se decidió trabajar sobre este aspecto.

El documento ANSI-IEEE C57.109-1993 "Guía para la duración de corriente de falla a través de transformadores" considera tanto los efectos mecánicos como los efectos térmicos, siendo los primeros particularmente más significativos en los transformadores mientras mayor sea su capacidad.

Esta guía establece las recomendaciones enfocadas esencialmente para la aplicación de protecciones de sobrecorriente para limitar el tiempo de exposición de los transformadores a las corrientes de corto circuito.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

CURVA DE DAÑO DEL TR DE POTENCIA

Se consideran, para su aplicación, cuatro categorías de transformación dependiendo su capacidad. En la siguiente tabla se indica dicha clasificación:

CATEGORÍA	CAPACIDAD MINIMA EN KVA	
	MONOFÁSICO	TRIFÁSICO
I	5-500	15-500
II	501-1667	501-5000
III	1668-10000	5001-30000
IV	>10000	>30000

En las categorías de transformadores I y IV, solamente una curva representa ambas consideraciones, térmica y mecánica.

Para transformadores de categoría II y III se tienen dos curvas, la porción sólida representa la duración de la falla total alcanzada por daño térmico que le puede ocurrir al transformador, la porción punteada refleja efectos mecánicos.

Los transformadores sujetos a fallas frecuentes deberán ser representados con la combinación de porciones de curva para la parte mecánica y térmica, mientras los transformadores sujetos a fallas no frecuentes son representados con la porción térmica solamente.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

CURVA DE DAÑO DEL TR DE POTENCIA

Con el objeto de facilitar la representación gráfica de la curva de daño del transformador (o curva ANSI), se han desarrollado ecuaciones que definen dicha curva; la cual puede obtenerse dependiendo de la categoría, mediante la unión de 2 o 4 puntos. En la tabla siguiente se obtienen dichas ecuaciones con las que se obtienen las coordenadas tiempo corriente que definen cada punto.

t -segundos

I -Corriente en A

Z_T- Z del TR en pu referida a su capacidad OA,

Z_s- Zequiv del SEP, referida a capacidad OA del transformador y expresada en p.u.

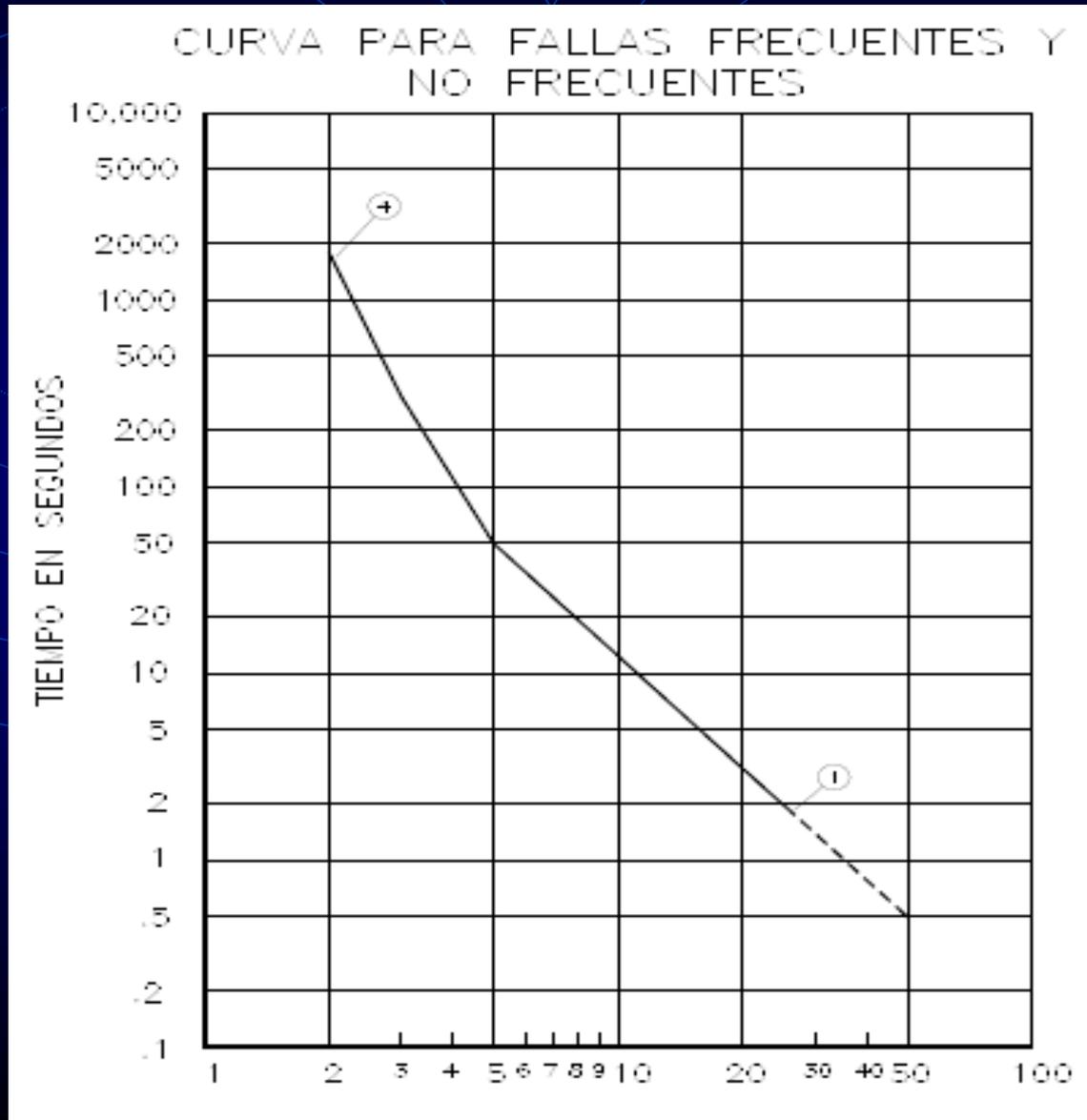
I_n-Inominal del TR en su capacidad OA, expresada en A.

PUNTO	CATEG	TIEMPO	CORRIENTE
1	I	$t=1250*(Z_T)^2$	$I=I_n/Z_T$
	II,III y IV	$t=2$	
2	II	$t=4.08$	$I=(I_n/Z_T)*(0.7)$
	III y IV	$t=8$	$I=I_n/(Z_T+Z_s)*(0.58)$
3	II	$t=2551*(Z_T)^2$	$I=(I_n/Z_T)*(0.7)$
	III y IV	$t=5000*(Z_T+Z_s)^2$	$I=I_n/(Z_T+Z_s)*(0.58)$
4	I,II,III y IV	$t=50$	$I=I_n*5$
Parte de curva Térmica	I,II,III y IV	$t=60$	$I=I_n*4.75$
		$t=300$	$I=I_n*3$
		$t=1800$	$I=I_n*2$

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

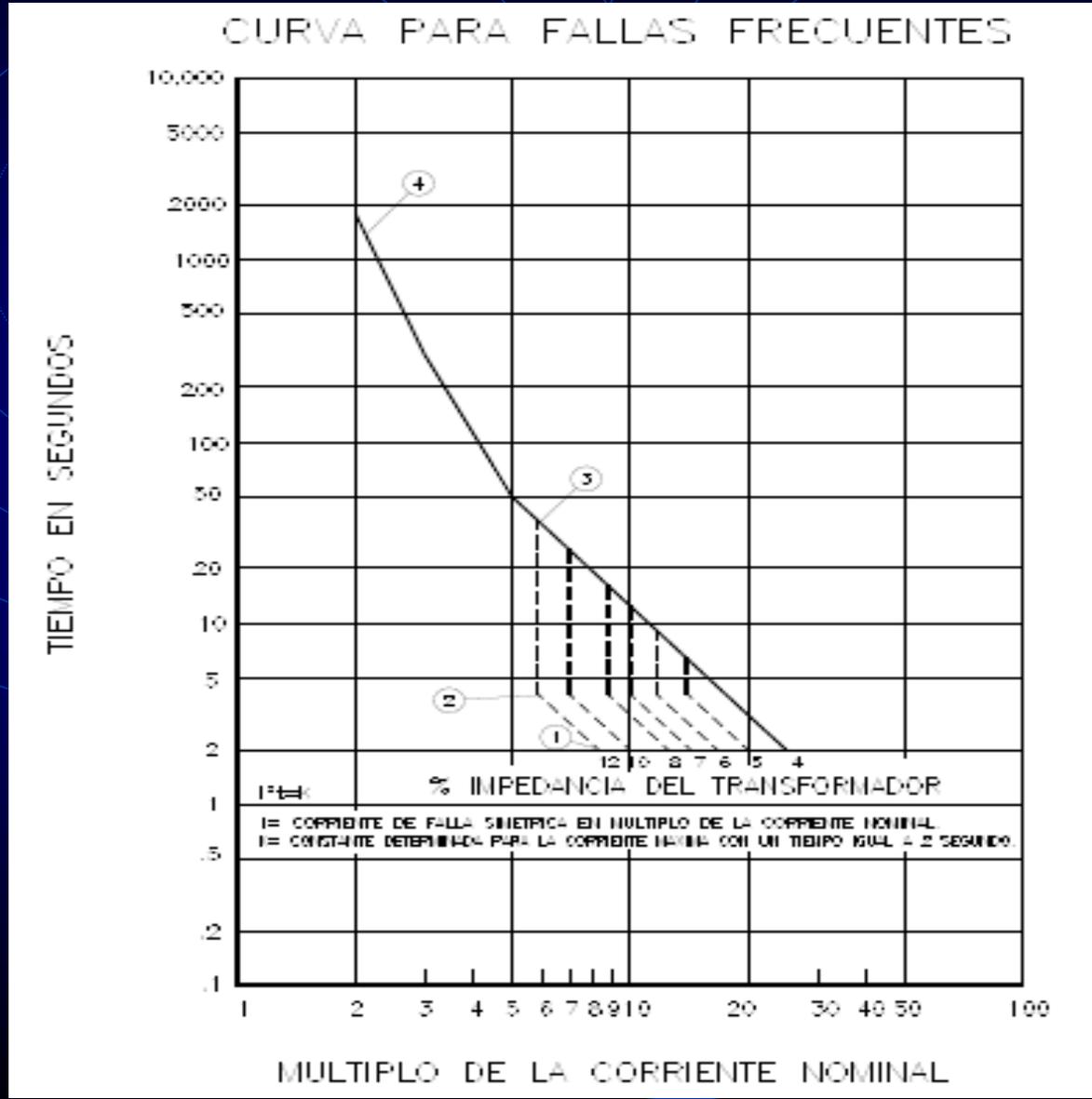
CATEGORIA I



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

CATEGORIA II

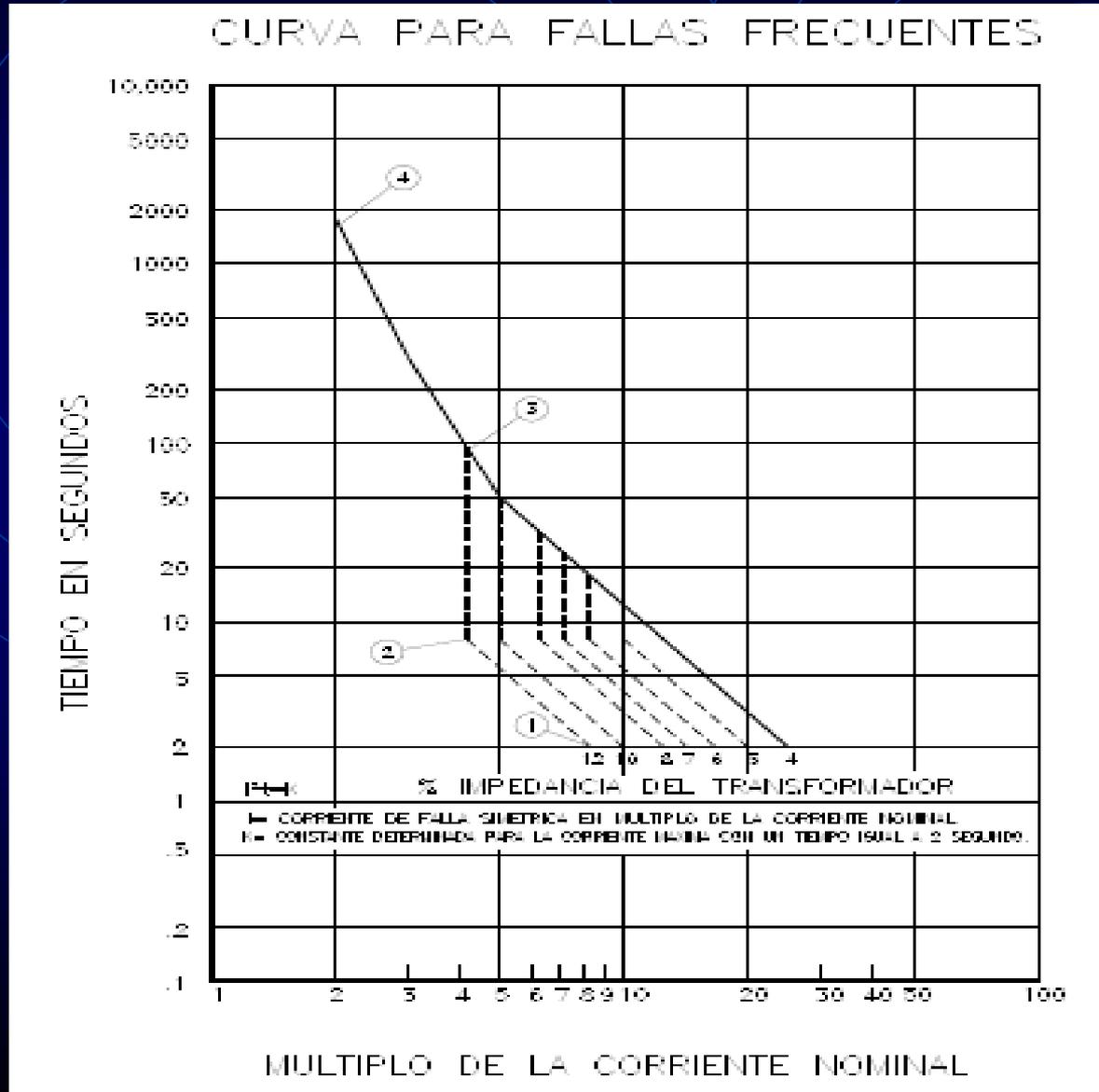


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

CATEGORIA III

CURVA PARA FALLAS FRECUENTES

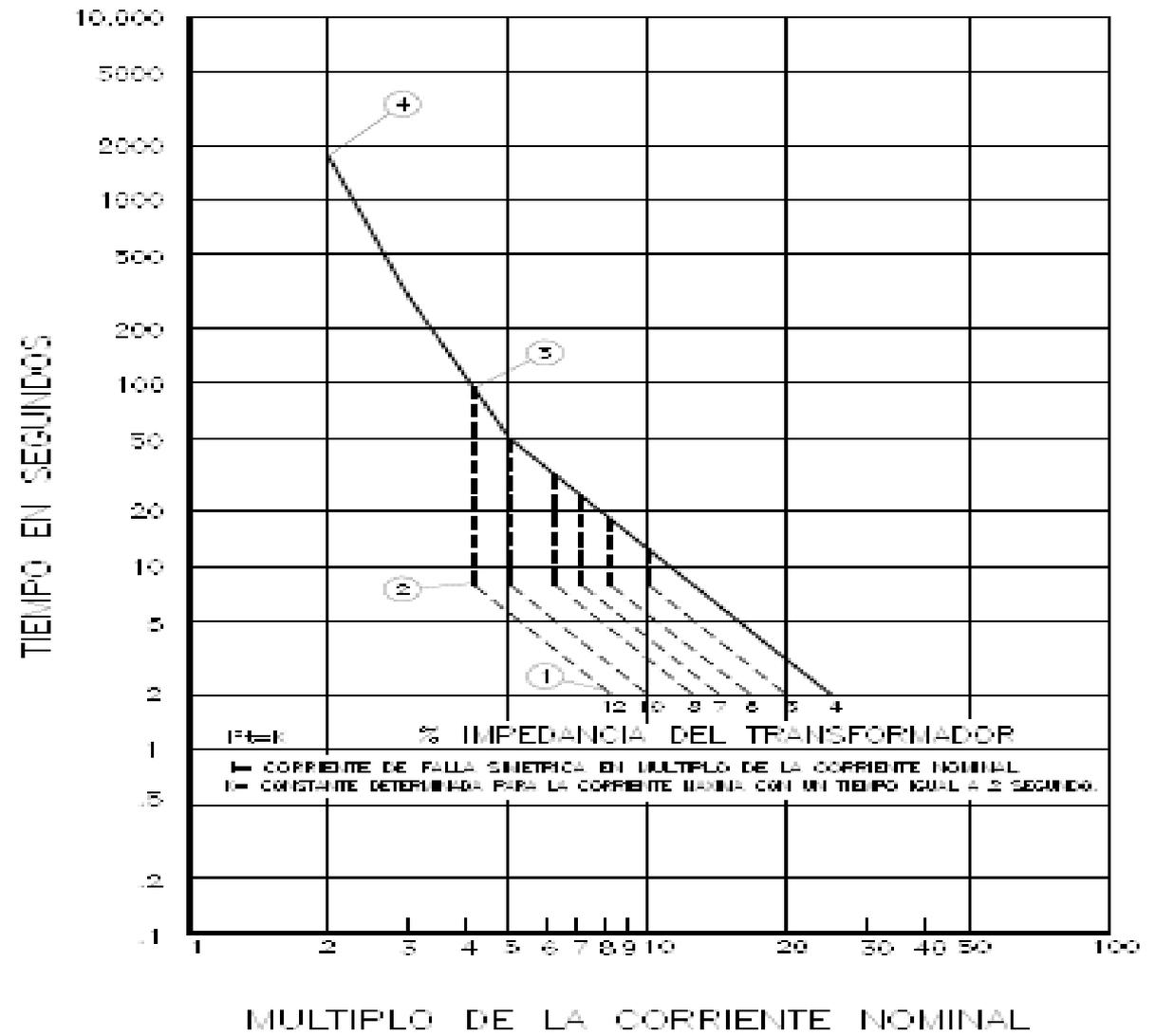


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE TRANSFORMADORES

CATEGORIA IV

CURVA PARA FALLAS FRECUENTES Y NO FRECUENTES



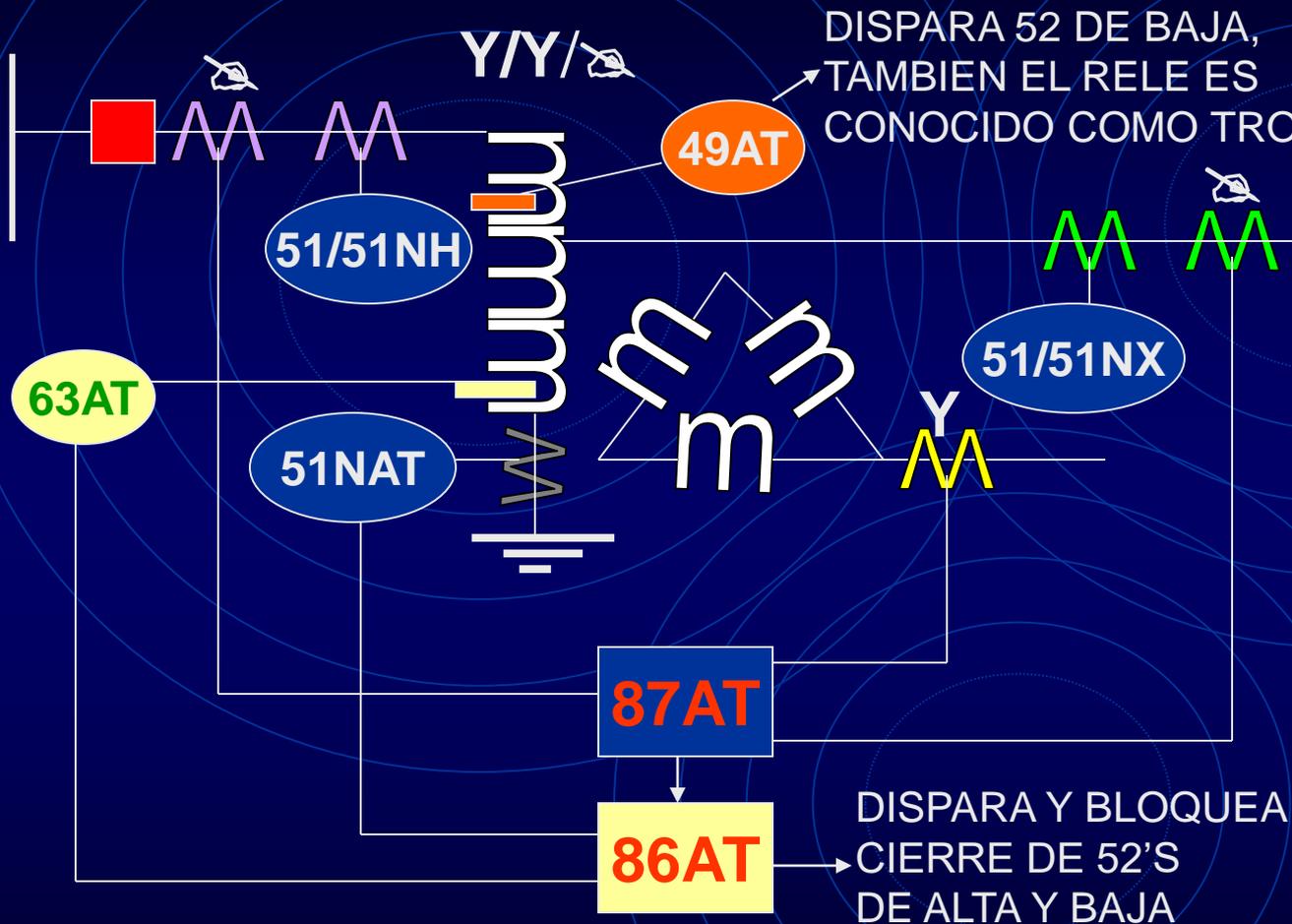
PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCION DE TRANSFORMADORES



PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCION DE AUTOTRANSFORMADORES



CUANDO SE TIENE 51NAT SOLO SE USA 51 EN EL LADO DE BAJA

CUANDO NO SE QUIERE USAR 51NAT SE USA 51/51N EN EL LADO DE BAJA Y DE ALTA

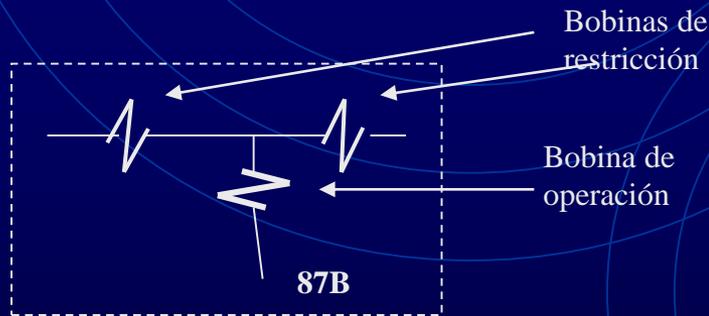
PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

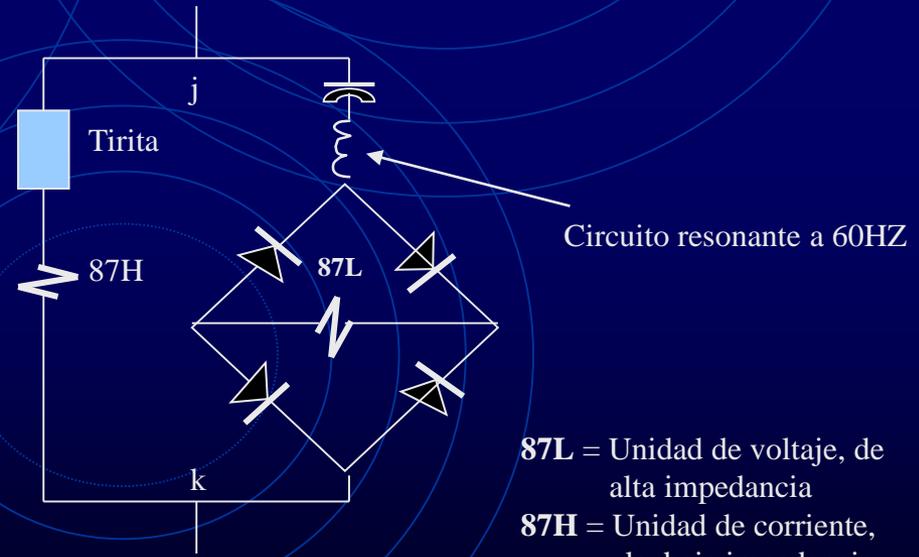
PROTECCION DIFERENCIAL

Otro problema para la diferencial se presenta con la relacion de transformacion de los TC's; y para resolver lo anterior se tiene dos metodos:

Relevador de porcentaje variable con restriccion multiple



Relevador Diferencial operado por Voltaje, usando alta impedancia



87L = Unidad de voltaje, de alta impedancia
87H = Unidad de corriente, de baja impedancia

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

PROTECCION DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR

Ajustes

Se requiere que $I_{1s} = I_{2s}$

Para un TR
Delta/Estrella

$$\frac{I_{1P}}{RTC_1} = \frac{\sqrt{3}I_{2P}}{RTC_2}$$

$$\frac{RTC_2}{RTC_1} = \frac{I_{2P}}{I_{1P}} \sqrt{3} = \frac{V_1}{V_2} \sqrt{3}$$

Para un TR
Delta/Delta o
Estrella Estrella

$$\frac{I_{1P}}{RTC_1} = \frac{I_{2P}}{RTC_2}$$

$$\frac{RTC_2}{RTC_1} = \frac{I_{2P}}{I_{1P}} = \frac{V_1}{V_2}$$

Debido a que con las relaciones disponibles en los transformadores de corriente estándar, no se pueden obtener esas relaciones exactamente, se tiene en general que:

$I_{1s} \neq I_{2s}$ Los relevadores diferenciales generalmente tienen taps disponibles para absorber esta diferencia .

Si las corrientes en los secundarios de los transformadores de corriente fueran I_1 , I_2 desiguales entre si, pero iguales a dos taps disponibles en el relevador; esto es:

$$I_{1s} = T_1 \text{ e } I_{2s} = T_2$$

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

PROTECCION DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR

Dado lo anterior, entonces los números de vueltas N_1 , N_2 , N'_1 , N'_2 son tales que los amper-vueltas de operación sean cero:

$$OP = N_2 I_2 - N_1 (I_1 - I_2) = 0 = N_2 I_2 - N_1 I_1 + N_1 I_2 = I_2 (N_1 + N_2) - I_1 N_1$$

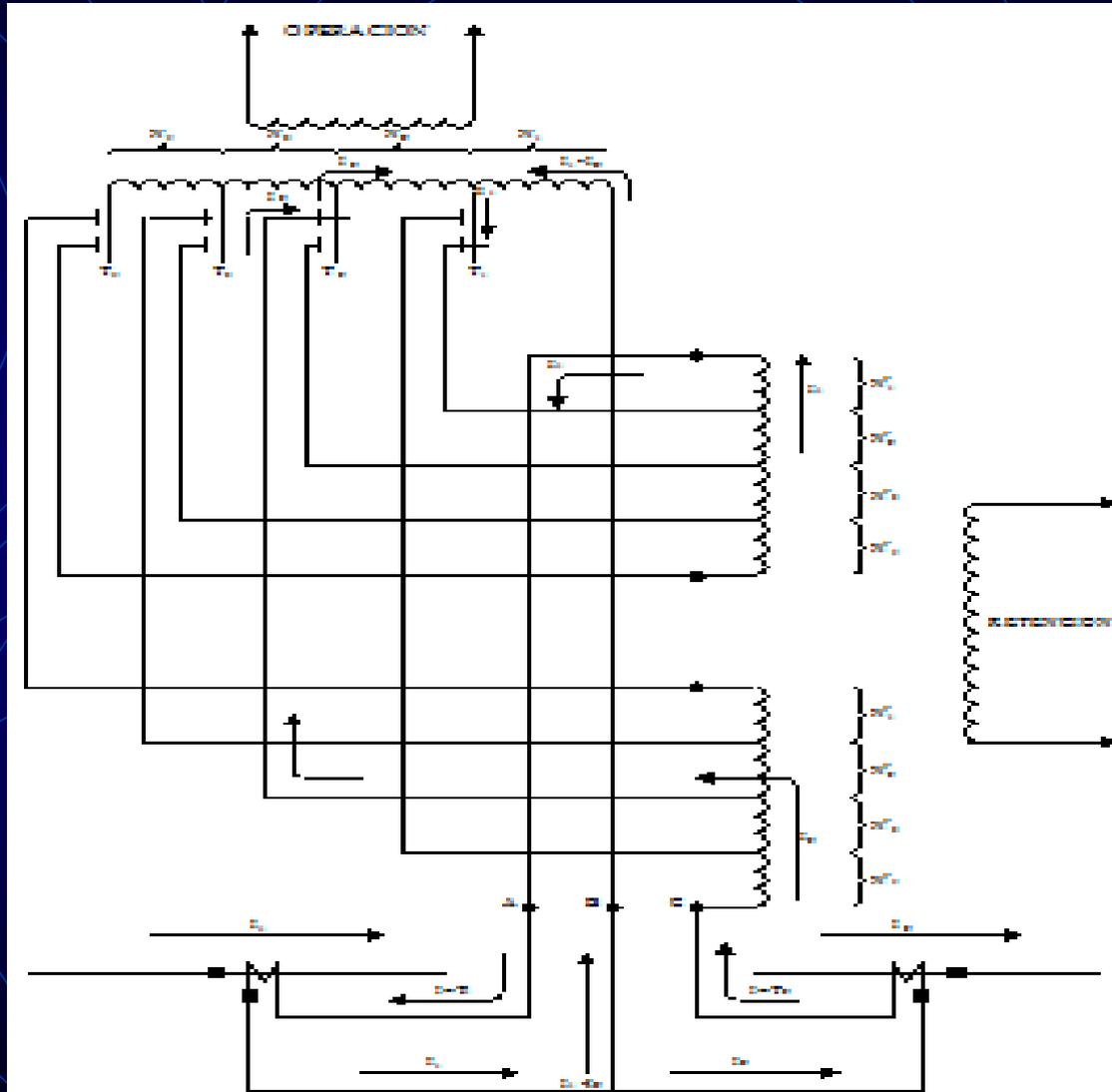
Y los amper-vueltas de retención producidos por I_1 son iguales a los producidos por I_2 ; esto es:

$$I_1 N'_1 = I_2 (N'_1 + N'_2)$$

$$\frac{N_1 + N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \frac{N'_1 + N'_2}{N'_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Si $I_1 > I_2$ pero se conectan al mismo tap, el por ciento de desbalance (ASA, ANSI) o "mismatch" es:

$$M = \frac{I_1 - I_2}{I_2}$$



NOTAS: 1. El tap de la bobina de operación debe ser el mismo que el tap de la bobina de protección. 2. El tap de la bobina de operación debe ser el mismo que el tap de la bobina de protección. 3. El tap de la bobina de operación debe ser el mismo que el tap de la bobina de protección.

PROTECCIONES DE SEP's

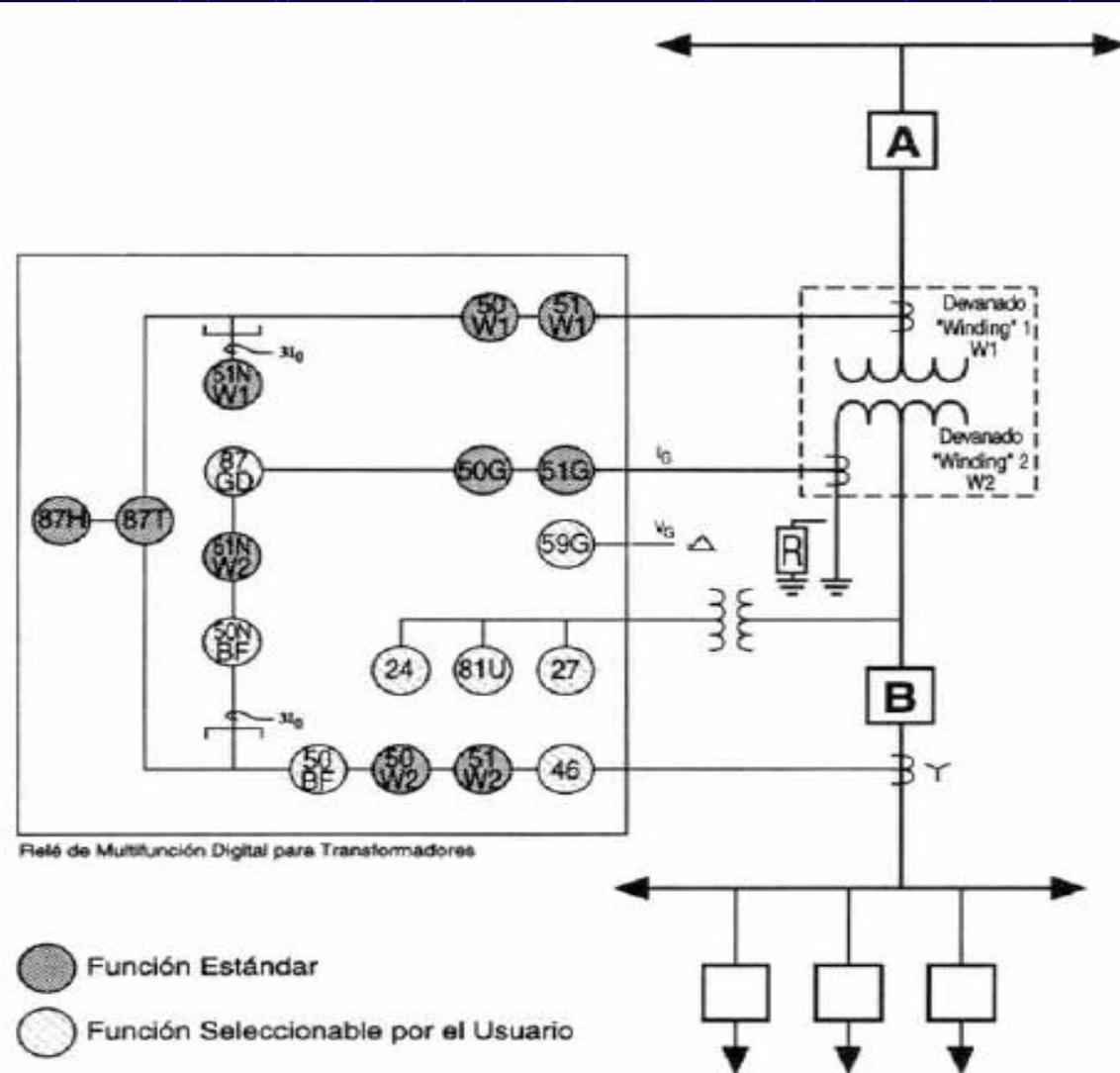
PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

PROTECCION DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR

PROTECCION DIGITAL DE TRANSFORMADORES

Con el desarrollo de la protección digital multifunción, la protección diferencial y de sobrecorriente en transformadores, son ahora solo dos de las numerosas funciones lógicas y protectoras que pueden incorporarse en el conjunto de protección de transformadores.

Funciones como la protección Volts/Hez, sobrevoltaje de neutro, diferencial de tierra y corte de carga por baja frecuencia.



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE BUSES

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

PROTECCION DIFERENCIAL

PROTECCIONES DE SEP's

EJERCICIOS DE ZONAS DE PROTECCION

S.E. ARREGLO DE INTERRUPTOR Y MEDIO

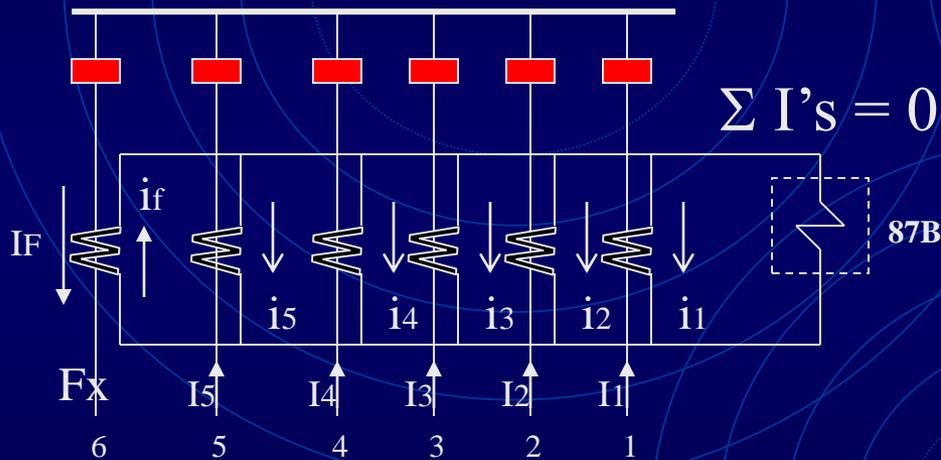
S.E. ARREGLO EN ANILLO

PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

PROTECCION DIFERENCIAL

Es el metodo mas confiable y sensitivo para proteger las barras de las subestaciones y los Transformadores



Debido al gran numero de circuitos en un bus y los diferentes niveles de corriente que se presentan en ellos durante fallas externas, se pueden presentar saturacion del TC del circuito con falla; y con ello una operacion en falso de la diferencial.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

50BF y 61

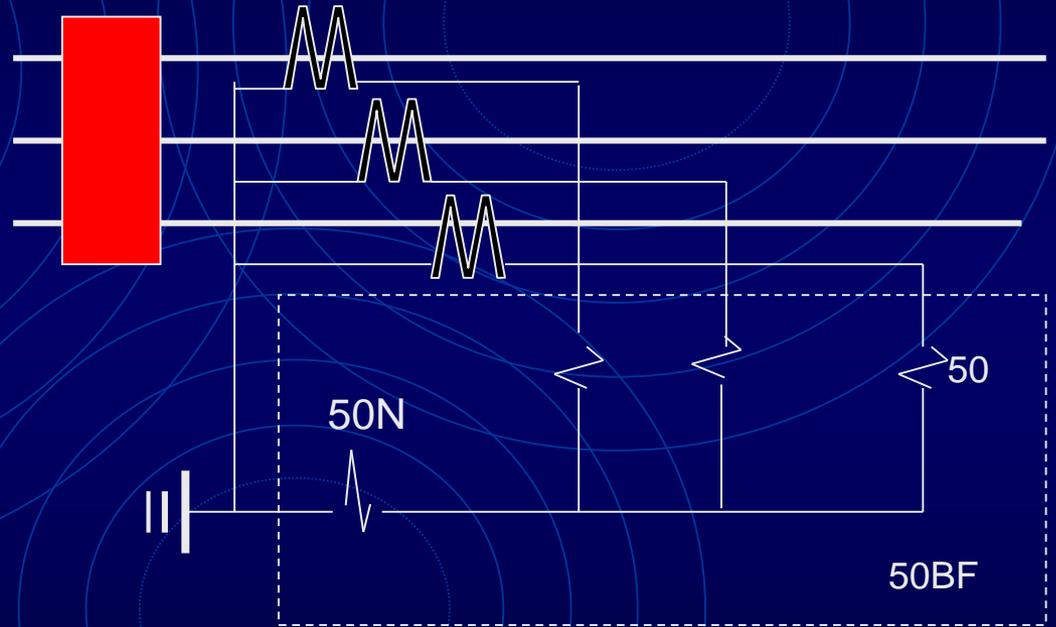
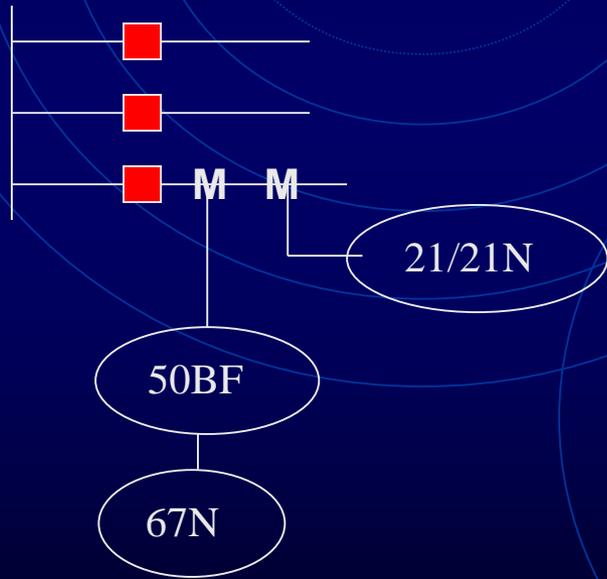
Situaciones básicas de falla de interruptor

- Condición de C.C. y falla al no abrir el 52, disparando los interruptores adyacentes al fallado
- Falla uno o dos polos en el 52, al momento de cierre, no existe C.C.
- Falla uno o dos polos en el 52, al momento de abrir, no existe C.C.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

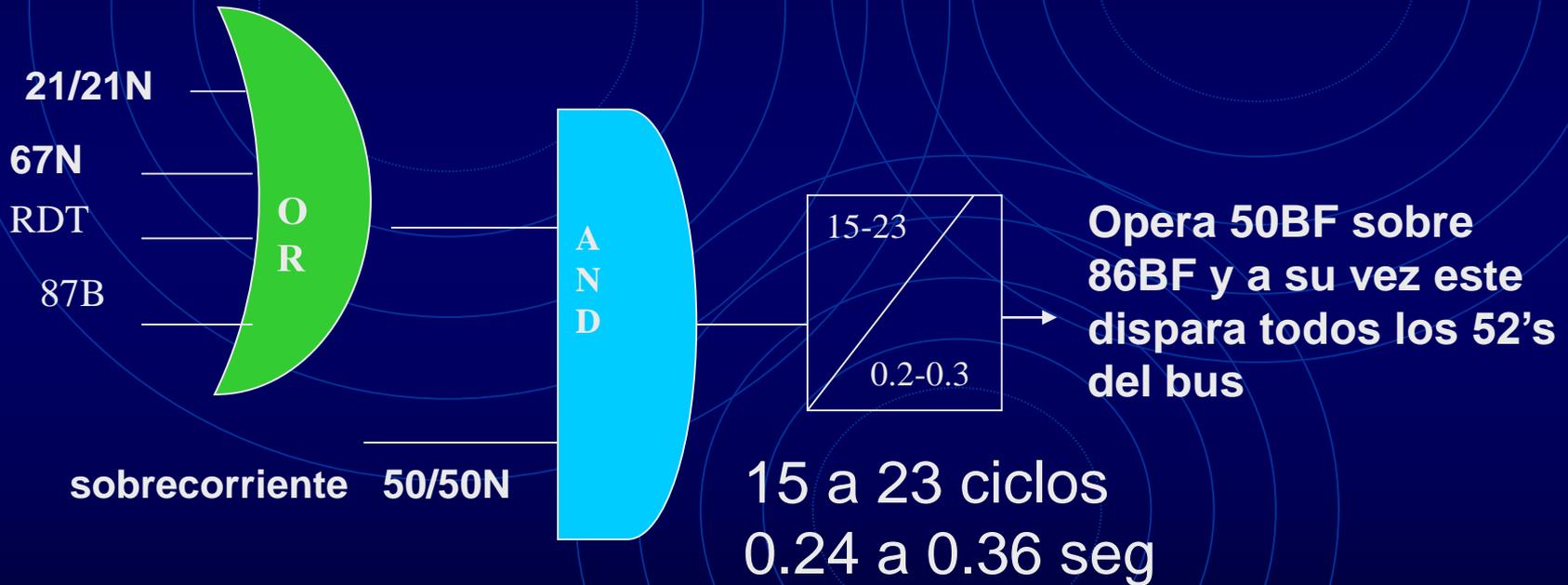
50BF y 61



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

50BF y 61



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

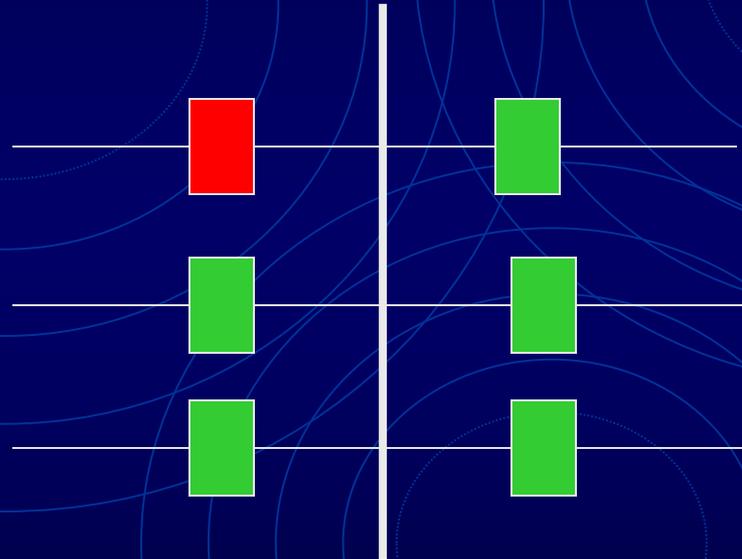
50BF y 61



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

50BF y 61



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

RELEVADORES DIGITALES

La evolución de los relevadores de protección de los sistemas eléctricos de potencia se pueden describir en cuatro **generaciones** las cuales son:

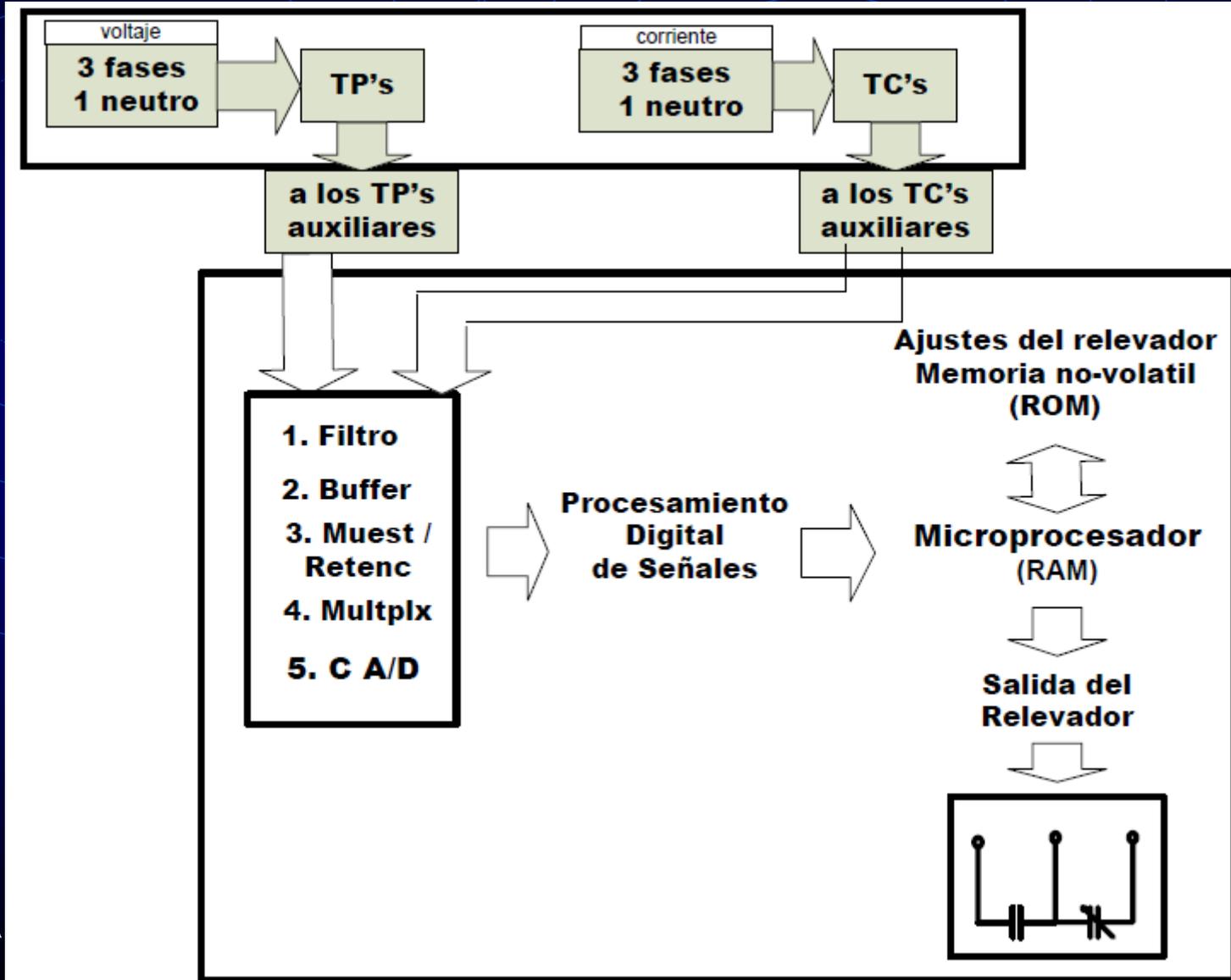
1. Relevadores electromecánicos
2. Relevadores de estado sólido discretos (relevadores estáticos)
3. Equipo fijo de estado sólido, montado en un rack, para funciones múltiples de protección.
4. Relevadores digitales basados en microprocesadores que miden corrientes y voltajes por muestreo de las formas de onda.

El futuro de la protección digital al cual está dirigida la quinta **generacion**, es la combinación de protección, medición, control y comunicación, como un sistema de protección integrado, lo cual se esta aplicando a nivel mundial con la protección inteligente tipo adaptiva, que trabaj en funcion de las necesidades del SEP, otro adelanto es el muestreo sincronizado del SEP con la medición Fasorial.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

RELEVADORES DIGITALES



Muestrea y convierte señal continua en Señal discreta

Convierte señal discreta a digital(1,0)

Procesamiento de señales discretas /digitales con matematica discreta

Salida discreta

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

RELEVADORES DIGITALES



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

RELEVADORES DIGITALES



PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE DISTANCIA

Par de un relevador de Z

Despreciando K3, cuando
 $T=0$ se tiene:

$$T = K_1 I^2 - K_2 V^2 - K_3$$

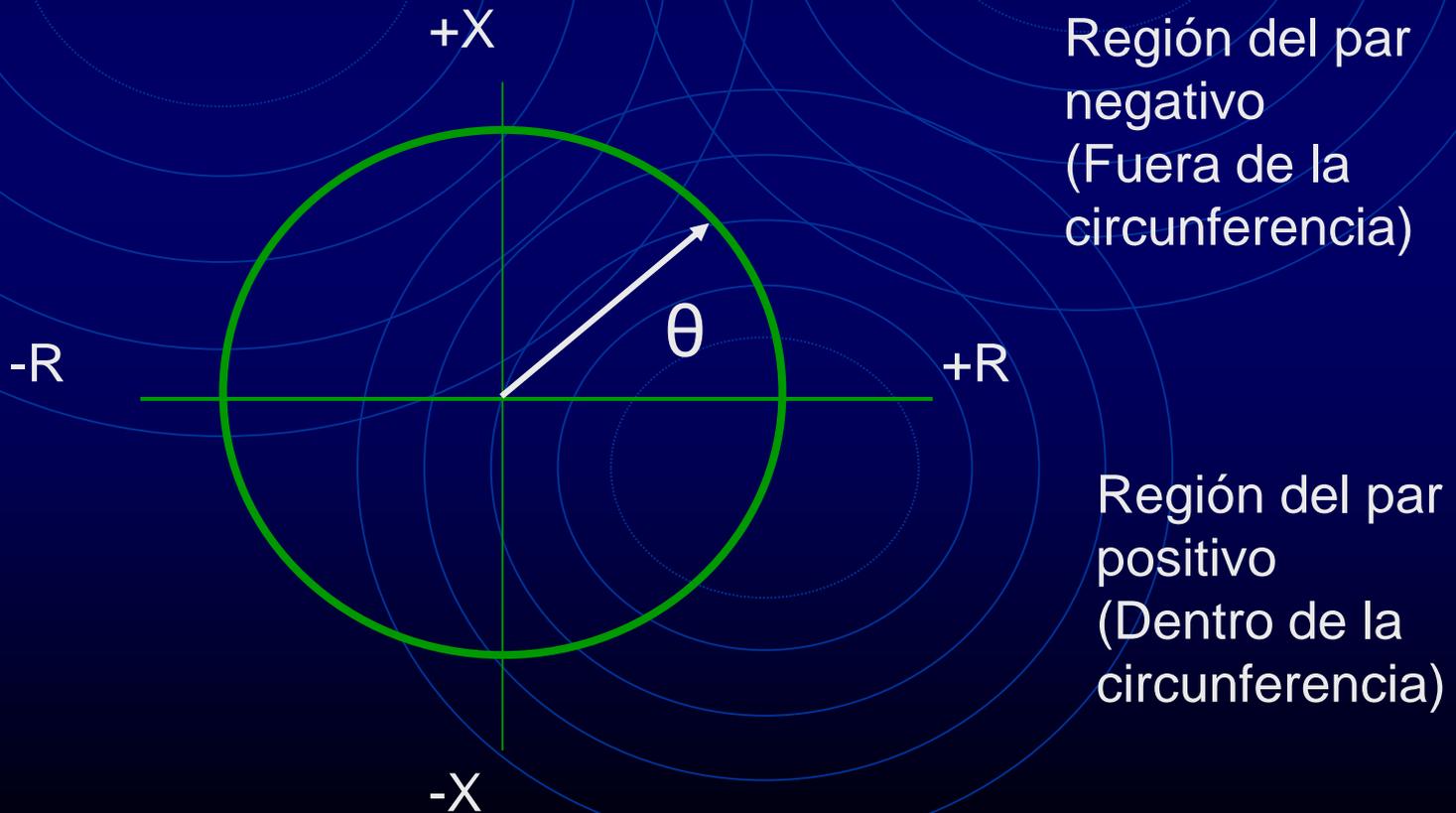
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{\sqrt{K_1}}{\sqrt{K_2}} = \text{Constante}$$



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE DE DISTANCIA

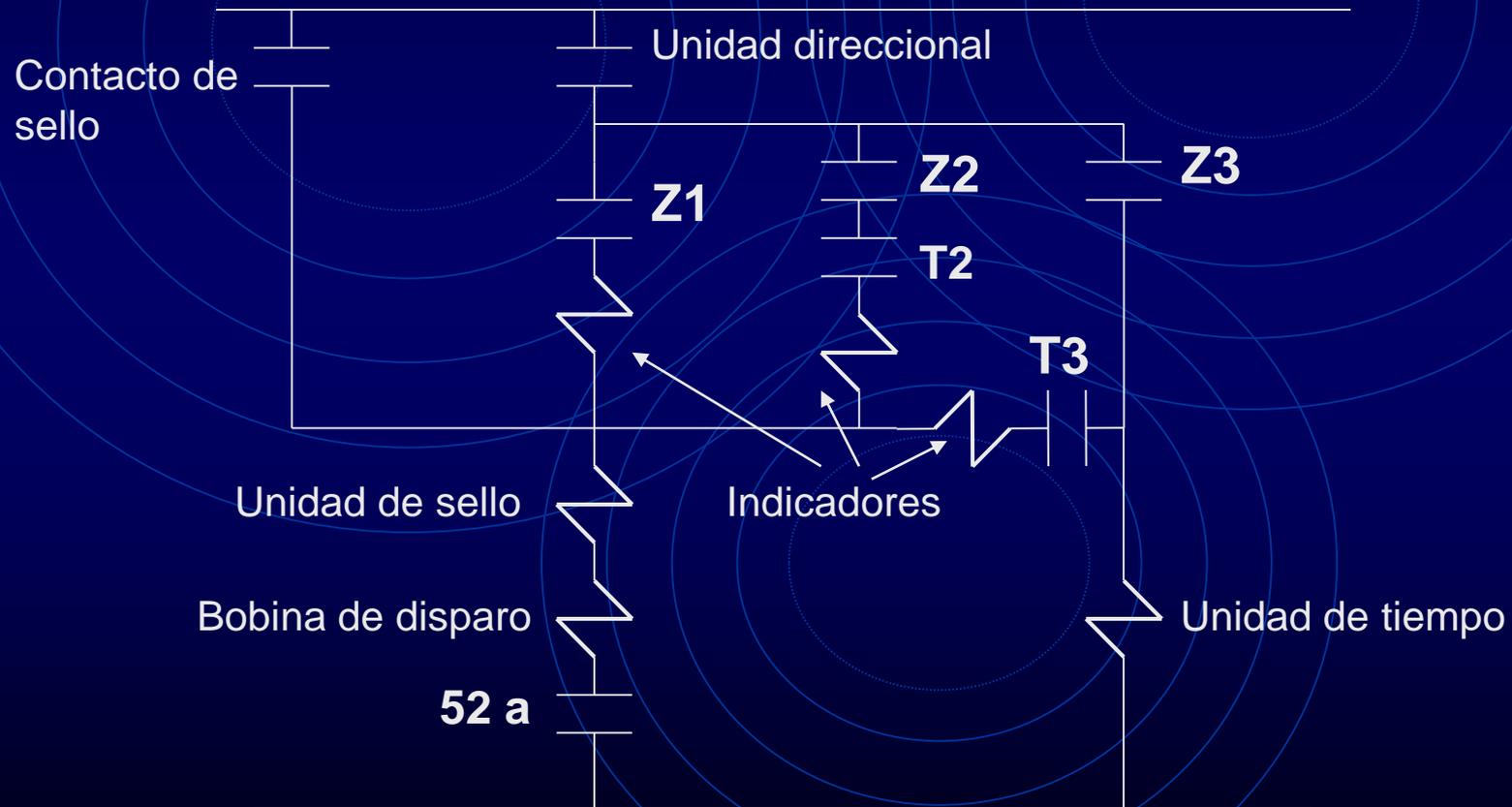
Característica del rele de impedancia



PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE DISTANCIA



PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE DISTANCIA

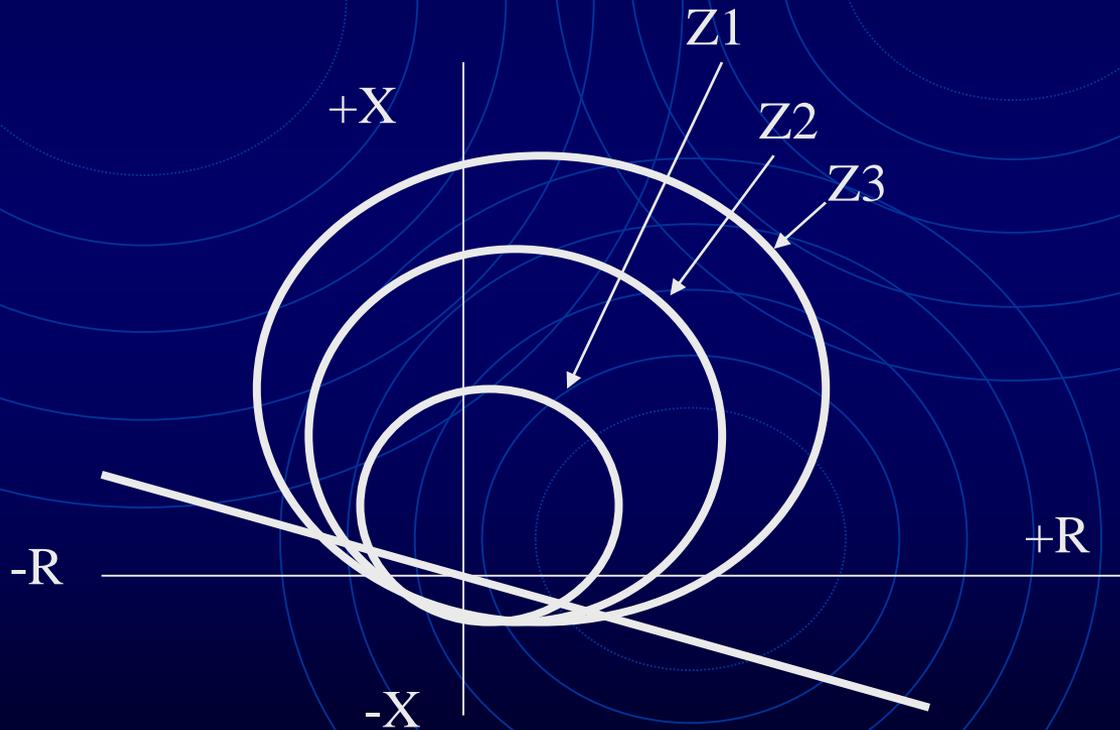


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE DISTANCIA

Característica del rele de impedancia modificado

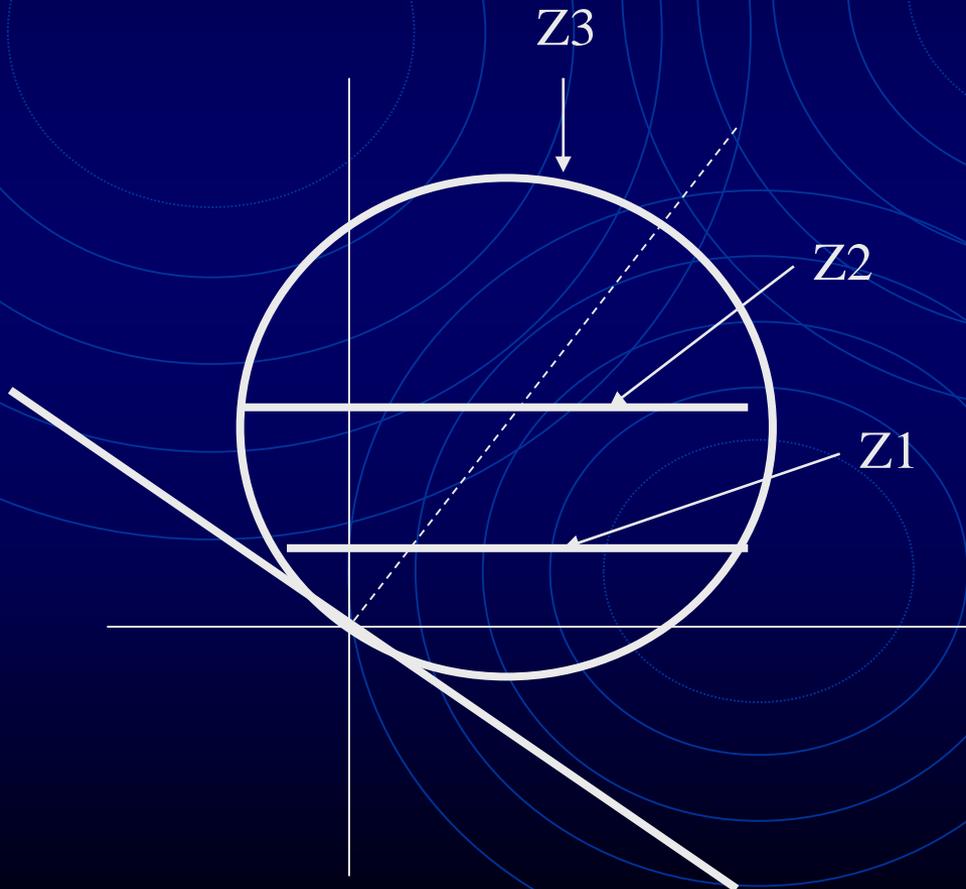


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE DISTANCIA

Característica del rele tipo reactancia

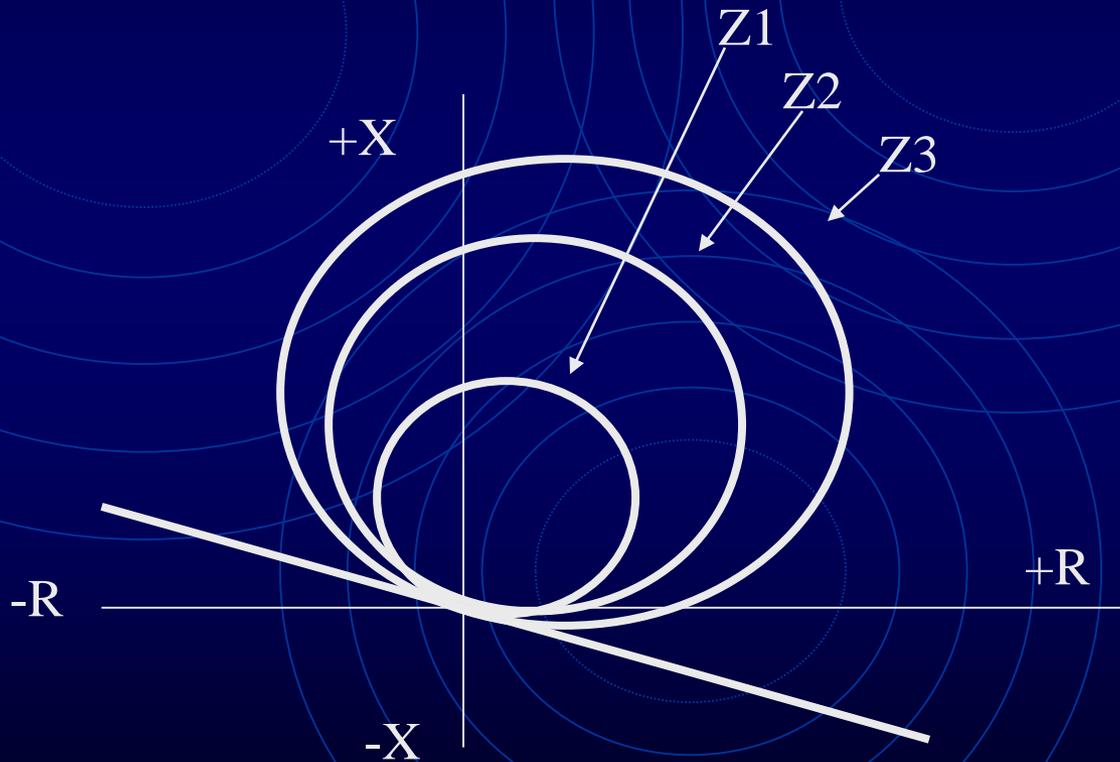


PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE

DE DISTANCIA

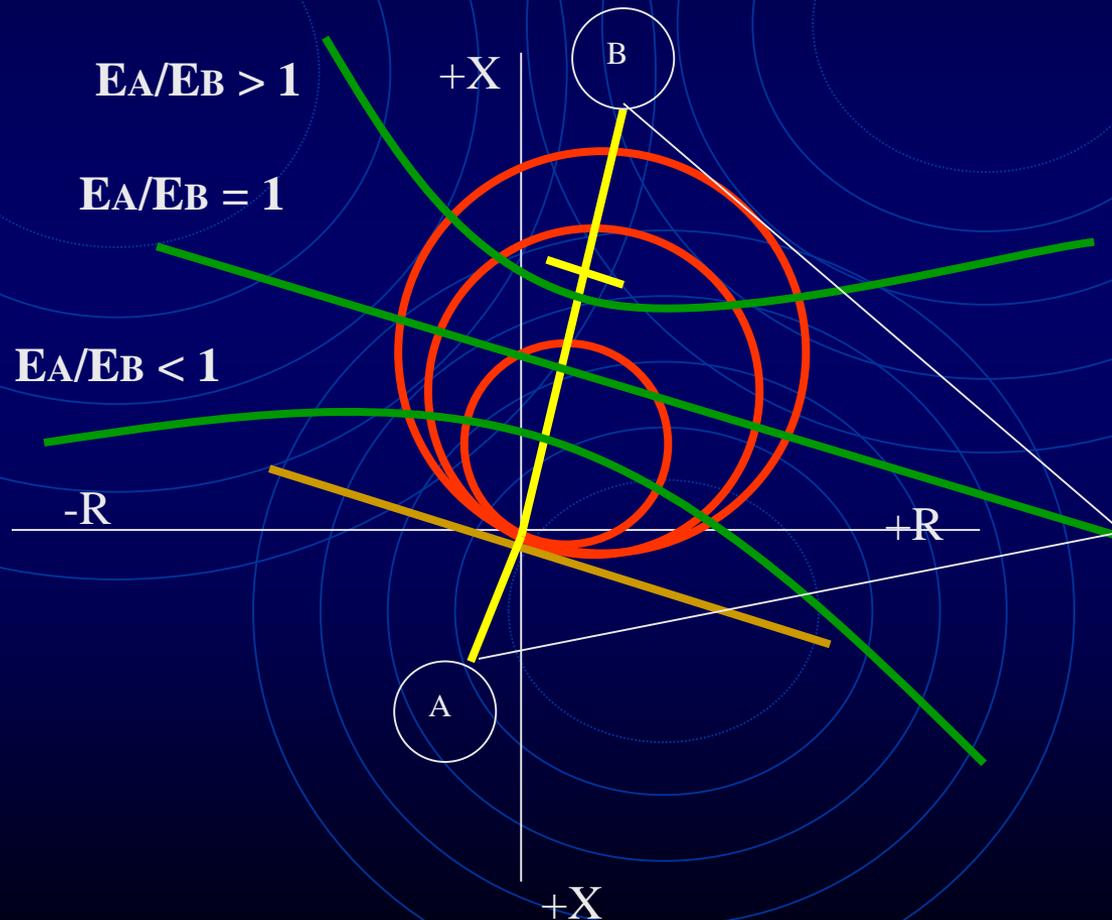
Característica del rele de admitancia o tipo Mho



PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCIONES MAS COMUNES USADAS EN EL SEP NOROESTE DE DISTANCIA

Efecto de la oscilacion de potencia en el rele de distancia



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DE DISTANCIA

Es una protección con selectividad relativa que tiene direccionalidad y que mide la distancia eléctrica al punto de falla o corto circuito

Responde al cociente voltaje / corriente $Z_r = V_r / I_r$
y Z_r es proporcional a distancia eléctrica al punto de falla, en caso de corto circuito de la línea

Es mas sensible que el principio de sobrecorriente ya que la Z varia mas que la I cuando hay cortocircuito, y además el ángulo de la impedancia también varia con la falla

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DE DISTANCIA

Ventajas:

- **Es aplicable a redes de cualquier configuración**
- **La protección de distancia de fase es mas sensible que las de sobrecorriente y direccional de sobrecorriente**
- **Puede brindar protección al 100% de la línea protegida si se dispone de un canal de comunicación**

Desventajas:

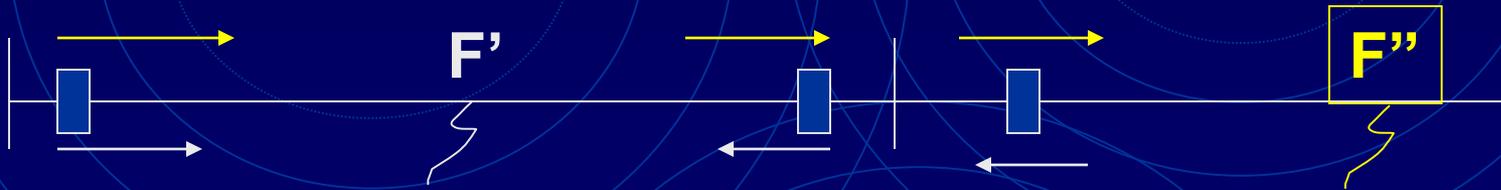
- **Es mas compleja y costosa que las de sobrecorriente y direccionales de sobrecorriente**
- **Es afectada por las oscilaciones de potencia, compensación serie capacitiva en la línea protegida y acoplamiento mutuo.**

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DIFERENCIAL

Se basa en la comparación directa de las corrientes de todas las interconexiones del elemento protegido con el resto del sistema.



Puede lograrse por:

- Comparación directa de los valores instantáneos de las corrientes (Diferencial de corriente)
- Comparación directa de sus fases (Comparación de fase)

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

PRINCIPIO DIFERENCIAL

Ventajas:

- **No requiere información de voltaje**
- **No es afectada por las oscilaciones de potencia, compensación serie capacitiva y acoplamiento mutuo.**

Desventajas:

- **No brinda respaldo**
- **Tiene menor sensibilidad que la protección de distancia**
- **Tiene menor velocidad de operación que la protección de distancia**
- **Impone requerimientos elevados al canal de comunicación**

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

Protección por hilo piloto

Son de selectividad absoluta

Aplican el principio diferencial de comparación de fase y el de los valores instantáneos de corriente



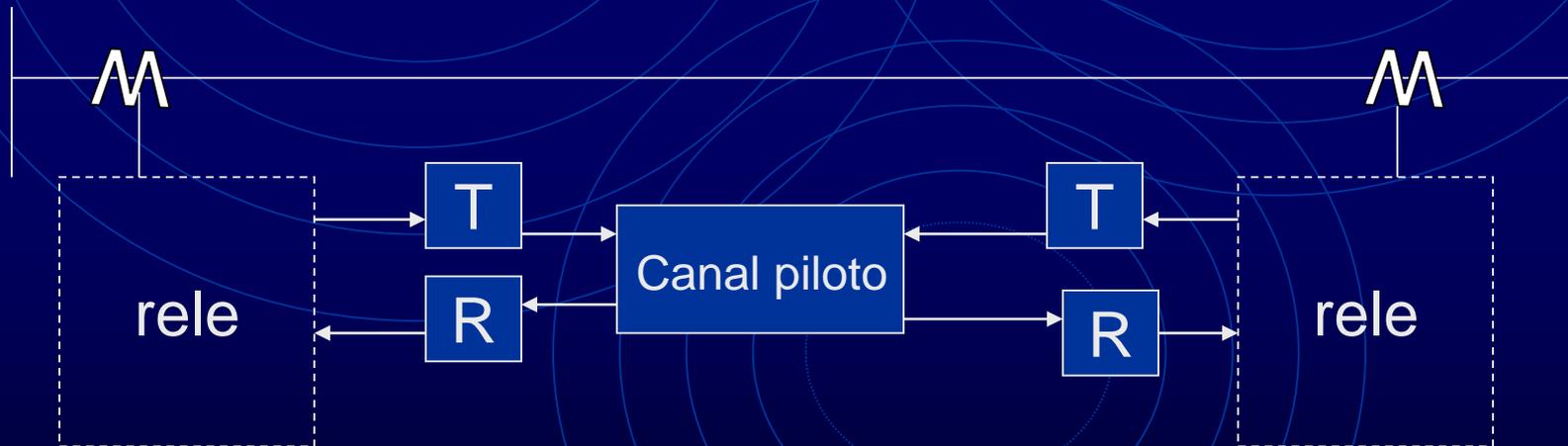
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

Protección por hilo piloto

Principio de comparación direccional

Se hace la comparación indirecta de las direcciones relativas a las corriente o potencias, a partir de la operación de relevadores que tienen direccionalidad



Es practica común disponer de este esquema de modo que las protecciones de distancia sean parte de la protección primaria y que su operación sea acelerada por la protección piloto

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

Protección por hilo piloto

A la aceleración de zonas de los 21's se les conoce como:

Disparos transferidos

Los principales disparos transferidos son:

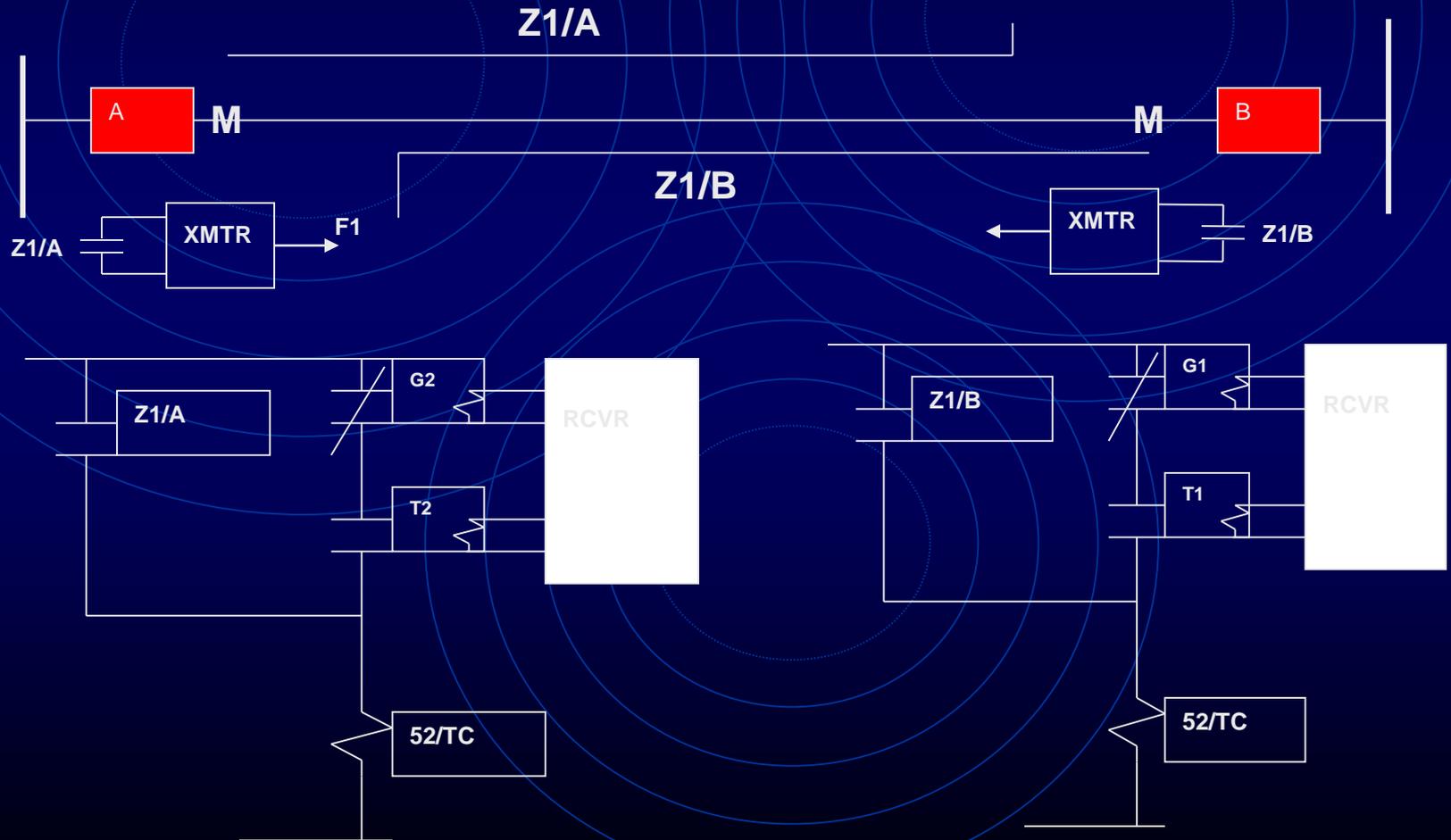
- **Directo de bajo alcance (DUTT)**
- **Permisivo de bajo alcance (PUTT)**
- **Permisivo de sobre alcance (POTT)**

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

Protección por hilo piloto

Directo de bajo alcance (DUTT)

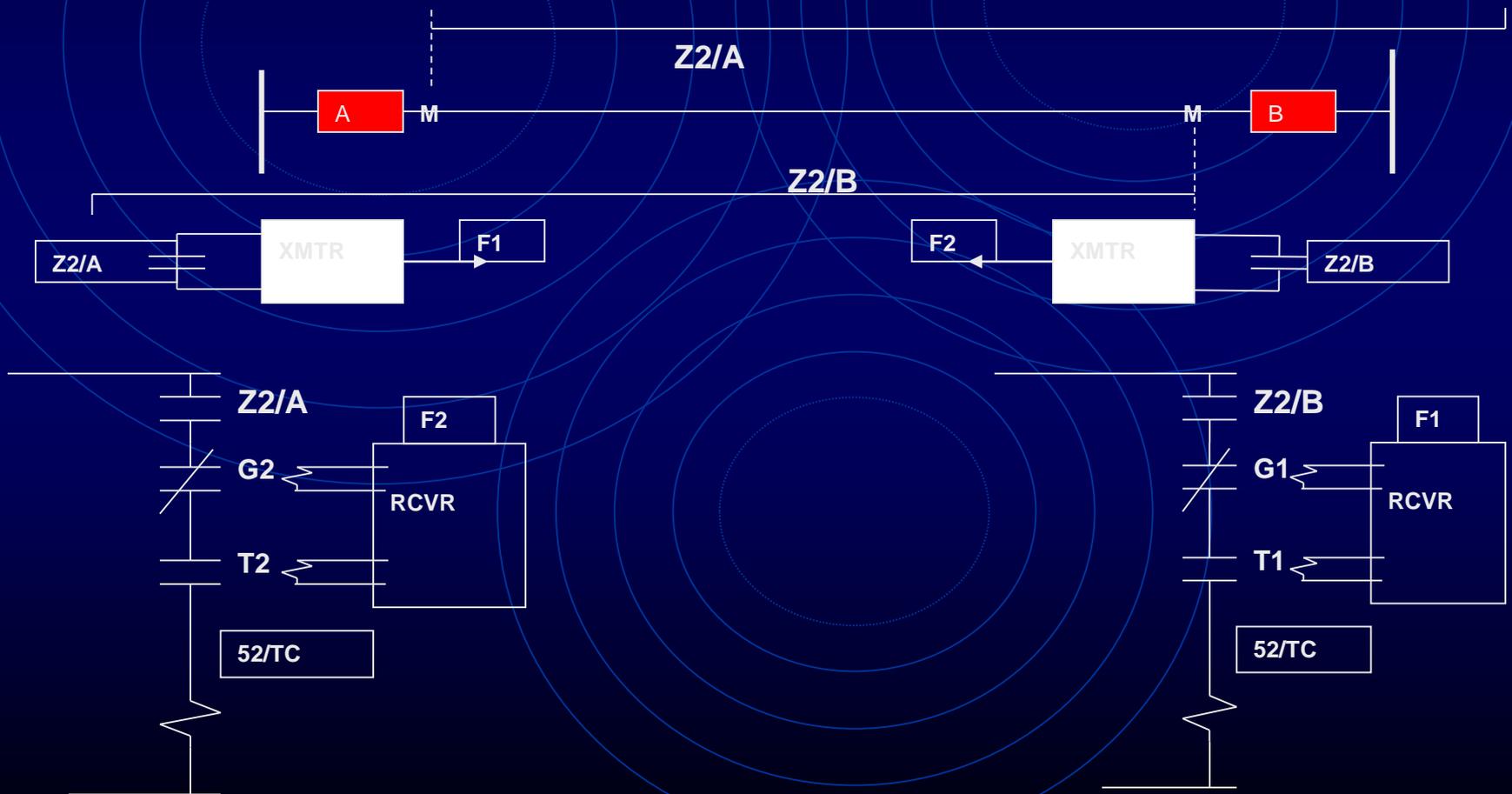


PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCION DE LINEAS DE TRANSMISION

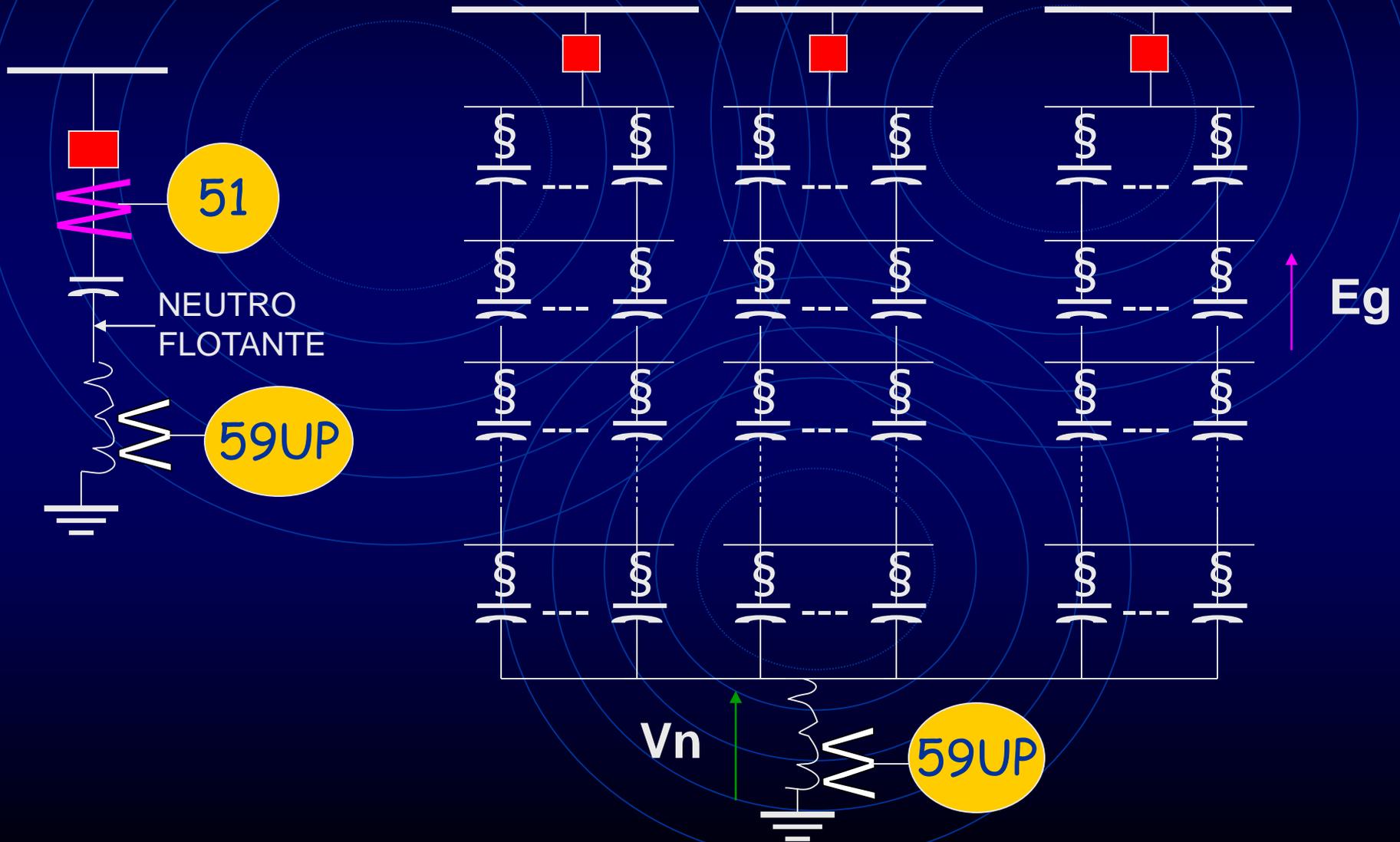
Protección por hilo piloto

Permisivo de sobre alcance (POTT)



PROTECCIONES DE SEP'S

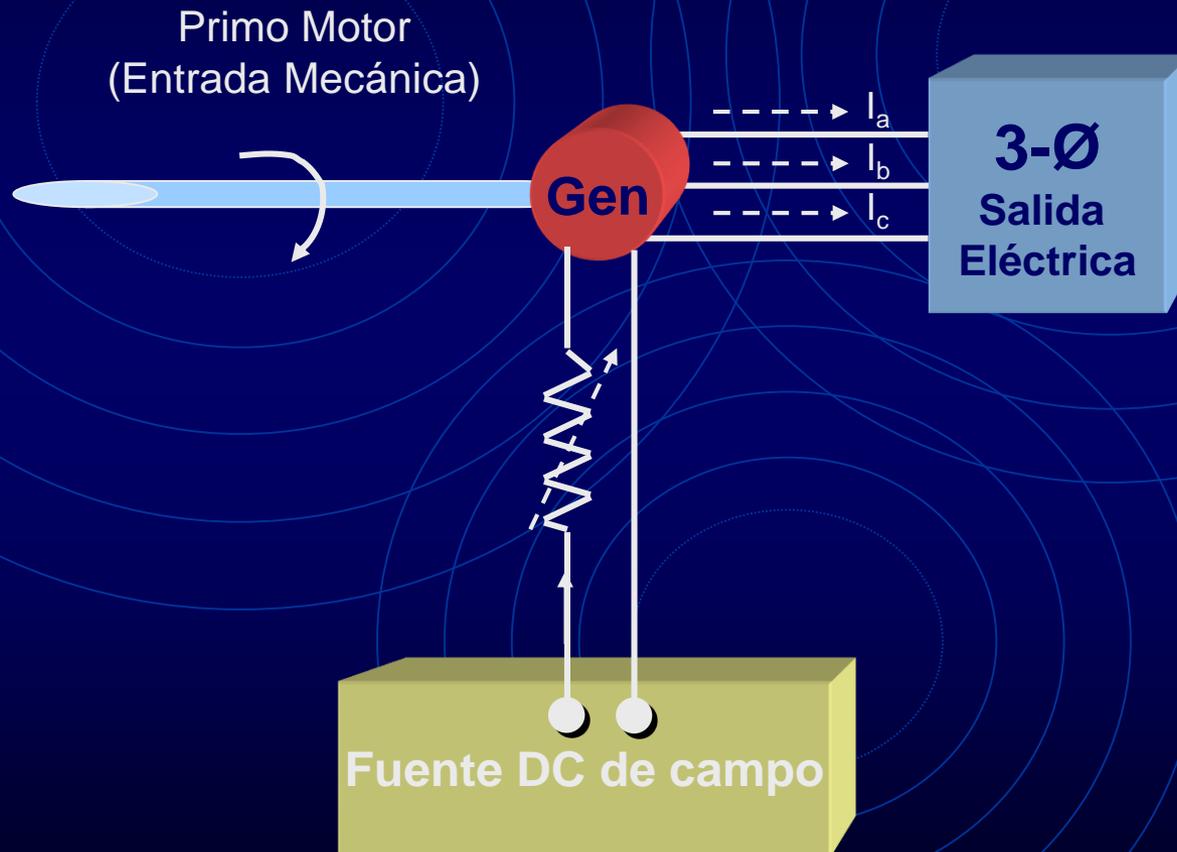
PROTECCION DE CAPACITORES



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Generador básico

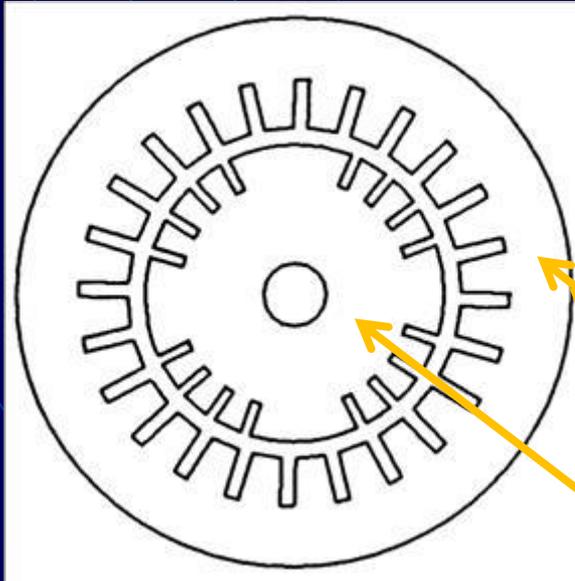


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Tipos de Generador

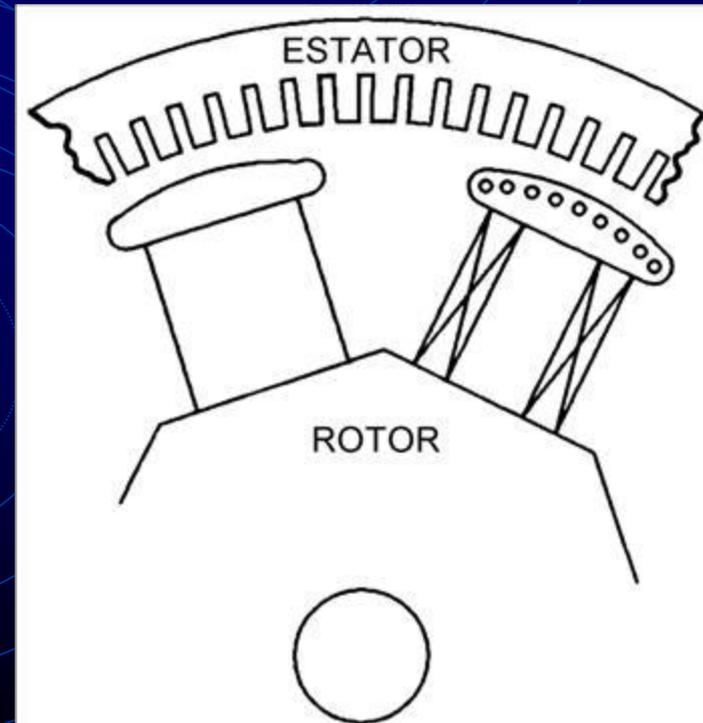
Generador polos lisos



Estator

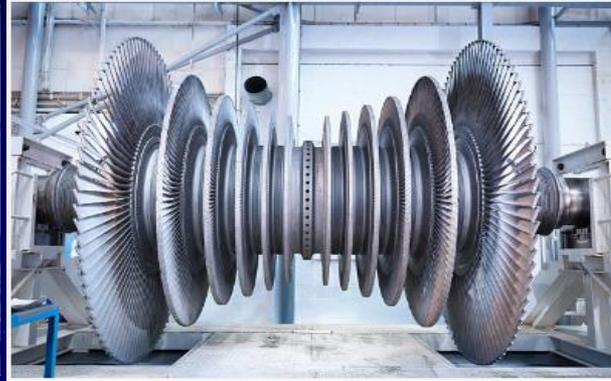
Rotor

Generador polos salientes



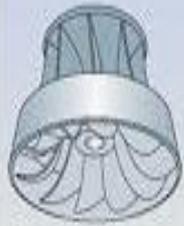
PROTECCIONES DE SEP'S

PROTECCION DE GENERADORES



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES



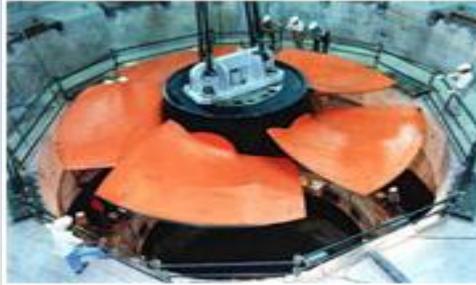
Francis



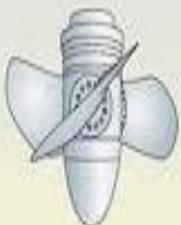
Propeller (Fixed Pitch)



Turgo



Pelton



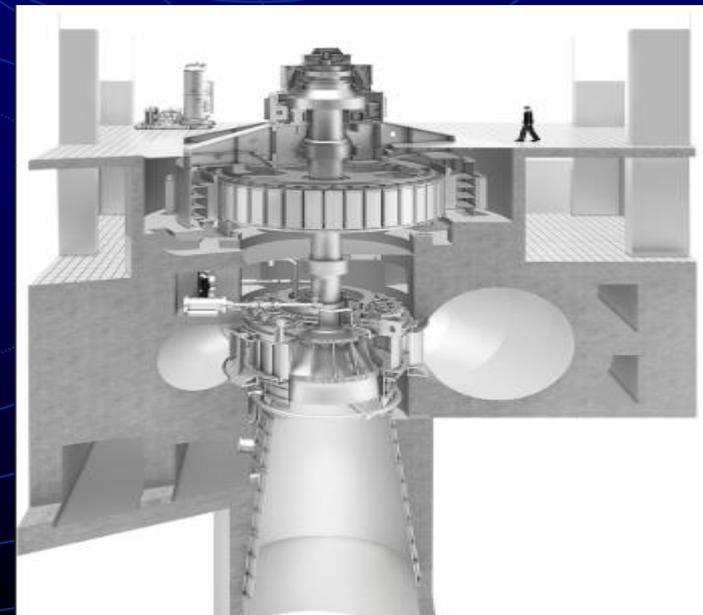
Kaplan



Crossflow



Electrical Guru | Tutorial for electrical/electric en



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

- Un generador es la pieza de equipo mas cara y compleja que una compañía productora puede invertir y poseer.
- Cuando un generador sufre una desconexión forzada por cualquier razón produce un alto costo para el productor.
- Este costo incluye la disminución de ingresos por venta de energía, el costo de reposición del equipo, costos por daños colaterales, y costos por mano de obra. Para la compañía esta el costo de reposición de energía a precio mayor

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

FALLAS DEL GENERADOR

- ✓ Hay muchas razones para causar la desconexión de un generador. Estas incluyen las fallas propias del generador (elèctricas) y las condiciones anormales de operación.
- ✓ Por ser de voltajes relativamente bajos hay altas corrientes en las fallas, que producen grandes daños en el aislamiento, el cobre y el núcleo.
- ✓ La corriente de falla puede fluir por varios segundos después de la desconexión del generador del sistema debido a la lenta disminución del flujo.
- ✓ Por lo anterior **Protecciones de Alta Velocidad** son requeridas. La razón de costo entre un mal o bien protegido generador puede ser de 6 a 1.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

FALLAS ELECTRICAS EN EL GENERADOR

Estator(CA):

La frecuencia de ocurrencia de los tipos de fallas eléctricas en el estator se muestra en %.

- ❖ FASE A FASE 23.5%
- ❖ FASE A TIERRA 65%
- ❖ FALLA ENTRE ESPIRAS 11.5%

Rotor(CD):

- ❖ Falla a tierra + o -
- ❖ Perdida de alimentación (Pèrdida de Campo)

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

CONDICIONES ANORMALES DE OPERACIÓN

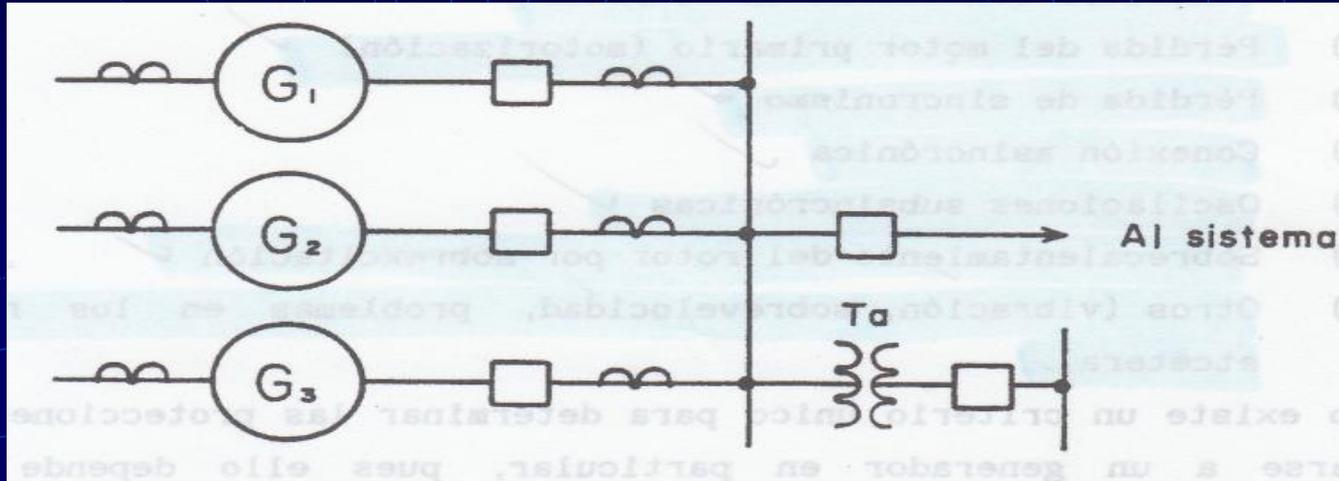
1. SOBRECALENTAMIENTO DE DEVANADO DEL ESTATOR
2. DESBALANCE DE CORRIENTES
3. PERDIDA DE CAMPO
4. FALLAS DE CAMPO A TIERRA
5. POTENCIA INVERSA (Pérdida del primomotor)
6. SOBREXCITACIÓN
7. SOBREVOLTAJE
8. FRECUENCIA DE OPERACIÓN ALTA O BAJA
9. PERDIDA DE SINCRONISMO (Pérdida de paso)
10. ENERGIZACIÓN INADVERTIDA
11. FALLAS EN EL SISTEMA (EXTERNAS)

PROTECCIONES DE SEP's

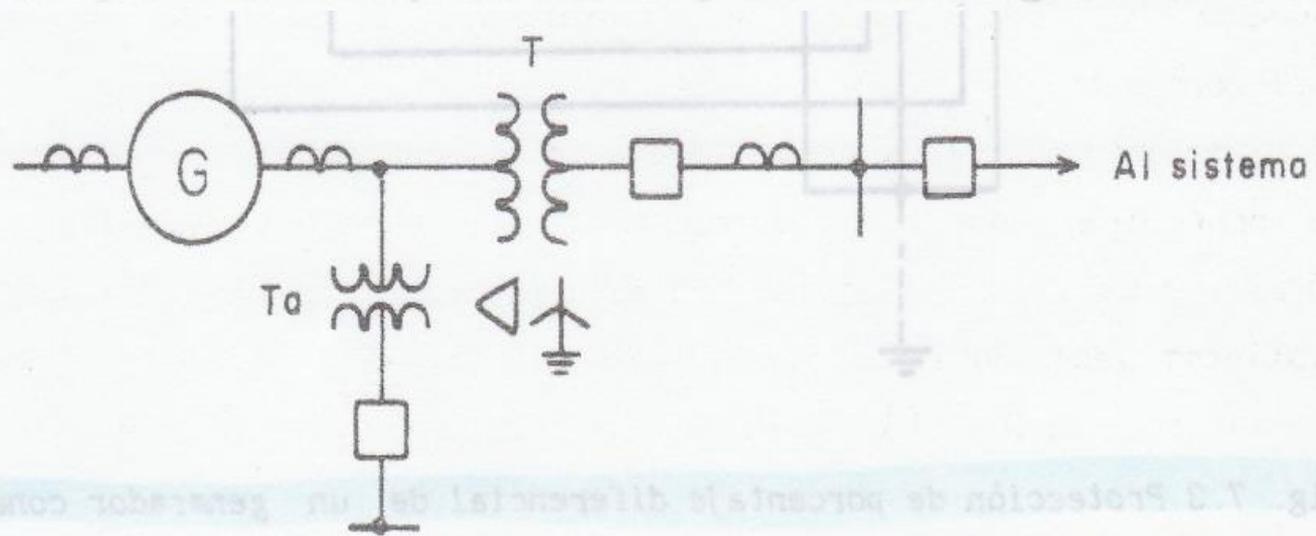
PROTECCION DE GENERADORES

ESQUEMAS BASICOS DE CONEXIÓN DE GENERADORES AL SEP

CONEXIÓN DIRECTA



CONEXIÓN A TRAVÉS DE TR



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

CONEXIÓN DE DEVANADOS DEL ESTATOR

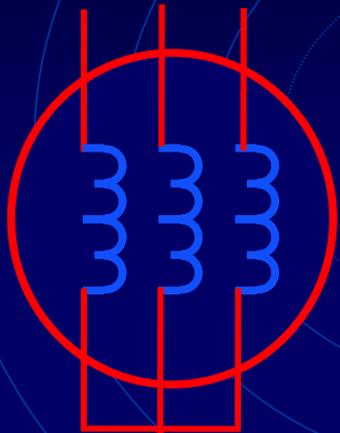
Δ (Sin referencia a tierra) ò Y con neutro aislado



PROTECCIONES DE SEP's

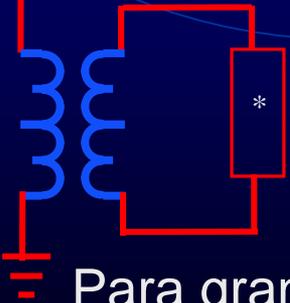
PROTECCION DE GENERADORES

• High-Impedance Grounding



• Generator Windings

Limita corriente de CC a tierra entre 1 o 25 Amperes.



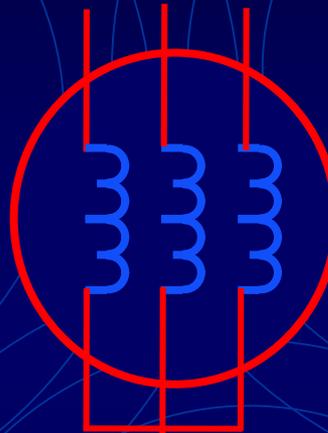
Cientos de W

* Resistor

$$3R \leq X_{ct}/\text{fase}$$

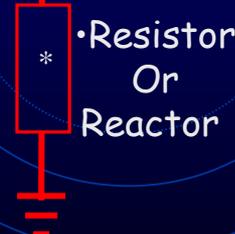
Para grandes generadores con TR elevador

• Low-Impedance Grounding



• Generator Windings

Limita la corriente de CC a tierra a decenas o cientos de Amperes.



* Resistor Or Reactor

(en instalaciones industriales)

(Solo se usa en Europa)

Para conexión directa

El objetivo de aterrizar con impedancia es limitar la corriente de corto circuito a tierra.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA DE FASE

- Relevadores de protección diferencial de alta velocidad se usan normalmente para proteger generadores contra fallas trifásicas y fase a fase con o sin tierra.
- Si el generador es aterrizado con una resistencia de bajo valor, el relé diferencial puede proteger el devanado hasta un cierto porcentaje arriba del punto neutro(fallas fase a tierra).
- Para generador aterrizados con alta resistencia la reducida corriente de falla resultante no la puede detectar el relevador diferencial, por lo cual, solo protege para fallas fase-fase o trifásicas y para fallas a tierra se usará otro tipo de protección.

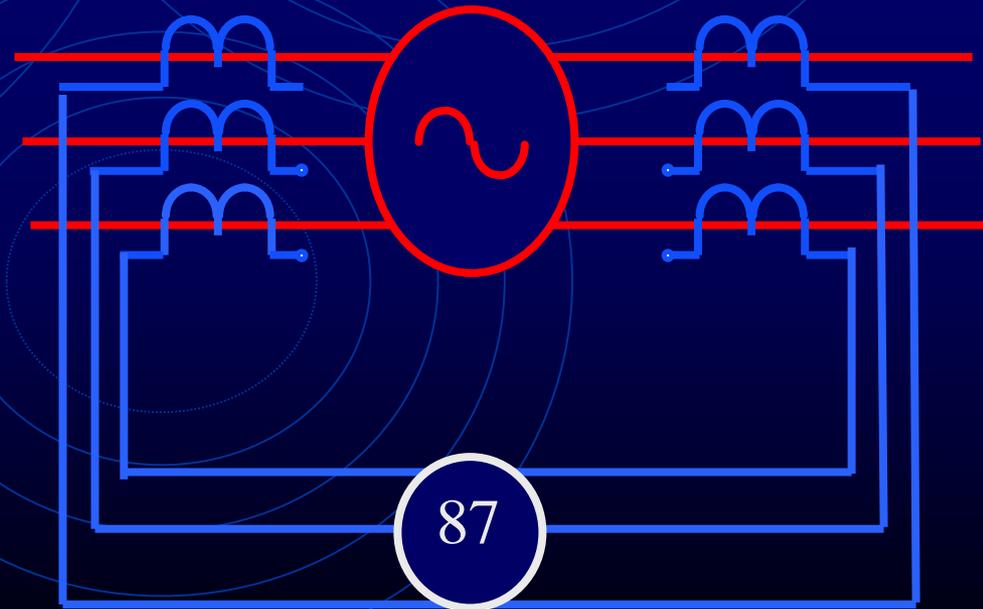
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA DE FASE

❖ Para esto se usa el típico esquema de protección diferencial con restricción, también conocida como de porcentaje diferencial, que se usa en la mayoría de las maquinas grandes o mayores a 1000kVA.

❖ Esta proteccion no necesita preocuparse por las corrientes de inrush como en la diferencial de transformadores. Esto se debe a que el voltaje del generador sube lentamente cuando el campo es aplicado.



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA DE FASE

El relevador promedia la magnitud de las corrientes de ambos lados del generador y la usa como corriente de restricción.

La corriente de operación es la suma vectorial de ambas. Cuando la I_{OP} es el % ajustado mayor que la I_{RT} , el relé opera.

Los ajustes de pendiente pueden variar del 5 al 50% dependiendo del TC mismatch y otros errores. La segunda pendiente proporciona mayor tolerancia a errores de RTC y a altas corrientes de falla que pueden saturar los TC's.

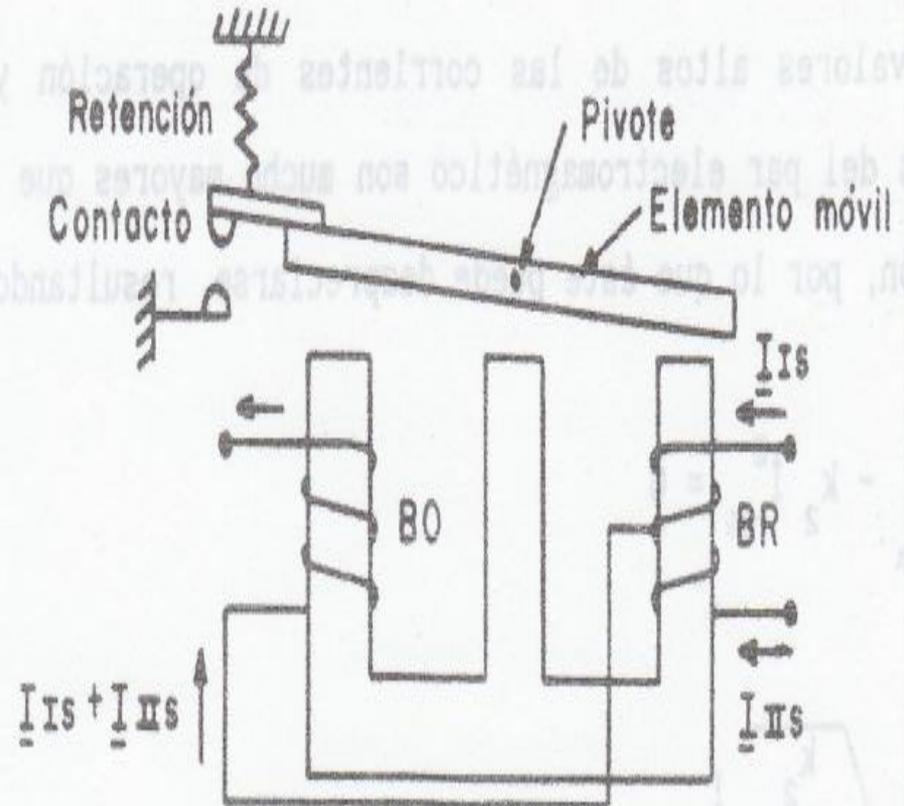
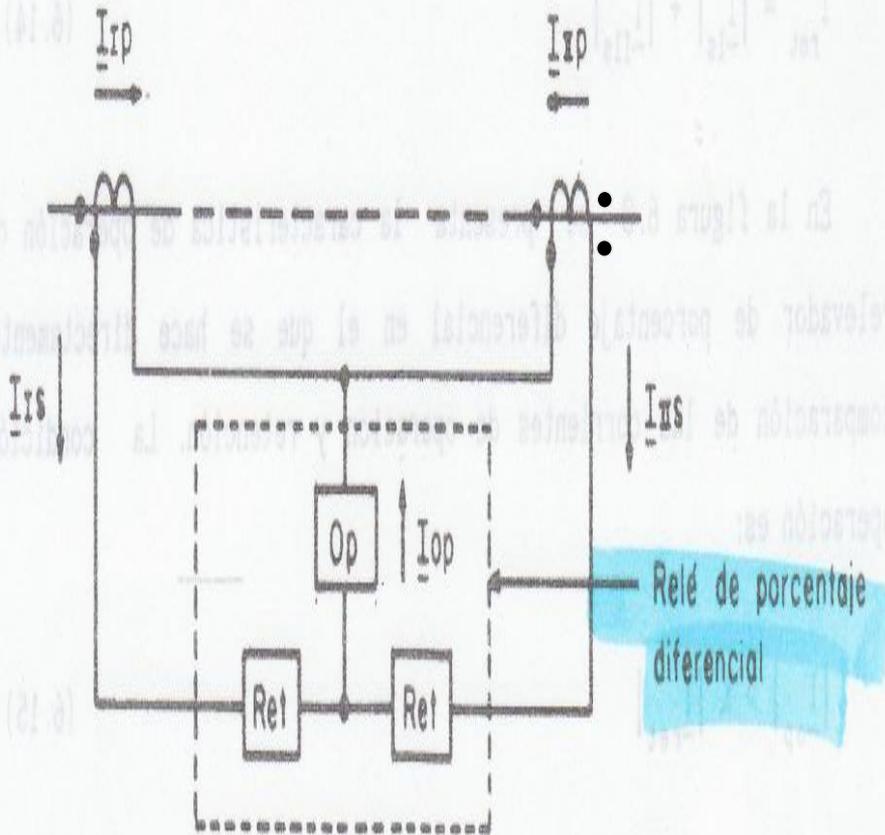


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA DE FASE

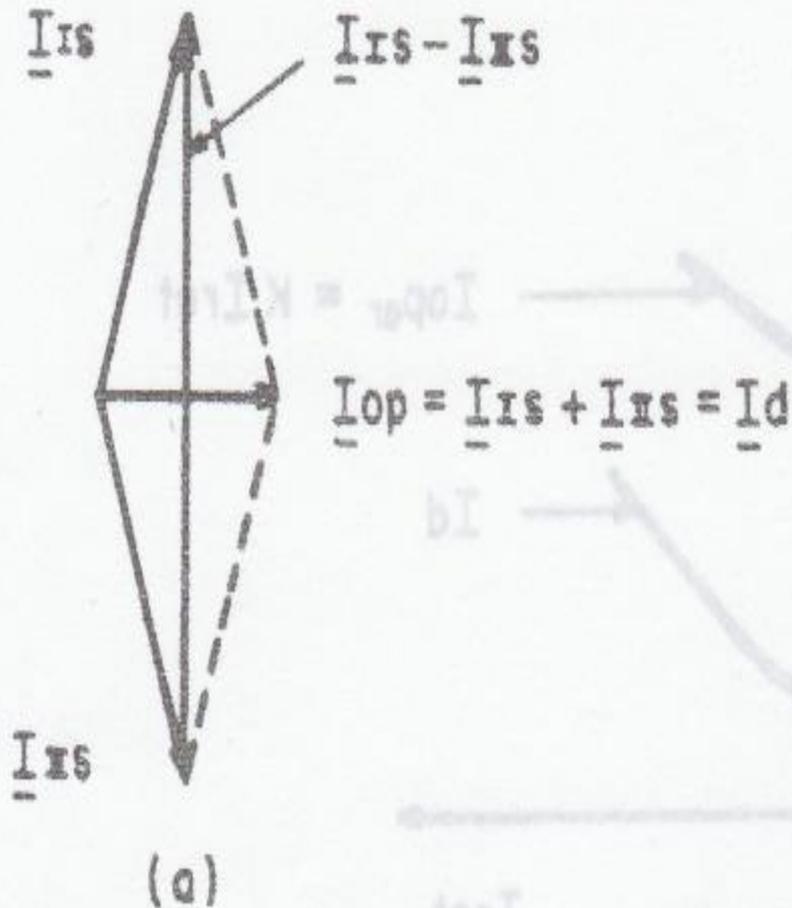
Relevador de porcentaje diferencial



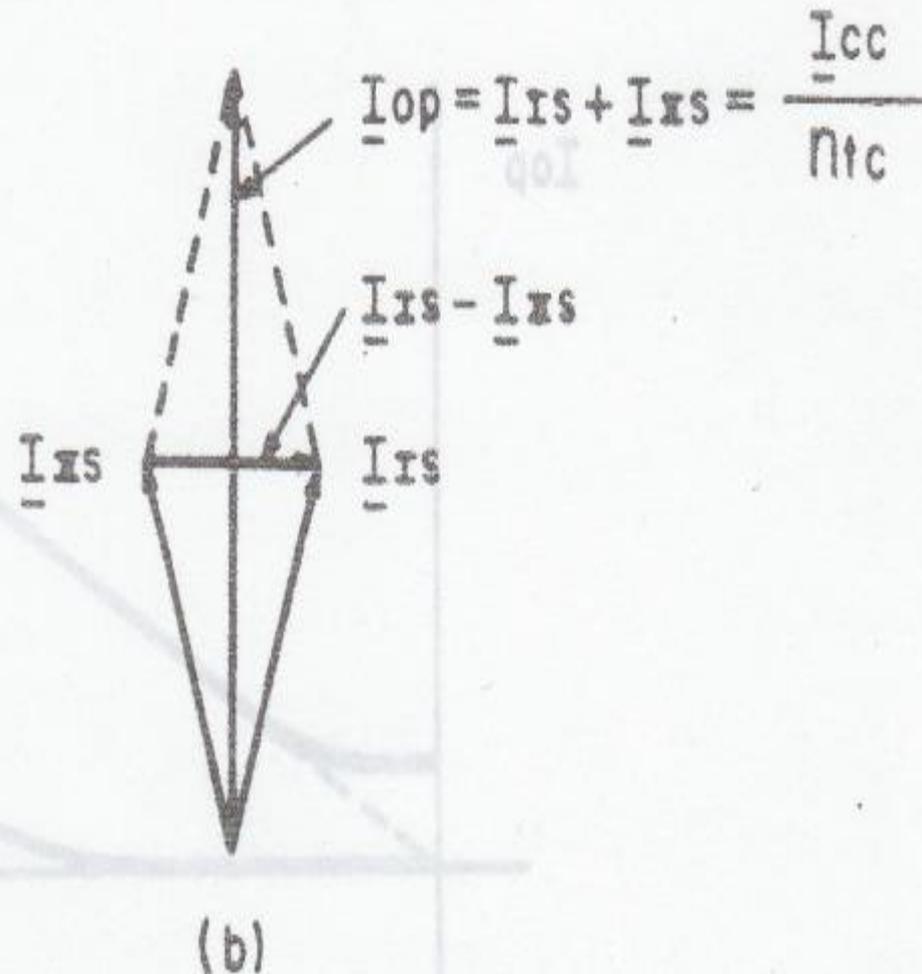
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Falla externa o sin falla

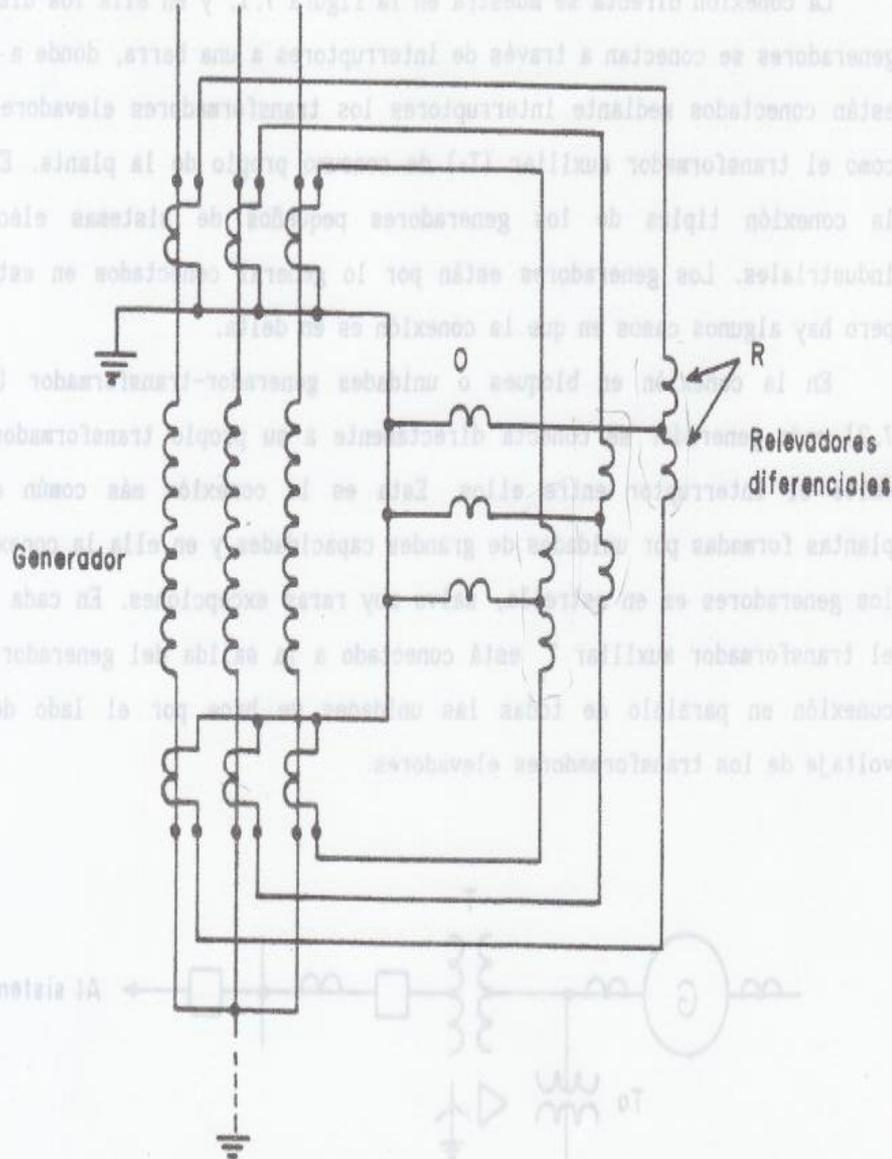


Falla interna

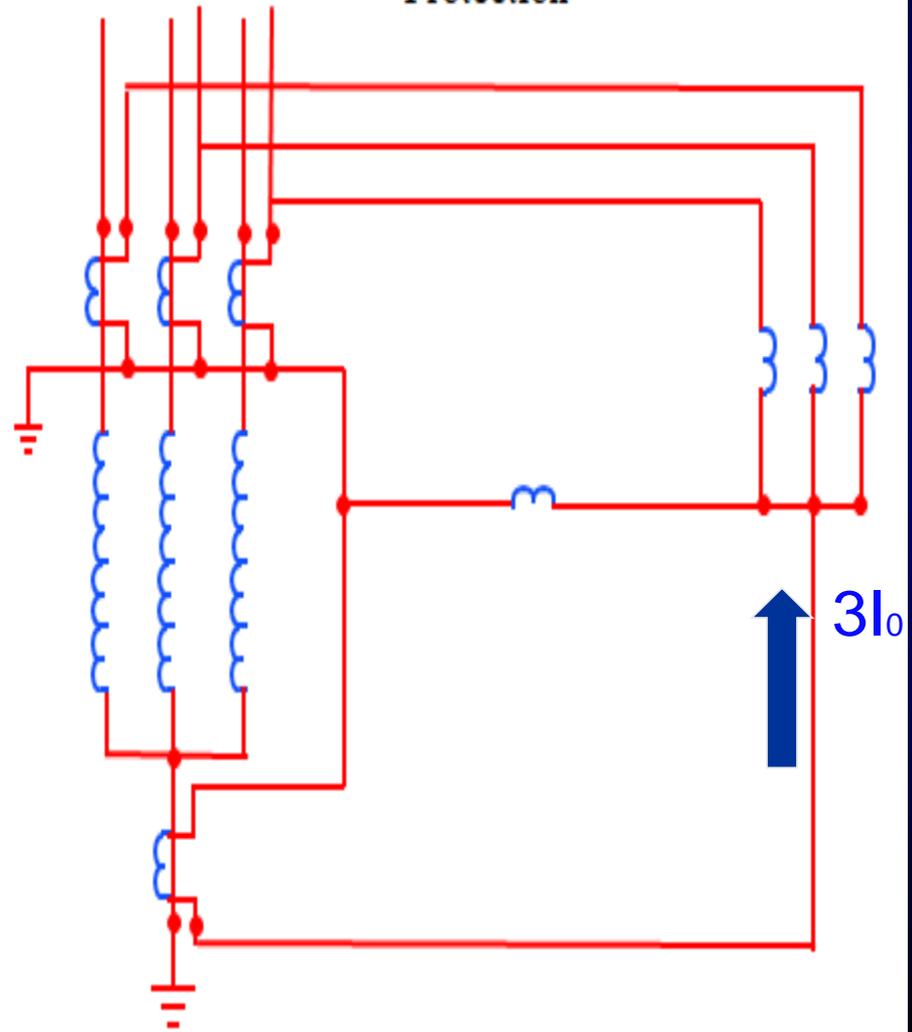


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

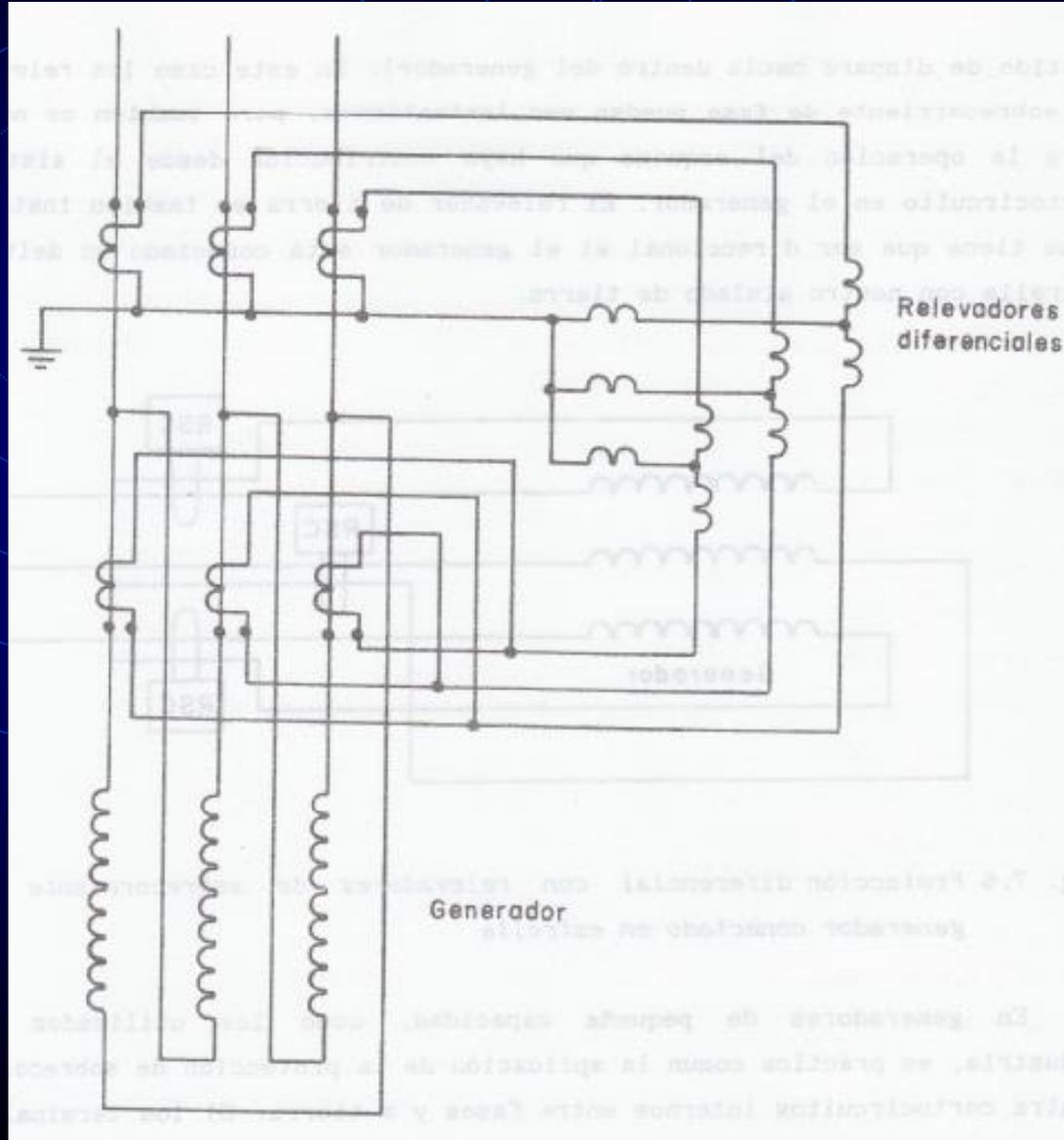


Generator Zero-Sequence Differential Protection



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA ENTRE VUELTAS o ESPIRAS

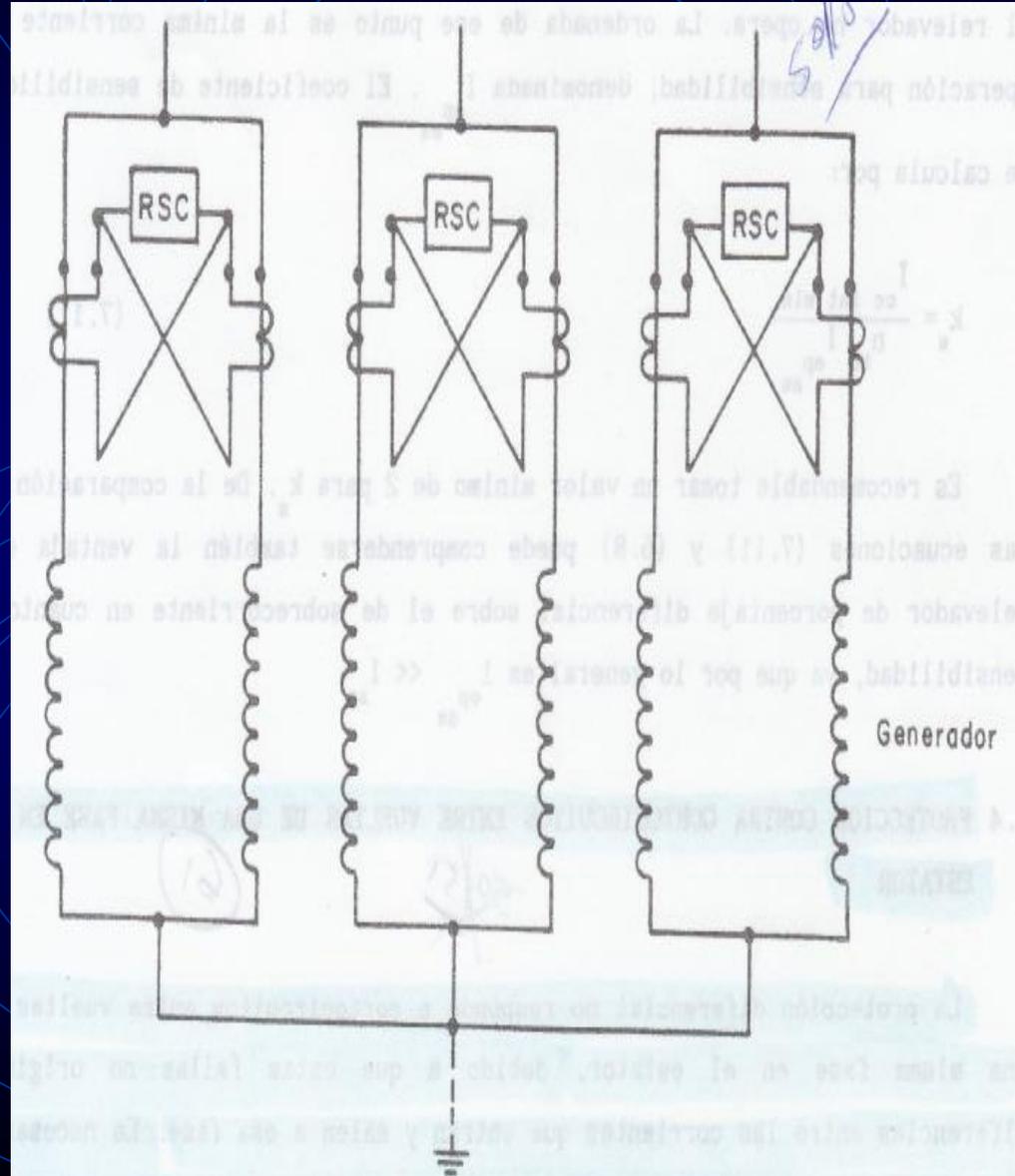
- La protección diferencial no responde a cortocircuitos entre vueltas de una misma fase en el estator, debido a que estas fallas no originan diferencias entre las corrientes que entran y salen a esa fase
- La protección para fallas entre espiras se aplica casi exclusivamente a hidrogenadores, pues los turbogeneradores tienen por lo general bobinas de una sola vuelta y no pueden ocurrir en ellos fallas entre vueltas que no involucren tierra.
- A continuación, se muestra un esquema de protección contra fallas entre vueltas para generadores con varias ramas en paralelo por fase. se trata de una protección diferencial transversal con relevadores de sobrecorriente.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Es recomendable utilizar en el esquema un relevador de 51 de tiempo inverso y otro 50 con diferentes sensibilidades. El relevador de tiempo inverso debe tener un valor tal de I de arranque que pueda detectar cortocircuitos hasta de una sola vuelta; su retardo de tiempo evita la operación incorrecta por saturación de los TC's para cortocircuitos externos.

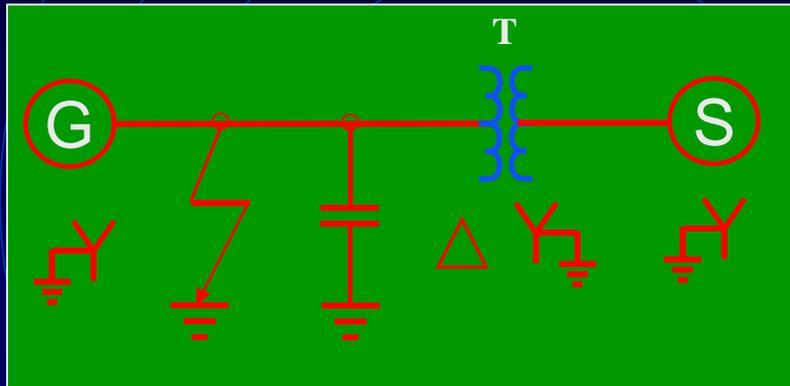
El 50 garantiza la eliminación rápida de las fallas que involucran varias vueltas, y su I de arranque debe estar por encima de la máxima corriente de desbalance para fallas externas.



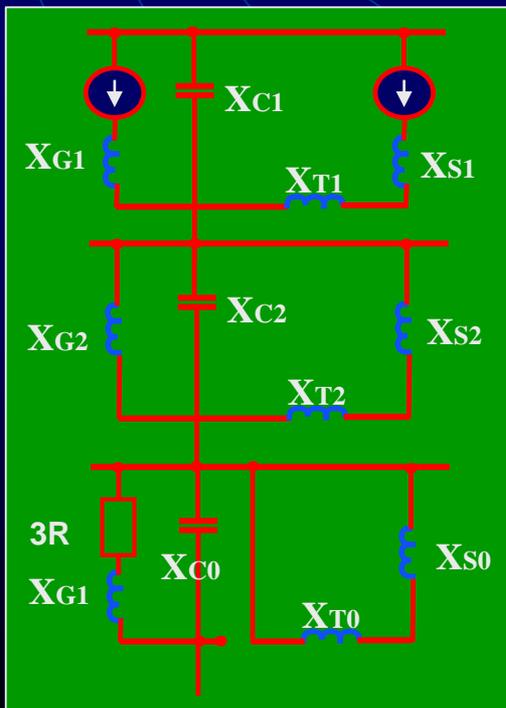
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR



Cuando falla el aislamiento de un generador (que es la causa más común de falla interna)" el cortocircuito resultante puede comenzar entre vueltas y después extenderse a tierra o comenzar como falla a tierra directamente.



El cortocircuito a tierra involucra el núcleo del estator, por lo que la circulación de una corriente de alto valor puede fundir parte del hierro y provocar un daño mucho mayor que la simple falla de aislamiento.

Si se trata de un bloque generador-transformador con aterrizamiento resonante, la protección consiste en instalar un relevador de sobre voltaje a través de un TP en paralelo al Reactor. El relevador responde al voltaje de secuencia cero y es altamente selectivo.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR

En los esquemas de conexión directa de generadores con aterrizamiento resonante, no puede utilizarse la protección por voltaje, pues al ocurrir una falla a tierra en cualquiera de los generadores, hay voltaje de secuencia cero en todos los reactores de puesta a tierra. En este caso la protección debe hacerse por corriente de secuencia cero y es preferible obtenerla mediante un transformador de corriente especial de secuencia cero.

Un método de puesta a tierra por alta impedancia muy difundido es el consistente en aterrizar el neutro a través de un resistor de alto valor. El valor R de la resistencia debe ser tal, que la magnitud $3R$ con que se refleja en la red de secuencia cero no sea mayor que el valor de la reactancia capacitiva X_c a tierra por fase. Esto limita la corriente de falla a valores que oscilan entre 1 y 25 A aproximadamente.

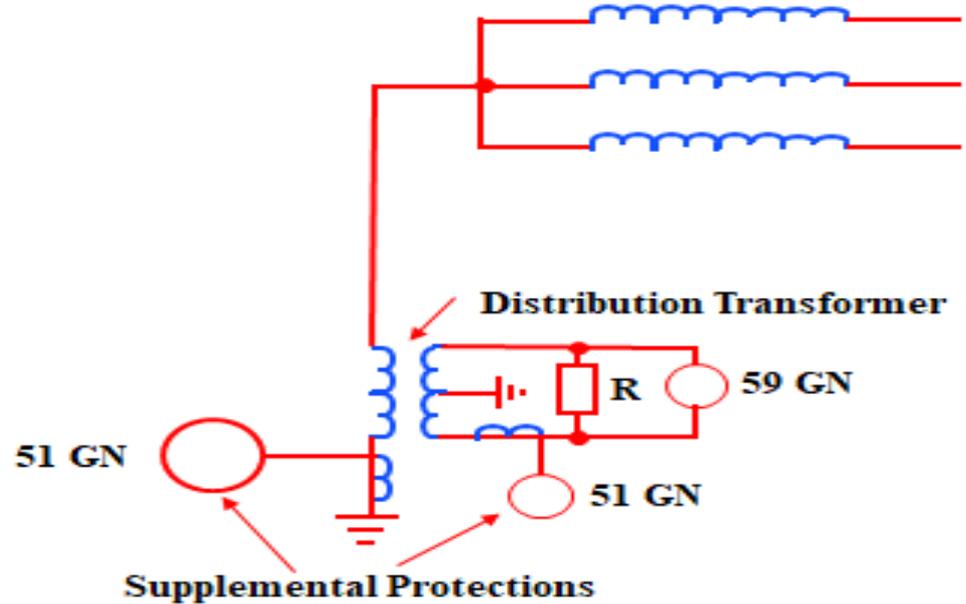
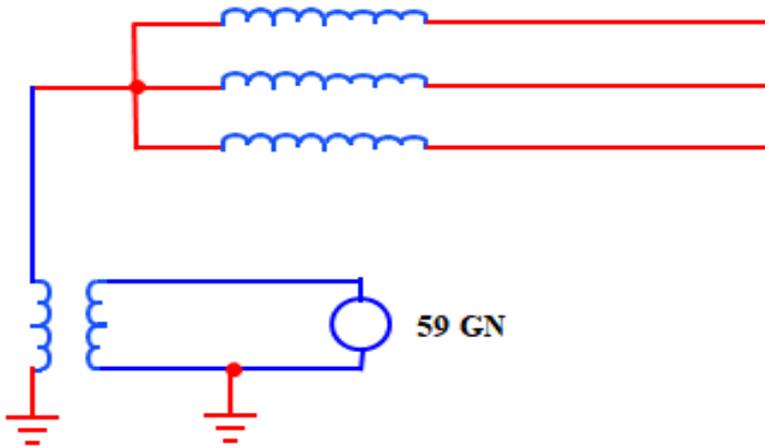
La protección consiste en conectar un relevador de sobrevoltaje en paralelo con la R de puesta a tierra aprovechando un transformador de distribución o de Potencial.

PROTECCIONES DE SEP's

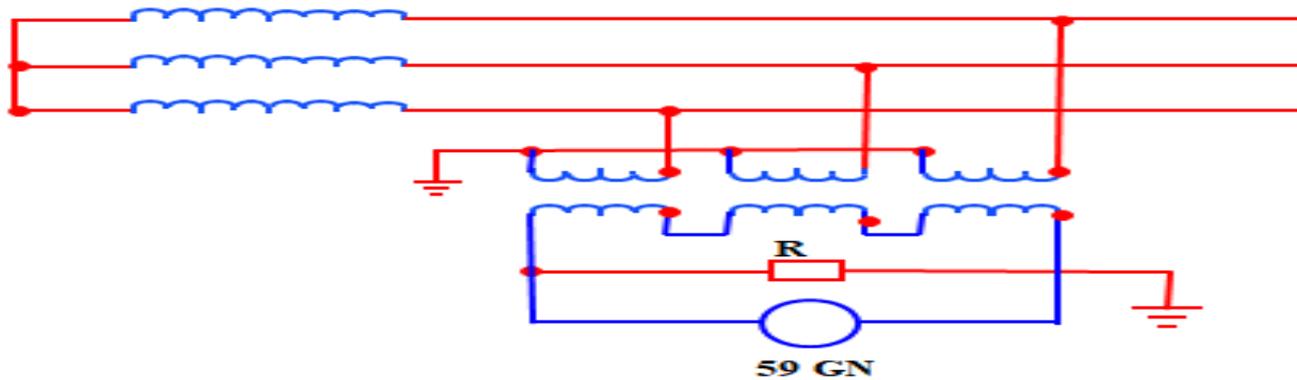
PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR

Ground – Fault Protection of Generators
Grounded Through a Voltage
Transformer



Ground – Fault Protection of Generators
Grounded Through a Grounding Bank



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR

El relevador debe ser insensible a los voltajes de tercer armónico y armónicos superiores que típicamente existen en el neutro del generador y debe tener un retardo de tiempo ajustable, de modo que pueda coordinarse con las protecciones de las líneas conectadas al lado de alta del transformador y fusibles de los TP's del generador.

La necesidad de la coordinación con las protecciones de las líneas se explica porque para cortocircuitos a tierra en estas puede aparecer cierto voltaje de secuencia cero en el neutro del generador, debido al acoplamiento capacitivo existente entre los devanados del transformador elevador.

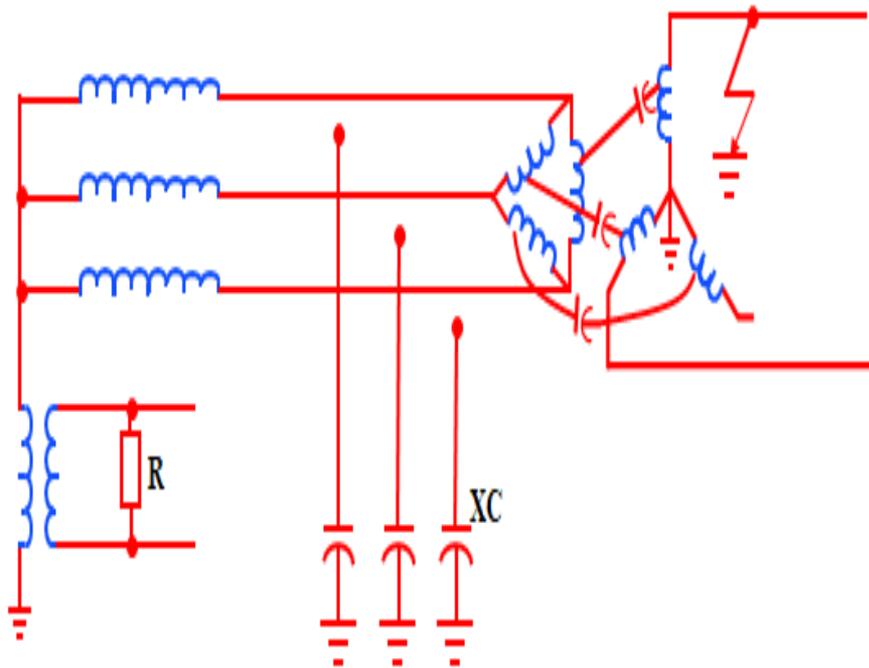
Una alternativa es conectar un relevador de sobrecorriente en serie con el resistor, a través de un TC; esta variante se puede usar como respaldo del relevador de sobre voltaje. El relevador puede tener un 51 de tiempo inverso con I de arranque $>$ al máximo desbalance en régimen normal, y un 50 con I de arranque mayor que la que circula para cortocircuitos a tierra en el lado de alta del transformador.

PROTECCIONES DE SEP's

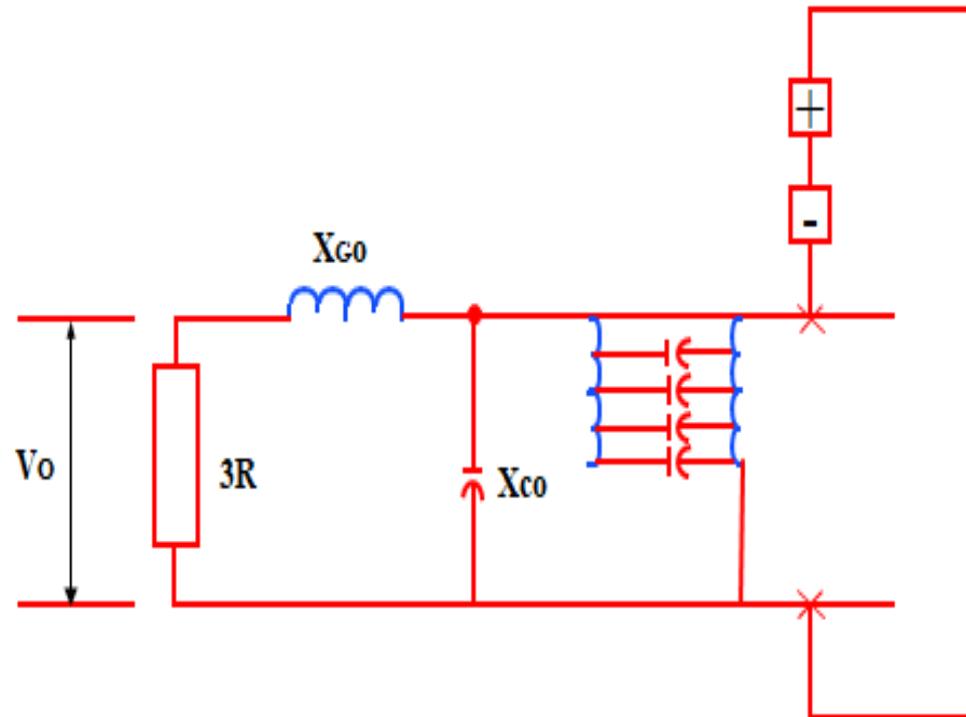
PROTECCION DE GENERADORES

PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR

Transformer Capacitive Coupling
Produces V_0 for System-Side Ground
Faults (1)



Transformer Capacitive Coupling
Produces V_0 for System-Side Ground
Faults (2)



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

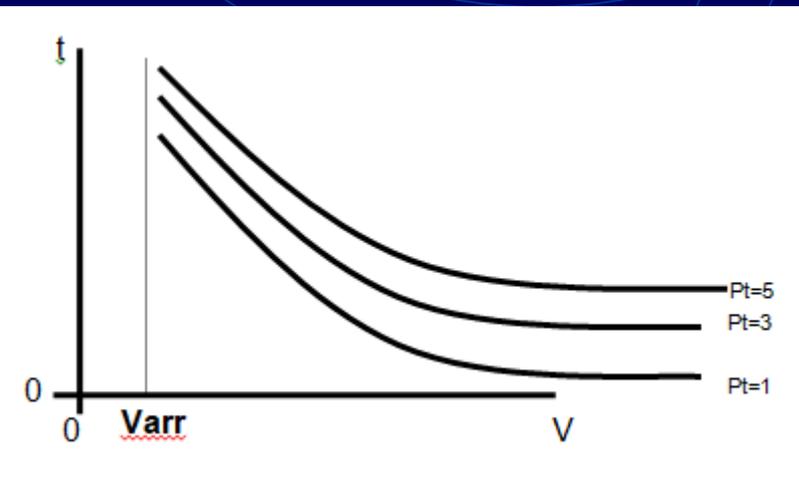
PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR

Características del relevador

El relevador (59GN o 64G) que generalmente se emplea debe tener dos características especiales:

- Filtro de 3^a armónica: Generalmente consiste en un capacitor en serie con la bobina del relevador, que reduce su sensibilidad a la tercera armónica.
- Rango bajo, normalmente de 5 a 20 volts para energizarse.

Es habitual usar relevadores con mecanismo de disco de inducción para esta aplicación, en vista de que no requiere alta velocidad para librar este tipo de falla, que es de baja corriente.



a) Tap: Para cubrir el 95% del embobinado, el tap debe ajustarse a 5% del voltaje que se obtiene para una falla a la salida del embobinado, o sea:

$$V_{\max} = 240 / \sqrt{3} = 138.6 \text{ volts en el secundario}$$

$$V_{\text{tap}} = 0.05 V_{\max} = 6.93 \text{ volts}$$

Se usará el tap más próximo o 7 volts.

b) Palanca de tiempo: La palanca de tiempo admite un ajuste relativamente alto, normalmente 2 segundos.

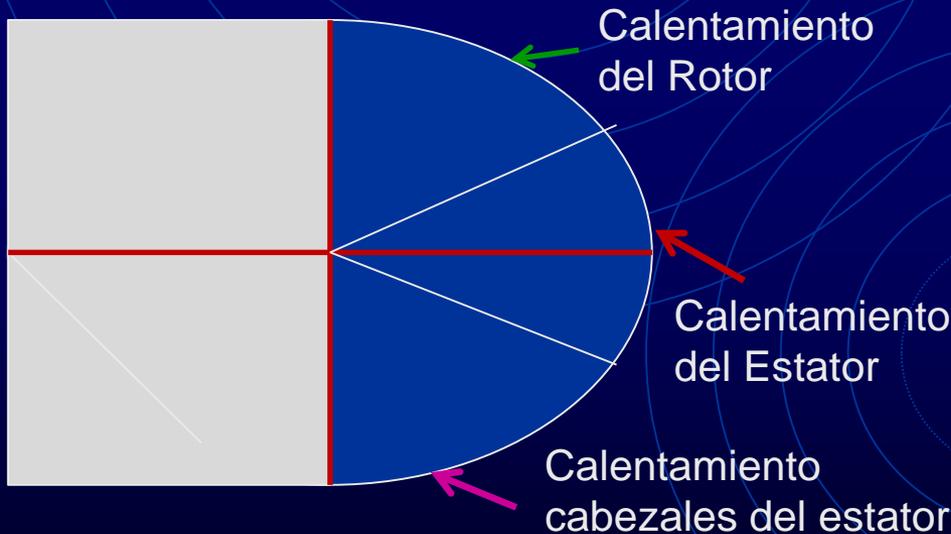
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Sobrecalentamiento devanado Estator

Las sobrecargas en generadores pueden deberse a déficits de potencias activa y/o reactiva en el SEP y se manifiestan como sobrecorrientes en los devanados del estator. Cuando la sobrecarga es de potencia reactiva puede haber también una corriente excesiva en el circuitito de excitación.



Es práctica generalizada que la protección vs sobrecarga balanceada emita una señal de alarma y permita al operador decidir si debe o no sacarse la máquina de servicio. En plantas generadoras no atendidas se recomienda que la protección provoque una reducción de la carga o la desconexión del generador.

Normalmente se usan termopares o termo-resistores

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Desbalance de corrientes o sobrecarga desbalanceada

Las sobrecargas desbalanceadas en generadores pueden deberse a aperturas de fases en el sistema por rotura de conductores o por acción de equipos de conmutación. Un caso crítico es el de los cortocircuitos asimétricos externos que no son eliminados por la protección de las líneas de salida de la planta.

Las corrientes desbalanceadas en el estator del generador originan un campo magnético rotatorio de secuencia negativa que induce corrientes de doble frecuencia en el hierro del rotor. Estas circulan por la superficie del rotor provocando un calentamiento muy severo, que puede llegar a fundir puntos del rotor.

La curva de calentamiento tolerable del rotor en función de su corriente de secuencia negativa se puede expresar con la ecuación: $I^2 t = K$

Donde K depende del diseño del generador. De polos salientes: $K=40$; De polos lisos: $K=30$; De polos lisos con enfriamiento a través de conductores huecos: $K=10$

La I está expresada en pu sobre la capacidad nominal del generador.

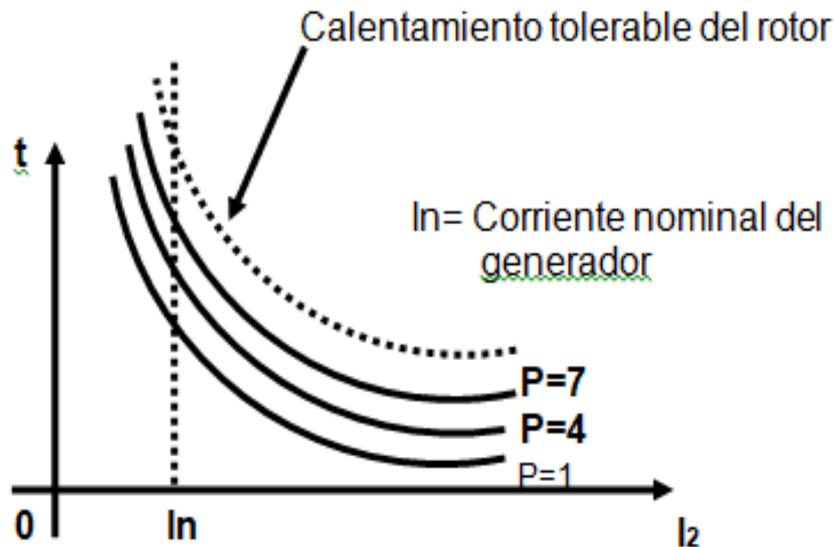
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Desbalance de corrientes o sobrecarga desbalanceada

La protección de los generadores contra sobrecalentamiento del rotor por corrientes desbalanceadas en el estator se hace con un relevador de sobrecorriente de tiempo inverso que responde a la corriente de secuencia negativa; conectado a los TC's de los terminales del generador. La característica tiempo – corriente de secuencia negativa del relevador de sobrecorriente de secuencia negativa es extremadamente inversa:



El criterio de ajuste es que la característica del relevador esté por debajo de la del generador dada por la ecuación $I^2t=K$.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Pérdida del campo.

La protección contra pérdida de campo tiene por función detectar excitación anormalmente baja y dar alarma o disparo antes de que la operación del generador se vuelva inestable.

Las causas principalmente de baja excitación son:

- Regulador de voltaje desconectado y ajuste manual de excitación demasiado bajo.
- Falla de escobillas.
- Apertura del interruptor de campo principal o del campo del excitador.
- Corto circuito en el campo.
- Falta de alimentación al equipo de excitación

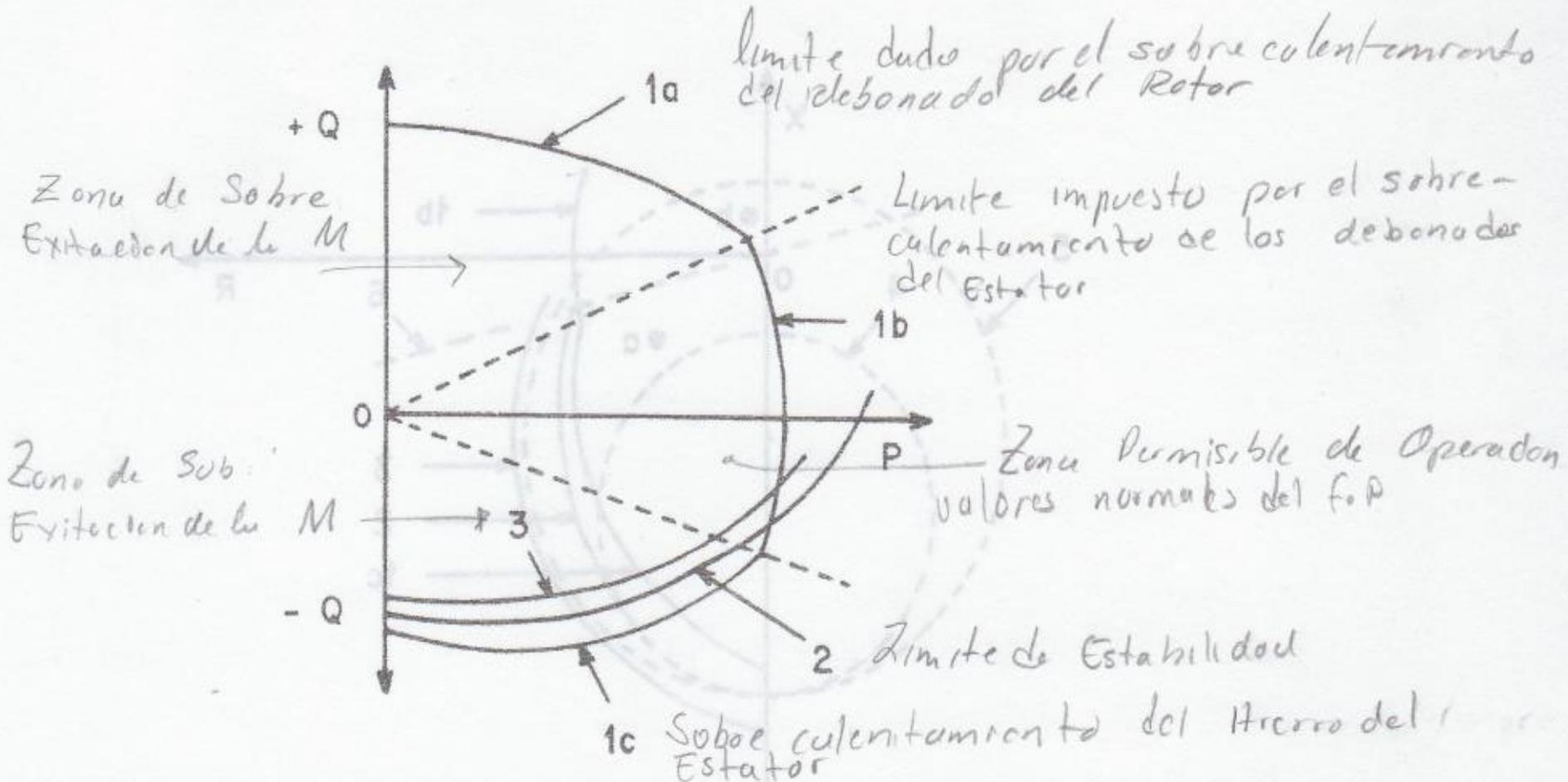
La curva de capacidad de un generador presenta los problemas críticos por baja excitación o pérdida de excitación:

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Pérdida del campo.



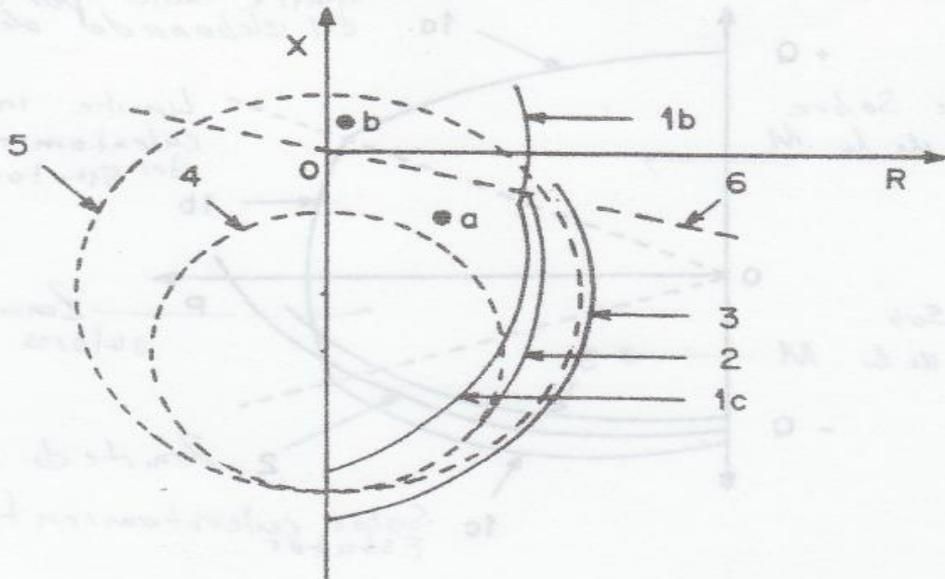
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Pérdida del campo.

La práctica común es emplear relevadores del tipo de distancia conectados a TC's y TP's del generador para detectar si sus condiciones de excitación tienden a la inestabilidad. Esto se basa en que la localización de la impedancia "vista" por relevadores de distancia indica con toda precisión las condiciones de excitación en las cuales opera el generador. Esto es equivalente a pasar del diagrama P-Q al R-X.



El relevador de distancia tiene una característica mho desplazada orientada hacia la parte negativa de X en el diagrama R-X. La parte superior del eje R es eliminada ya sea por desplazamiento o por un elemento direccional adicional. El relevador puede contener un relevador de tiempo.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Pérdida del campo.

El elemento de distancia tiene dos ajustes:

a.- Alcance (A) b.- Desplazamiento del origen (B)

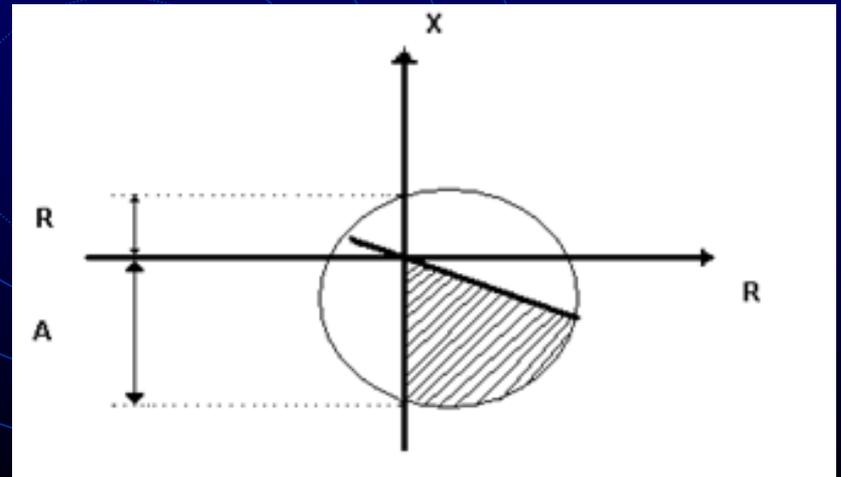
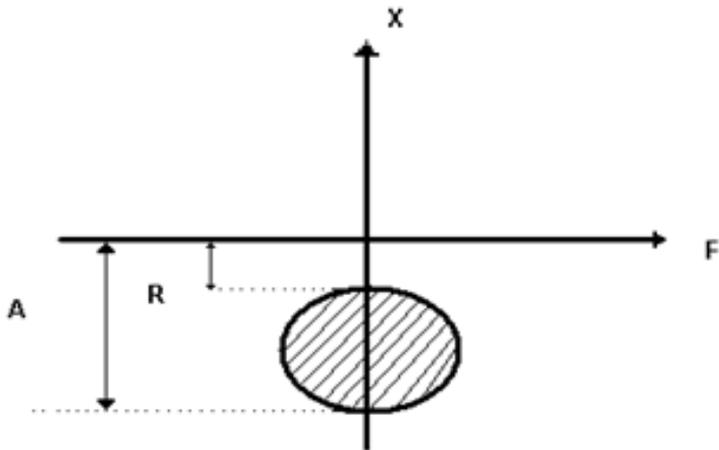
a.- Alcance: Si el relevador tiene un solo elemento de distancia se recomienda:

$$A = X_d + (X'_d) / 2 \quad (\text{reactancias sin saturación}) \quad \text{donde } B = (X'_d) / 2$$

Si el relevador tiene dos elementos de distancia, se recomienda ajustarlos como sigue:

$$A_1 = [X_d + (X'_d) / 2] = A \quad (\text{zona 1})$$

$$A_2 = [X_d + (X'_d) / 2] \quad (\text{zona 2})$$



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

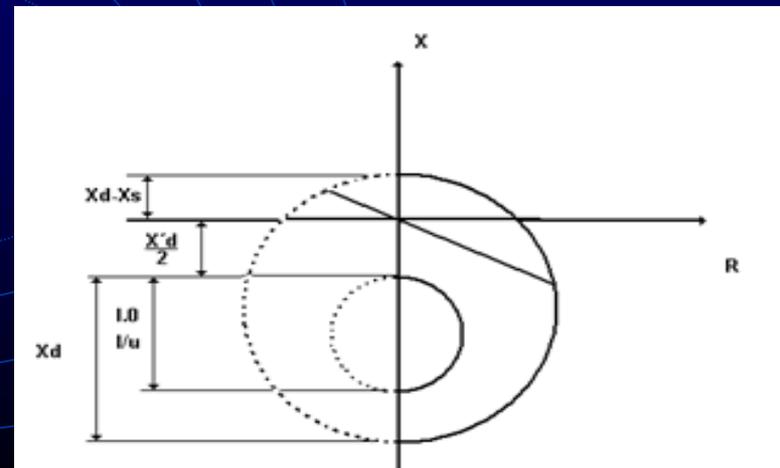
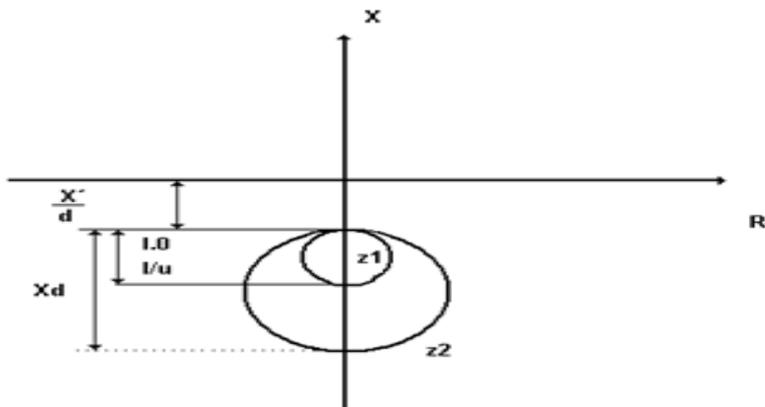
Pérdida del campo.

b.- Desplazamiento(B). Si el relevador tiene desplazamiento únicamente hacia el lado negativo de X, entonces se recomienda: $B = (X'_d) / 2$

Si el relevador tiene desplazamiento también hacia el lado positivo de X, el elemento de zona 1 se ajusta hacia el lado negativo con: $B_1 = (X'_d) / 2$. Y el elemento de zona 2 se ajusta hacia el lado positivo de manera de rebasar un poco la reactancia del transformador mas la del sistema a generación máxima:

$$B_2 \geq X_t + kX_s$$

Así se logra que la curva del relevador sea paralela a la del limite de estabilidad



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Pérdida del campo.

c.-Tiempo

Para la zona 1 se recomienda: $t = 0 - 0.25$ seg.

Para la zona 2 se recomienda: $t = 0.5 - 2$ seg.

En teoría habría que realizar un estudio de estabilidad para determinar el ajuste de zona 2, para la zona 1 el tiempo es dado nada más como margen de seguridad contra disparos equivocados.

La zona 1 protege contra pérdida total de excitación, la zona 2 contra pérdida parcial(falla del MEL, problemas en excitatriz, etc)

d.-Voltaje

Si el esquema contiene un relevador instantáneo de bajo voltaje como supervisión de disparo, el ajuste recomendado es:

$$V = 0.8 - 0.87 V_n$$

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Falla a tierra del rotor.

El circuito de excitación está aislado con respecto a tierra por lo que cuando ese aislamiento falla en algún punto y ocurre un primer contacto con tierra, prácticamente no circula corriente y no hay problemas para el generador. Sin embargo, cuando ocurre un segundo contacto con tierra, parte del devanado de campo puede quedar prácticamente sin corriente de excitación pues ésta tiende a circular por el hierro del rotor entre los dos puntos de falla.

Esto dá lugar a un desbalance magnético en la máquina, que puede provocar una vibración muy severa intolerable para el generador, en los casos más críticos. Otro problema es el calentamiento del rotor.

Por lo general se dispone que la protección emita una alarma cuando se tiene el primer contacto a tierra y se permite la operación del generador en estas condiciones hasta que se pueda sacar de servicio y eliminar la falla, al segundo contacto con tierra se dispara el interruptor del campo y el del generador.

PROTECCIONES DE SEP's

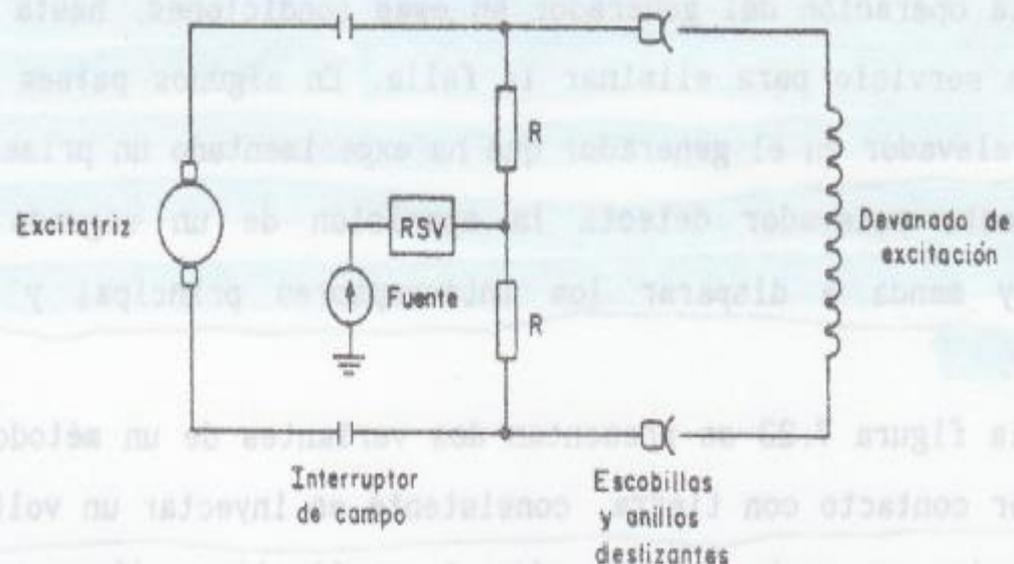
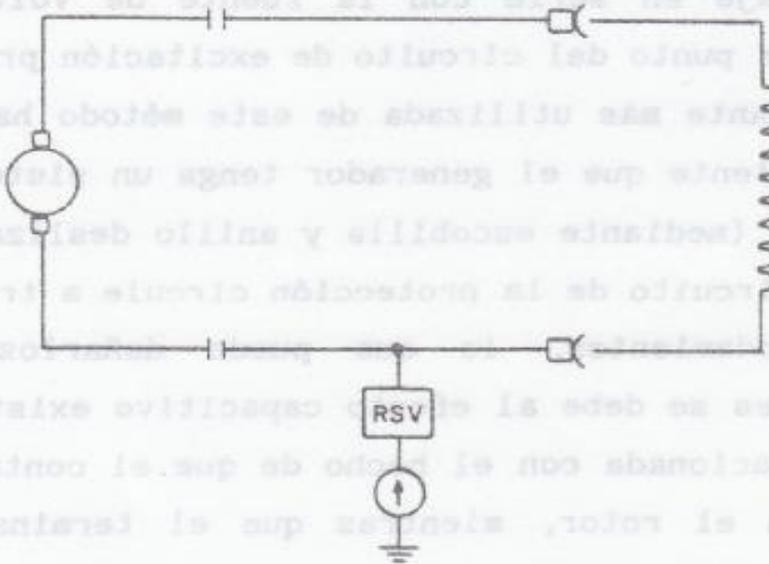
PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Falla a tierra del rotor.

Existen dos esquemas diferentes para detectar fallas a tierra en campos de generadores:

- Aplicación de voltaje de corriente directa entre el campo y tierra para medir la corriente que circula.
- Medición de voltaje entre tierra y un neutro artificial formado en el circuito de campo por medio de dos resistencias.

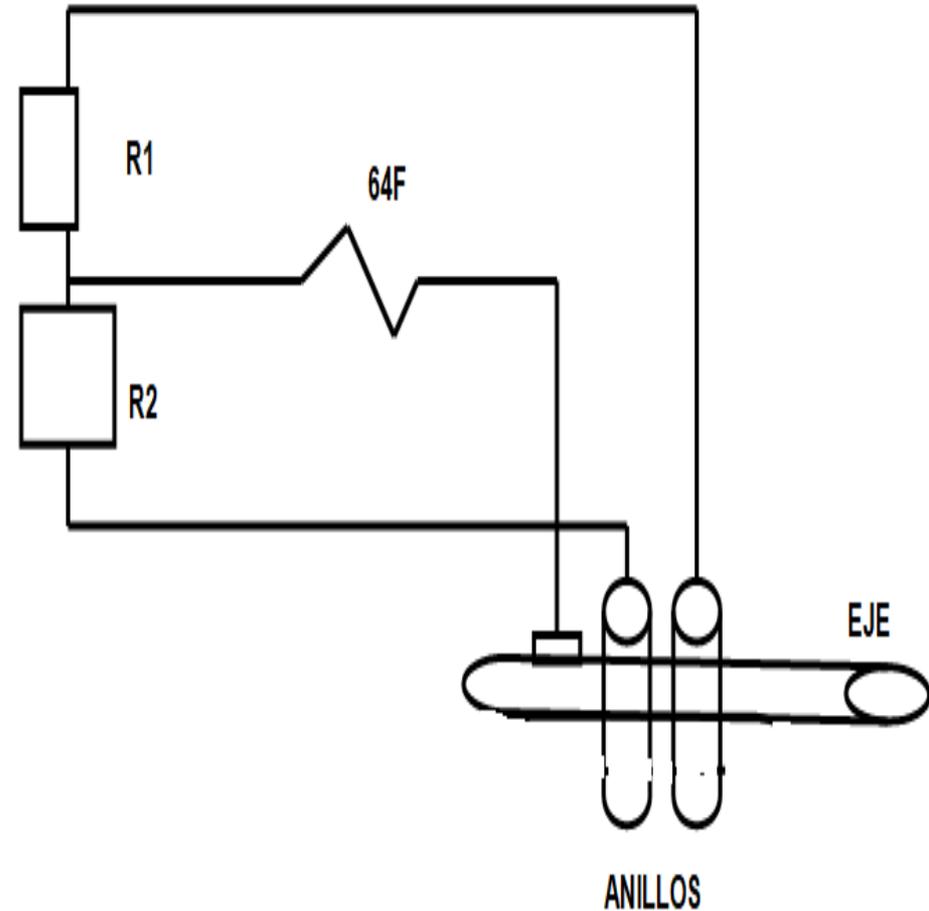
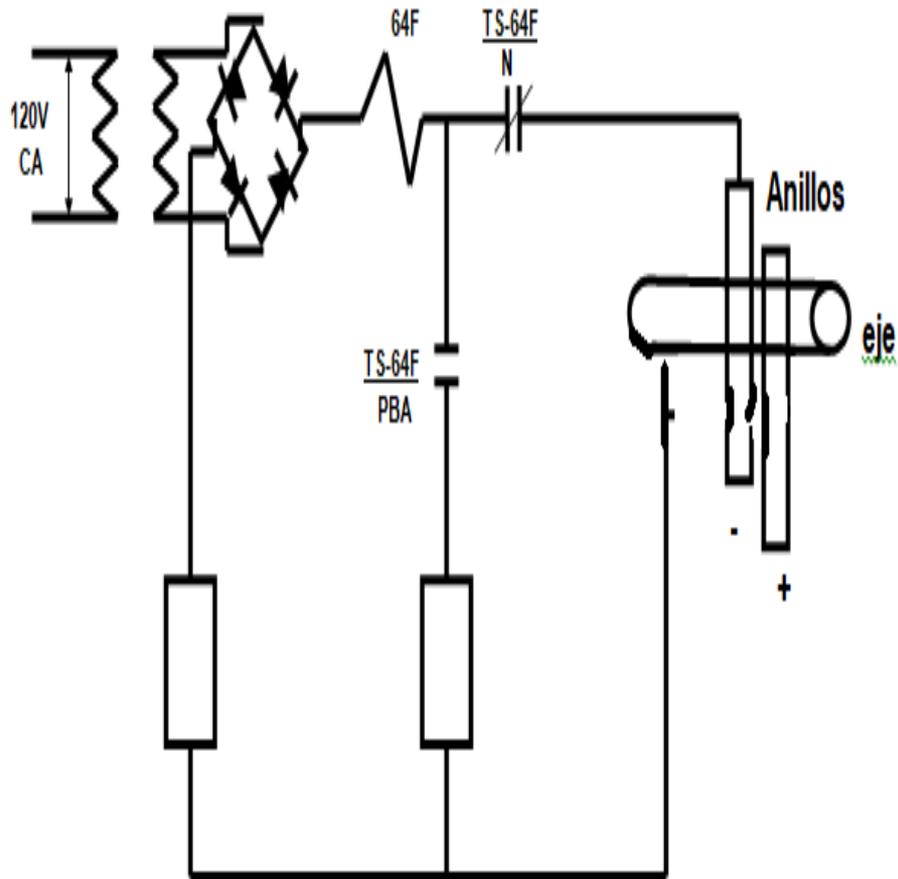


PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Falla a tierra del rotor.



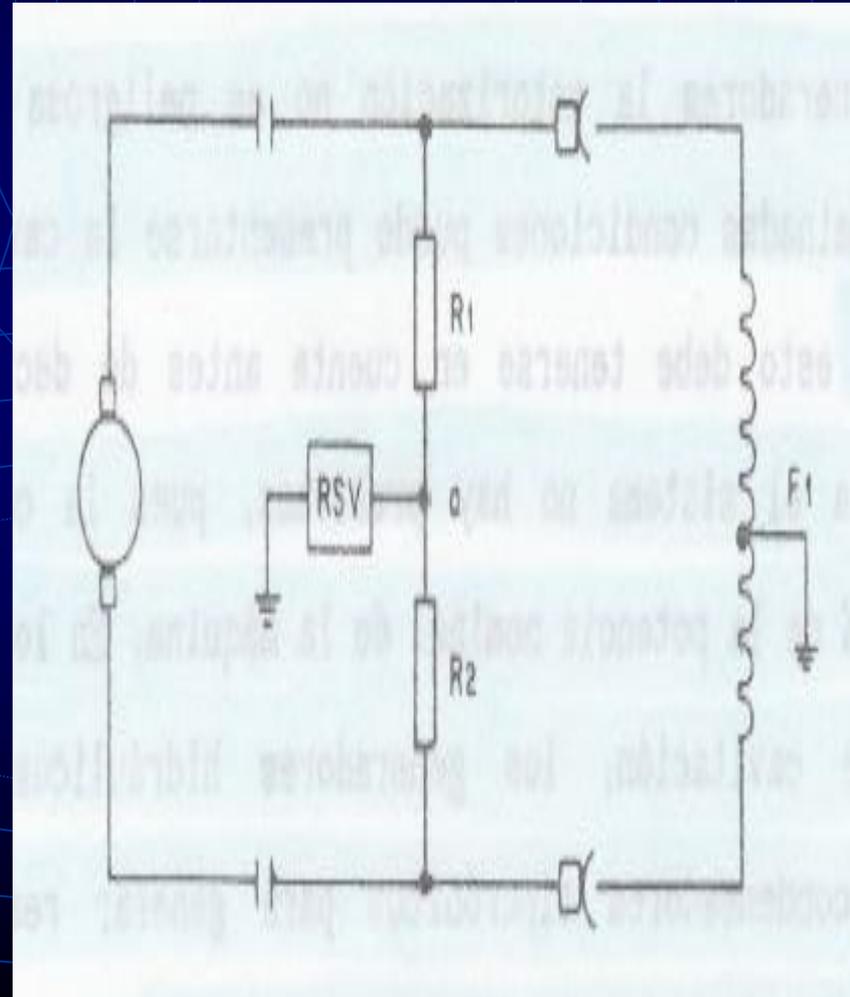
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Falla a tierra del rotor.

La protección contra segundo contacto con tierra que se instala cuando ya la primera tierra está presente, tiene un esquema semejante al de las dos resistencias pero el divisor resistivo es un potenciómetro, de modo que el punto a es su contacto deslizante, y los valores de R_1 , y R_2 , son variables. Se forma un circuito puente, cuyas ramas son R_1 , R_2 y las dos partes en que el devanado de campo ha quedado dividido por el primer contacto con tierra (denotado por F_1). El relevador de voltaje está situado en la rama central del puente. En el momento de instalar la protección se seleccionan los valores de R_1 v R_2 , de modo que el puente quede balanceado.



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Fallas externas

Es necesario evitar que un generador se mantenga contribuyendo por un tiempo largo a un cortocircuito externo que no haya sido eliminado por las protecciones correspondientes, por lo que se debe contar con protecciones de respaldo contra este tipo de cortocircuitos.

El respaldo contra fallas externas a tierra es necesario si el transformador por su conexión no rompe la red de secuencia cero o si salen líneas directamente de la barra de generación.

Puede hacerse con relevadores de sobrecorriente de tiempo Inverso o de tiempo constante, en dependencia del tipo de protección que tienen las líneas que salen de la planta. Estos relevadores se conectan al neutro físico del generador.

Si no están disponibles los TC's en el lado del neutro, la conexión puede hacerse a los TC's de los terminales, con el inconveniente de que no se respalda la zona del propio generador.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Fallas externas

El respaldo contra fallas externas entre fases puede hacerse con relevadores de sobrecorriente o de distancia (de una sola zona), dependiendo de la protección entre fases que tengan las líneas de salida, pues debe coordinar en tiempo con esta.

Si los relevadores son de sobrecorriente, deben tener control o retención por voltaje para discriminar entre las corrientes de cortocircuito y de carga.

Es deseable conectar esos relevadores (51 o 21) a las corrientes del lado del neutro del generador y a los voltajes de sus terminales; con ello se logra el respaldo no solo para fallas externas, sino también al propio generador.

Para grandes unidades, en que el respaldo es casi siempre de distancia, es conveniente disponer de tres relevadores monofásicos (uno por par de fases) o de uno trifásico.

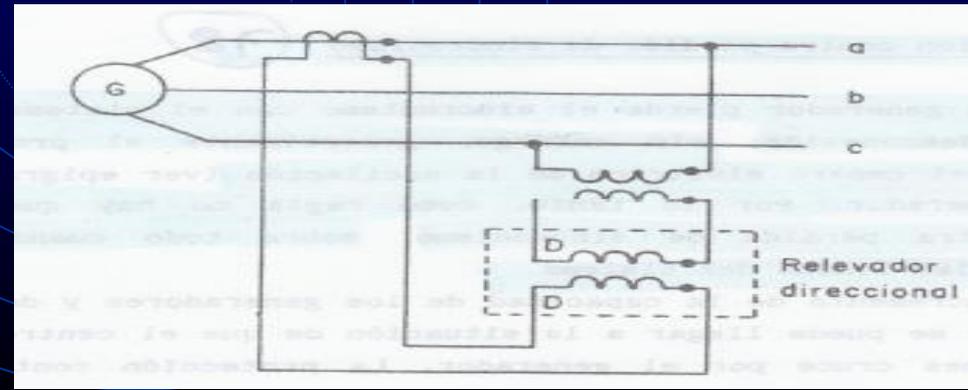
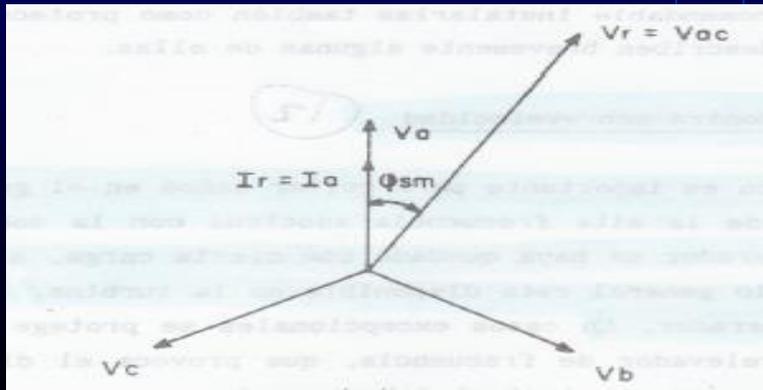
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Motorización o Potencia Inversa	Parcial	Cuando la P_m se reduce a un valor tal que no cubre pérdidas de rotación
	Completa	Cuando la P_m se pierde por completo.

Esta protección se logra con un relevador direccional de potencia, que es un relevador direccional conectado de modo tal que responda a la inversión de la potencia activa en el generador. El relevador debe tener un cierto retardo de tiempo (del orden de 2 segundos) para evitar la operación incorrecta por las inversiones transitorias que puede experimentar la potencia del generador durante disturbios del sistema o en el proceso de sincronización.



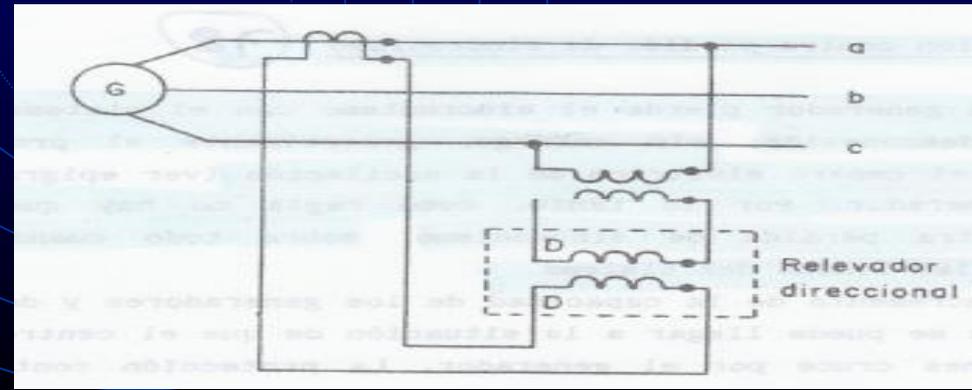
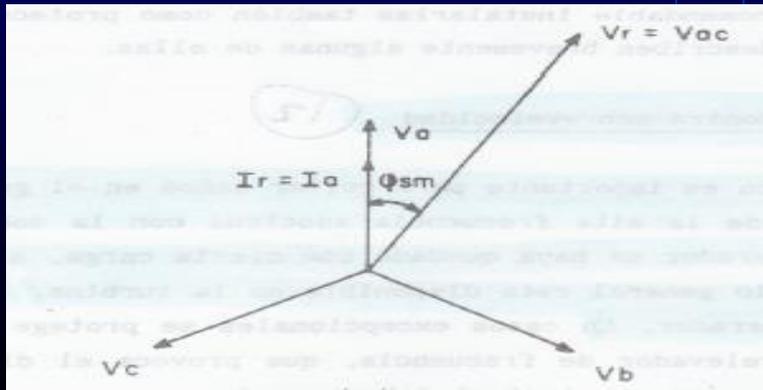
PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Motorización o Potencia Inversa	Parcial	Cuando la P_m se reduce a un valor tal que no cubre pérdidas de rotación
	Completa	Cuando la P_m se pierde por completo.

Esta protección se logra con un relevador direccional de potencia, que es un relevador direccional conectado de modo tal que responda a la inversión de la potencia activa en el generador. El relevador debe tener un cierto retardo de tiempo (del orden de 2 segundos) para evitar la operación incorrecta por las inversiones transitorias que puede experimentar la potencia del generador durante disturbios del sistema o en el proceso de sincronización.



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

Energización Inadvertida

La energización inadvertida de generadores síncronos ocurre cuando una unidad estando fuera de operación totalmente parada, en proceso de paro o girando en tornaflecha es energizada súbitamente en forma involuntaria.

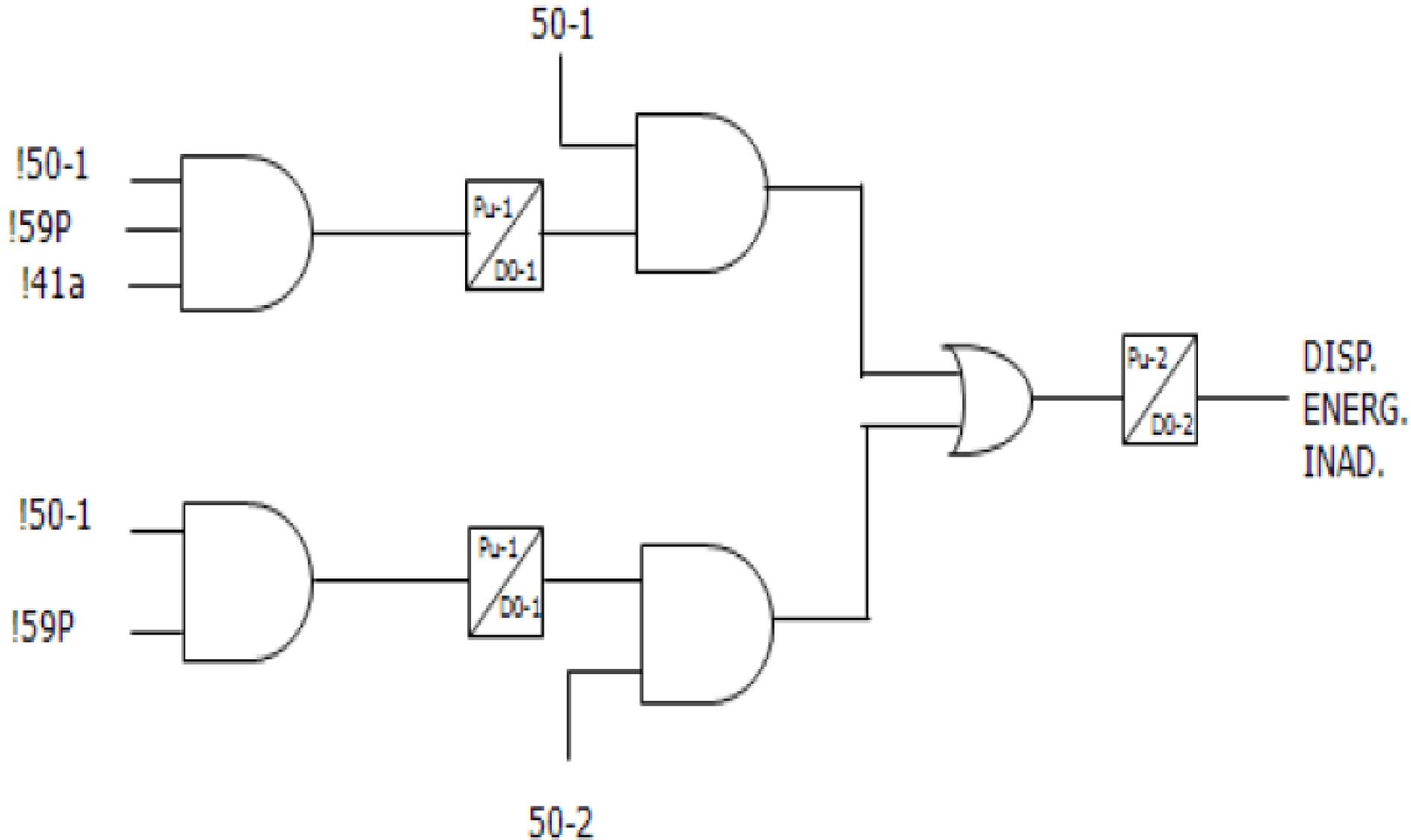
Cuando un generador es energizado completamente parado o a muy baja velocidad, va a trabajar como un motor de inducción, sufriendo un arranque a tensión plena en caso de que sea energizado a través de alguno de los interruptores de máquina. Otra forma de ocurrencia de este esquema, es que la energización inadvertida sea a través del interruptor del transformador de servicios auxiliares.

Durante el período de arranque, el estator produce un campo magnético rotatorio que se desliza a frecuencia nominal sobre la superficie del rotor. En éste último se inducen corrientes parásitas por partes metálicas en las que normalmente no circularían en funcionamiento normal, incluyendo los devanados amortiguadores (si los tiene). Esta situación es parecida a aquella donde el generador opera con corriente de secuencia negativa, de hecho, las referencias mencionan que la impedancia de la máquina durante el período de alto deslizamiento es la reactancia de secuencia negativa.

PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación



PROTECCIONES DE SEP's

PROTECCION DE GENERADORES

Protección VS Condiciones Anormales de Operación

- ✓ Protección VS sobrevoltaje y sobreexcitación (59G y 24T)

El problema básico es la relación V/H y principalmente para el Transformador elevador.

- ✓ Protección VS Alta y Baja frecuencia (12 y 81G)

El problema es para el primomotor:

Alta frecuencia o alta velocidad –vibraciones mecánicas

Baja frecuencia
o baja velocidad

Turbina hidraulica.- Cavitación

Turbina vapor.- condensación en alabes

No. ANSI	DESCRIPCIÓN
21G	Relevador de distancia (respaldo por fallas externas)
24G	V/Hz Sobreexcitación
25	Verificador de sincronismo
27G	Protección por baja tensión
32G	Potencia inversa
40G	Pérdida de excitación del generador
48G	Sobrecorriente de secuencia negativa
49G	Protección térmica del estator
50/27G	Protección contra energización inadvertida del generador
50 FI	Protección por falla de interruptor del generador
50 FITA	Protección por falla de interruptor de auxiliares
50 FO	Protección de "flashover" del generador
50 G	Protección de respaldo contra corto circuito del generador
51NT	Protección contra sobrecorriente en neutro del transformador principal
51 C	Protección de sobrecorriente con control de tensión
51 F	Protección térmica del sistema de excitación del generador
51 G	Protección térmica por sobrecorriente de devanados
59 G	Protección contra sobretensión
60	Balace de tensión
63B	Protección buchholz
63P	Válvula de sobrepresión
64F	Protección de falla a tierra en el devanado de campo
64G	Protección de falla a tierra en el 100 % de estator (59N y 27N3)
64B	Protección de falla a tierra en el bus de generador.
78G	Protección de pérdida de sincronismo
81 O/U	Protección de alta/baja frecuencia
87G	Protección Diferencial de generador
87T	Protección Diferencial de transformador
87GT	Protección Diferencial de la unidad (grupo generador-transformador)