

# PROTECCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

EXPOSITOR: Ing. Humberto Galoc



## PROTECCIÓN DE LINEAS DE TRANSMISIÓN

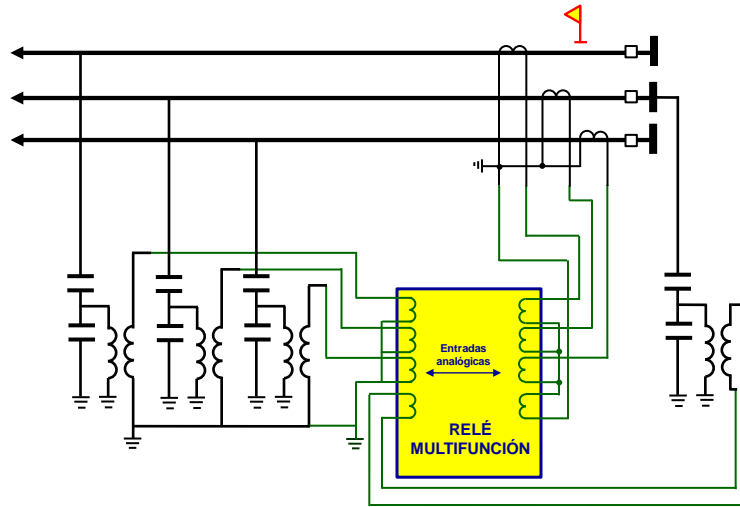


### Contenido:

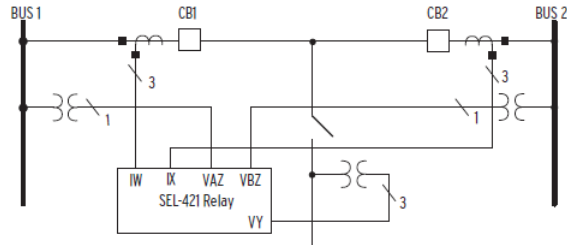
1. Conexión de los relés de protección
2. Función de protección distancia
3. Algoritmos de arranque y selección de fase fallada
4. Esquemas de teleprotección
5. Función Eco y Fuente débil
6. Función de Oscilación de Potencia
7. Función sobrecorriente direccional de tierra
8. Función cierre sobre falla
9. Función de sincronismo
10. Función diferencial de corriente

# 1. CONEXIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

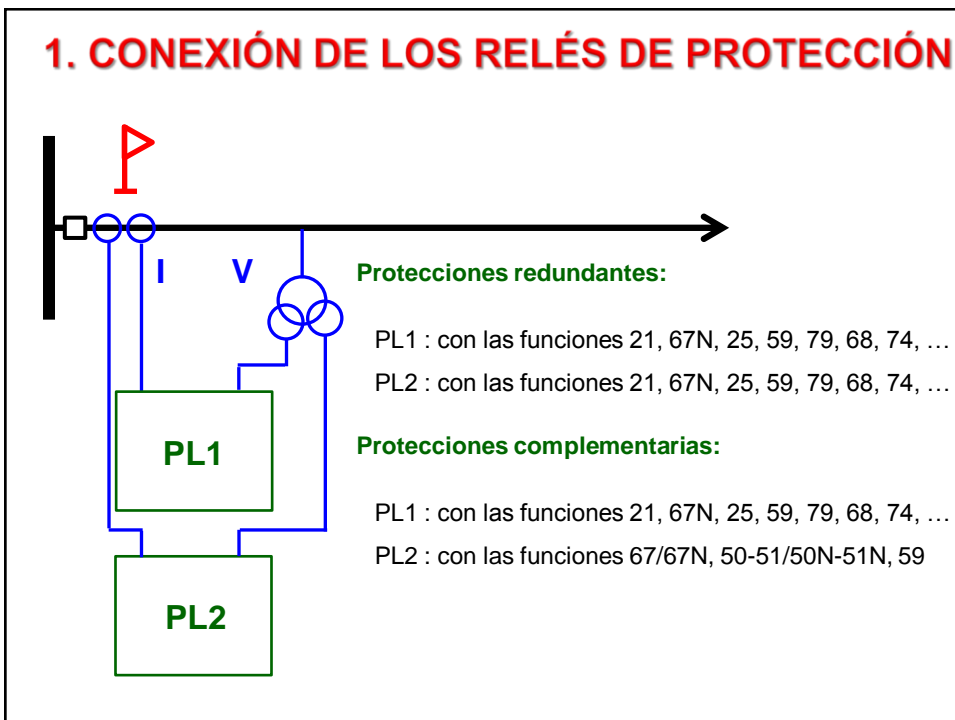
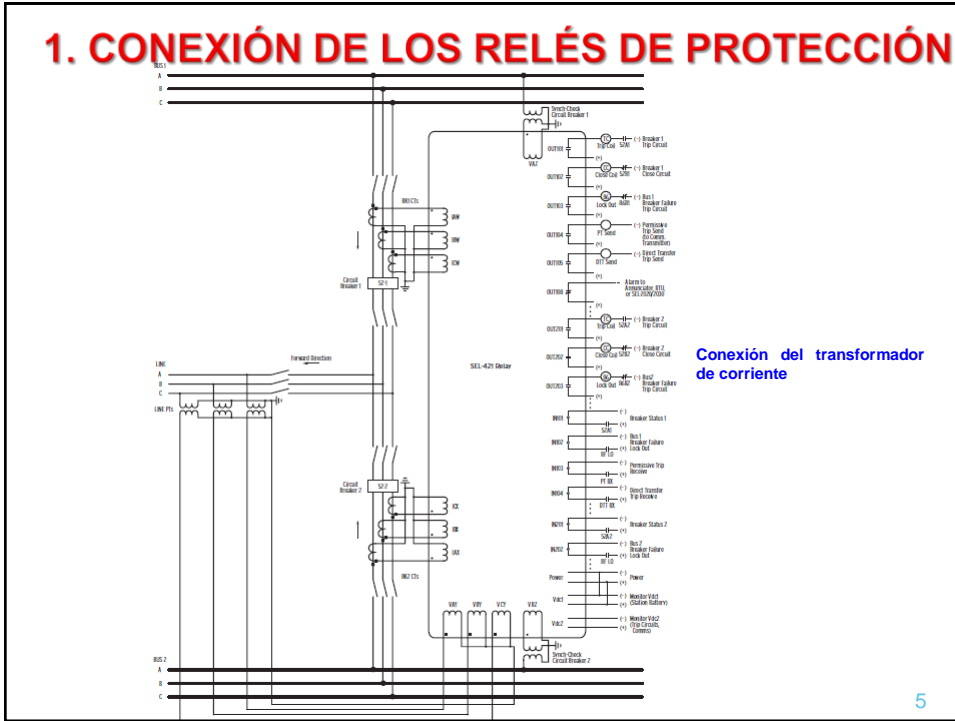
## Conexión de un relé de protección multifunción:



# 1. CONEXIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN

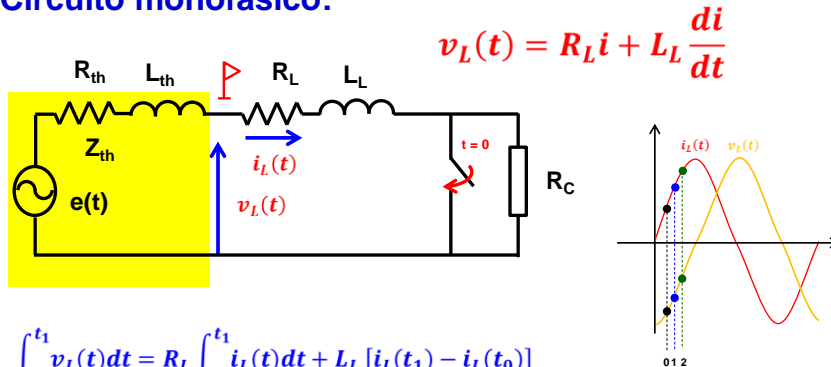


Analog Input	Function
IW+IX	Line Protection
IW	CB1 protection
IX	CB2 protection
VY	Line protection
VAZ	Synchronism check Circuit Breaker 1
VBZ	Synchronism check Circuit Breaker 2



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico:



$$v_L(t) = R_L i + L_L \frac{di}{dt}$$

$$\int_{t_0}^{t_1} v_L(t) dt = R_L \int_{t_0}^{t_1} i_L(t) dt + L_L [i_L(t_1) - i_L(t_0)]$$

$$\int_{t_1}^{t_2} v_L(t) dt = R_L \int_{t_1}^{t_2} i_L(t) dt + L_L [i_L(t_2) - i_L(t_1)]$$

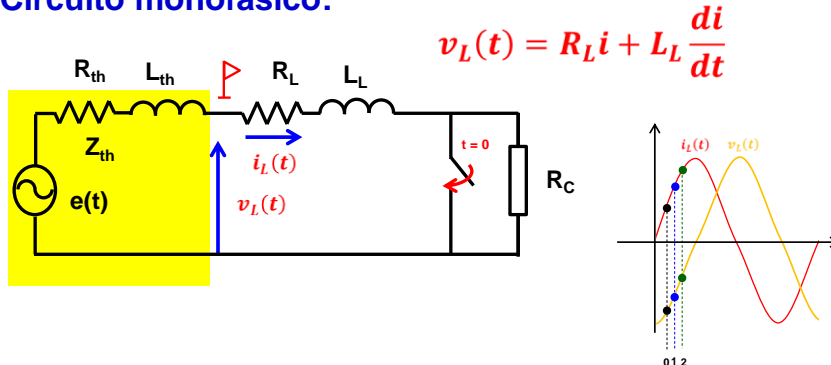
Método trapezoidal

$$\left[ \begin{array}{l} \int_{t_0}^{t_1} v_L(t) dt = \frac{\Delta t}{2} [v_L(t_1) + v_L(t_0)] \\ \int_{t_0}^{t_1} i_L(t) dt = \frac{\Delta t}{2} [i_L(t_1) + i_L(t_0)] \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} \int_{t_1}^{t_2} v_L(t) dt = \frac{\Delta t}{2} [v_L(t_2) + v_L(t_1)] \\ \int_{t_1}^{t_2} i_L(t) dt = \frac{\Delta t}{2} [i_L(t_2) + i_L(t_1)] \end{array} \right.$$

7

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico:



$$v_L(t) = R_L i + L_L \frac{di}{dt}$$

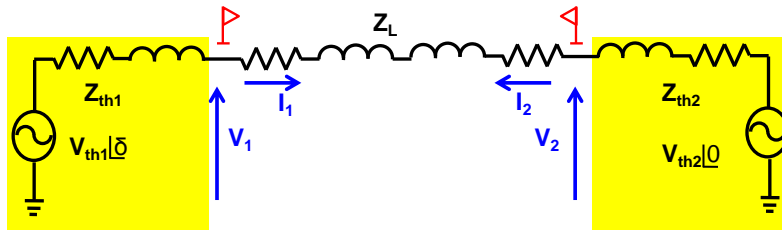
$$R_L = \frac{[v_L(t_1) + v_L(t_0)][i_L(t_2) - i_L(t_1)] - [v_L(t_2) + v_L(t_1)][i_L(t_1) - i_L(t_0)]}{[i_L(t_1) + i_L(t_0)][i_L(t_2) - i_L(t_1)] - [i_L(t_2) + i_L(t_1)][i_L(t_1) - i_L(t_0)]}$$

$$L_L = \frac{\Delta t [v_L(t_2) + v_L(t_1)][i_L(t_1) + i_L(t_0)] - [v_L(t_1) + v_L(t_0)][i_L(t_2) + i_L(t_1)]}{2 [i_L(t_1) + i_L(t_0)][i_L(t_2) - i_L(t_1)] - [i_L(t_2) + i_L(t_1)][i_L(t_1) - i_L(t_0)]}$$

8

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico previa a la falla:



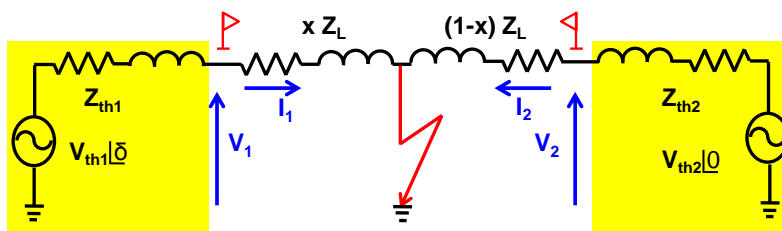
$$I = \frac{V_{th1} \angle \delta - V_{th2} \angle \phi}{Z_{th1} + Z_L + Z_{th2}}$$

$$I = I_1 = -I_2 = \frac{V_1 - V_2}{Z_L}$$

9

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico previa a la falla:



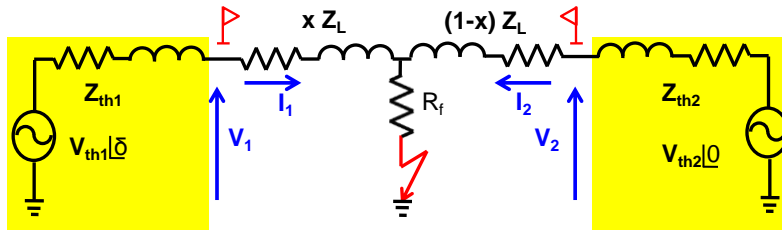
$$x Z_L = R + jX = \frac{V_1}{I_1} \quad X = 2\pi fL$$

$$V_1(t) = R i_1(t) + L \frac{\delta}{\delta t} i_1(t)$$

10

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico previa a la falla:



$$V_1(t) = R i_1(t) + L \frac{\partial i_1(t)}{\partial t} + R_f (i_1(t) + i_2(t))$$

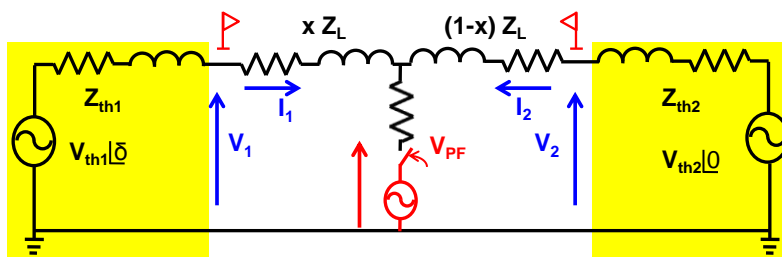
$$V_1 = (R + j X) I_1 + R_f (I_1 + I_2)$$

$$Z_{\text{relé}} = \frac{V_1}{I_1} = R + j X + \frac{(I_1 + I_2)}{I_1} R_f$$

11

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico previa a la falla:



$V_{PF}$  : tensión en el punto de falla, previa a la falla

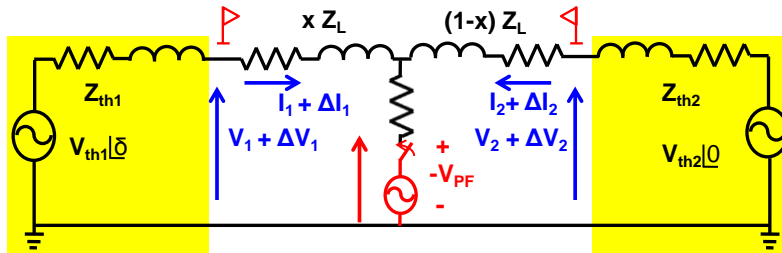
$$V_{th1} \angle \delta = (Z_{th1} + Z_L) I_1 - Z_{th2} I_2 + V_{th2} \angle 0$$

$$V_{PF} = V_{th1} \angle \delta - (Z_{th1} + x Z_L) I_1$$

12

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico previa a la falla:

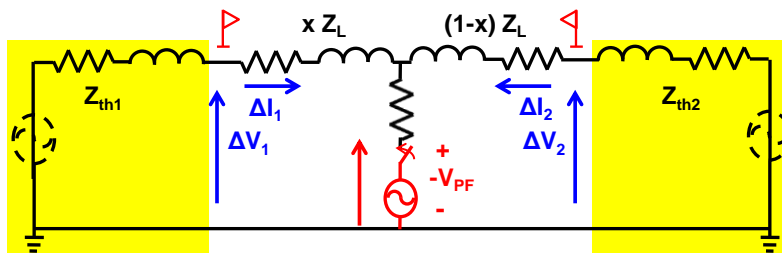


$V_{PF}$  : tensión en el punto de falla, previa a la falla

13

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Circuito monofásico previa a la falla:



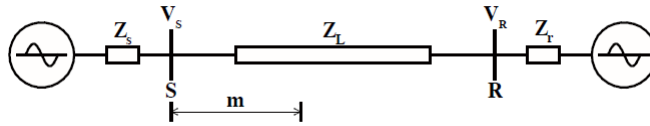
$$\Delta V_1 / \Delta I_1 = -Z_{th1}$$

$$\Delta V_2 / \Delta I_2 = -Z_{th2}$$

14

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Principio de superposición:

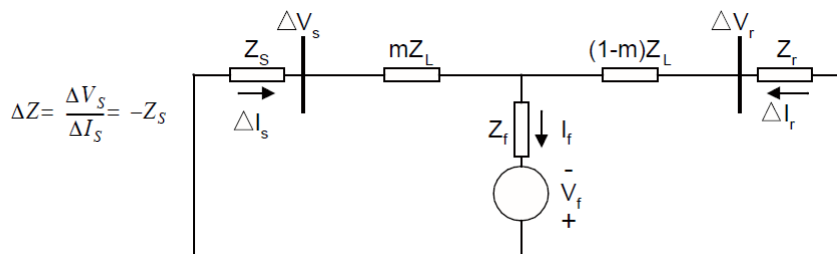


$$\Delta Z = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_{fault} - V_{prefault}}{I_{fault} - I_{prefault}}$$

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Principio de superposición:

Falla en dirección hacia delante.



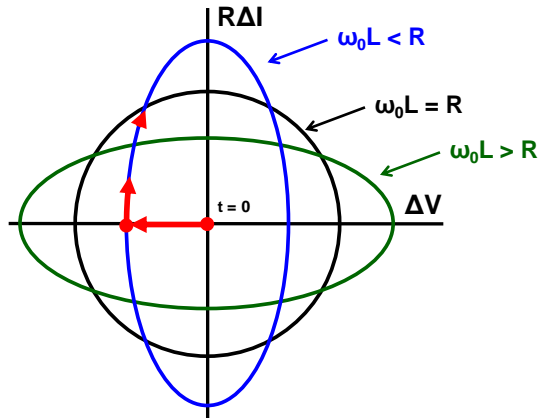
$$\Delta Z = \frac{\Delta V_s}{\Delta I_s} = -Z_s$$

Si la falla se encuentra en dirección hacia inversa, la impedancia vista por el relé será entonces la suma de la impedancia de línea más la impedancia de la fuente remota.



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Lugar geométrico de la variación de la tensión y corriente de falla:

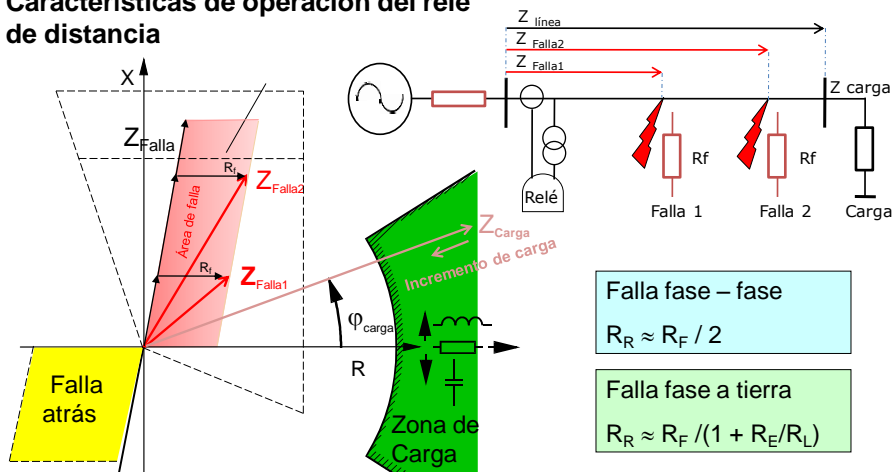


Lugar geométrico de la variación de la tensión y corriente de falla para una falla hacia delante sin considerar la componente exponencial de la corriente.

17

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

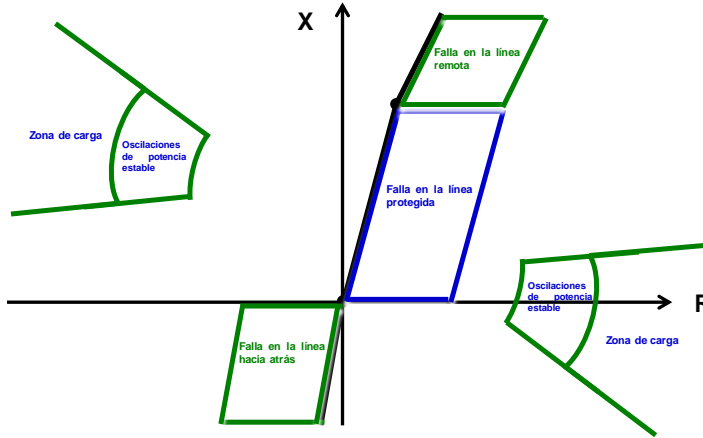
Características de operación del relé de distancia



18

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

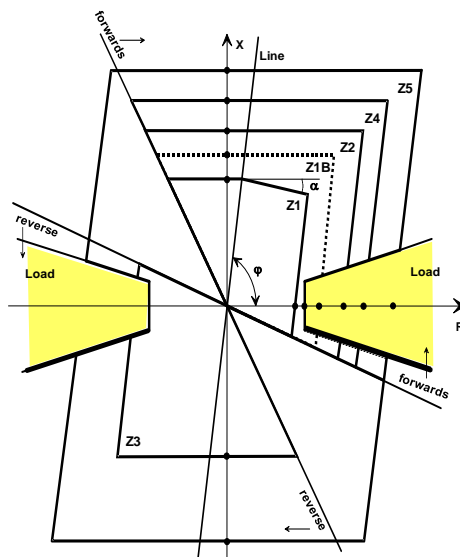
Lugar geométrico de los diagramas de impedancia:



19

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Zona de protección:



LAZO DE IMPEDANCIA DE FALLA

$$Z_{RE} = \frac{U_{RE}}{I_R - K_E \cdot I_E}$$

$$Z_{SE} = \frac{U_{SE}}{I_S - K_E \cdot I_E}$$

$$Z_{TE} = \frac{U_{TE}}{I_T - K_E \cdot I_E}$$

$$Z_{R-S} = \frac{U_{RE} - U_{SE}}{I_R - I_S}$$

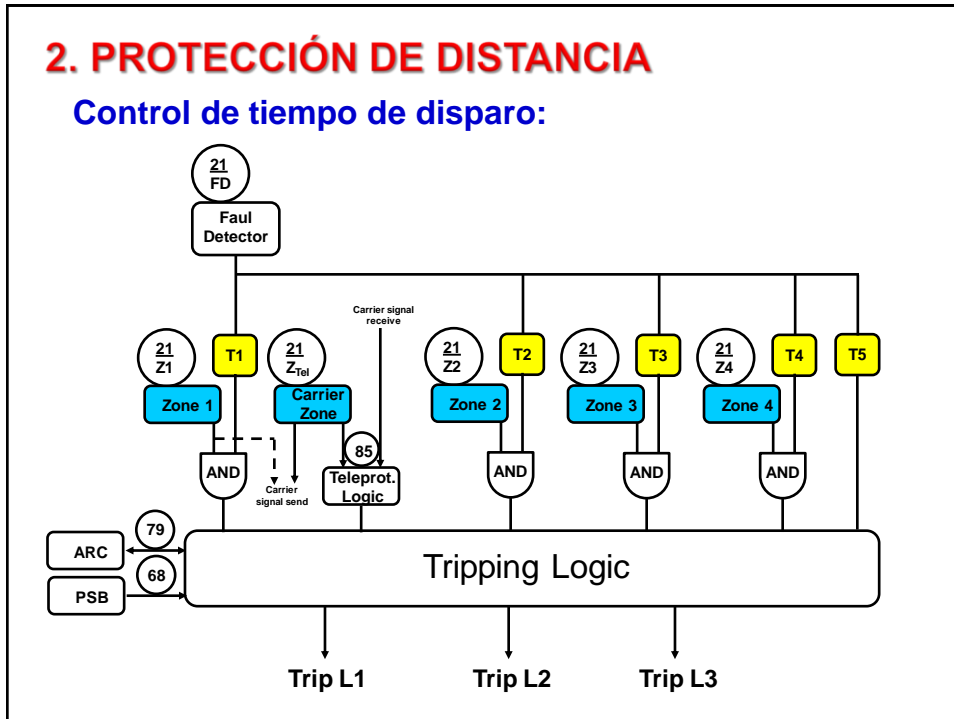
$$Z_{S-T} = \frac{U_{SE} - U_{TE}}{I_S - I_T}$$

$$Z_{T-R} = \frac{U_{TE} - U_{RE}}{I_T - I_R}$$

20

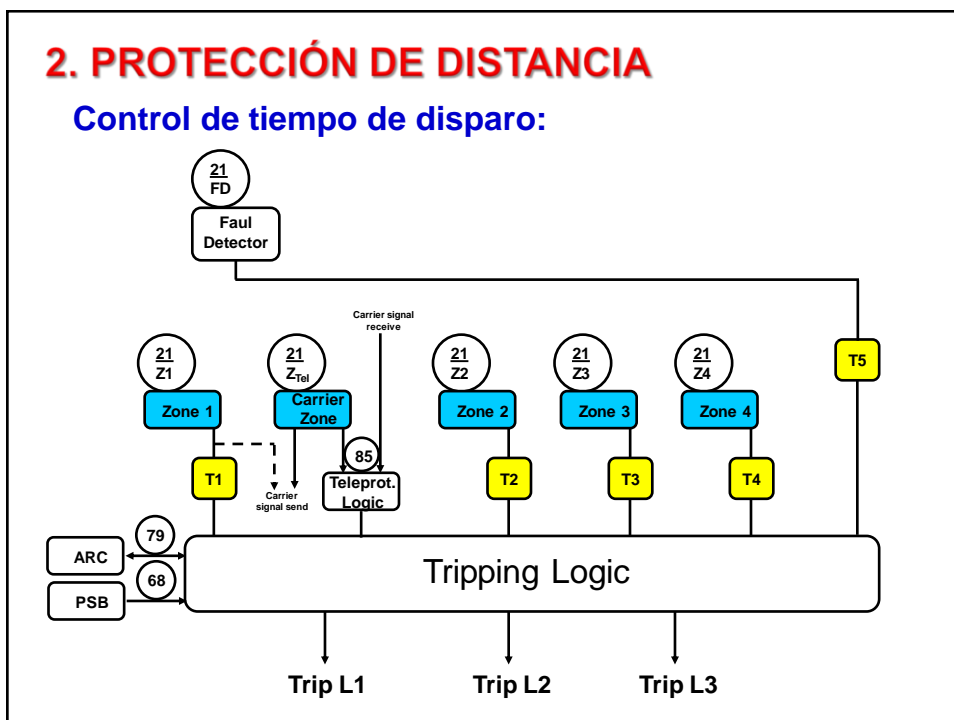
## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Control de tiempo de disparo:



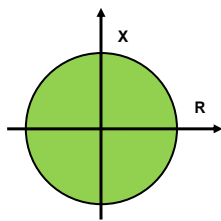
## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Control de tiempo de disparo:

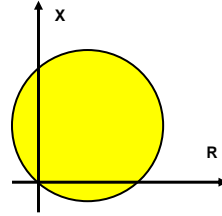


## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

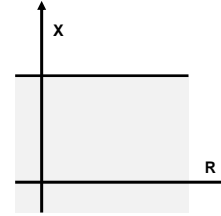
Clasificación según sus zonas de protección:



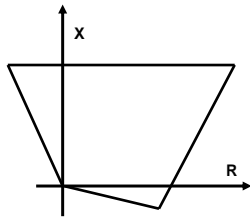
Característica de impedancia



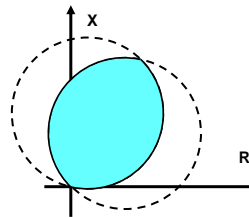
Característica de admitancia o mho



Característica de reactancia



Característica poligonal o cuadrilateral

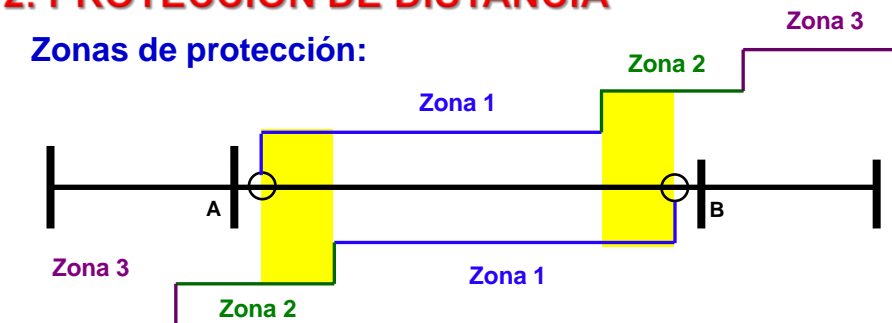


Característica lenticular

23

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Zonas de protección:



- Z1 = (70 - 90)% ZL1 (Instantánea)
- Z2 = 120% ZL1 (Valor Mínimo) (400 ms)
- Z3 = 120% (ZL1 + ZL adyacente mas larga) (800 - 1000 ms)
- ZR = 20% ZL local mas corta = 20% Xtransformador local = Igual a alcance de zona 3 adelante (1500 - 2000 ms)



□ Alcance resistivo :  $Z_{Mínimo\ de\ C\ arg\ \alpha} = \left( \frac{0,85 \cdot V_{L-L}}{\sqrt{3} \cdot I_{max}} \right)$

24

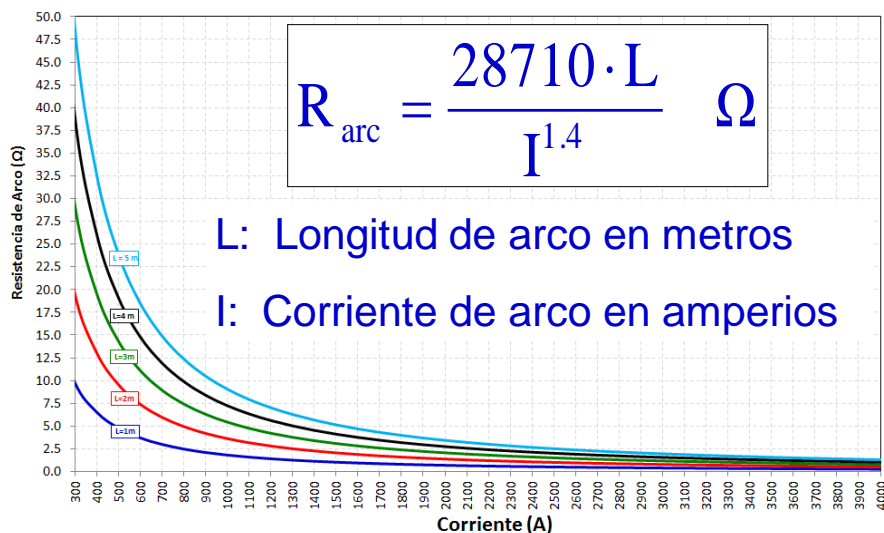
## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### RESISTENCIA DE FALLA

- Fallas entre Fases
  - Resistencia de Arco
  - Otras Componente (arboles, etc.)
- Fallas a Tierra
  - Resistencia de Arco
  - Resistencia de la Torre y de la Puesta a Tierra
  - Retorno por Tierra
  - Otras Componente (arboles, etc.)

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### RESISTENCIA DE ARCO



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

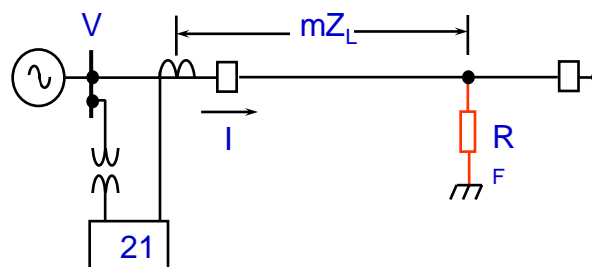
### EFECTO DE LA RESISTENCIA DE ARCO

- Reducen los valores de la corriente de falla
- Reduce la caída de tensión en la fase fallada
- Incrementa los Valores de Impedancia Medida
- Limita la sensibilidad de la Protección

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### RESISTENCIA DE LA FALLA

#### Línea Radiales



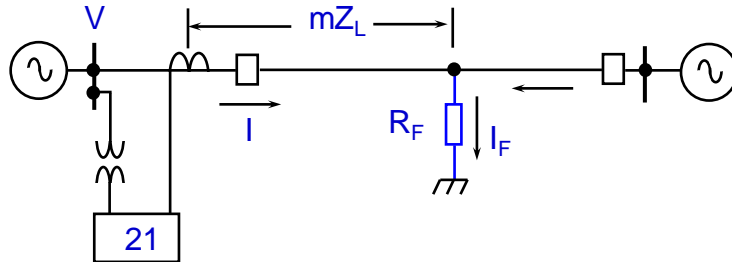
$$\vec{Z} = \vec{V} / \vec{I} = m \vec{Z}_L + R_F$$

La resistencia de falla produce un Subbalance

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### RESISTENCIA DE FALLA

#### Línea en Anillo

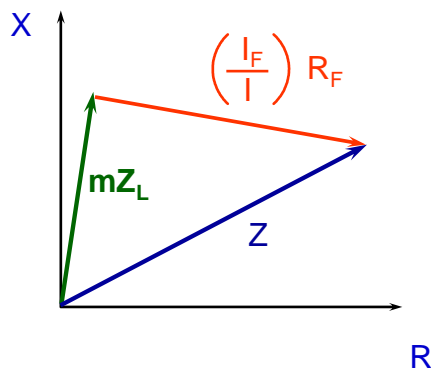


$$\vec{V} = \vec{I}m\vec{Z}_L + \vec{I}_F R_F$$

$$\vec{Z} = \vec{V} / \vec{I} = m\vec{Z}_L + \frac{\vec{I}_F}{\vec{I}} R_F$$

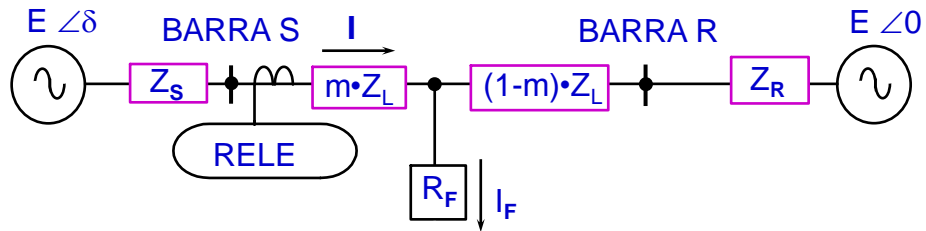
## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### DIAGRAMA DE IMPEDANCIA



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### DIAGRAMA DEL SISTEMA



$$Z_{1S} = 2 \angle 80^\circ$$

$$Z_{1L} = 8 \angle 80^\circ$$

$$Z_{1R} = Z_{1S}$$

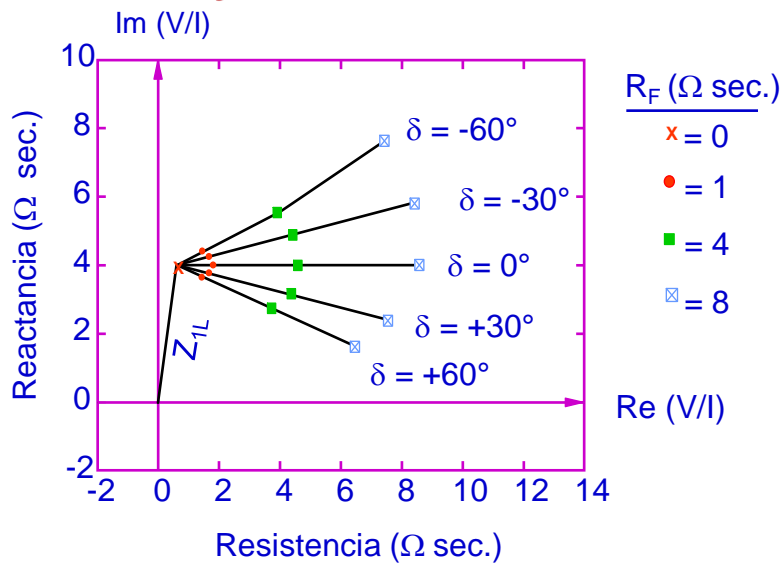
$$Z_{0S} = 3 \cdot Z_{1S}$$

$$Z_{0L} = 3 \cdot Z_{1L}$$

$$Z_{0R} = Z_{0S}$$

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

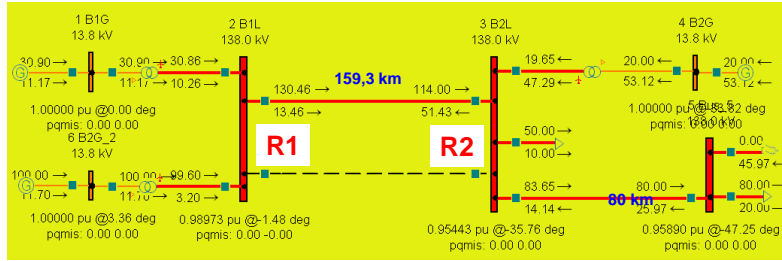
### Efecto de $R_F$ y $\delta$





## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### Comportamiento con la carga:

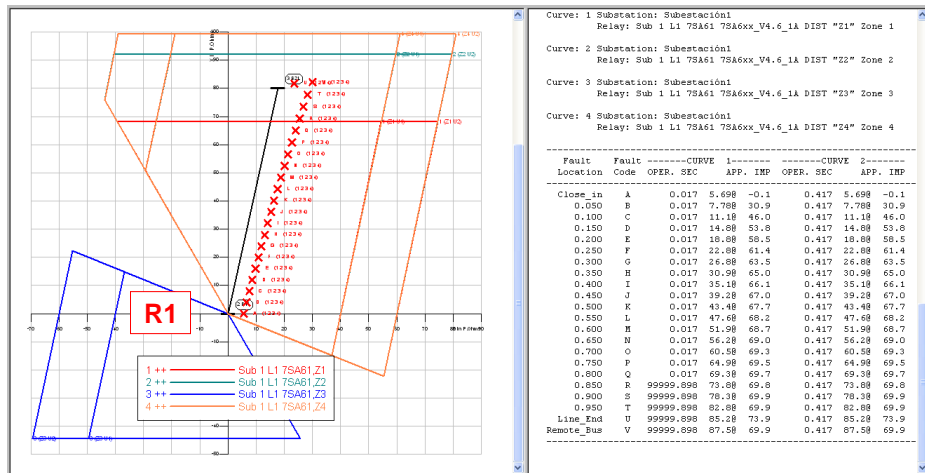


Sistema eléctrico utilizado para las simulaciones

Extremo exportador

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

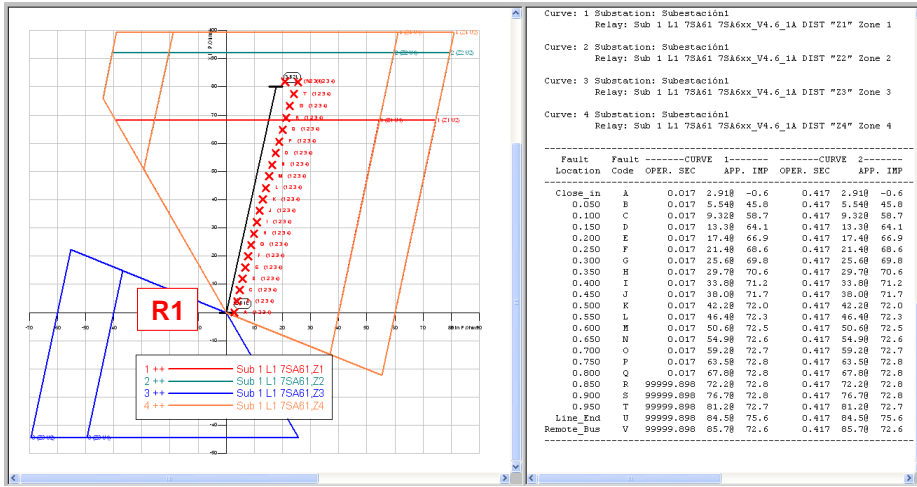
### Comportamiento con la carga:



Falla trifásica cada 5% de la longitud, con resistencia de falla de 5 ohms

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

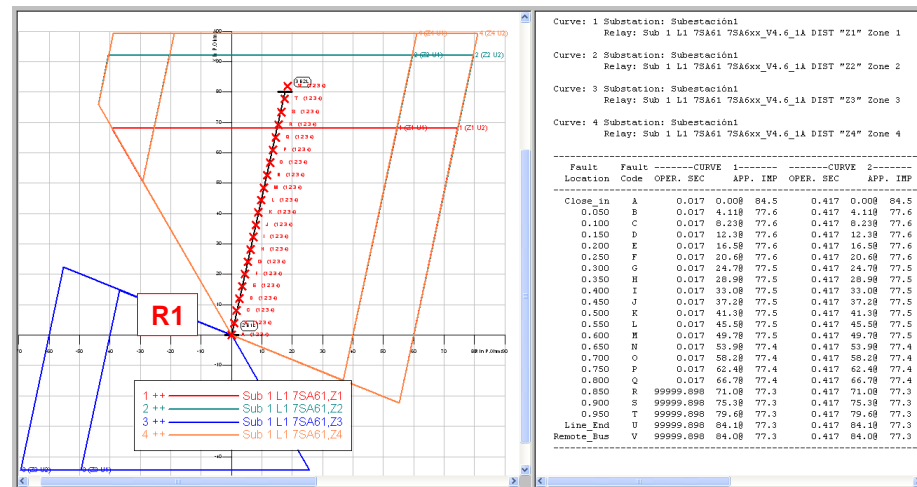
### Comportamiento con la carga:



Falla bifásica cada 5% de la longitud, con resistencia de falla de 5 ohms

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

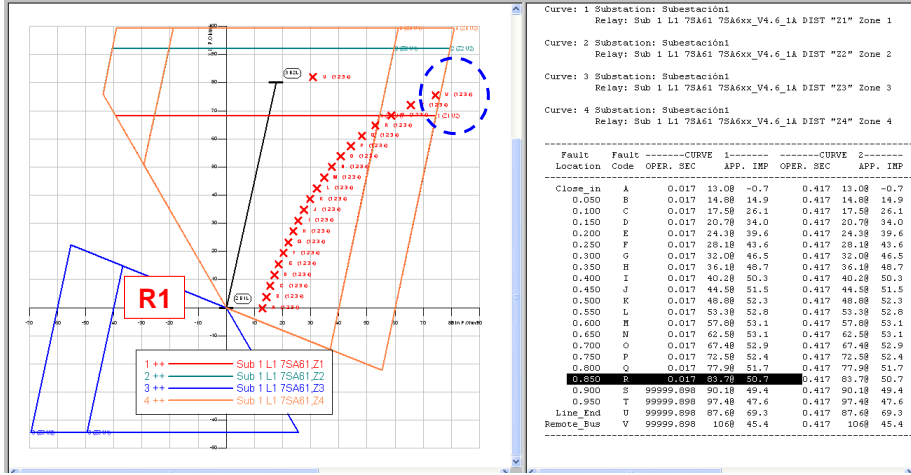
### Comportamiento con la carga:



Falla monofásica cada 5% de la longitud, con resistencia de falla de 0 ohms

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

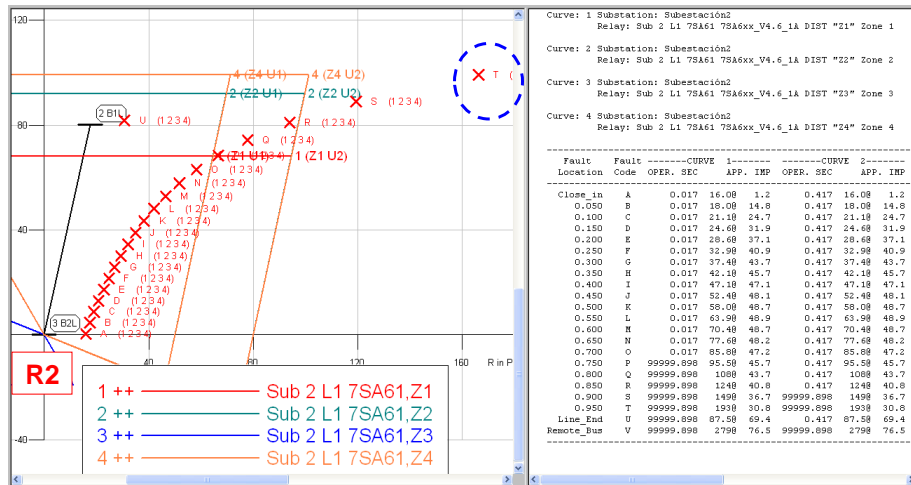
### Comportamiento con la carga:



Falla monofásica cada 5% de la longitud, con resistencia de falla de 20 ohms

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

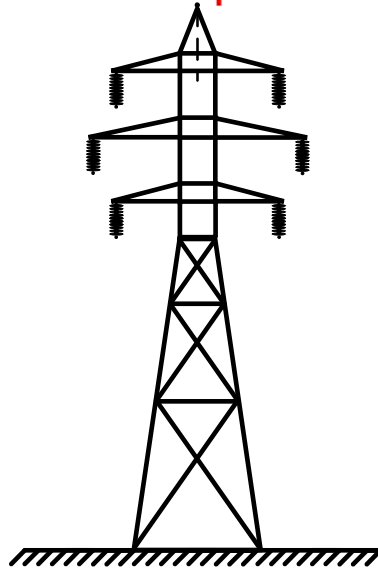
### Comportamiento con la carga:



Falla monofásica cada 5% de la longitud, con resistencia de falla de 20 ohms

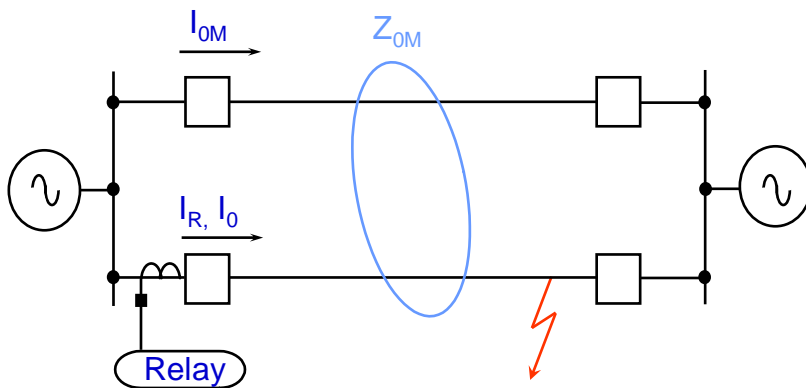
## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### Líneas Paralelas – Acoplamiento Mutuo



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### Acoplamiento Mutuo de Secuencia Cero



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### Acoplamiento Magnético Mutuo

- Ocurre en líneas de Doble-Circuito
- Afecta a la red de secuencia Cero
- $Z_{0M} = 50-70\%$  de  $Z_0$
- Bajo acoplamiento en la red de secuencia positiva y negativa (5-7%)

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

### Efecto en la Protección de Distancia de Tierra

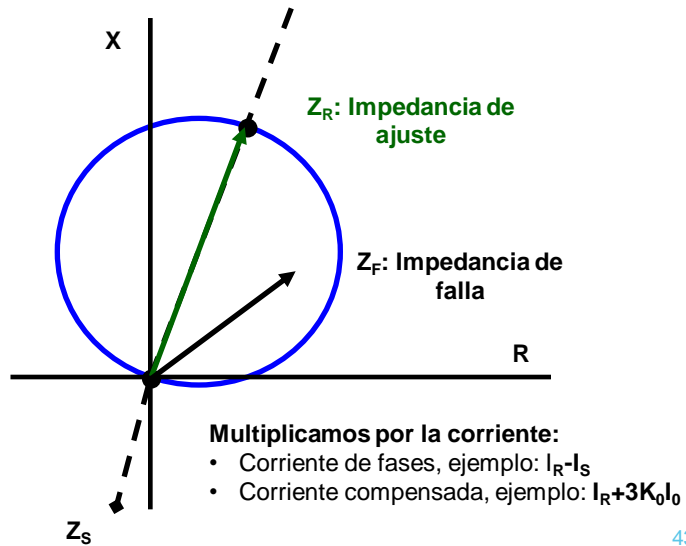
$$\vec{V}_a = m \vec{Z}_{1L} \left( \vec{I}_a + k_0 \vec{I}_{res} \right) + m \vec{Z}_{0M} \vec{I}_{0M}$$

$$\vec{Z} = \frac{\vec{V}_a}{\vec{I}_a + k_0 \vec{I}_{res}} = m \vec{Z}_{1L} + m \vec{Z}_{0M} \frac{\vec{I}_{0M}}{\vec{I}_a + k_0 \vec{I}_{res}}$$

El Relé Subalcanza Cuando  $I_{0M}$  y  $I_0$  fluyen en la misma dirección

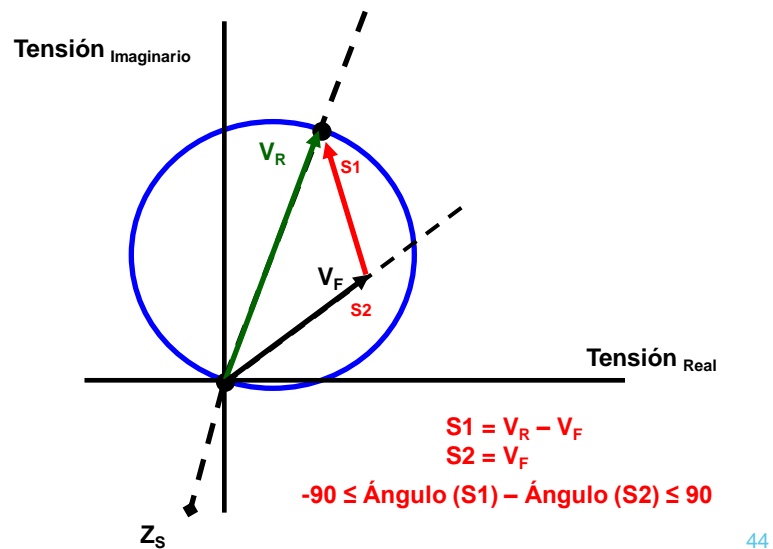
## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Principio de operación tipo Mho:



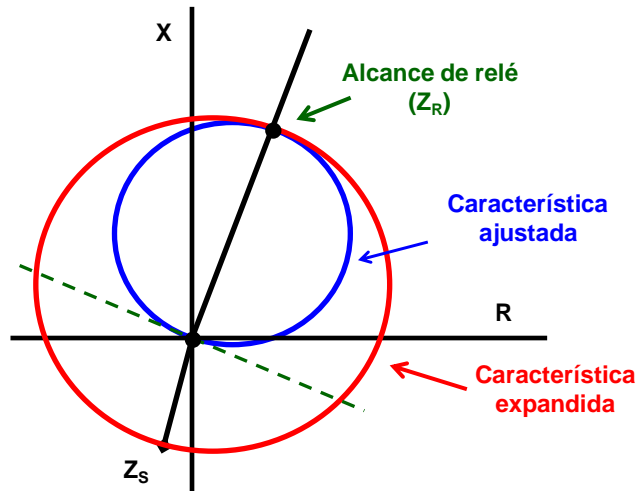
## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Principio de operación tipo Mho:



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

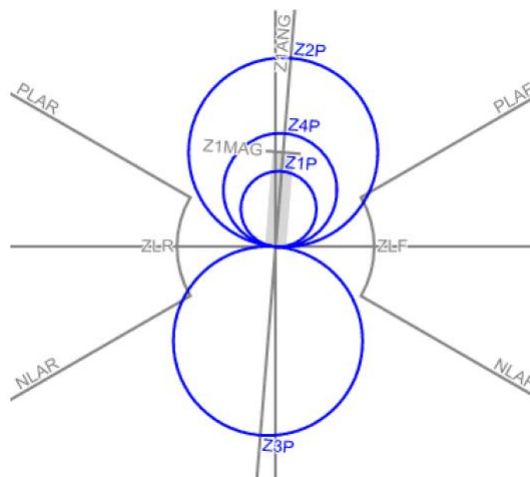
Principio de operación tipo Mho:



45

## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Principio de operación tipo Mho:



## 2. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Source-to-line impedance ratio (SIR)

$$SIR = Z_{Fuente} / Z_L$$

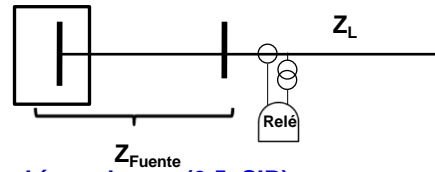
Muestra la influencia de la longitud en la elección del sistema de protección.

**Línea corta (SIR>4.0)**

- Corriente diferencial
- Comparación de fase
- Esquema de Comunicación POTT
- Comparación direccional

**Línea Media (4.0>SIR>0.5)**

- Las anteriores
- Esquema de comunicación PUTT
- Distancia
- Sobrecorriente



**Líneas largas (0.5>SIR)**

- Comparación de fase
- Comparación direccional con bloqueo
- PUTT, POTT
- Comparación direccional
- Sobrecorriente

IEEE Guía para aplicaciones de relés de protección en líneas de transmisión: IEEE std C37.113-1999

## 3. ALGORITMO DE ARRANQUE Y SELECCIÓN DE LA FASE FALLADA

**Disparo monofásico:**

Para realizar disparo monofásico se debe realizar los siguiente.

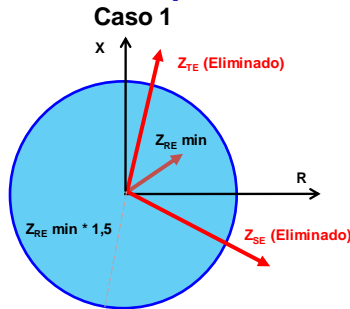
- **Detectar una falla**
- **Determinar la direccionalidad**
- **Selección de la fase fallada**
- **Determinar la ubicación**



### 3. ALGORITMO DE ARRANQUE Y SELECCIÓN DE LA FASE FALLADA

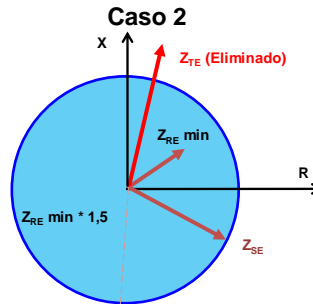
#### SELECCIÓN DE FASE FALLADA

Método de impedancia:



Selecciona la fase R

(debido a que  $Z_{SE}$  y  $Z_{SE} > Z_{RE} \text{ min} * 1.5$ )

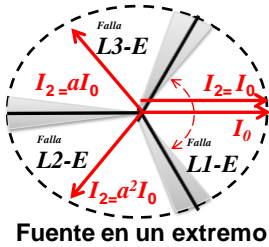


No determina la fase fallada

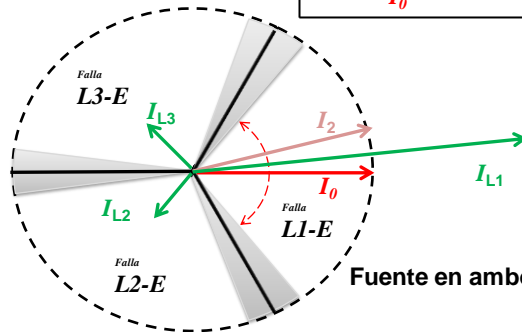
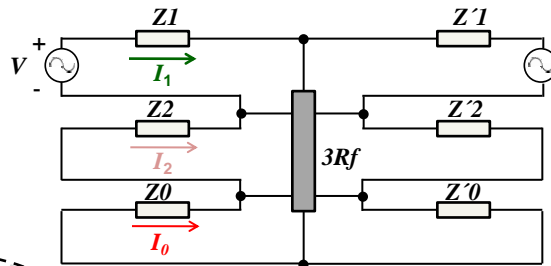
(debido a que  $Z_{SE} < Z_{RE} \text{ min} * 1.5$ )

### 3. ALGORITMO DE ARRANQUE Y SELECCIÓN DE LA FASE FALLADA

Método de la corriente de secuencia cero y negativa:



Fuente en un extremo

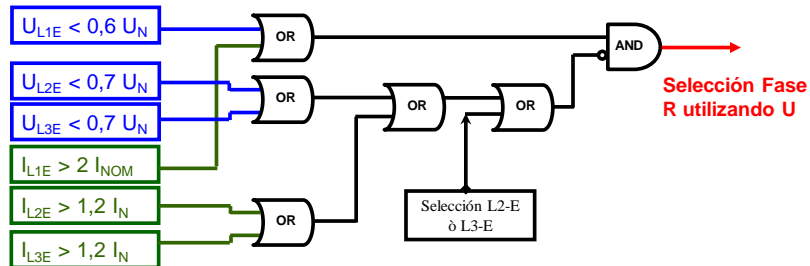


Fuente en ambos extremos

Donde:  
 $a = 1 \angle 120^\circ$

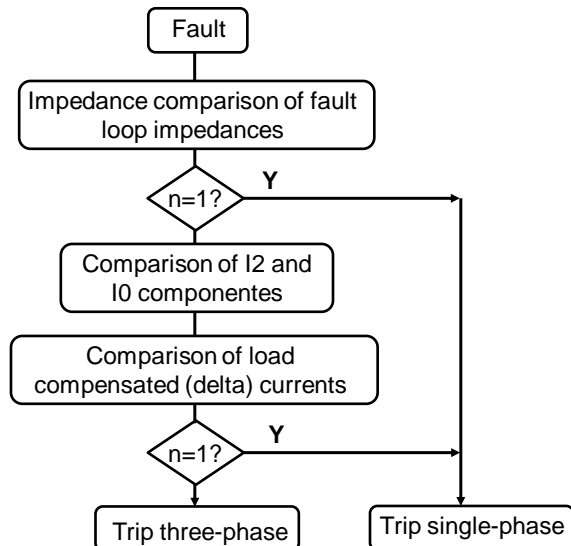
### 3. ALGORITMO DE ARRANQUE Y SELECCIÓN DE LA FASE FALLADA

Método de variación de corriente y tensión de fase:



### 3. ALGORITMO DE ARRANQUE Y SELECCIÓN DE LA FASE FALLADA

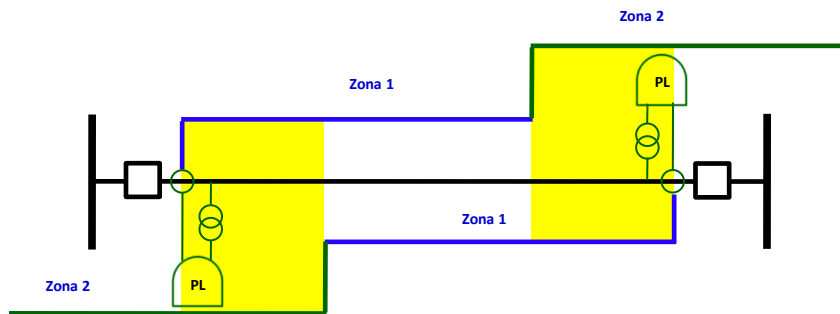
Criterio de selección de fase fallada:



## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

### Necesidad de un esquema de teleprotección:

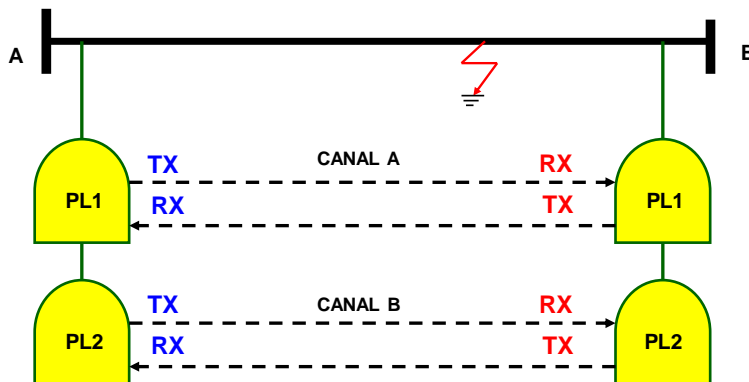
Las protecciones de distancia de ambos extremos de la línea de transmisión no pueden brindar selectividad absoluta para fallas en el 100% de la línea, a menos que se intercambien señales entre ellas.



53

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

### Canales de Comunicación:



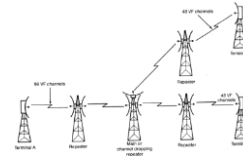
54

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

### Medios de comunicación:

#### Medios de comunicación:

- Onda Portadora (OP)
- Radio o Microondas (MO)
- Fibra Óptica (FO)
- Hilo piloto



55

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

### Interferencias:

- Interferencias durante el estado normal (Efecto corona, Operaciones con seccionadores, Operaciones con interruptores)
- Interferencias durante el estado de falla y despeje de la falla (Fallas con arco eléctrico, Interrupción de la corriente de falla)
- Pérdida de la señal transmitida
- Retardo de la señal transmitida
- Operación indeseada

56

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

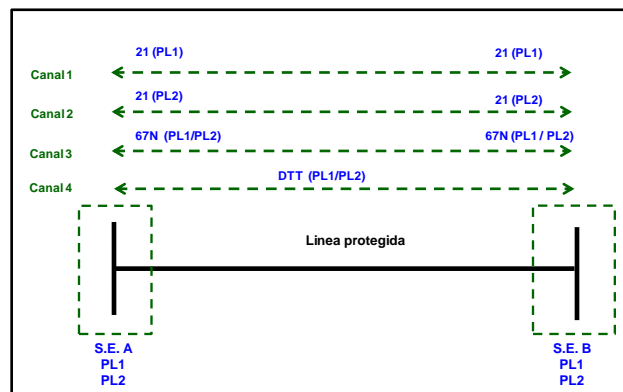
### Esquemas de Teleprotección:

- Disparo transferido con zona en subalcance (PUTT)
- Disparo transferido con zona en sobrealcance (POTT)
- Esquema de 67N en comparación direccional (67NCD)
- Esquema fuente débil (Weak Infeed)
- Disparo directo transferido (DDT o DTT)

57

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

### Configuración típica de canales de comunicación:

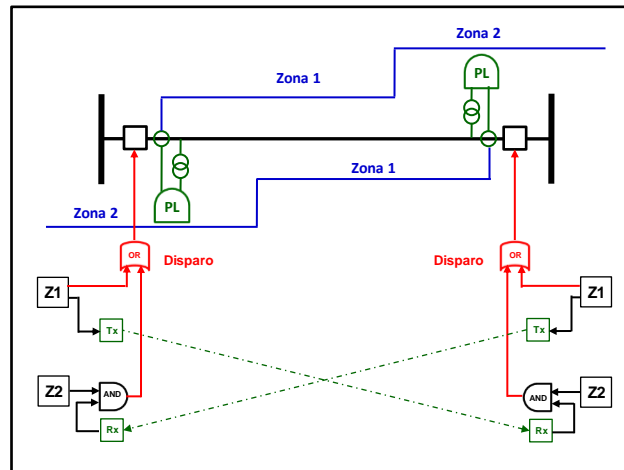


58

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

### Esquema simplificado PUTT:

(Permissive Underreaching Transfer Trip / Disparo Transferido con Subalcance)

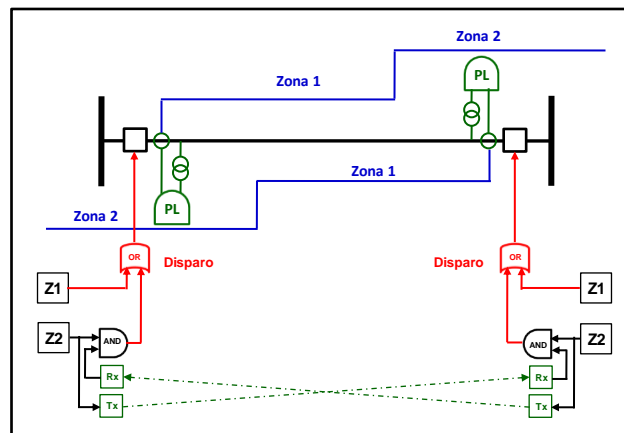


59

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

### Esquema simplificado POTT:

(Permissive Overreaching Transfer Trip / Disparo Transferido con Sobrealcance)

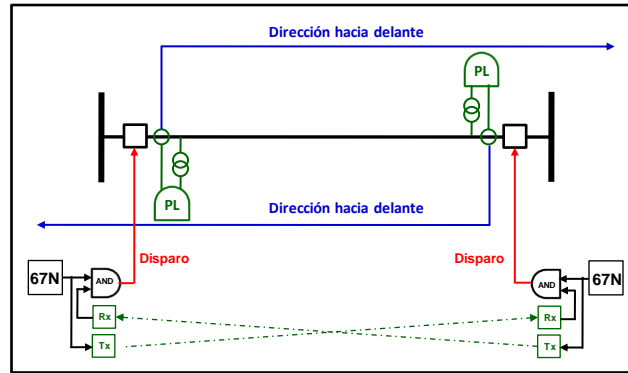


Esquema simplificado POTT

60

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

Esquema simplificado 67NCD:

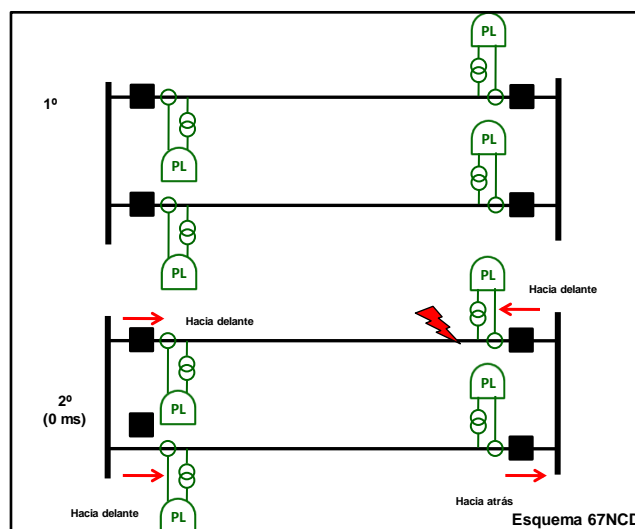


Esquema simplificado 67NCD

61

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

Necesidad del bloqueo transitorio del 67NCD:

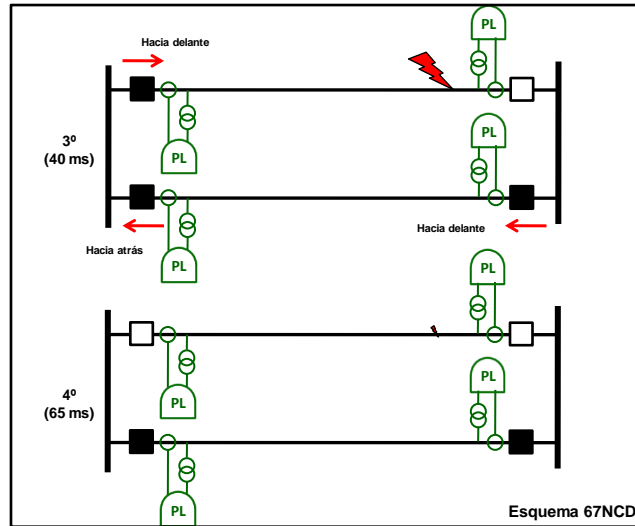


Esquema 67NCD

62

## 4. ESQUEMA DE TELEPROTECCIÓN

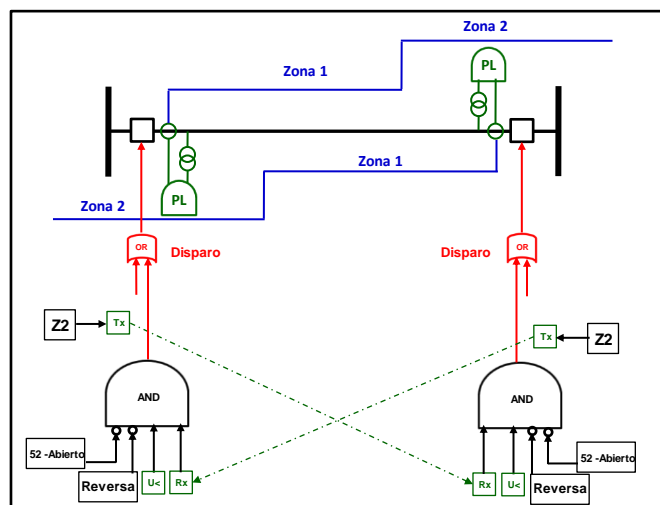
Necesidad del bloqueo transitorio del 67NCD:



63

## 5. FUNCIÓN ECO Y FUENTE DÉBIL

Esquemas simplificado de Fuente Débil (Weak Infeed):



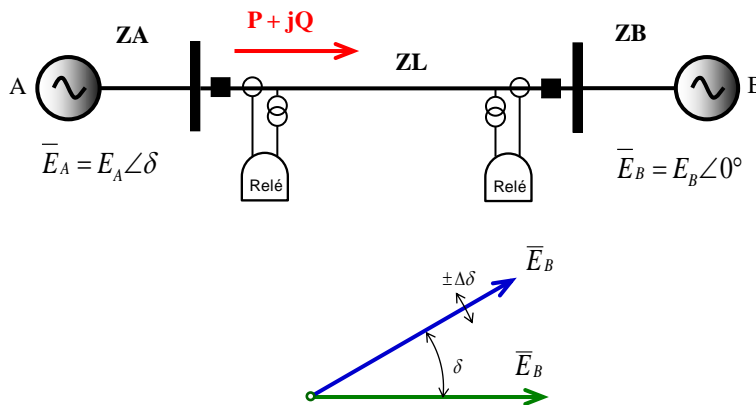
64



## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

Circuito equivalente:

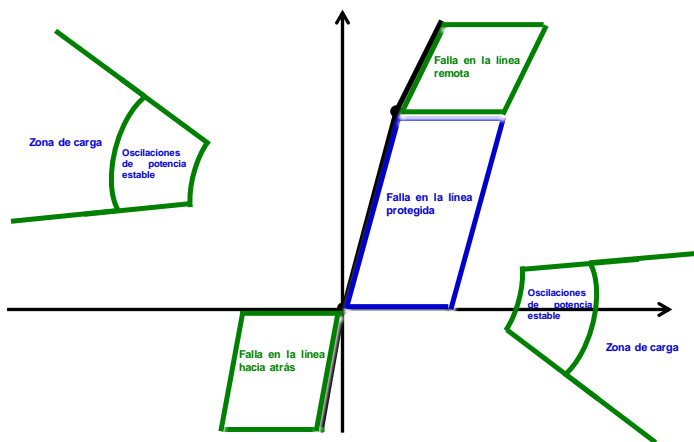
Lugares geométricos representativos de la impedancia aparente.



65

## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

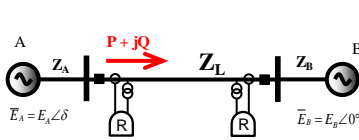
Lugar geométrico de los diagramas de impedancia:



66

## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

Lugar geométrico de las tensiones y corriente:



$$I_{Relé} = \frac{E_A \angle \delta - E_B \angle 0}{Z_A + Z_L + Z_B}$$

$$Z_{Relé} = \frac{E_A \angle \delta - I_{Relé} \cdot Z_A}{I_{Relé}} = \frac{E_A \angle \delta}{E_A \angle \delta - E_B} (Z_A + Z_L + Z_B) - Z_A$$

Sí:

$$Z_A = jX_A$$

$$Z_L = jX_L$$

$$Z_B = jX_B$$

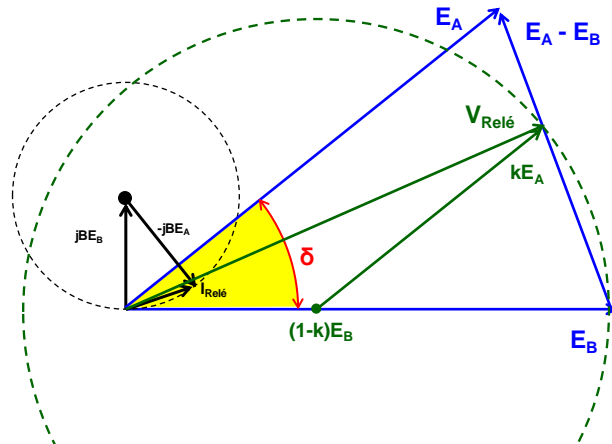
$$I_{Relé} = \frac{E_A \angle \delta - E_B \angle 0}{jX_A + jX_L + jX_B}$$

$$= -jBE_B \angle \delta + jBE_B \angle 0$$

$$V_{Relé} = E_B + \frac{(E_A - E_B) \cdot (jX_L + jX_B)}{jX_A + jX_L + jX_B}$$

Con:  $k = (X_L + X_B) / (X_A + X_L + X_B)$

$$V_{Relé} = E_B (1-k) + kE_A$$

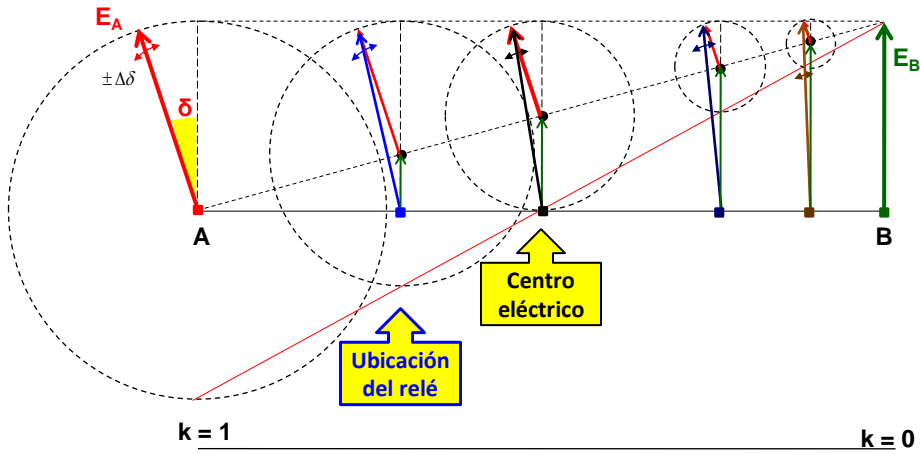


67

## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

Lugar geométrico de las tensiones de acuerdo a la ubicación:

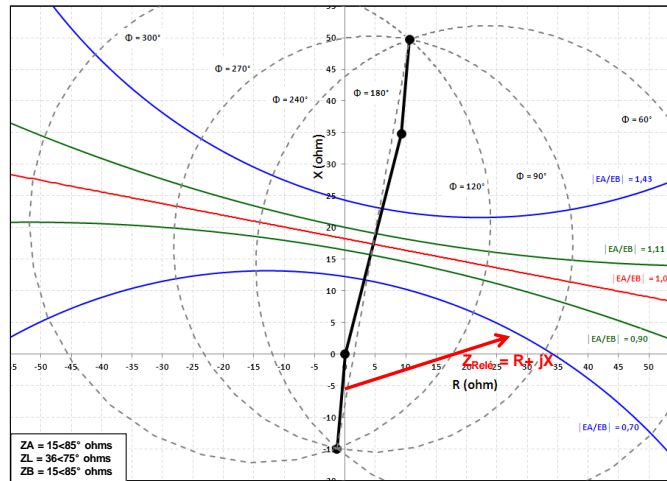
$$V_{Relé} = E_B (1-k) + kE_A$$



68

## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

Comportamiento en el diagrama de impedancia:

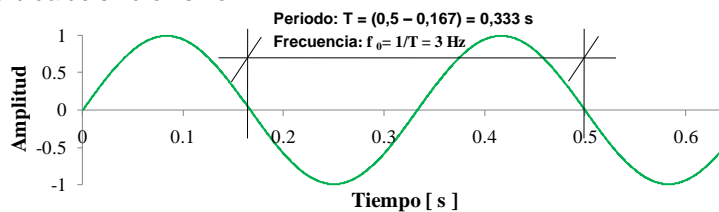


69

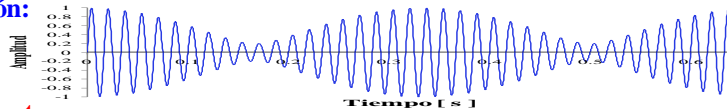
## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

Comportamiento de la tensión y corriente:

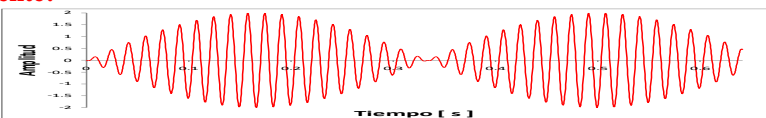
Comportamiento de la tensión durante una oscilación de potencia con pérdida de sincronismo:



Tensión:



Corriente:

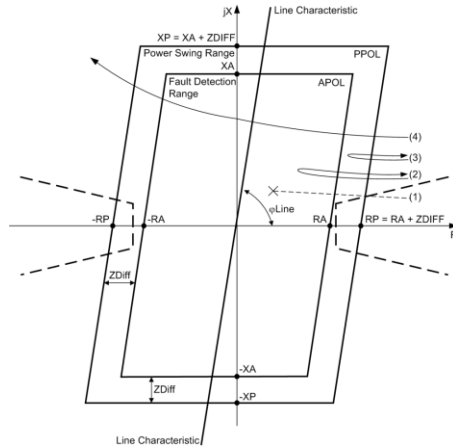


70

## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

### Comportamiento en el diagrama de impedancia:

Lugar geométrico de la impedancia aparente durante una oscilación de potencia:

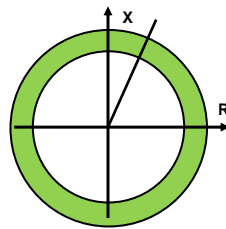


- (1) : Comportamiento durante una falla
- (2) : Oscilación amortiguada de potencia
- (3) : Oscilación amortiguada de potencia
- (4) : Oscilación con pérdida de sincronismo

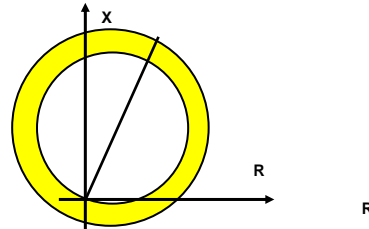
71

## 6. OSCILACIÓN DE POTENCIA

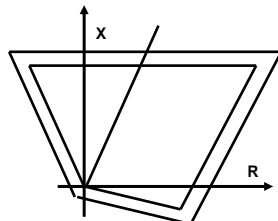
### Zonas de detección según las características de los relés de distancia:



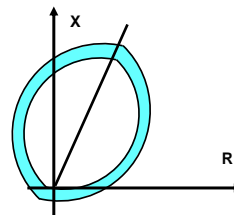
Característica de impedancia



Característica de admitancia o mho

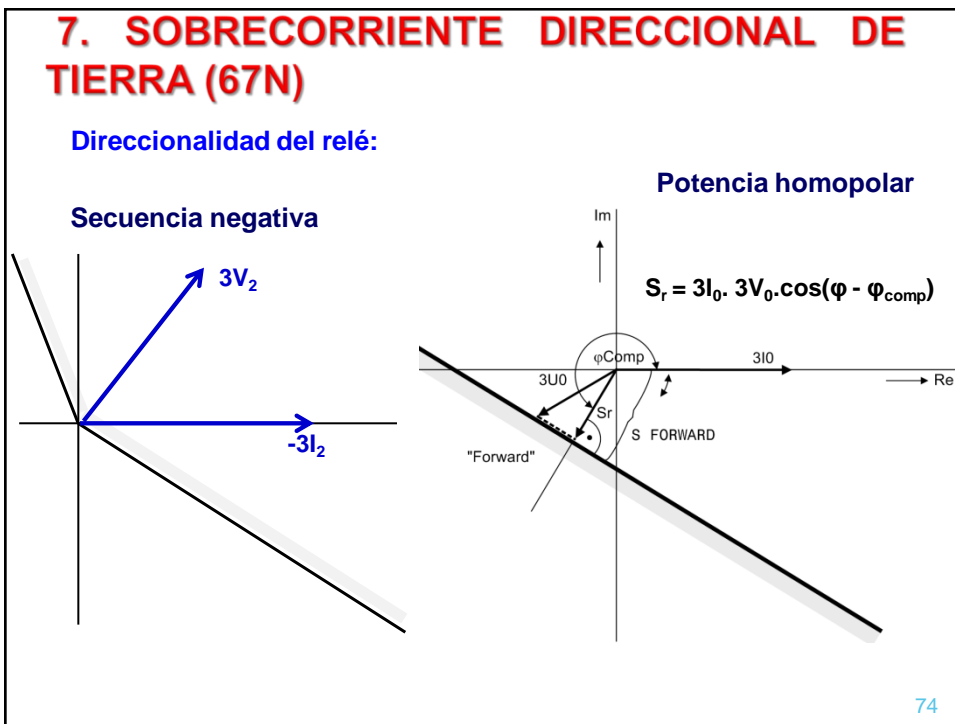
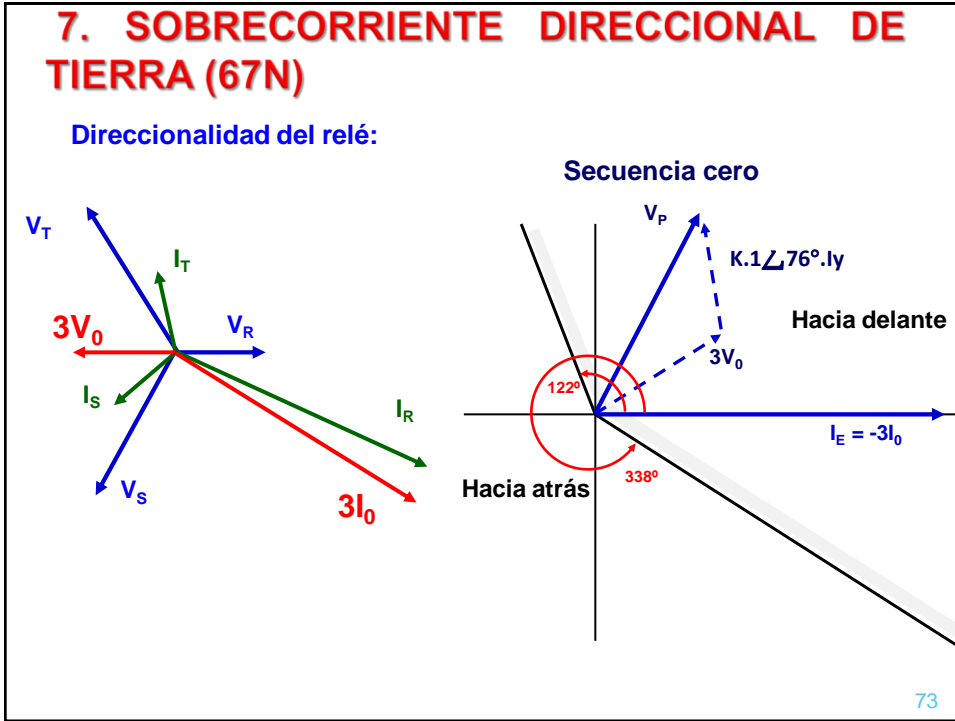


Característica poligonal o cuadrilateral



Característica lenticular

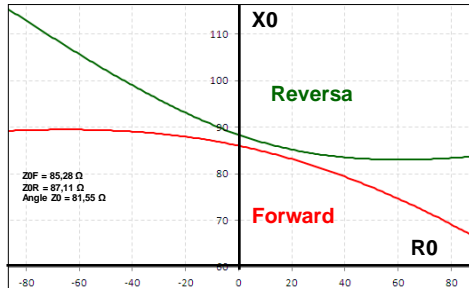
72



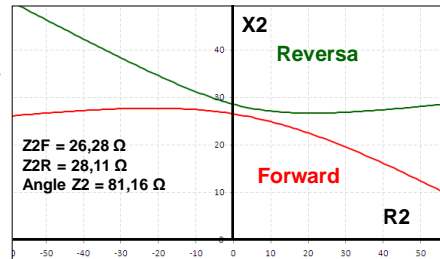
## 7. SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL DE TIERRA (67N)

Direccionalidad del relé SEL:

Secuencia cero



Secuencia negativa

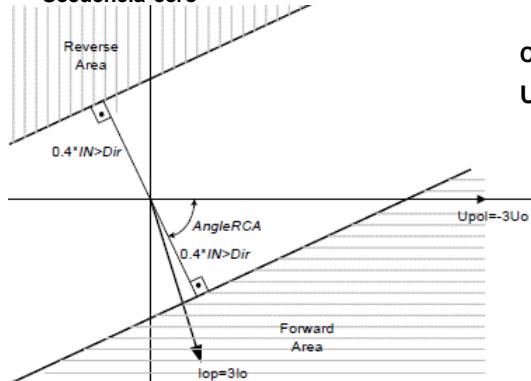


75

## 7. SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL DE TIERRA (67N)

Direccionalidad del relé ABB:

Secuencia cero



Corriente adicional de Polarización

$$U_{IPol} = Z_{0S} \cdot I_{Pol} = (R_{NPOL} + j \cdot X_{NPOL}) \cdot I_{Pol}$$

Polarización dual

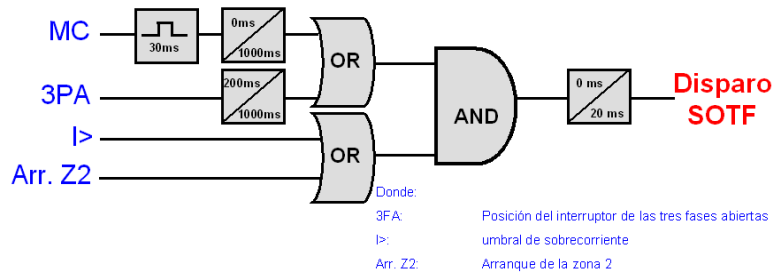
$$U_{IPol} = U_{UPol} + U_{IPol} = -3U_0 + Z_{0S} \cdot I_{Pol} = -3U_0 + (R_{NPOL} + j \cdot X_{NPOL}) \cdot I_{Pol}$$

76

## 8. CIERRE SOBRE FALLA (SOTF)

La función de SOTF debe ser condicionada para un cierre trifásico de los interruptores (3PA) o por un comando de cierre manual del interruptor (CM) y debe ser activado por el arranque de la zona 2 (Arr. Z2) ó una función de sobrecorriente (I>).

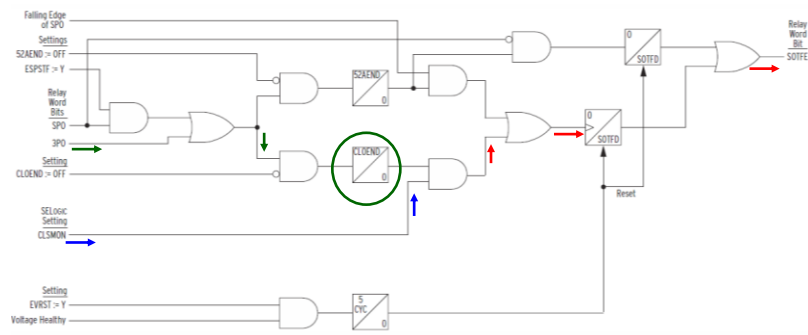
Asimismo, después del cierre del interruptor la variable (3PA) debe tener un retardo de 1 segundo, con el objetivo de realizar disparo rápido y trifásico para una falla durante este periodo.



77

## 8. CIERRE SOBRE FALLA (SOTF)

### Lógica del relé SEL SEL421:



La variable CLSMON es configurable para ser activado por cualquier variable interna del relé SEL421, normalmente se habilita por corriente y/o impedancia en zona 2.

78

## 9. FUNCIÓN DE SINCRONISMO

### Ajustes de sincronismo de sincronismo:

Máxima diferencia de tensión :  $\Delta V = 10\%V_n = 12,8 \text{ kV}$   
 Máxima diferencia de frecuencia :  $\Delta f = 0,10 \text{ Hz}$   
 Máxima diferencia de ángulo :  $\Delta \Phi = 20^\circ$

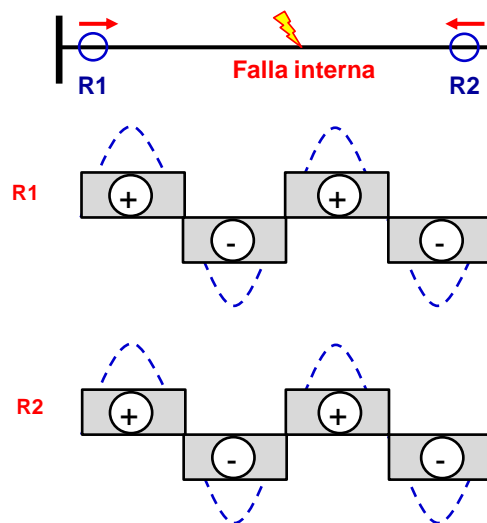
### Condiciones de cierre con mando de cierre manual:

Condición	Cierre Interruptor
Tensión Línea > and Tensión Barra > and Sincronismo	Si
Tensión Línea < and Tensión Barra >	Si
Tensión Línea > and Tensión Barra <	Si
Tensión Línea < and Tensión Barra <	Si

79

## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

### Comparación de fases:

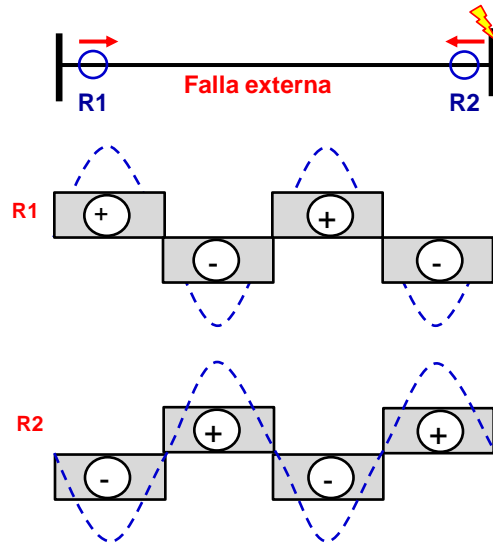


80



## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

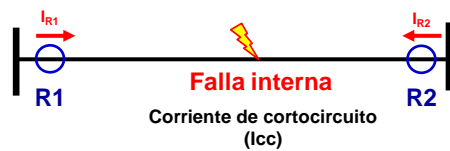
Comparación de fases:



81

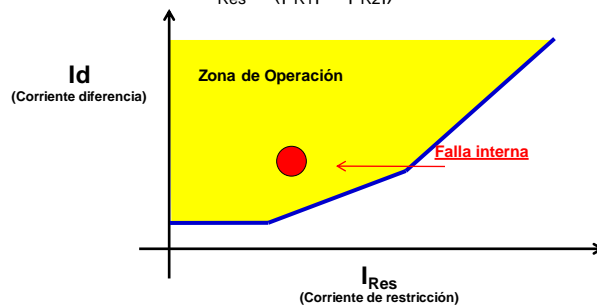
## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

Diferencial porcentual:



$$I_d = |I_{R1} + I_{R2}| = I_{cc}$$

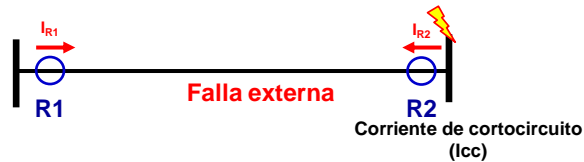
$$I_{Res} = (|I_{R1}| + |I_{R2}|)/2$$



82

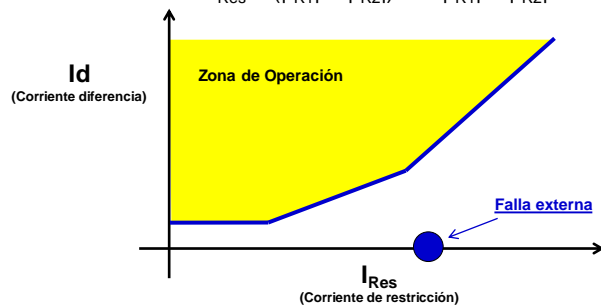
## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

Diferencial porcentual:



$$I_d = |I_{R1} + I_{R2}| = 0$$

$$I_{Res} = (|I_{R1}| + |I_{R2}|)/2 = |I_{R1}| = |I_{R2}|$$



83

## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

Plano de relación de corriente



$$\frac{\vec{I}_R}{\vec{I}_L} = a + jb = \vec{r} = r e^{j\theta}$$

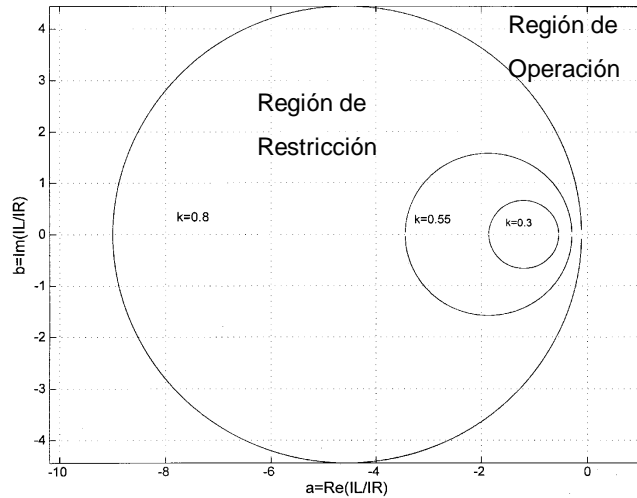
Donde:

$$a = \frac{|\vec{I}_R|}{|\vec{I}_L|} \cos \theta = r \cos \theta$$

$$b = \frac{|\vec{I}_R|}{|\vec{I}_L|} \sin \theta = r \sin \theta$$

## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

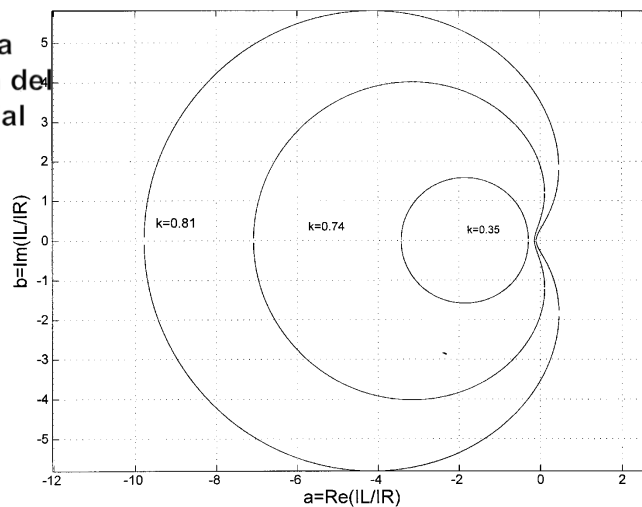
$$I_{OP} \geq K I_{RT} \quad I_{RT} = K \left| \vec{I}_L - \vec{I}_R \right|$$



## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

$$I_{OP} \geq K I_{RT} \quad I_{RT} = K \left( \left| \vec{I}_L \right| + \left| \vec{I}_R \right| \right)$$

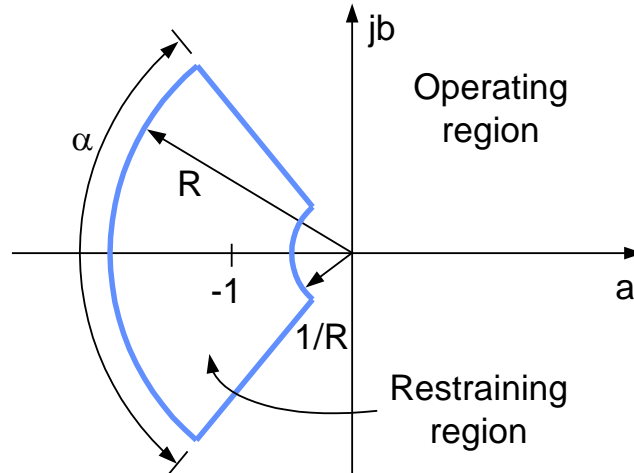
Característica de operación del relé diferencial



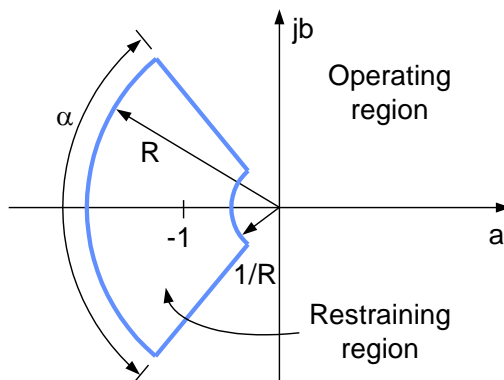
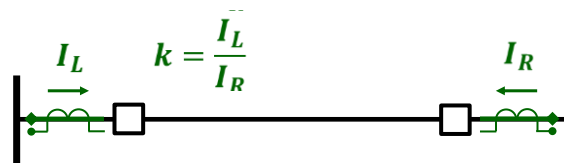
## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

### Nuevo Elemento Diferencial

Característica Simplificada (2 ajustes)



## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA



### Característica de operación función diferencial de línea del relé SEL411L

Dispone de tres (3) elementos diferenciales:  
 De fases (87LP).  
 Segundo de secuencia negativa (87LQ)  
 Secuencia cero (87LG).  
 El área de bloqueo está definida por el parámetro 87LXA, el radio exterior 87LXR y el radio interior 1/87LXR

## 10. DIFERENCIAL DE CORRIENTE DE LÍNEA

Efecto de la  
Saturación del  
TC

