

# CURSO DE ANÁLISIS DE INCIDENCIAS E INTERPRETACIÓN DE OSCILOS

Mayo 2006

- Recordatorio de Teoría de Circuitos
  - Ley de Ohm
  - Leyes de Kirchhoff. Ecuaciones de malla y nudo
  - Corriente alterna. Régimen Permanente. Fasores.
  - Operaciones con números complejos
  - Corriente alterna. Régimen transitorio

## COMPONENTES SIMÉTRICAS

$$A_R = A_{1R} + A_{2R} + A_0$$

$$A_S = A_{1S} + A_{2S} + A_0 = a^2 \cdot A_{1R} + a \cdot A_{2R} + A_0$$

$$A_T = A_{1T} + A_{2T} + A_0 = a \cdot A_{1R} + a^2 \cdot A_{2R} + A_0$$

$a = -0,5 + j \, 0,866$  equivale a un giro del vector  
en  $+120^\circ$

$a^2 = -0,5 - j \, 0,866$  equivale a un giro del vector  
en  $+240^\circ$

(Téngase en cuenta:

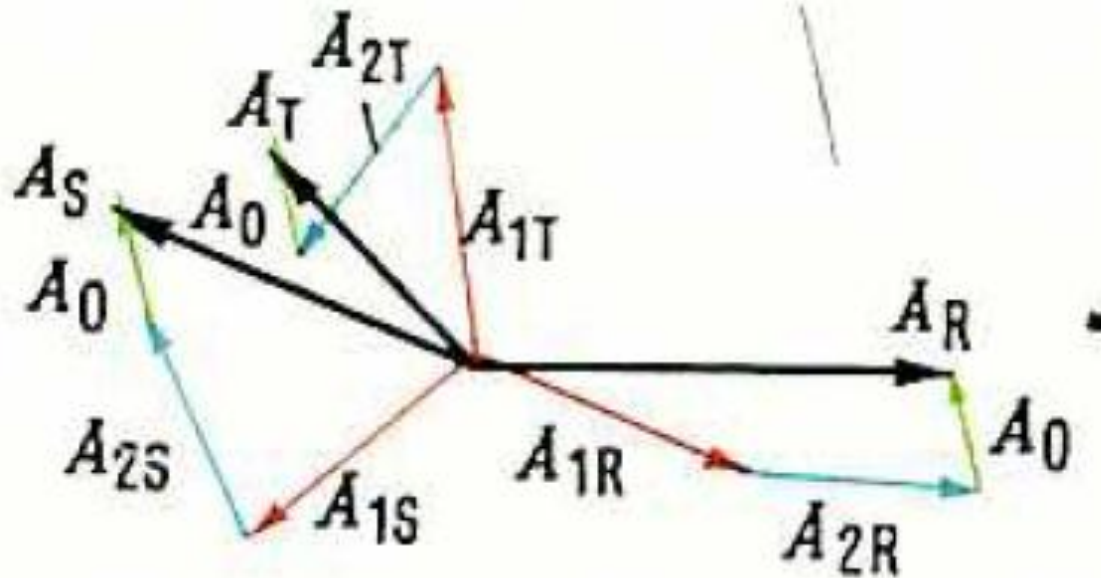
$$1 + a = -a^2; \quad 1 + a^2 = -a \quad \text{y} \quad 0,866 = 0,5 \cdot \sqrt{3})$$

$$A_{1R} = \frac{1}{3} (A_R + a \cdot A_S + a^2 \cdot A_T)$$

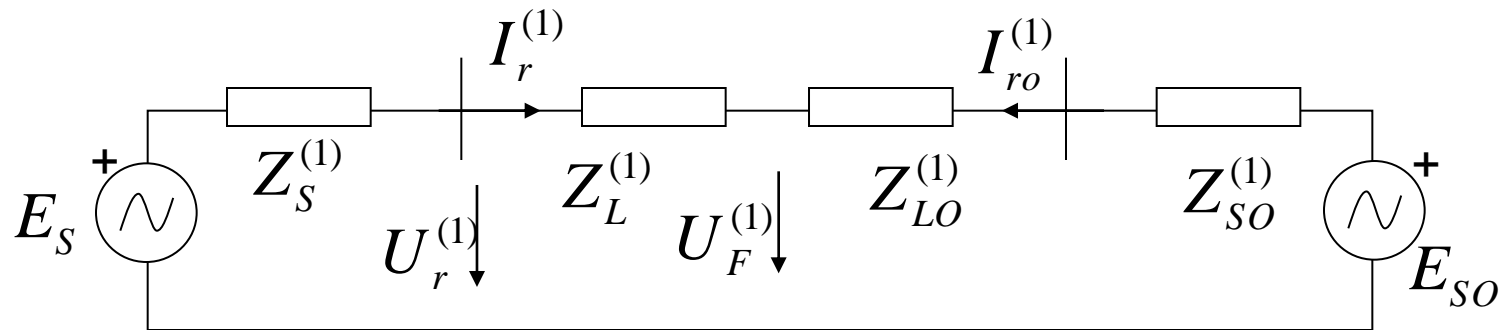
$$A_{2R} = \frac{1}{3} (A_R + a^2 \cdot A_S + a \cdot A_T)$$

$$A_0 = \frac{1}{3} (A_R + A_S + A_T)$$

## COMPONENTES SIMÉTRICAS

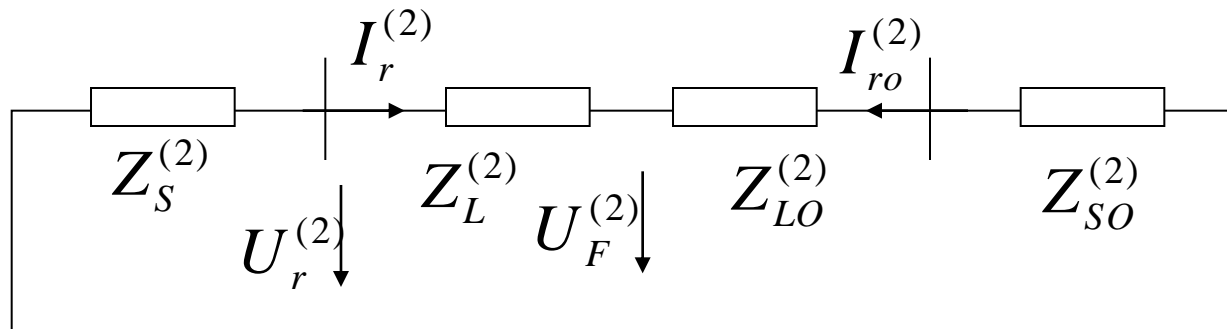


## Circuito de secuencia directa



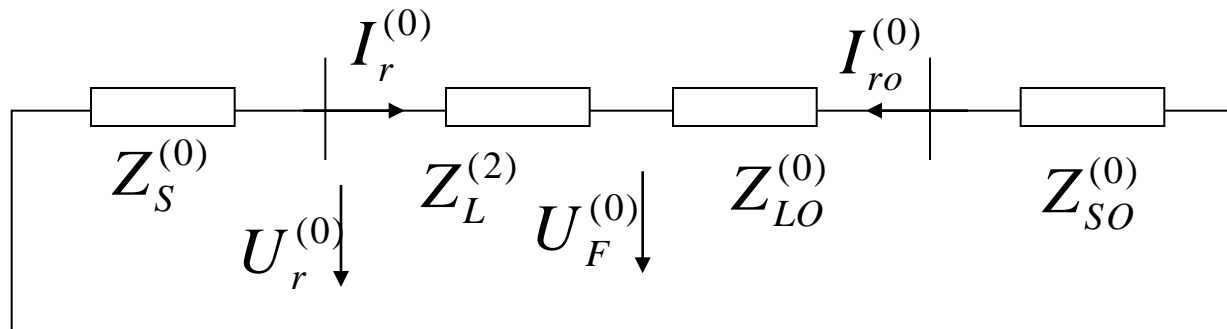
$$U_F^{(1)} = E_S - I_r^{(1)} \cdot (Z_S^{(1)} + Z_L^{(1)})$$

## Circuito de secuencia inversa



$$U_F^{(2)} = -I_r^{(2)} \cdot (Z_S^{(2)} + Z_L^{(2)})$$

## Circuito de secuencia cero



$$U_F^{(0)} = -I_r^{(0)} \cdot (Z_S^{(0)} + Z_L^{(0)})$$

# Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

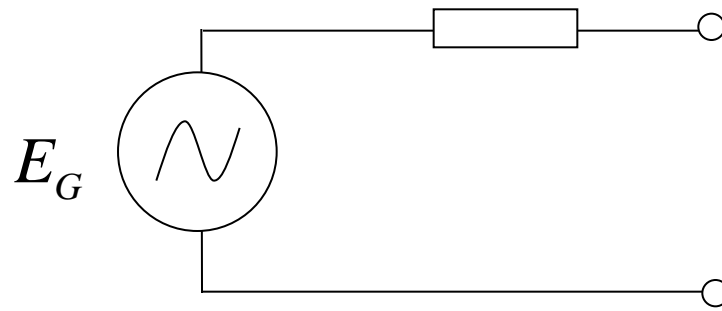
## Generadores

### Secuencia directa

$$Z_G^{(1)} = R_{Cu} + jX'' \quad \text{ó bien :}$$

$$Z_G^{(1)} = R_{Cu} + jX' \quad \text{ó bien :}$$

$$Z_G^{(1)} = R_{Cu} + jX_d$$



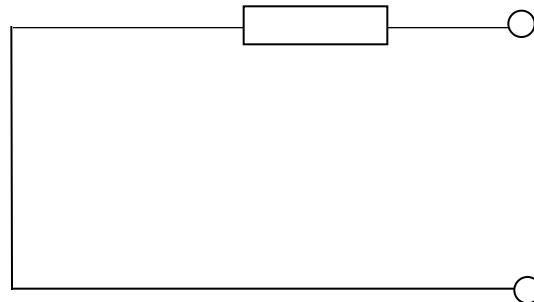


## Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

### Generadores

Secuencia inversa  $Z_G^{(2)} = R_{Cu} + jX_G^{(2)}$

Secuencia cero  $Z_G^{(0)} = R_{Cu} + jX_G^{(0)}$



# Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

## Líneas

Secuencia directa = Secuencia inversa

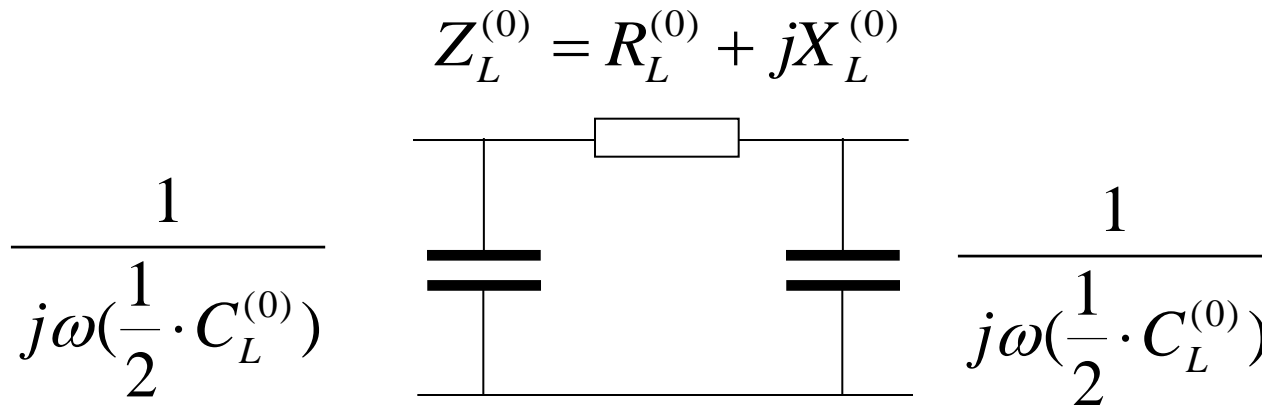
$$Z_L^{(1)} = R_L^{(1)} + jX_L^{(1)}$$



## Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

Líneas

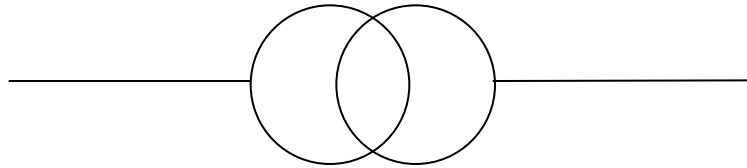
Secuencia cero



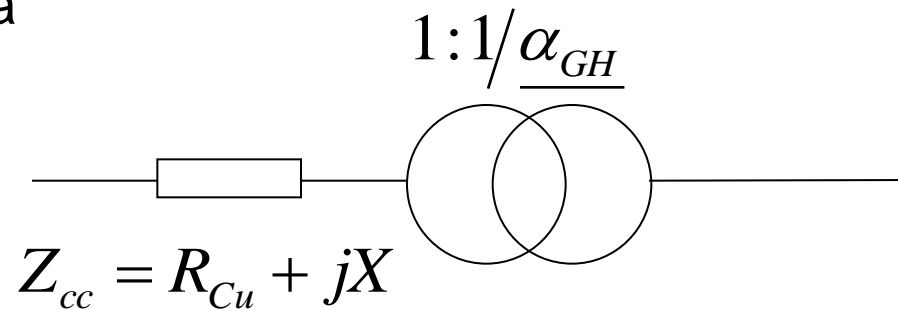
Los elementos capacitivos resultan despreciables siempre que exista en los neutros una conexión a tierra de baja impedancia

# Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

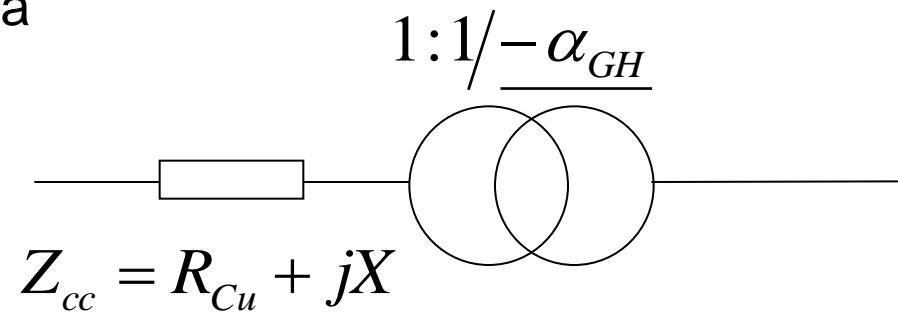
Trafos



Secuencia directa



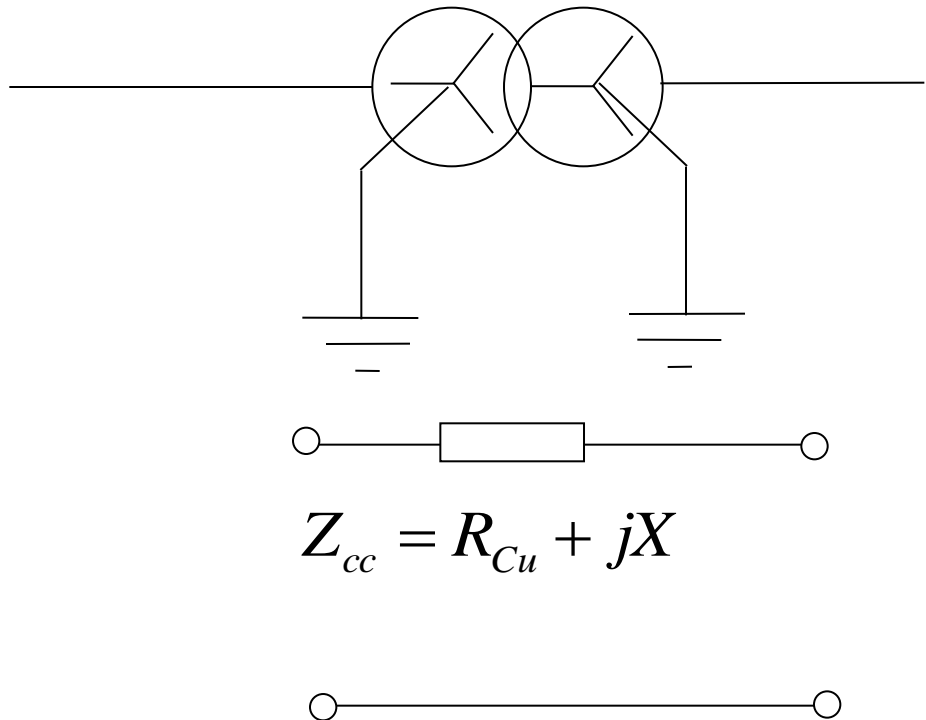
Secuencia inversa



# Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

## Trafos

### Secuencia cero (Trafo Yy)

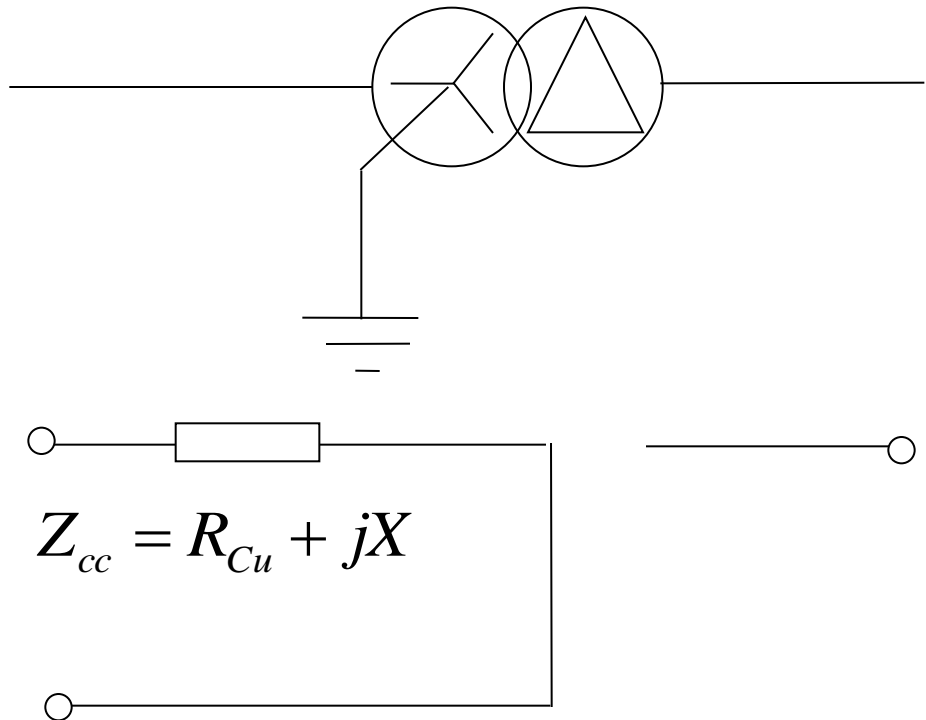


- Si el neutro está desconectado, equivale a circuito abierto
- En trafos Yy de tres columnas hay que tener en cuenta la impedancia que representa la corriente de vacío

# Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

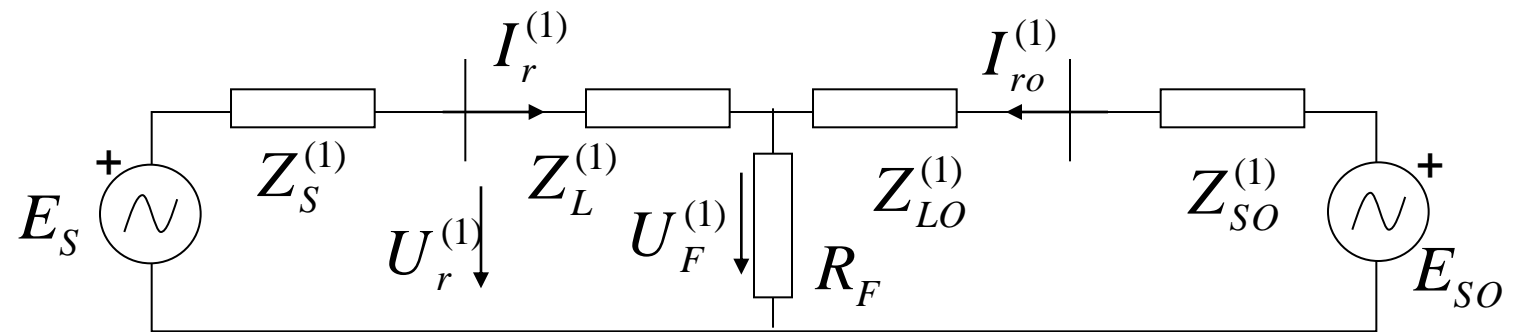
## Trafos

### Secuencia cero (Trafo Yd)



- El devanado en triángulo se ve, desde la estrella aterrizada, como un corto
- Si hay impedancia en el neutro, se pone en serie multiplicada por 3

# FALTA TRIFÁSICA



$$U_F^{(1)} = R_F \cdot I_F$$

$$U_r^{(1)} = I_r^{(1)} \cdot Z_L^{(1)} + R_F \cdot I_F$$

FALTA FASE-FASE  
R Fase de referencia

Falta entre S y T

$$I_F^S = -I_F^T \quad I_F^R = 0 \quad \Rightarrow \quad \underline{I_F^{(0)} = 0} \quad \Rightarrow \quad \underline{U_F^{(0)} = 0}$$

$$a^2 \cdot I_F^{(1)} + a \cdot I_F^{(2)} = -(a \cdot I_F^{(1)} + a^2 \cdot I_F^{(2)})$$

$$(a^2 + a) \cdot I_F^{(1)} = -(a^2 + a) \cdot I_F^{(2)} \quad \Rightarrow \quad \underline{I_F^{(1)} = -I_F^{(2)}}$$

$$U_F^S - U_F^T = I_F^S \cdot R_F$$

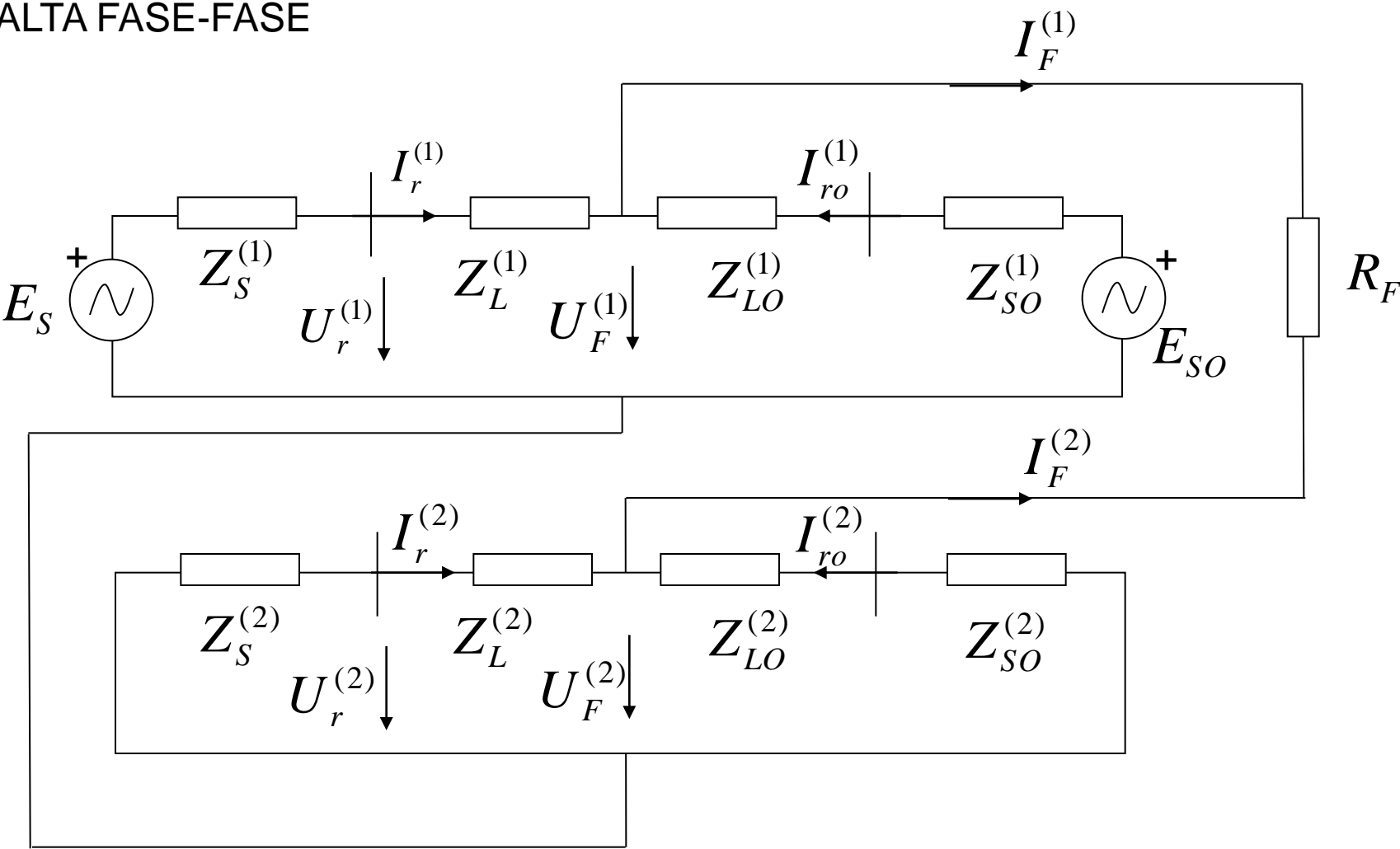
$$a^2 \cdot U_F^{(1)} + a \cdot U_F^{(2)} - (a \cdot U_F^{(1)} + a^2 \cdot U_F^{(2)}) = (a^2 \cdot I_F^{(1)} + a \cdot I_F^{(2)}) \cdot R_F$$

$$(a^2 - a) \cdot U_F^{(1)} - (a^2 - a) \cdot U_F^{(2)} = (a^2 - a) \cdot I_F^{(1)} \cdot R_F$$

$$\underline{U_F^{(1)} - U_F^{(2)} = I_F^{(1)} \cdot R_F}$$



FALTA FASE-FASE



## Medida relé de distancia. Lazo bifásico S-T

$$U_r^{(1)} = I_r^{(1)} \cdot Z_L^{(1)} + U_F^{(1)}$$

$$U_r^{(2)} = I_r^{(2)} \cdot Z_L^{(2)} + U_F^{(2)}$$

$$U_r^{(1)} - U_r^{(2)} = (I_r^{(1)} - I_r^{(2)}) \cdot Z_L^{(1)} + U_F^{(1)} - U_F^{(2)}$$

$$U_r^{(1)} - U_r^{(2)} = (I_r^{(1)} - I_r^{(2)}) \cdot Z_L^{(1)} + I_F^{(1)} \cdot R_F$$

$$U_r^{(1)} - U_r^{(2)} = (I_r^{(1)} - I_r^{(2)}) \cdot Z_L^{(1)} + (I_F^{(1)} - I_F^{(2)}) \cdot \frac{R_F}{2}$$

Identidad:

$$A^S - A^T =$$

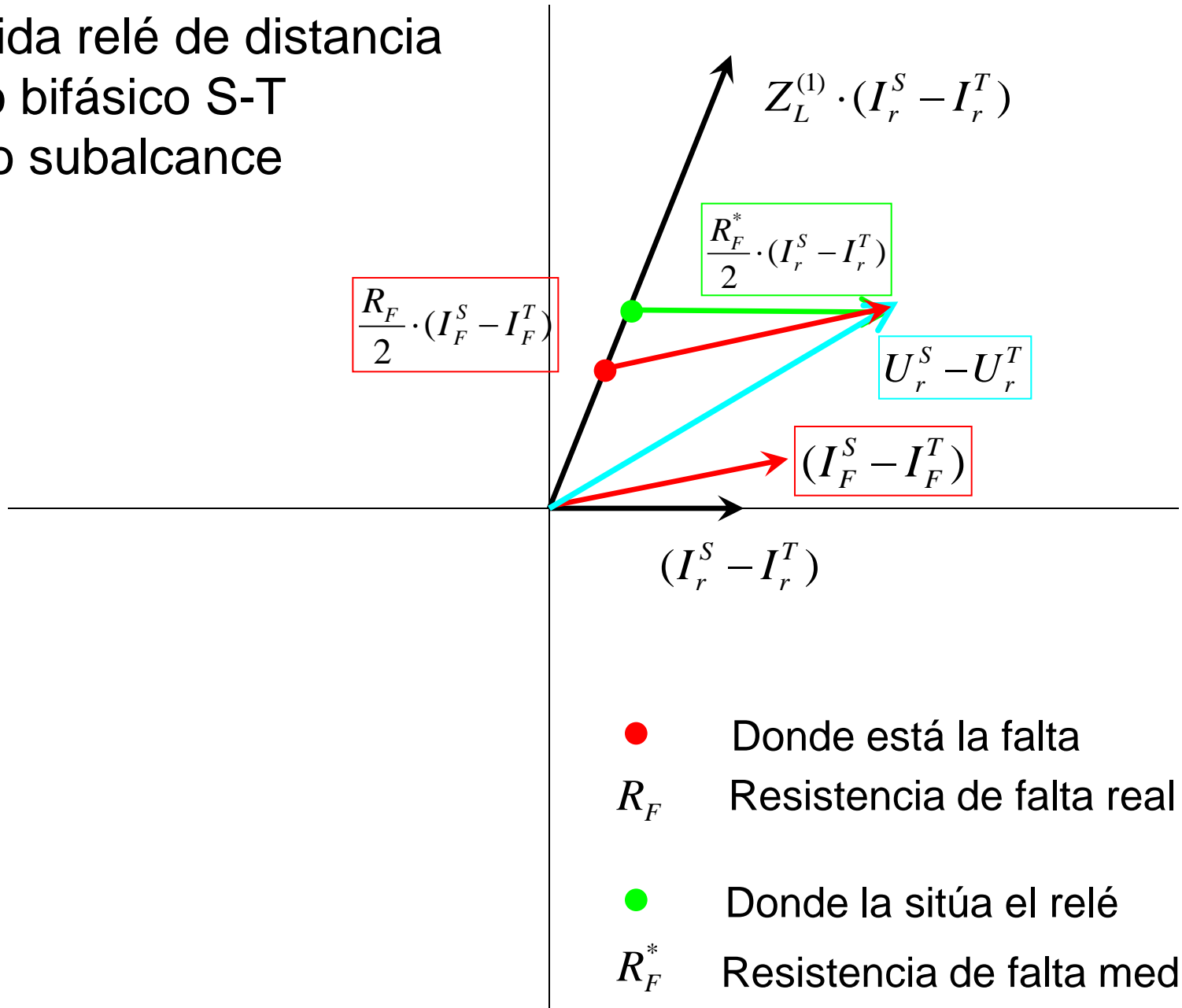
$$= (a^2 \cdot A^{(1)} + a \cdot A^{(2)} + A^{(0)}) - (a \cdot A^{(1)} + a^2 \cdot A^{(2)} + A^{(0)}) =$$

$$= (a^2 - a) \cdot (A^{(1)} - A^{(2)})$$

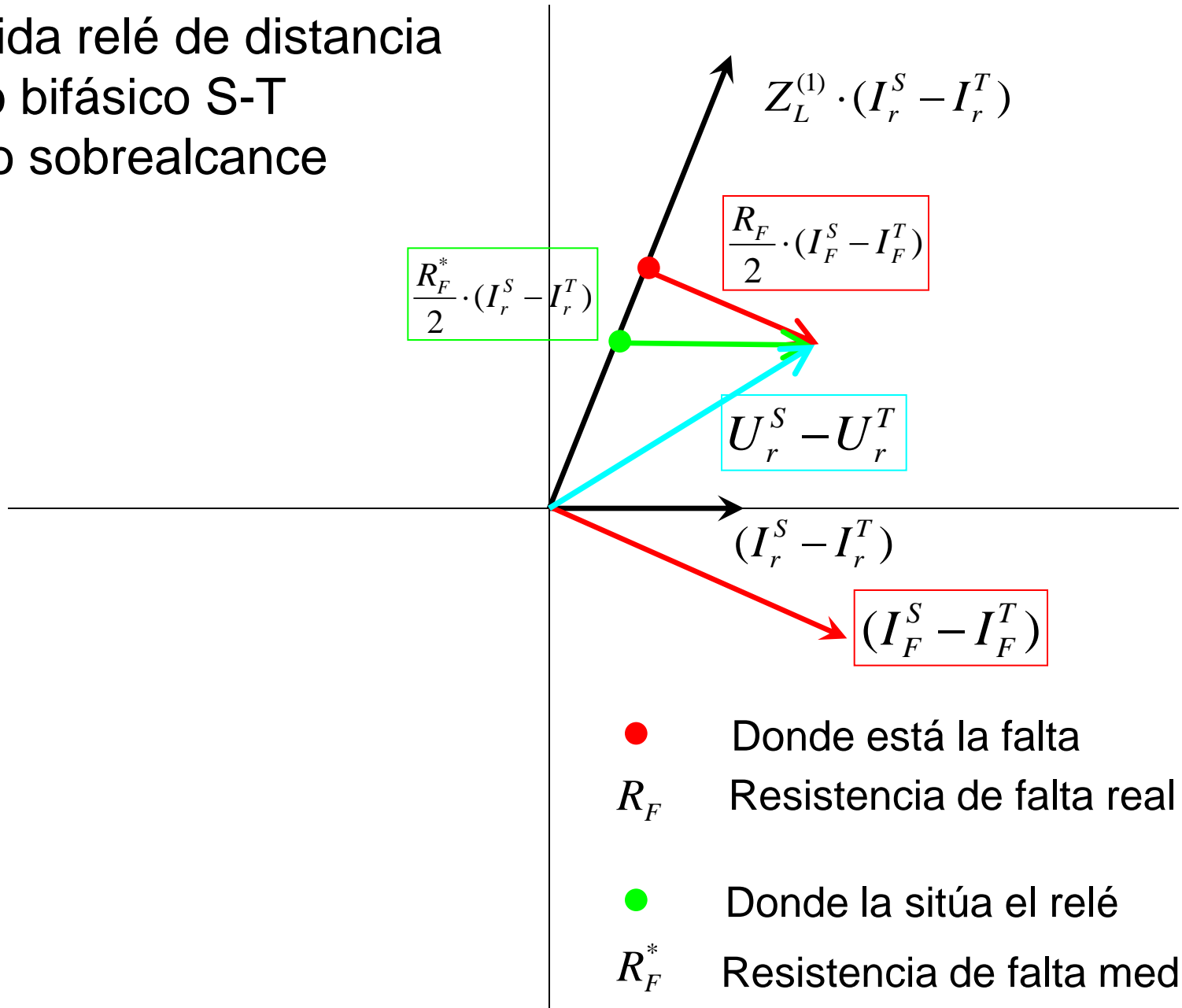
Luego, multiplicando ambos miembros por :  $(a^2 - a)$

$$U_r^S - U_r^T = (I_r^S - I_r^T) \cdot Z_L^{(1)} + (I_F^S - I_F^T) \cdot \frac{R_F}{2}$$

Medida relé de distancia  
Lazo bifásico S-T  
Caso subalcance



Medida relé de distancia  
Lazo bifásico S-T  
Caso sobrealcance



## FALTA FASE-TIERRA

R Fase de referencia

Falta entre R y tierra

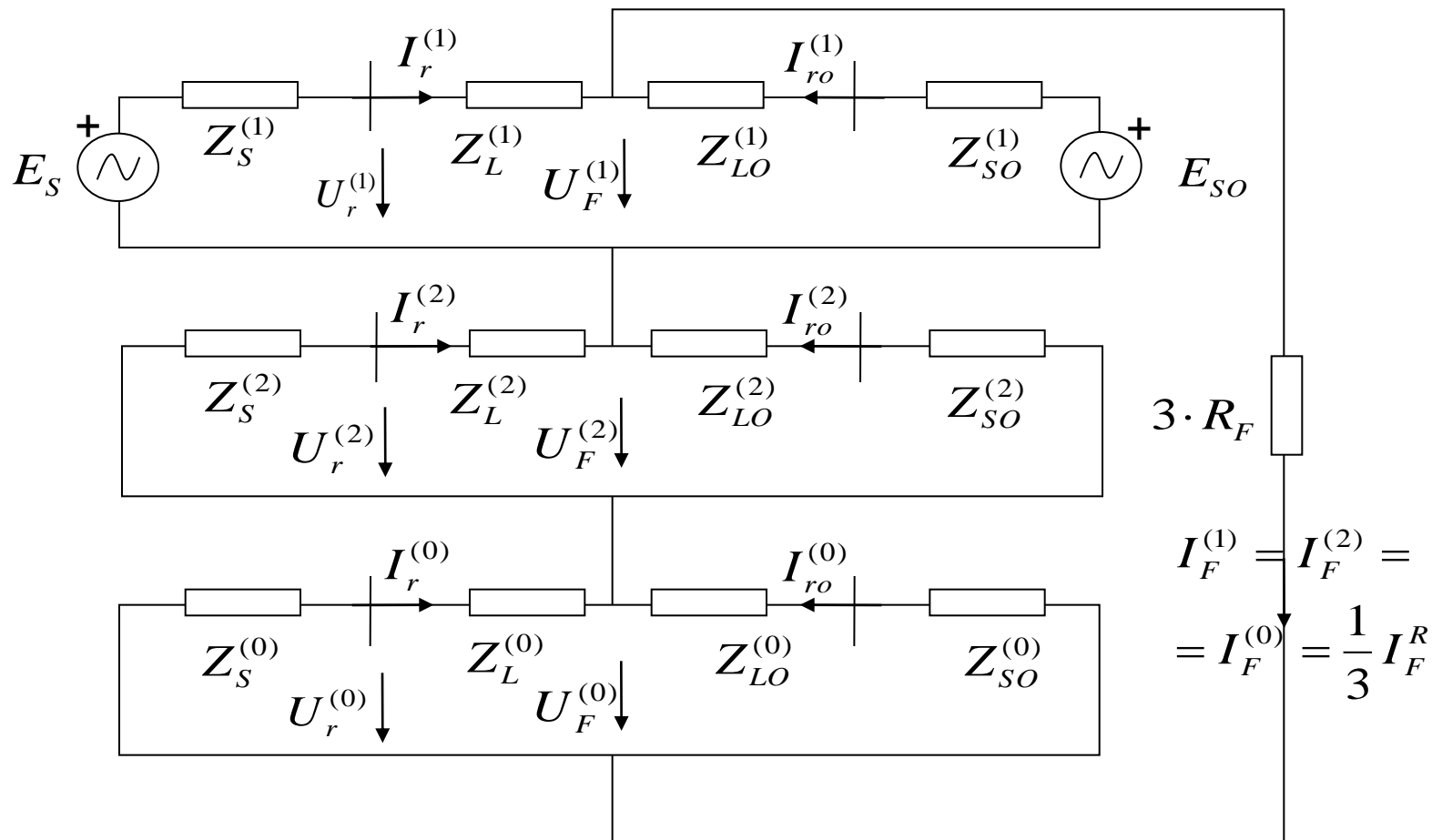
$$U_F^R = I_F^R \cdot R_F$$

$$U_F^{(1)} + U_F^{(2)} + U_F^{(0)} = (I_F^{(1)} + I_F^{(2)} + I_F^{(0)}) \cdot R_F$$

$$I_F^R \neq 0 \quad I_F^S = I_F^T = 0 \quad \Rightarrow \quad I_F^{(1)} = I_F^{(2)} = I_F^{(0)}$$

$$U_F^{(1)} + U_F^{(2)} + U_F^{(0)} = I_F^{(0)} \cdot 3 \cdot R_F$$

# FALTA FASE-TIERRA



## Medida relé de distancia. Lazo monofásico R-tierra

$$U_r^{(1)} = I_r^{(1)} \cdot Z_L^{(1)} + U_F^{(1)}$$

$$U_r^{(2)} = I_r^{(2)} \cdot Z_L^{(2)} + U_F^{(2)}$$

$$U_r^{(0)} = I_r^{(0)} \cdot Z_L^{(0)} + U_F^{(0)}$$

$$U_r^R = I_r^{(1)} \cdot Z_L^{(1)} + I_r^{(2)} \cdot Z_L^{(2)} + I_r^{(0)} \cdot Z_L^{(0)} + I_F^R \cdot R_F$$

$$\text{Como } Z_L^{(1)} = Z_L^{(2)} : U_r^R = (I_r^{(1)} + I_r^{(2)} + I_r^{(0)} \cdot \frac{Z_L^{(0)}}{Z_L^{(1)}}) \cdot Z_L^{(1)} + I_F^R \cdot R_F$$

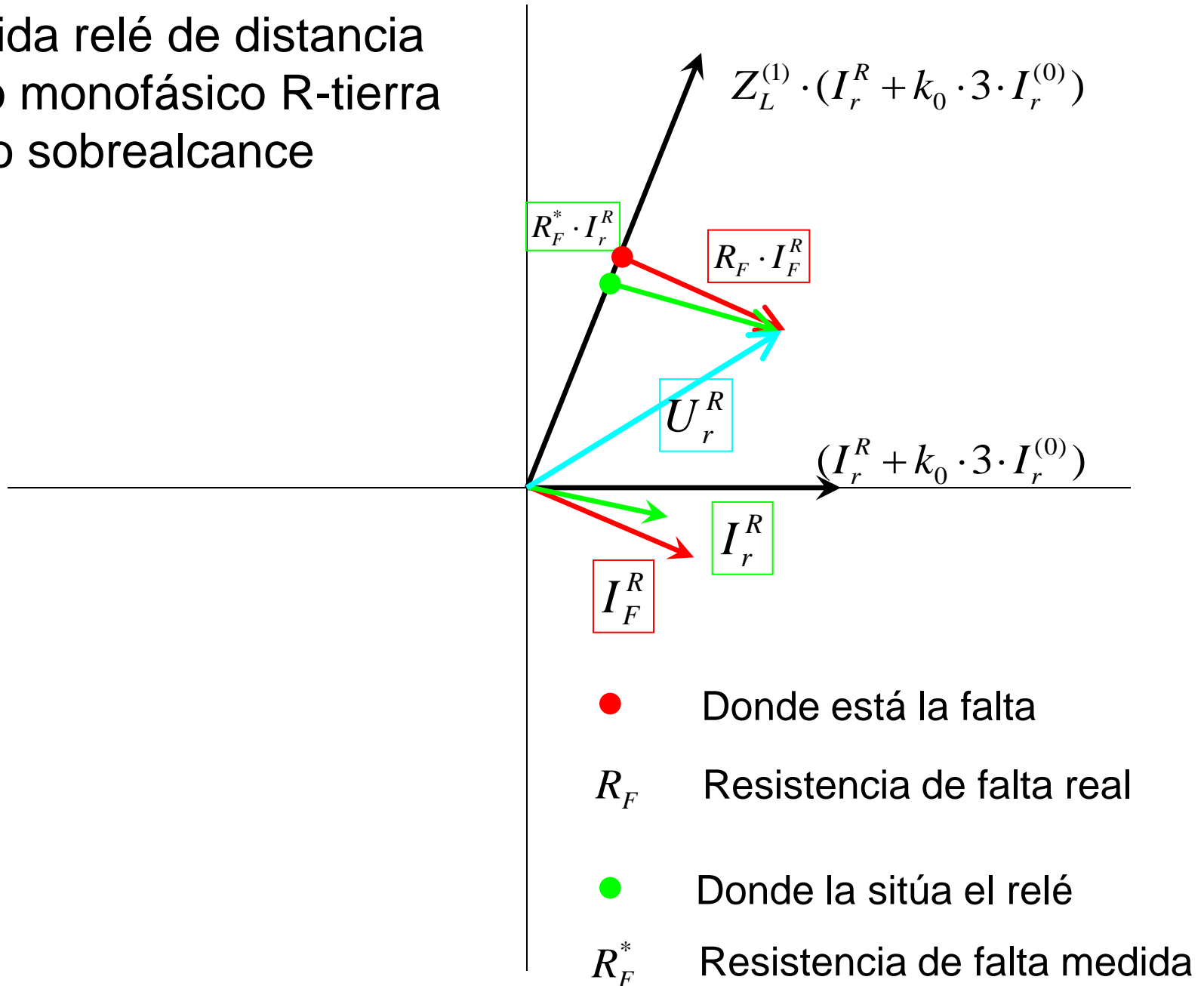
$$U_r^R = [I_r^{(1)} + I_r^{(2)} + I_r^{(0)} + I_r^{(0)} \cdot (\frac{Z_L^{(0)}}{Z_L^{(1)}} - 1)] \cdot Z_L^{(1)} + I_F^R \cdot R_F$$

$$U_r^R = [I_r^R + 3 \cdot I_r^{(0)} \cdot (\frac{Z_L^{(0)} - Z_L^{(1)}}{3 \cdot Z_L^{(1)}})] \cdot Z_L^{(1)} + I_F^R \cdot R_F$$

$$k_0 = \frac{Z_L^{(0)} - Z_L^{(1)}}{3 \cdot Z_L^{(1)}}$$

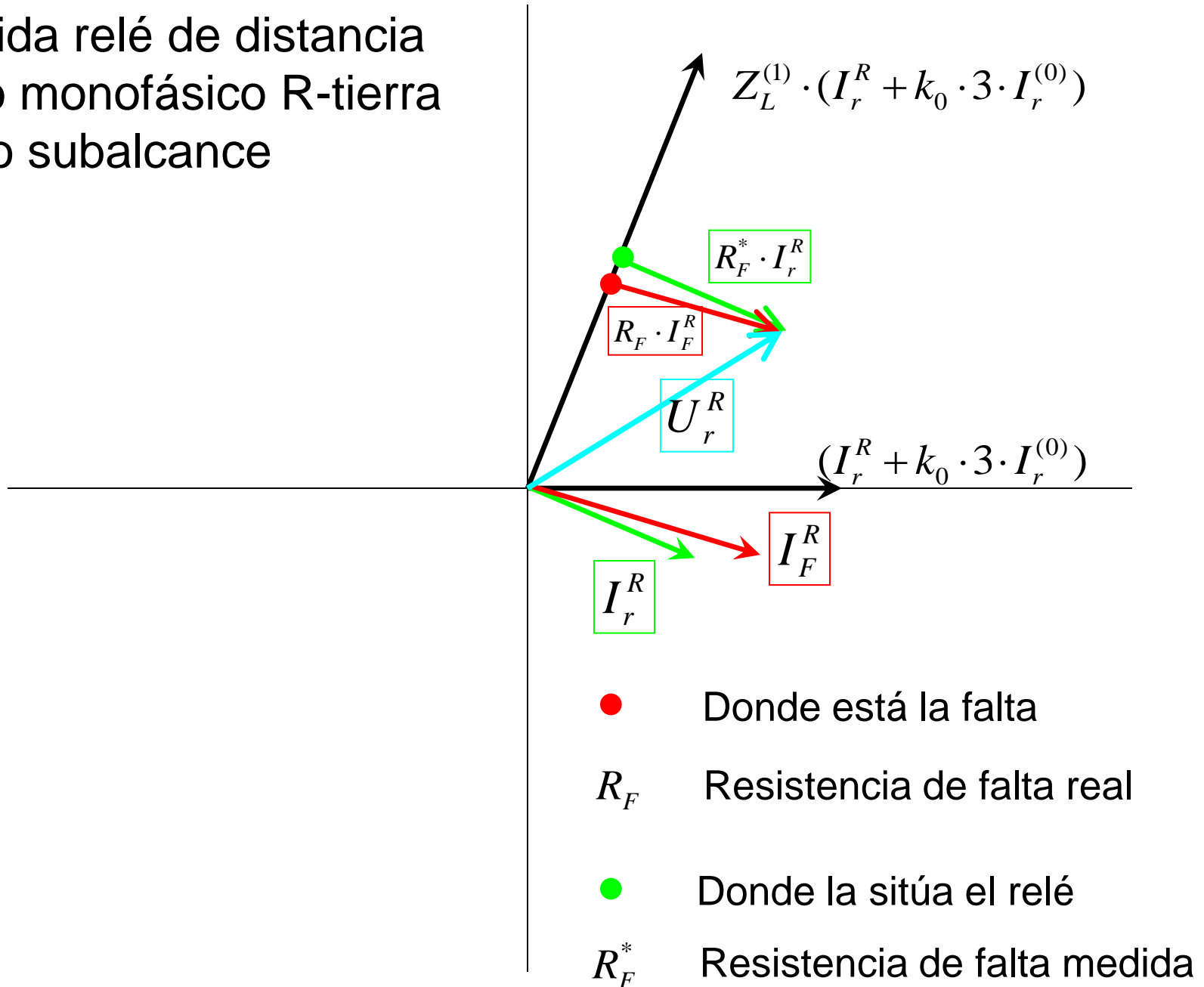
$$\underline{U_r^R = [I_r^R + k_0 \cdot (3 \cdot I_r^{(0)})] \cdot Z_L^{(1)} + I_F^R \cdot R_F}$$

Medida relé de distancia  
Lazo monofásico R-tierra  
Caso sobrealcance

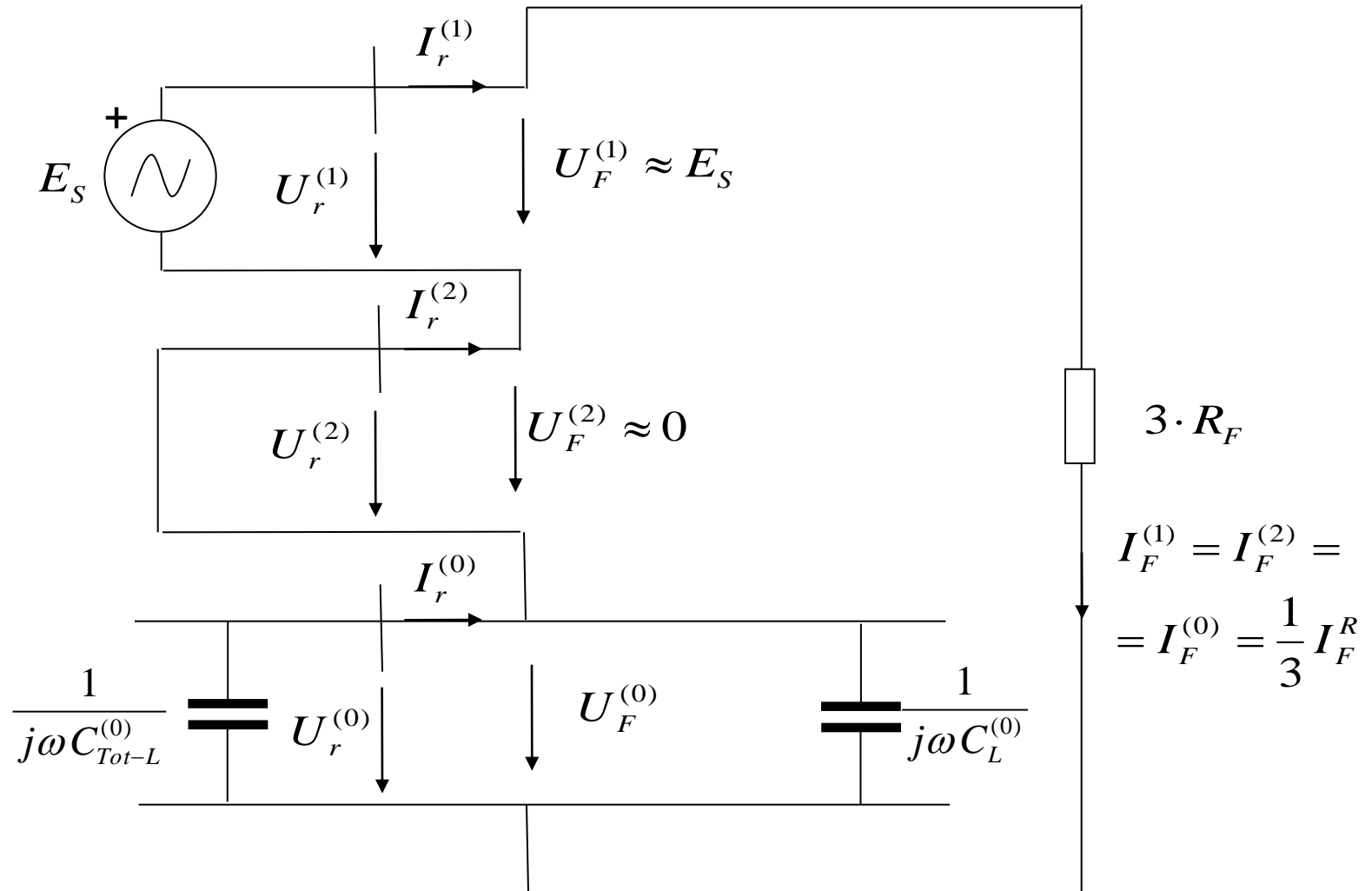




Medida relé de distancia  
Lazo monofásico R-tierra  
Caso subalcance



# FALTA FASE-TIERRA CON NEUTRO AISLADO. RED RADIAL



## FALTA FASE-TIERRA CON NEUTRO AISLADO. RED RADIAL

$$I_F^{(0)} = \frac{E_S}{3 \cdot R_F + \frac{1}{j\omega C_{Tot}^{(0)}}}$$

$$I_F^{(0)} = j\omega C_{Tot}^{(0)} \cdot U_F^{(0)}$$

$$U_r^{(0)} = U_F^{(0)} = \frac{E_S}{1 + j3\omega C_{Tot}^{(0)} R_F}$$

$$I_r^{(0)} = -j\omega (C_{Tot}^{(0)} - C_L^{(0)}) \cdot U_r^{(0)}$$