

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:

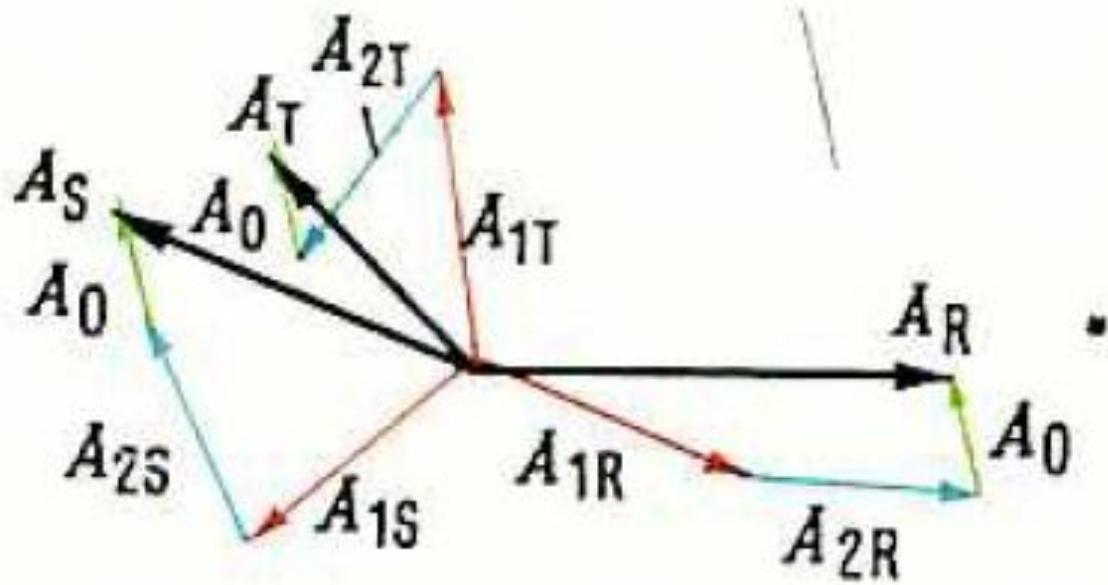
$$1 + a = -a^2; 1 + a^2 = -a \text{ y } 0,866 = 0,5 \cdot \sqrt{3}$$

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

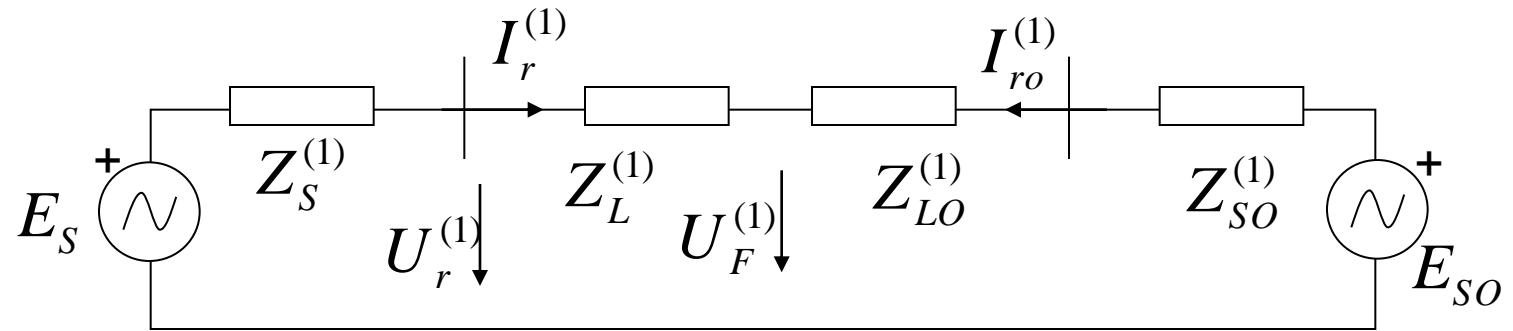
$$A_{2R} = \frac{1}{3} (A_R + a^2 \cdot A_S + a \cdot A_T)$$

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

COMPONENTES SIMÉTRICAS

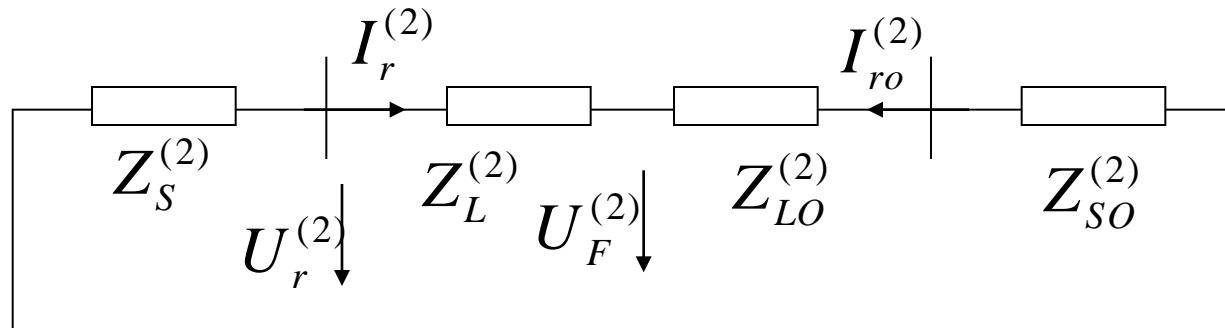


Circuito de secuencia directa



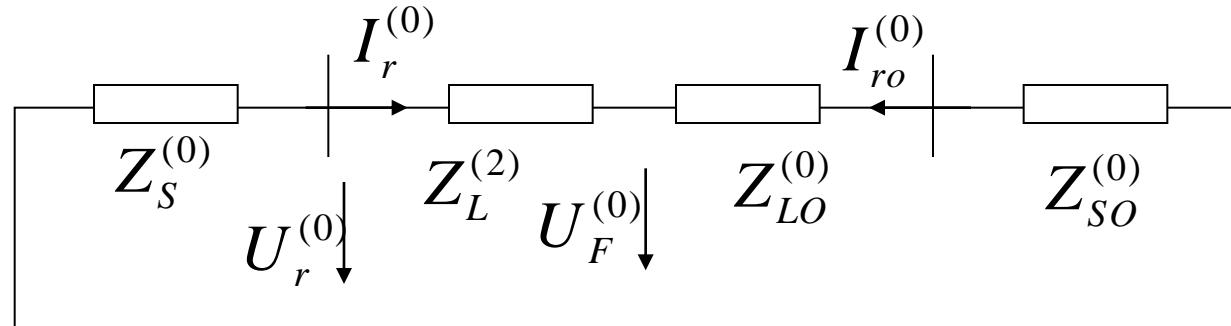
$$U_F^{(1)} = E_S - I_r^{(1)} \cdot (Z_S^{(1)} + Z_L^{(1)})$$

Circuito de secuencia inversa



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

Circuito de secuencia cero



$$U_F^{(0)} = -I_r^{(0)} \cdot (Z_S^{(0)} + Z_L^{(2)})$$

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

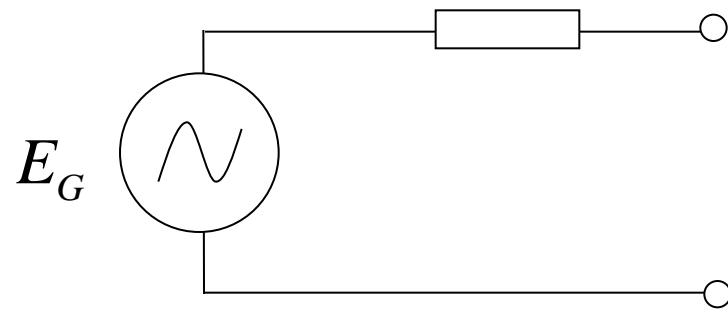
Generadores

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

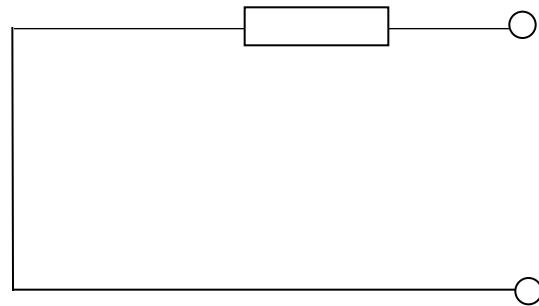
Generadores

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

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



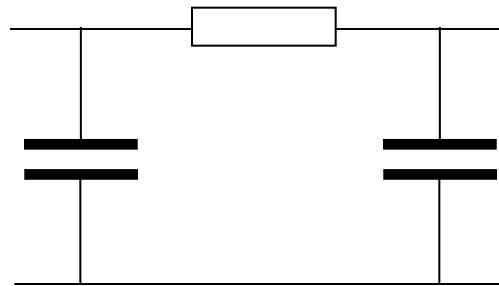
Impedancias equivalentes de los elementos de la red en las diferentes secuencias

Líneas

Secuencia cero

$$Z_L^{(0)} = R_L^{(0)} + jX_L^{(0)}$$

$$\frac{1}{j\omega(\frac{1}{2} \cdot C_L^{(0)})}$$

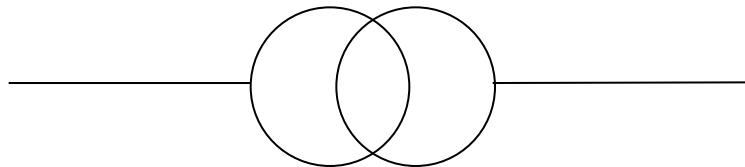


$$\frac{1}{j\omega(\frac{1}{2} \cdot C_L^{(0)})}$$

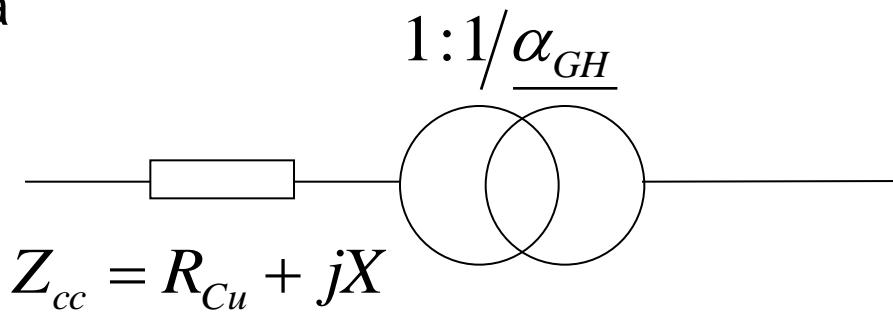
Los elementos capacitivos resultan despreciables
siempre que exista en los neutros una conexión a tierra de baja impedancia

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

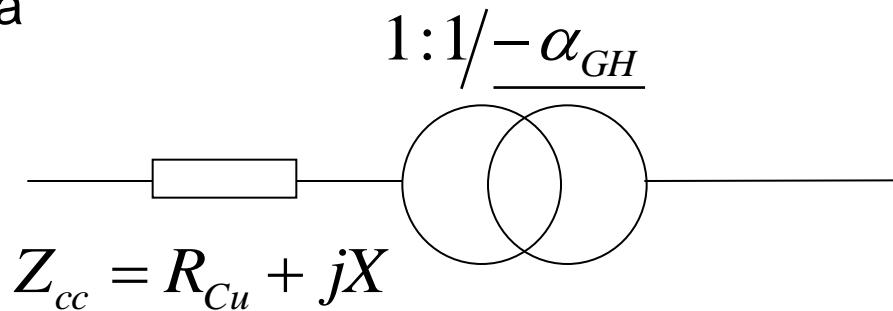
Trafos



Secuencia directa



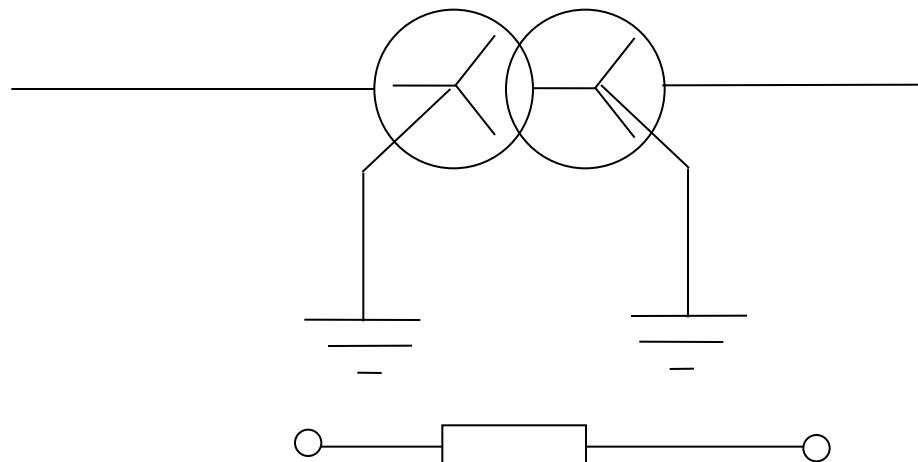
Secuencia inversa



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

Trafos

Secuencia cero
(Trafo Yy)



$$Z_{cc} = R_{Cu} + jX$$

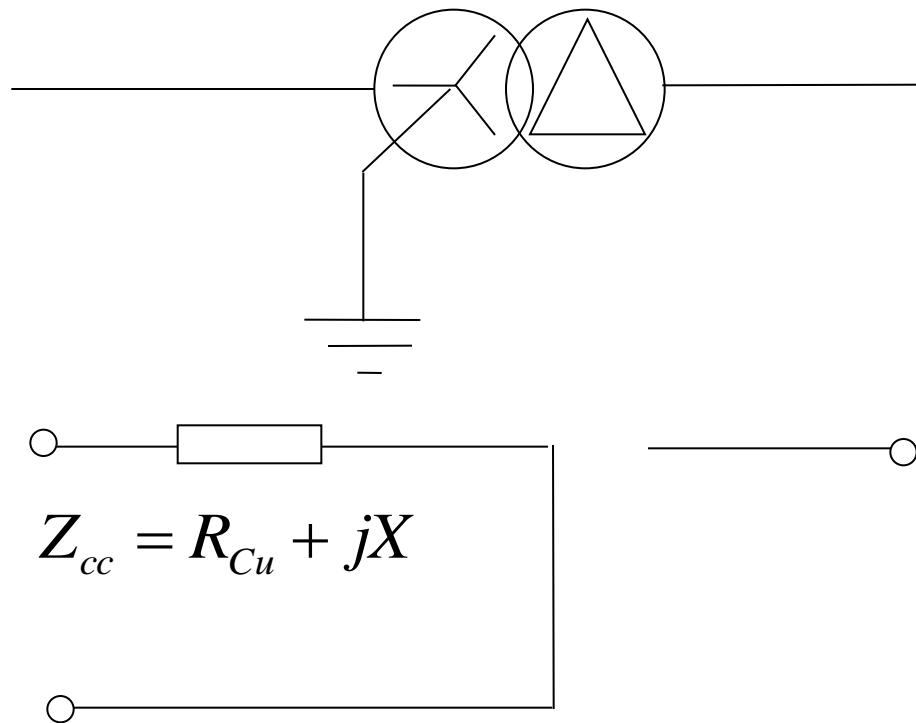


- Si el neutro está desconectado, equivale a circuito abierto
- En trafos Yy de tres columnas hay que tener en cuenta la impedancia que representa la corriente de vacío

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

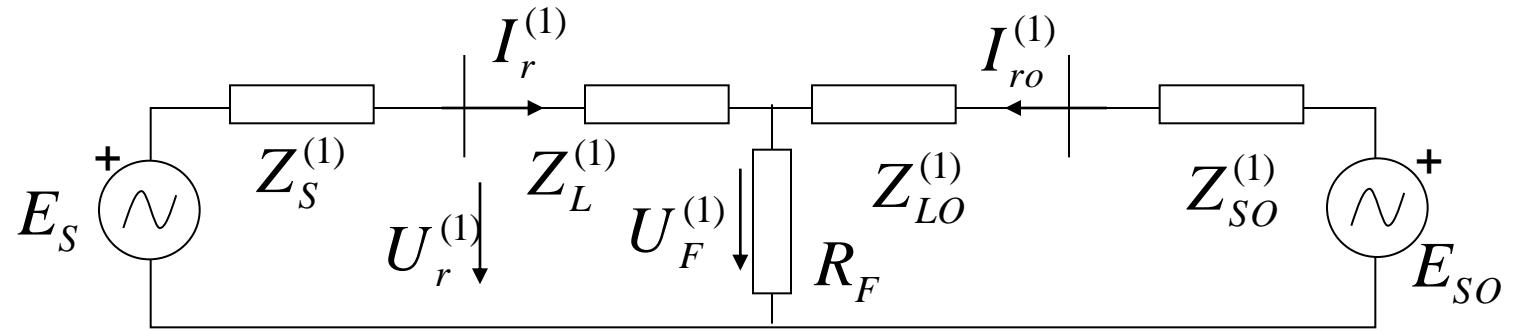
Trafos

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

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

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

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

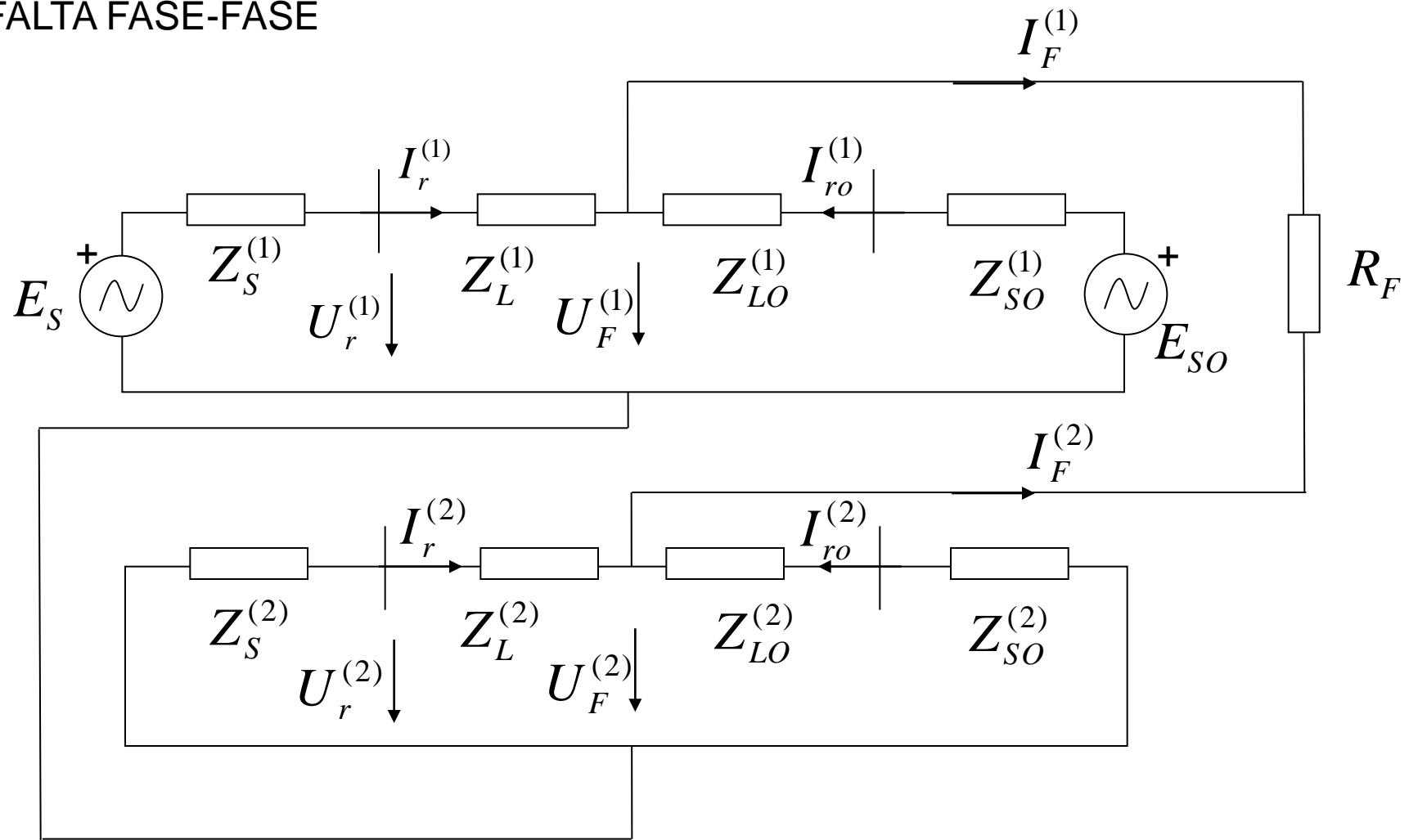
$$U_F^S - U_F^T = I_F^S \cdot R_F$$

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

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

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

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:

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

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

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

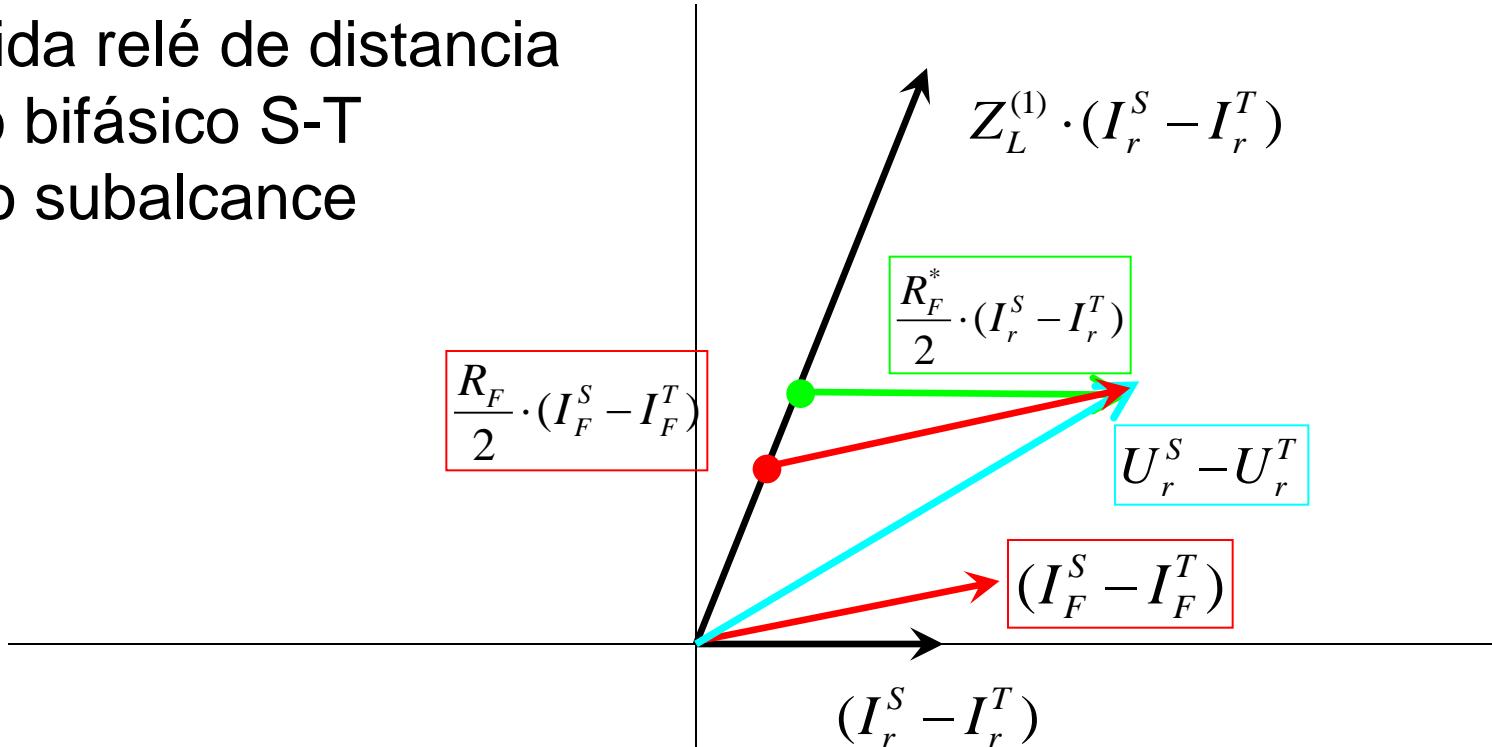
Luego, multiplicando ambos miembros por : $(a^2 - a)$

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

Medida relé de distancia

Lazo bifásico S-T

Caso subalcance

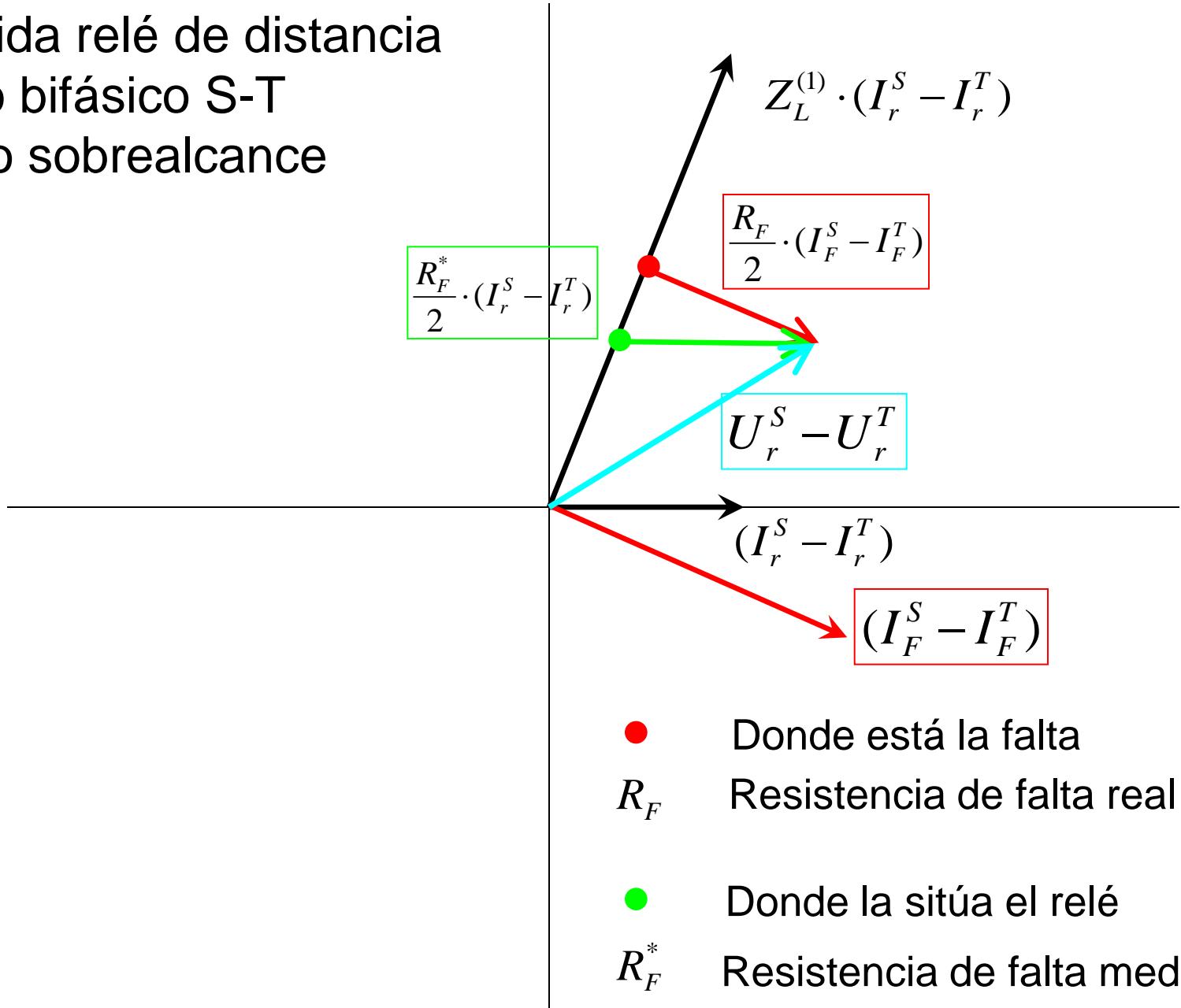


- Donde está la falta
 R_F Resistencia de falta real
- Donde la sitúa el relé
 R_F^* Resistencia de falta medida

Medida relé de distancia

Lazo bifásico S-T

Caso sobrealcance



FALTA FASE-TIERRA

R Fase de referencia

Falta entre R y tierra

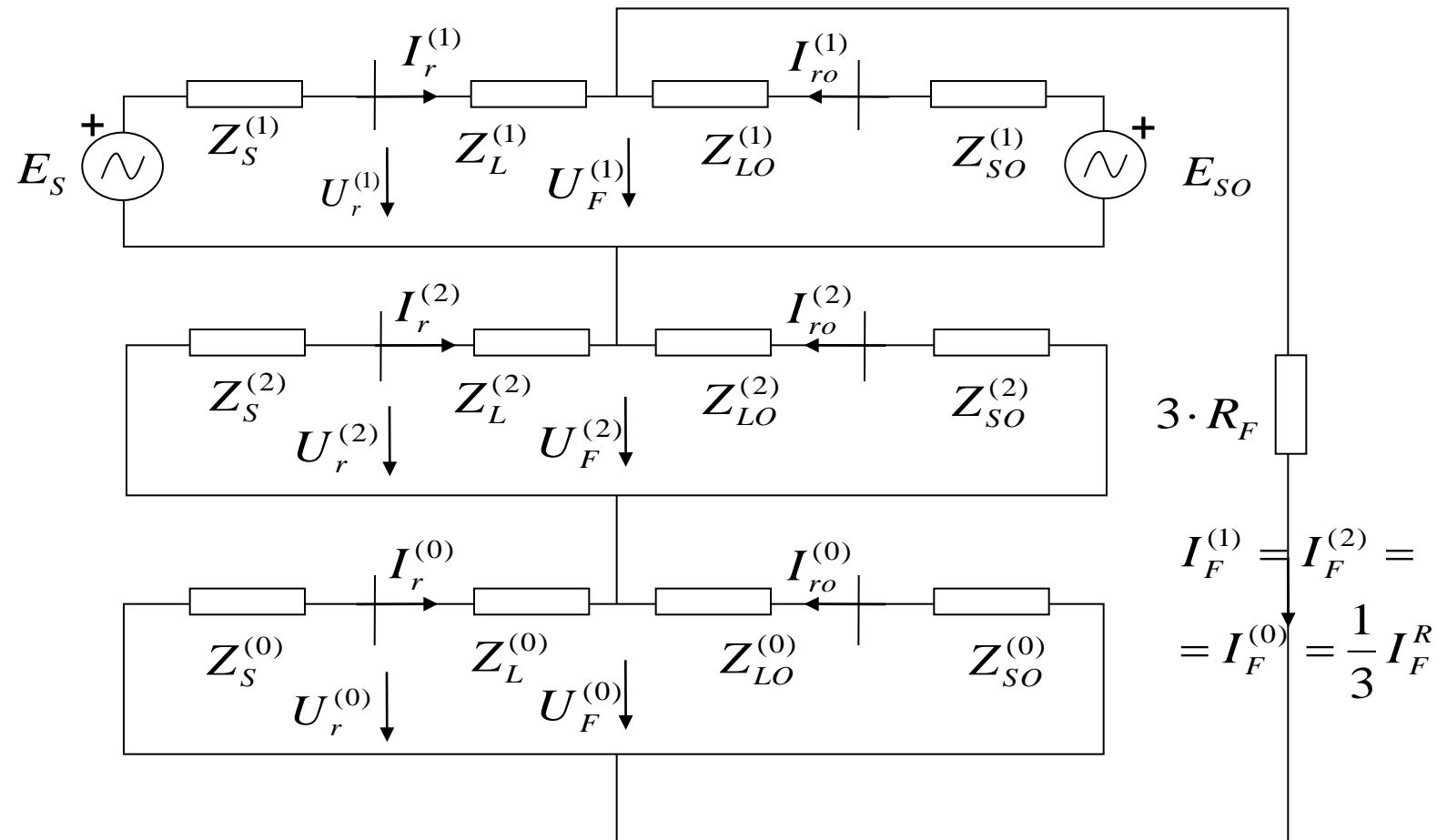
$$U_F^R = I_F^R \cdot R_F$$

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

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

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

FALTA FASE-TIERRA



Medida relé de distancia. Lazo monofásico R-tierra

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

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

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

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

Como $Z_L^{(1)} = Z_L^{(2)}$:

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

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

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

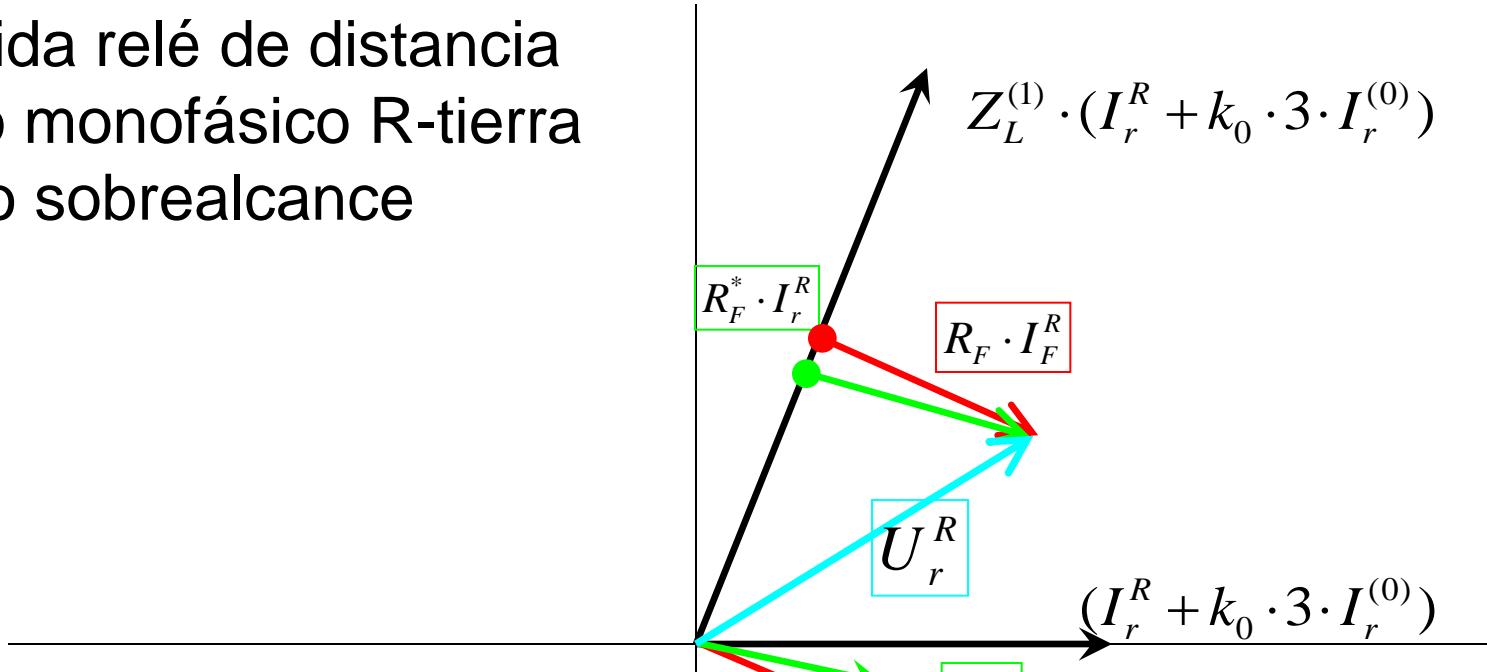
$$k_0 = \frac{Z_L^{(0)} - Z_L^{(1)}}{3 \cdot Z_L^{(1)}}$$

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

Medida relé de distancia

Lazo monofásico R-tierra

Caso sobrealcance

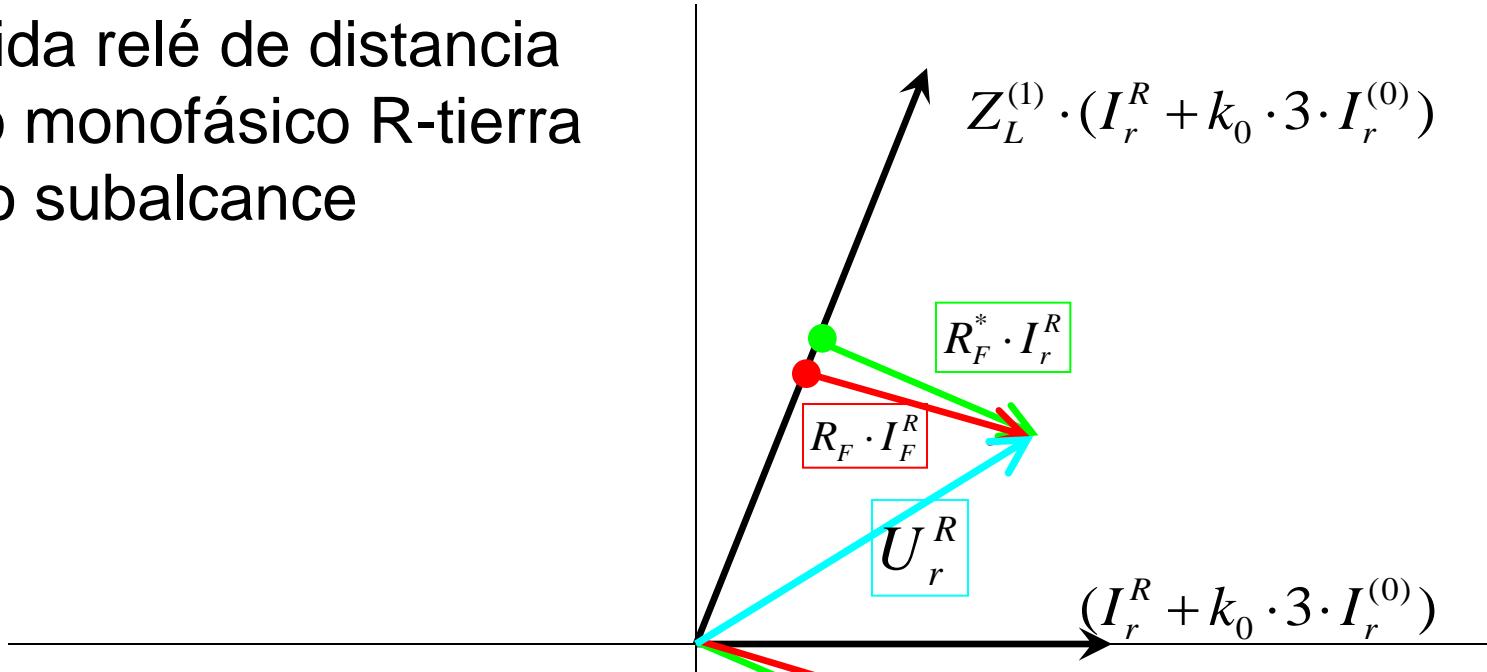


- Donde está la falta
- R_F Resistencia de falta real
- Donde la sitúa el relé
- R_F^* Resistencia de falta medida

Medida relé de distancia

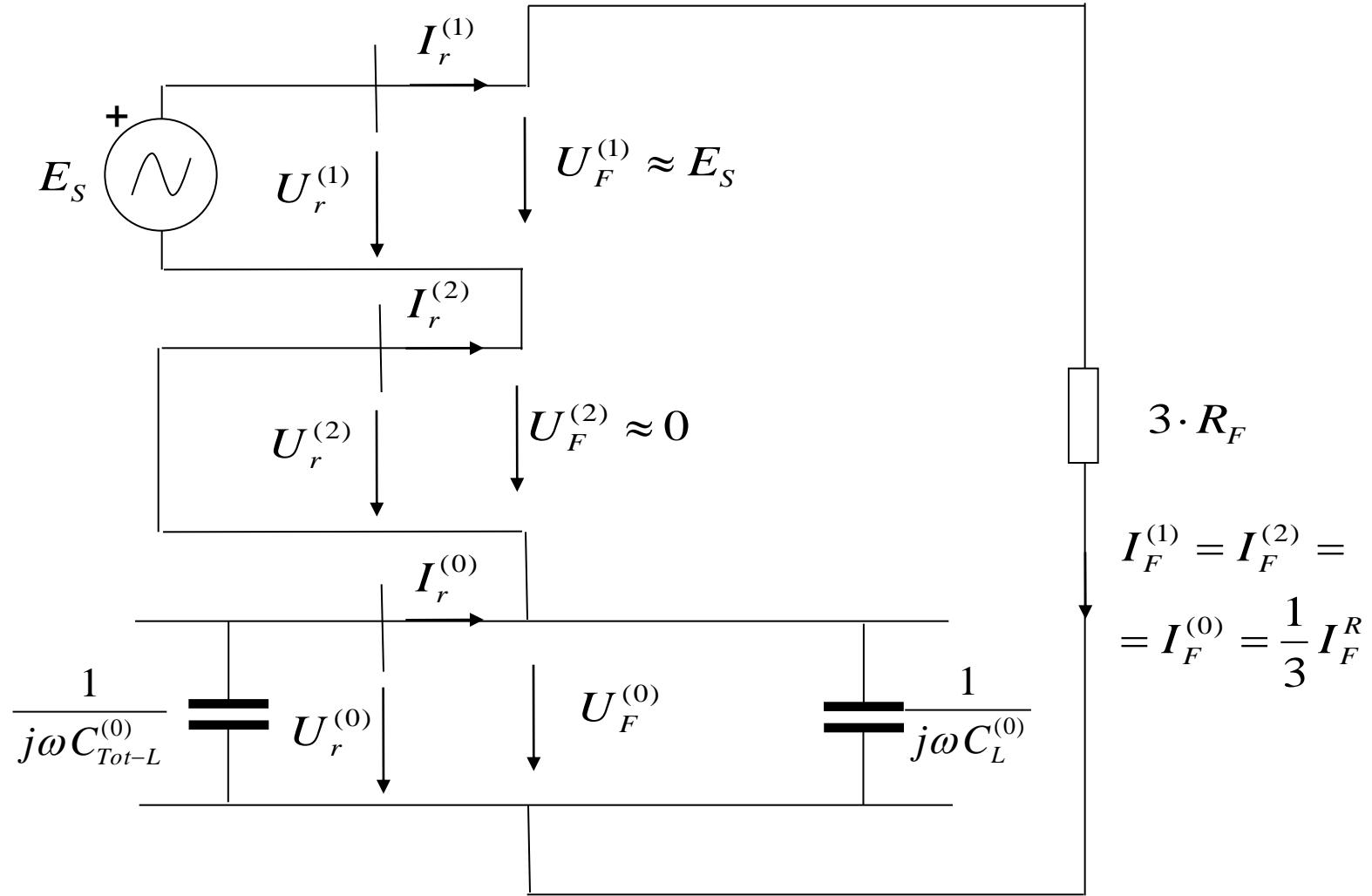
Lazo monofásico R-tierra

Caso subalcance



- Donde está la falta
- R_F Resistencia de falta real
- Donde la sitúa el relé
- R_F^* Resistencia de falta medida

FALTA FASE-TIERRA CON NEUTRO AISLADO. RED RADIAL



FALTA FASE-TIERRA CON NEUTRO AISLADO. RED RADIAL

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

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

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

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