

5 – Análise Faltas Assimétricas

5.1 – Falta Fase-Terra

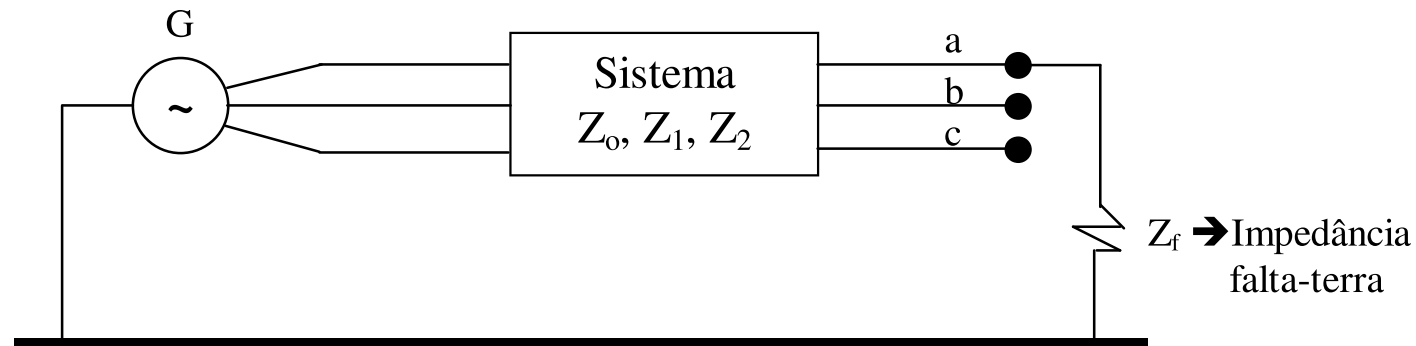
5.2 – Falta entre duas linhas

5.3 – Falta entre duas linhas e terra

5.4 – Defasagem entre trafos Y- Δ

5.1 - Falta Fase-Terra

↪ grau de incidência: 70%



⇒ Z_0, Z_1, Z_2 : impedâncias do sistema, visto a partir do ponto de defeito;

⇒ E_a, E_b, E_c : tensões equivalentes – f.e.m. de seq. Positiva.

5.1 - Falta Fase-Terra

a) Condições no ponto de falta:

$$V_a = Z_f \cdot I_a \quad I_b = 0 \quad I_c = 0$$

desprezam-se as correntes de carga.

a1) *Correntes:*

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{1}{3} I_a$$

5.1 - Falta Fase-Terra

a2) Tensões:

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_1 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \frac{1}{3} \begin{bmatrix} I_a \\ I_a \\ I_a \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} V_{a0} &= -Z_0 \cdot \frac{1}{3} I_a \\ V_{a1} &= E_1 - Z_1 \cdot \frac{1}{3} I_a \\ V_{a2} &= -Z_2 \cdot \frac{1}{3} I_a \end{aligned}$$

5.1 - Falta Fase-Terra

Retomando $V_a = Z_f \cdot I_a$

$$I_a = \frac{V_a}{Z_f} = \frac{\frac{-Z_0 I_a}{3} + E_1 - \frac{Z_1 I_a}{3} + \frac{-Z_2 I_a}{3}}{Z_f}$$

Tirando I_a :

$$I_a = \frac{3E_1}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f}$$

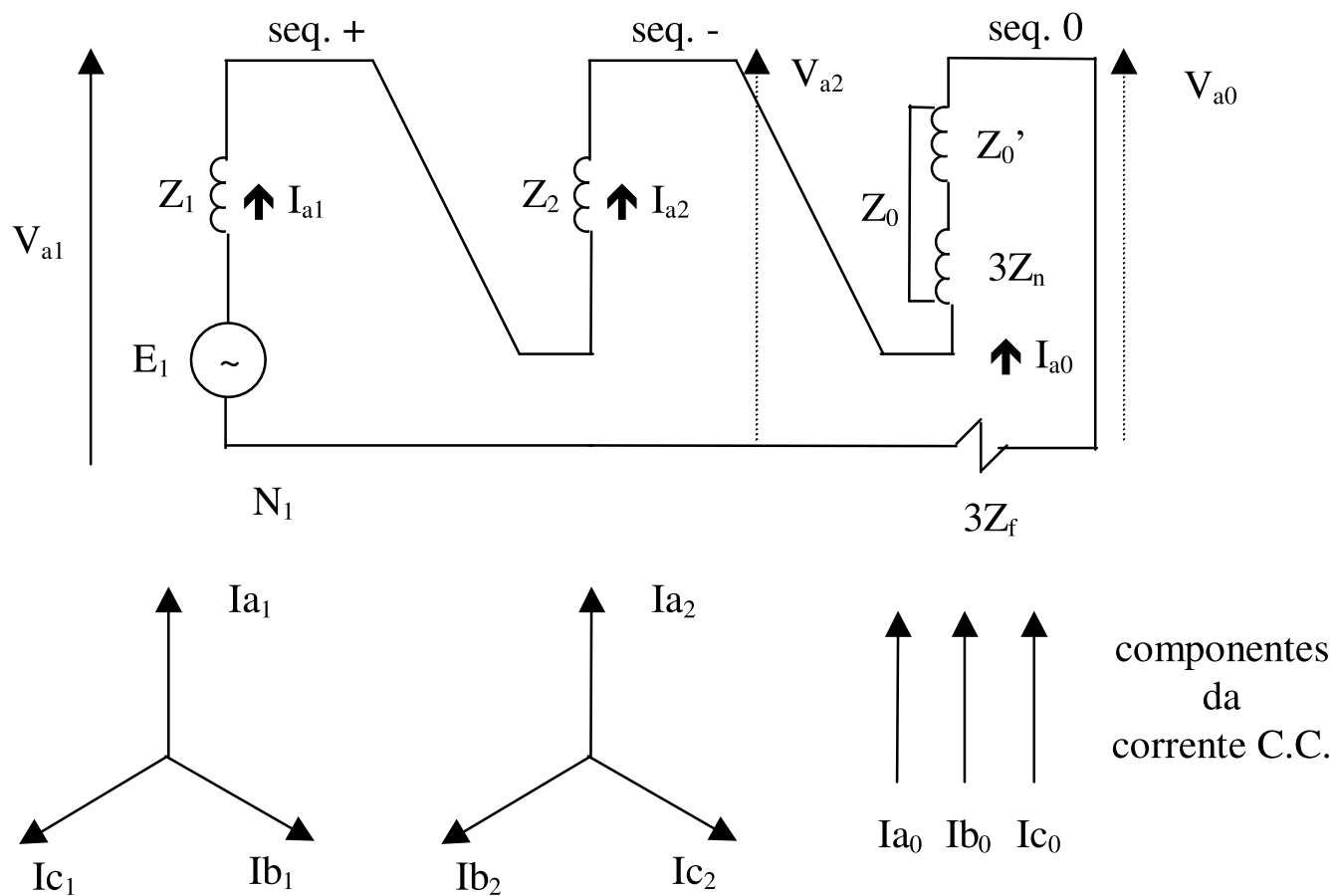
corrente na fase A.

As componentes de corrente serão:

$$\frac{I_a}{3} = I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{E_1}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f}$$

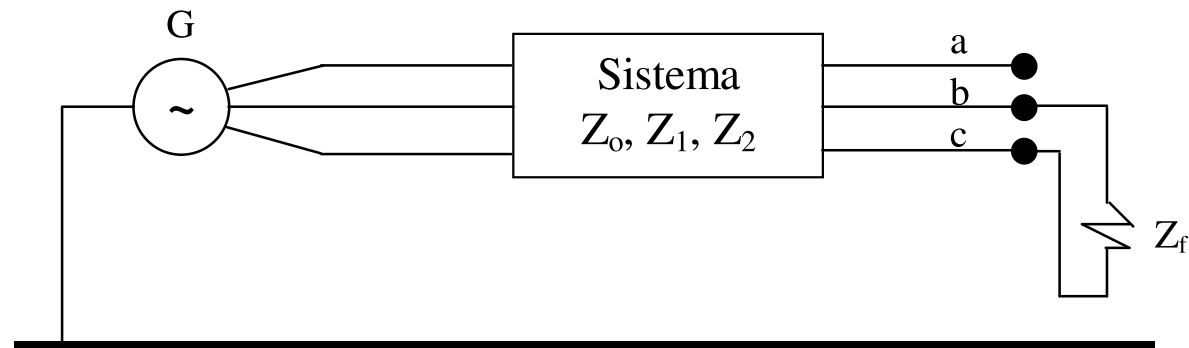
5.1 - Falta Fase-Terra

Diagrama:



5.2 Falta entre duas linhas

↪ grau de incidência: 15%



a) Condições no ponto de falta:

$$V_b - V_c = Z_f I_b$$

$$I_a = 0$$

$$I_b = -I_c$$

5.2 Falta entre duas linhas

a1) Componentes simétricos da corrente:

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -I_c \\ I_c \end{bmatrix}$$

- $I_{a0} = 0$
- $(\because I_{b0} = I_{c0} = 0)$
- $I_{a2} = -I_{a1}$

5.2 Falta entre duas linhas

a2) Componentes simétricos das tensões:

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{a1} \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix}$$

$$V_{a0} = -Z_0 I_{a0} = 0 \quad V_{a1} = E_{a1} - Z_1 I_{a1} \quad V_{a2} = Z_2 I_{a1}$$

Analogamente

$$V_{b0} = -Z_0 I_{b0} = 0 \quad V_{b1} = E_{b1} - Z_1 I_{b1} \quad V_{b2} = Z_2 I_{b1}$$

$$V_{c0} = -Z_0 I_{c0} = 0 \quad V_{c1} = E_{c1} - Z_1 I_{c1} \quad V_{c2} = Z_2 I_{c1}$$

5.2 Falta entre duas linhas

↳ Usando expressões análogas para V_b e V_c e partindo de $V_b - V_c = I_b Z_f$, chegamos a:

$$\begin{aligned} V_b &= V_{b0} + V_{b1} + V_{b2} \\ V_c &= V_{c0} + V_{c1} + V_{c2} \\ I_b &= I_{b0} + I_{b1} + I_{b2} = 0 \end{aligned}$$

$$I_{a1} = \frac{E_{a1}}{Z_f + Z_1 + Z_2}$$

$$I_{a2} = -I_{a1}$$

$$I_{a0} = 0$$

5.2 Falta entre duas linhas

A corrente de falta será:

$$I_f = I_b = I_{b0} + I_{b1} + I_{b2} = a^2 I_{a1} + a I_{a2}$$

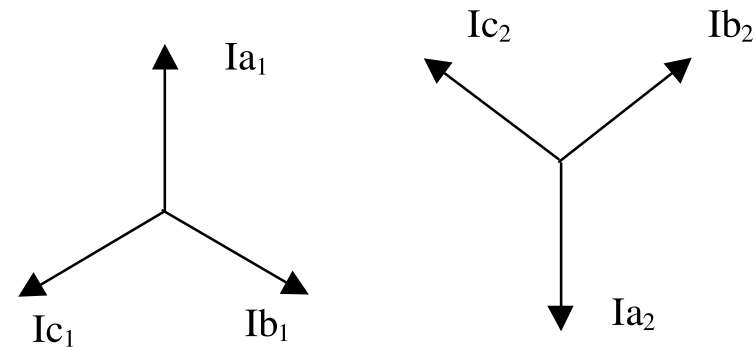
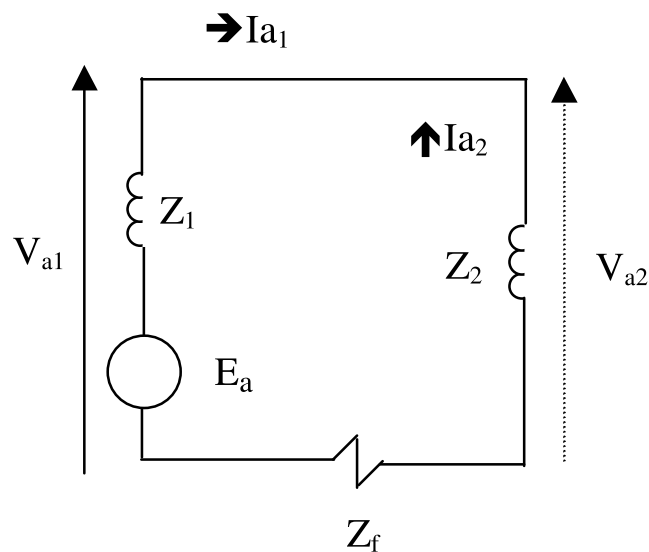
$$I_f = a^2 I_{a1} - a I_{a1} = (a^2 - a) I_{a1}$$

$$(a^2 - a) = -j\sqrt{3}$$

$$I_f = -j \frac{\sqrt{3} E_{a1}}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

5.2 Falta entre duas linhas

Circuito equivalente: o circuito de seqüência 0 (zero) não é utilizado (não haverá circulação de corrente de neutro no gerador).



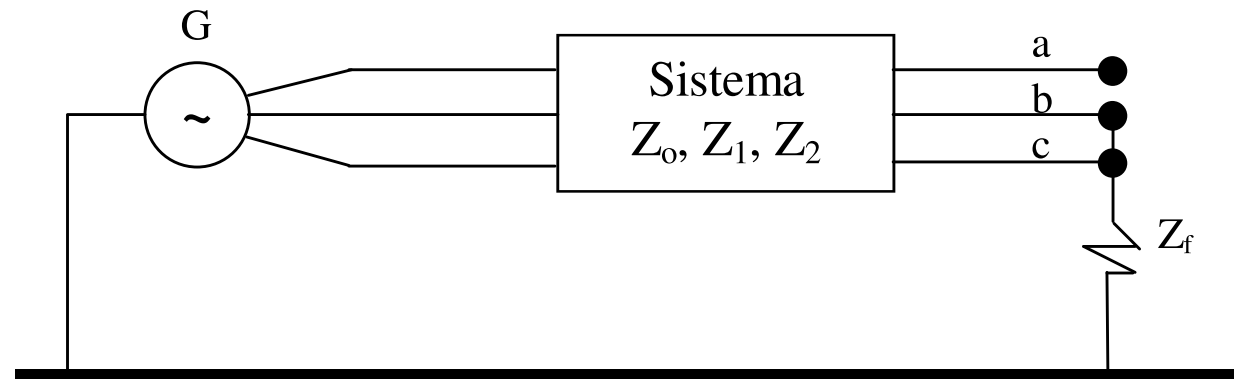
Componentes corrente C.C.



$$I_{a0} = I_{b0} = I_{c0} = 0$$

5.3 – Falta entre duas linhas e terra

↩ grau de incidência: 10%



a) Condições no ponto de falta:

$$I_a = 0$$

$$V_b = V_c = Z_f \cdot I_f$$

$$I_b + I_c = I_f$$

5.3 – Falta entre duas linhas e terra

a1) Componentes simétricos da tensão

$$V_{a1} = E_{a1} - I_{a1}Z_1$$

$$V_{a2} = 0 - I_{a2}Z_2$$

$$V_{a0} = 0 - I_{a0}Z_0$$

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_b \end{bmatrix} \Rightarrow V_{a1} = V_{a2} = V_{a0}$$

↓
para $Z_f = 0$

5.3 – Falta entre duas linhas e terra

a2) Componentes simétricos das correntes

Partindo de $V_b = V_c = I_f Z_f$ e fazendo algumas substituições, chegamos a:

$$I_{a1} = \frac{(Z_0 + Z_2 + 3Z_f)}{Z_1 Z_2 + (Z_0 + 3Z_f)(Z_1 + Z_2)} E_{a1}$$

$$I_{a2} = -\frac{(Z_0 + 3Z_f)}{Z_1 Z_2 + (Z_0 + 3Z_f)(Z_1 + Z_2)} E_{a1}$$

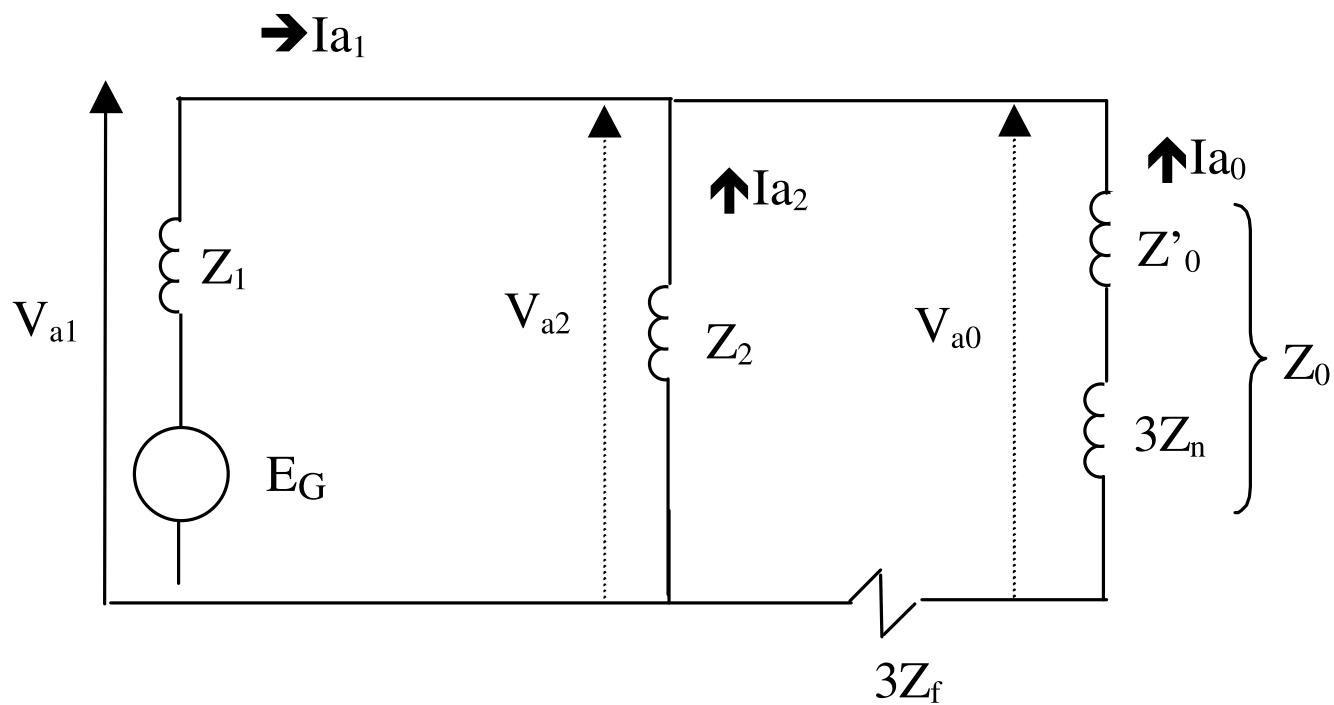
$$I_{a0} = \frac{-Z_2}{Z_1 Z_2 + (Z_0 + 3Z_f)(Z_1 + Z_2)} E_{a1}$$

A corrente de falta será: $I_n = I_b + I_c = 3I_{a0}$

$$I_f = 3I_{a0}$$

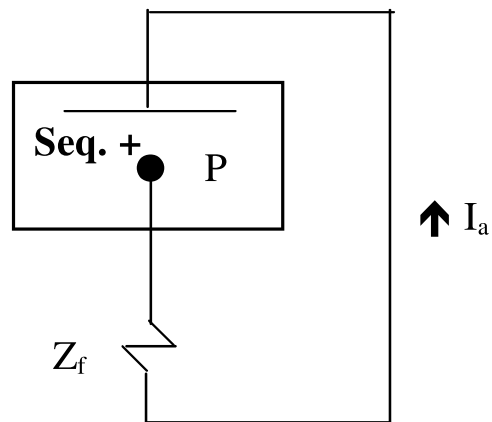
5.3 – Falta entre duas linhas e terra

Interligação dos circuitos:

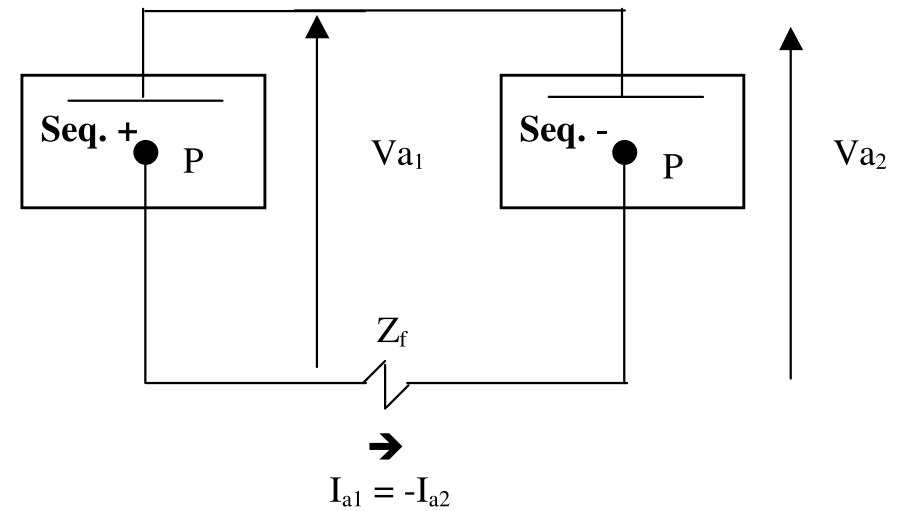


LIGAÇÕES DOS CIRCUITOS PARA OS VÁRIOS TIPOS DE FALTAS

Falta trifásica

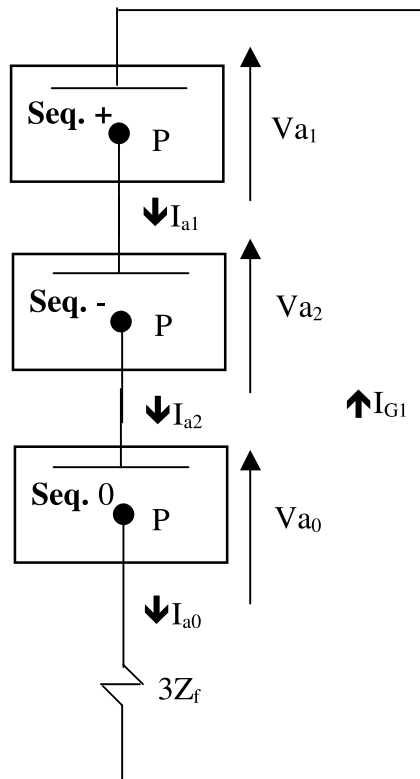


Falta entre duas linhas

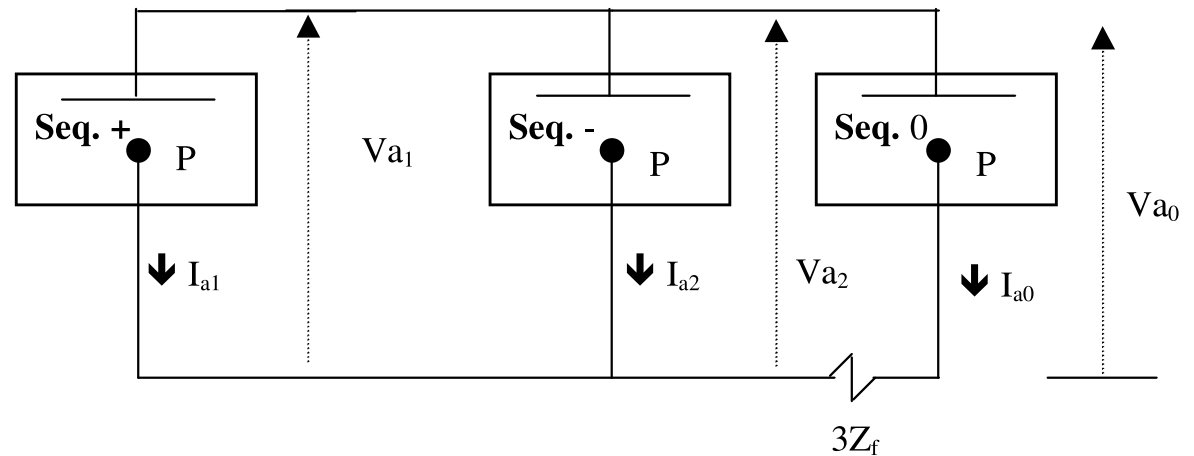


LIGAÇÕES DOS CIRCUITOS PARA OS VÁRIOS TIPOS DE FALTAS

Falta linha-terra



Falta entre duas linhas-terra



Exemplo de Aplicação

1. Uma máquina síncrona “A” com tensão de 1 pu, está interligada a outra “B”, com mesma tensão, conforme a figura. Pede-se a corrente de curto, para um defeito fase-fa. terra, no ponto “P”.

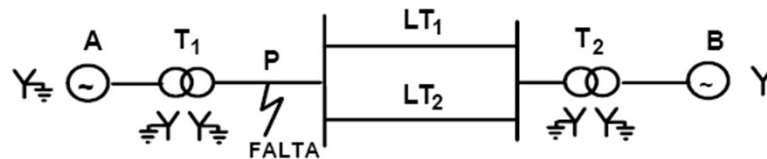


Figura 4.12-

São dados:

- Reatâncias (pu):

Máquina “A”: $X_1 = 0,3$; $X_2 = 0,2$; $X_0 = 0,05$; Máquina “B”: $X_1 = 0,25$; $X_2 = 0,15$; $X_0 = 0,03$

LT_1 e LT_2 : $X_1 = X_2 = 0,3$; $X_0 = 0,7$

T_1 : $X_1 = X_2 = X_0 = 0,12$; T_2 : $X_1 = X_2 = X_0 = 0,1$

Calcular a corrente de curto para:

- (a) Defeito fase-fase-terra no ponto P
- (b) Defeito fase-terra no lado de baixa tensão de T2
- (c) Defeito fase-fase nos terminais do gerador A.