

# Análise da Corrente de Seqüência Zero

$$\begin{bmatrix} \dot{I}a_1 \\ \dot{I}a_2 \\ \dot{I}a_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}a \\ \dot{I}b \\ \dot{I}c \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}a_0 = \frac{1}{3}(\dot{I}a + \dot{I}b + \dot{I}c)$$

$$\dot{I}n = (\dot{I}a + \dot{I}b + \dot{I}c)$$

a) **Sistema Estrela Aterrado:**

$$\dot{I}a_0 = \frac{\dot{I}n}{3}$$

$$\dot{I}n = 3 \cdot \dot{I}a_0$$

**Conclusão: Só pode existir corrente de Sequência Zero em um sistema com neutro aterrado.**

**A corrente no neutro é igual a  $3 \cdot \dot{I}a_0$ .**

**b) Sistema Estrela:**

$$(\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c) = 0$$
$$\dot{I}_{ao} = \frac{0}{3} = 0$$

**Como o sistema não está aterrado não há possibilidade de se ter corrente de sequência zero.**

**c) Sistema Triângulo:**

$$(\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c) = 0$$
$$\dot{I}_{ao} = \frac{0}{3} = 0$$

**Como o sistema não está aterrado não há possibilidade de se ter corrente de sequência zero.**

# Análise de Tensão de Seqüência Zero

a) Sistema Triângulo: 
$$\dot{V}_{ao} = \frac{1}{3}(\dot{V}_{ab} + \dot{V}_{bc} + \dot{V}_{ca}) = 0$$
$$\dot{V}_{ao} = \frac{0}{3} = 0$$

**Como o sistema não está aterrado não há possibilidade de se ter tensão de seqüência zero.**

b) Sistema Estrela:

$$\dot{V}_n = \frac{1}{3}(\dot{V}_{an} + \dot{V}_{bn} + \dot{V}_{cn})$$

*( $\dot{V}_{an} + \dot{V}_{bn} + \dot{V}_{cn}$ ) não é necessariamente nula.*

**Há possibilidade de se ter tensão de seqüência zero.**

# Impedâncias de Seqüência

- Um sistema equilibrado que opera normalmente alimentando cargas equilibradas só contém componentes de seqüência positiva.
- Assim, as impedâncias de seq. Positiva dos diversos elementos de circuito são as mesmas já deduzidas no capítulo sobre representação de potência.
- Como representar as impedâncias de seq. Negativa, e Zero dos geradores, linhas e transformadores???

# Gerador Síncrono

- **Seqüência Positiva:** (elemento ativo)

As tensões e correntes de seq. + produzem fluxos magnéticos que giram na mesma direção e com a mesma velocidade do rotor.

Internamente a máquina só gera tensões de seq. +.

- **Seqüência Negativa:** (elemento passivo)

O campo magnético do rotor do gerador só pode gerar tensões equilibradas na seq. +.

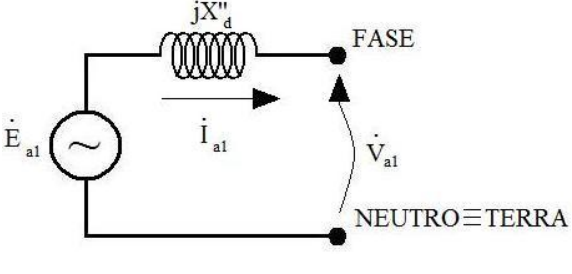
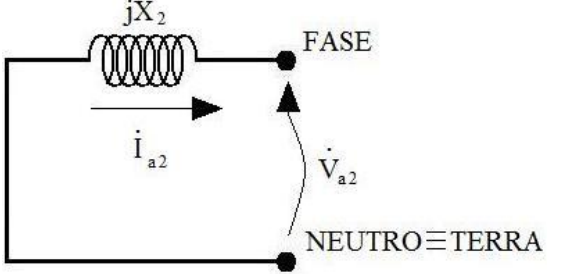
Assim, o circuito da máquina para seq. - e 0 terão tensões atrás da reatância igual a zero.

- **Seqüência Zero:** (elemento passivo)

$$x_0 = 0,1 \text{ a } 0,7x_d''$$

Para que haja fluxo de correntes de seq. zero é necessário que o neutro do gerador esteja aterrado.

# Modelo de Gerador Síncrono para seqüências positiva e negativa

|                    |                              |   |
|--------------------|------------------------------|---|
| Seqüência Positiva | $Y$<br>$Y_{\downarrow}$      |  |
| Seqüência Negativa | $Y_{\downarrow}$<br>$\Delta$ |  |

# Modelo de Gerador Síncrono para seqüência zero

|                |                             |  |
|----------------|-----------------------------|--|
| Seqüência Zero | Y                           |  |
|                | Y <sub>↓</sub>              |  |
|                | Y <sub>↓</sub> <sub>N</sub> |  |
|                | Δ                           |  |

# Motor Síncrono

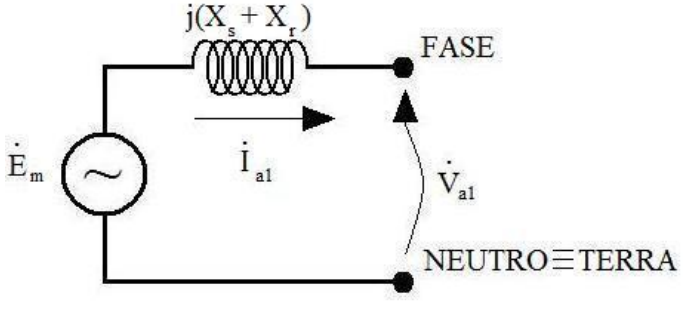
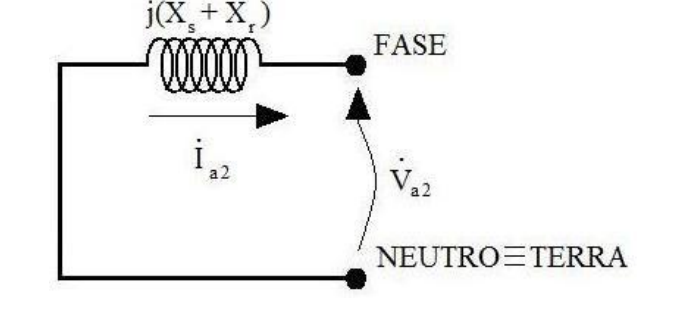
- Ocorrendo um cc na rede que supre o MS, devido à alta inércia de sua rotação, o rotor continua rodando, induzindo tensões nas bobinas da armadura que, por sua vez passam a suprir o defeito com uma corrente de CC proveniente do motor.
- A velocidade deste “gerador” vai diminuindo até parar.
- A proteção é muito rápida, assim, considera-se a corrente inicial de CC proveniente do motor síncrono.



# Motor de Indução

- Quando curto-circuitado, o motor de indução de grande porte se comporta como gerador elétrico e contribui com corrente elétrica de curto-circuito até 2 ciclos.
- Se os dispositivos atuam com tempo maior que 2 ciclos o motor de indução pode ser desconsiderado.
- Exemplo: Um motor de indução trifásico está funcionando a plena carga. O valor de  $(x_s+x_r)=0,16$  pu. Qual o valor da corrente de curto-circuito que o motor contribui para um defeito trifásico nos seus terminais.

## MODELO DE MOTOR DE INDUÇÃO PARA AS TRÊS SEQÜÊNCIAS

|                    |  |
|--------------------|--|
| Seqüência Positiva |  |
| Seqüência Negativa |  |
| Seqüência Zero     | -  |

# Linha de Transmissão

- Para efeito de cálculo de CC a linha é sempre representada pelo modelo de linha curta:
- $$\dot{Z} = r + jx$$
- Desde que o equipamento estático não tem condições de distinguir seqüências nas tensões aplicadas, eles apresentam a mesma impedância para as correntes das seqüências negativa e positiva.

# Impedância de Seqüência Zero da Linha de Transmissão

- A impedância de seqüência zero é diferente pois deve incluir o circuito de retorno das correntes  $3 I_0$  ( terra, cabos terra, fio neutro ou combinação delas)
- Deve levar em consideração as impedâncias próprias do circuito trifásico e do fio terra e, a impedância mútua entre o circuito trifásico mais retorno pela terra (considerado como um todo) e o fio terra.
- O fluxo magnético criado pela corrente  $I_0$ , induz
  - (i) no cabo de cobertura uma corrente de reação (retorno )
  - (ii) no solo corrente de reação (resistividade do solo)

$$3 \cdot I_0 = I_{\text{cabo cobertura}} + I_{\text{terra sob linha}} + I_{\text{terra liberada}}$$

# Medição de $Z_o$

$$Z_o = \frac{E}{I_o}$$

$$Z_o = 2 \quad a \quad 6 \quad Z_{LT}$$

## MODELO DE LINHA DE TRANSMISSÃO PARA AS TRÊS SEQÜÊNCIAS

