

PEA 2504 Laboratório de Máquinas Elétricas

Máquinas Síncronas

Objetivo: Determinação experimental, pelo ensaio de curto-circuito trifásico, dos parâmetros X''_D , X'_D , X_D , T''_D e T'_D de uma máquina síncrona.

Referências Bibliográficas:

- Máquinas Síncronas**, Rúbens Guedes Jordão, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Editora da USP, 1980.
- Norma IEC - International Electrotechnical Commission**, Publication 34-4, *Rotating Electrical Machinery, Part 4: Methods for Determining Synchronous Machine Quantities from Tests*, Second Edition 1985.

Nomenclatura:

- X''_D : Reatância subtransitória segundo o eixo direto
 X''_Q : Reatância subtransitória segundo o eixo em quadratura
 X'_D : Reatância transitória segundo o eixo direto
 X_D : Reatância síncrona segundo o eixo direto
 T''_D : Constante de tempo subtransitória segundo o eixo direto
 T'_D : Constante de tempo transitória segundo o eixo direto

Máquina Síncrona a ser ensaiada: 2 KVA, 230 V, 5 A, 1800 rpm, 60 Hz

Ensaio de Curto-Circuito Trifásico

$$I_A = E_{\max} \left[\frac{1}{X_D} + \left(\frac{1}{X'_D} - \frac{1}{X_D} \right) e^{-t/T'_D} + \left(\frac{1}{X''_D} - \frac{1}{X'_D} \right) e^{-t/T''_D} \right] \cos(\omega t + \lambda) -$$
$$\frac{E_{\max}}{2} \left(\frac{1}{X''_D} + \frac{1}{X''_Q} \right) e^{-t/T''_a} \cdot \cos \lambda - \quad \text{componente continua}$$
$$\frac{E_{\max}}{2} \left(\frac{1}{X''_D} - \frac{1}{X''_Q} \right) e^{-t/T''_a} \cdot \cos(2\omega t + \lambda) \quad \text{componente de dupla frequência}$$

Obs: a componente de dupla frequência pode ser desconsiderada pois $X''_D \cong X''_Q$

Obtenção dos Parâmetros X''_D , X'_D , T''_D e T'_D a partir do oscilograma de I_A

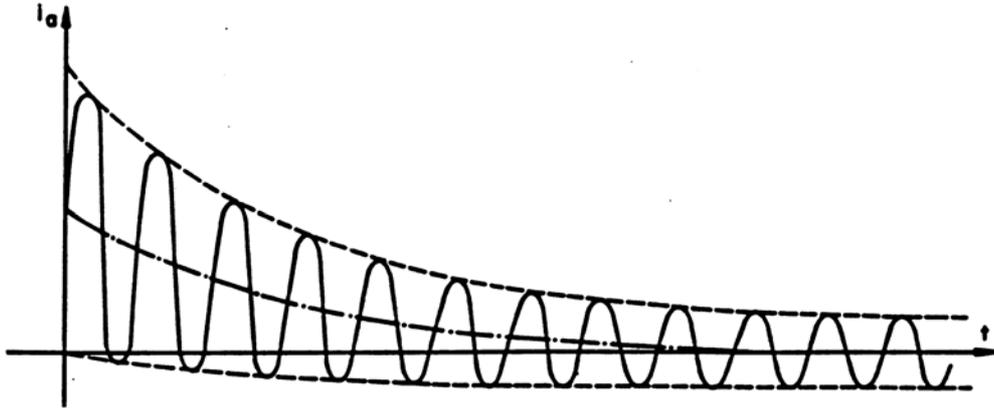


Figura 1: Oscilograma da corrente I_A

- Eliminar a componente contínua fazendo-se a diferença entre as ordenadas máximas e as ordenadas mínimas da envolvente do oscilograma para cada instante t e, em seguida, dividir o resultado por dois. Obtém-se desta forma um oscilograma simétrico, como mostrado na figura abaixo.

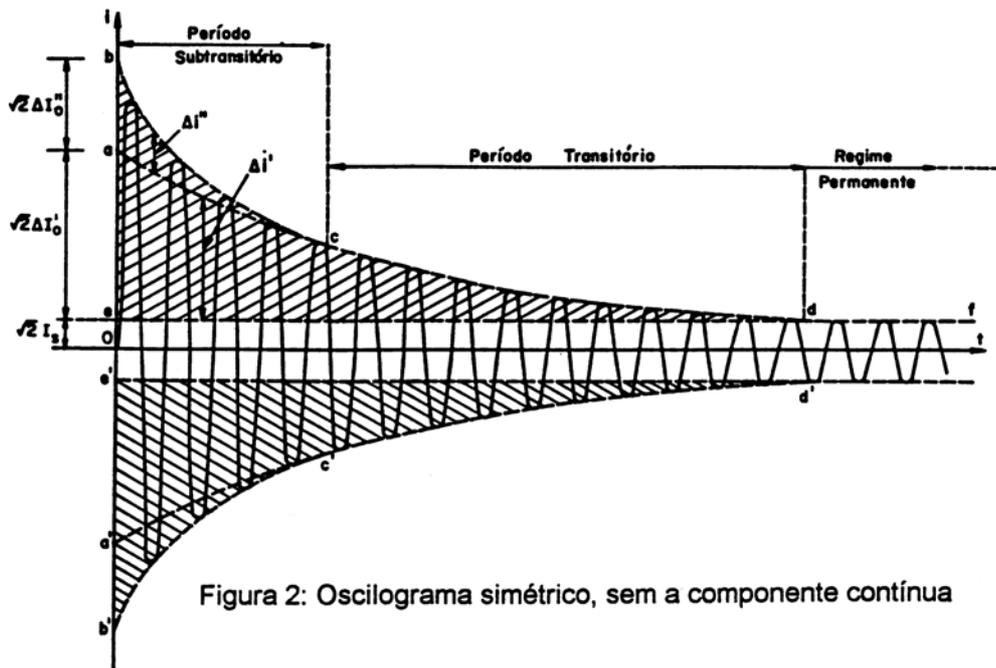


Figura 2: Oscilograma simétrico, sem a componente contínua

- A expressão da envolvente, em valores eficazes, ficará na forma:

$$I_A = E_{ef} \left[\frac{1}{X_D} + \left(\frac{1}{X'_D} - \frac{1}{X_D} \right) e^{-t/T'_D} + \left(\frac{1}{X''_D} - \frac{1}{X'_D} \right) e^{-t/T''_D} \right]$$

ou, simplificando a notação: $I_A = I_S + \Delta I_0' \cdot e^{-t/T'_D} + \Delta I_0'' \cdot e^{-t/T''_D}$

sendo: E_{ef} : Tensão eficaz por fase da máquina em vazio e não-saturada

I_s : Corrente eficaz de curto-circuito em regime permanente

$\Delta I'_0$: Valor eficaz da componente alternativa transitória da corrente de curto circuito, tal que $\sqrt{2}(I_s + \Delta I'_0)$ define a ordenada Oa da envoltória cd .

$\Delta I''_0$: Valor eficaz da componente alternativa subtransitória da corrente de curto circuito, tal que $\sqrt{2}(I_s + \Delta I'_0 + \Delta I''_0)$ define a ordenada Ob da envoltória bc .

■ Num papel monolog (escala logarítmica para a corrente) as envoltórias ac e bcd transformam-se em duas linhas (praticamente) retas, como indicados por $\Delta I'$ e $\Delta I''$ na figura 3. O prolongamento do trecho retilíneo de $\Delta I'$, correspondente à curva cd , determinará o valor $\sqrt{2} \cdot \Delta I'_0$ que, somado com $\sqrt{2} \cdot I_s$, define a ordenada Oa .

■ Processo análogo para a reta $\Delta I''$ fornece $\sqrt{2} \cdot \Delta I''_0$ e a ordenada $\sqrt{2} \cdot (I_s + \Delta I'_0 + \Delta I''_0)$ do ponto b .

Assim:
$$X_D = \frac{E_{ef}}{I_s} \qquad X'_D = \frac{E_{ef}}{I_s + \Delta I'_0} \qquad X''_D = \frac{E_{ef}}{I_s + \Delta I'_0 + \Delta I''_0}$$

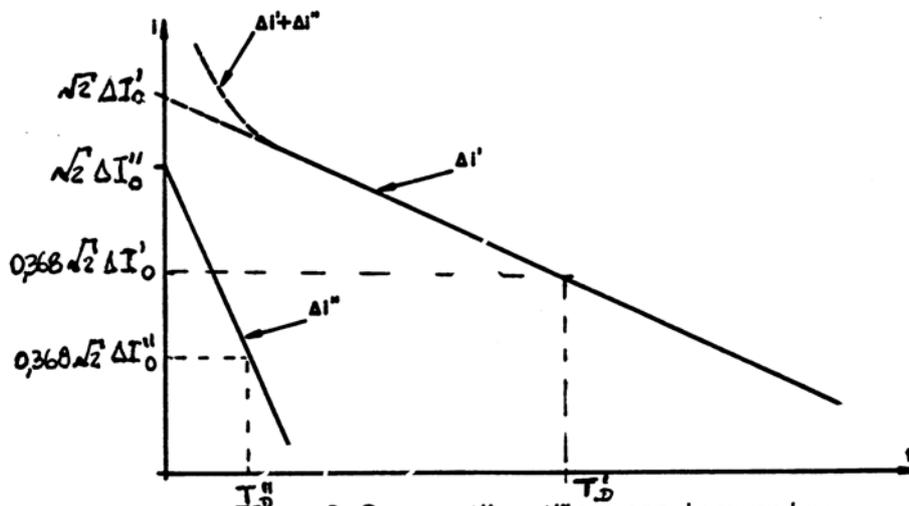


Figura 3: Curvas $\Delta I'$ e $\Delta I''$ em escala monolog

■ As constantes de tempo T'_D e T''_D são determinadas pelas mesmas retas anteriores bastando procurar, no eixo das abcissas, os valores dos tempos correspondentes a $0,368 \cdot \sqrt{2} \cdot \Delta I'_0$ e $0,368 \cdot \sqrt{2} \cdot \Delta I''_0$, respectivamente.