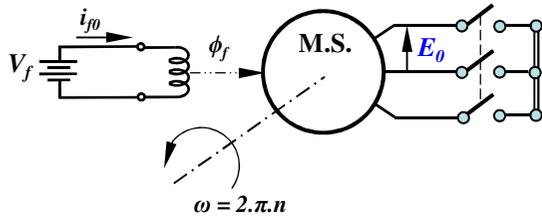


**MÁQUINA SÍNCRONA EM REGIME TRANSITÓRIO**  
**CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO**

**OPERAÇÃO DA MÁQUINA SÍNCRONA EM REGIME TRANSITÓRIO**



**CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO DA MÁQUINA SÍNCRONA :**

*INICIALMENTE OPERANDO EM VAZIO*

**CORRENTE DE EXCITAÇÃO:  $i_{f0}$**

$i_{f0}$  : IMPOSTA PELA TENSÃO DA FONTE  $V_f$  SOBRE A RESISTÊNCIA ÔHMICA DO CAMPO

$i_{f0} \rightarrow$  **INDUZ NO ESTATOR :  $V = E_0$  ( $I = 0$ )**

**FISICAMENTE NÃO OCORREM VARIAÇÕES BRUSCAS DE FLUXO:**

**LEI DE FARADAY / LENZ : ENROLAMENTOS REAGEM CONTRA A VARIAÇÃO DE FLUXO**

**ENROLAMENTO DE CAMPO REAGE INDUZINDO  $\Delta i_f$  NA PRÓPRIA BOBINA DO ROTOR**

**QUE CIRCULA PELA FONTE DE EXCITAÇÃO**

**ENROLAMENTO AMORTECEDOR REAGE COM  $i_k$  INDUZIDA NO AMORTECEDOR**

**NO ATO DO CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO :**

*CIRCULAÇÃO DE INTENSAS CORRENTES DE*

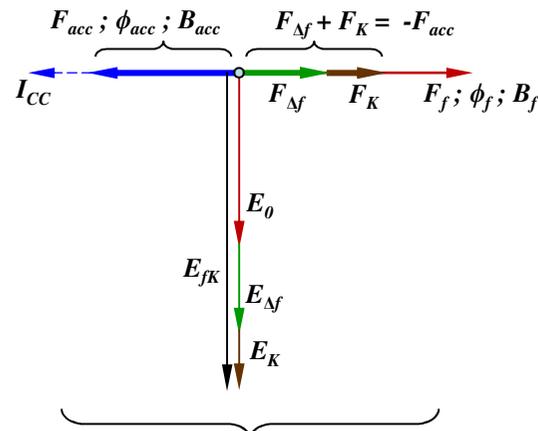
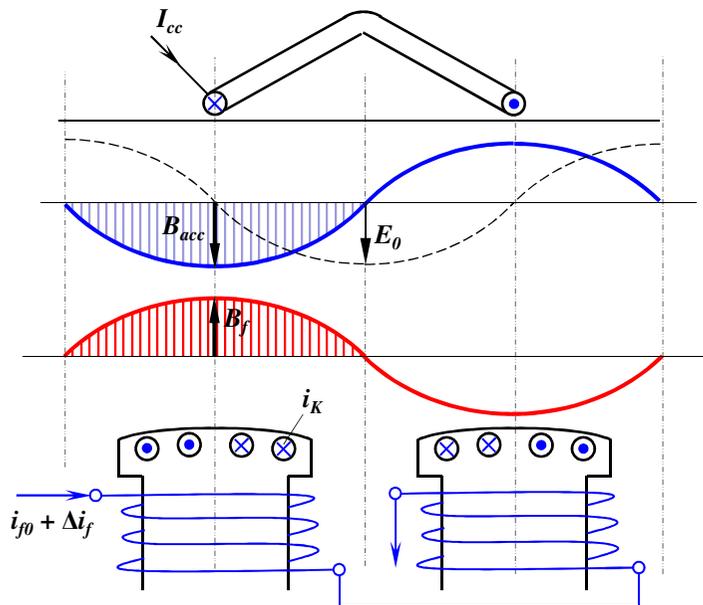
*CURTO PELO ENROLAMENTO DO ESTATOR*

**CORRENTE DE CURTO :  $I_{cc}$   $\rightarrow$  CORRENTE**

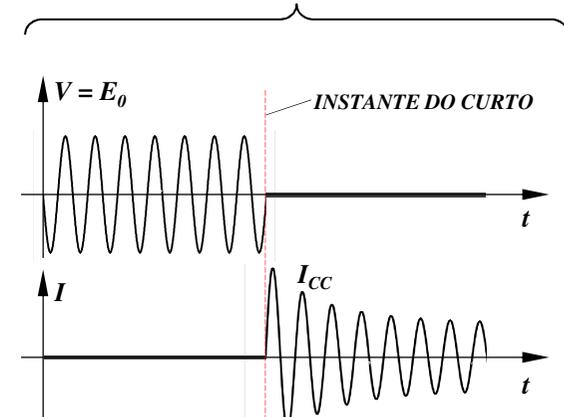
**PURAMENTE INDUTIVA**

$I_{cc}$  : CRIA *F.m.m.* DE REAÇÃO DE ARMADURA

$F_{acc}$  E FLUXO  $\phi_{acc}$  **DESMAGNETIZANTE**



$F_{Af}$  e  $F_K \rightarrow$  **REAÇÃO DOS ENROLAMENTOS**  
**CONCATENADOS À VARIAÇÃO BRUSCA DE  $F_{acc}$**



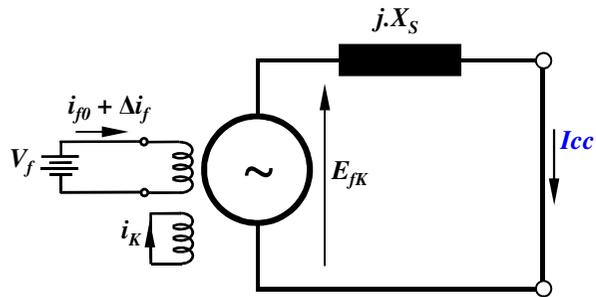
**ANTES DO CURTO :**

**FLUXO  $\phi_f$**

**APÓS O CURTO : FLUXO  $\phi_{acc}$**

**CONTRÁRIO A  $\phi_f$**

## OPERAÇÃO DA MÁQUINA SÍNCRONA EM REGIME TRANSITÓRIO



NO TRANSITÓRIO INICIAL ( INSTANTE DO CURTO ) :

→ SÃO INDUZIDAS CORRENTES ADICIONAIS NO CAMPO -  $\Delta i_f$

→ SÃO INDUZIDAS CORRENTES NO AMORTECEDOR -  $i_k$

→ CORRENTES ADICIONAIS RESULTAM DE : INDUÇÃO VARIACIONAL NA EXCITAÇÃO

→ COMPONENTES  $\Delta i_f + i_k$  INDUZEM TENSÕES ADICIONAIS NO ESTATOR :  $E_{\Delta f} + E_K = E_{fK}$

→  $E_{fK}$  : TENSÃO TRANSITÓRIA QUE CONTRIBUI PARA A CORRENTE DE CURTO

CORRENTE DE CURTO : 
$$I_{cc} = \frac{E_{fK}}{X_s} = \frac{E_0 + E_{\Delta f} + E_K}{X_s}$$
} NO CURTO CIRCUITO, AS REAÇÕES DE FLUXO ACONTECEM SEMPRE NO EIXO DIRETO  
 → ANÁLISE VALE PARA M.S. DE POLOS LISOS ( $X_s$ ) OU M.S. DE POLOS SALIENTES ( $X_d$ )

$$I_{cc} = \frac{E_0}{X_d} + \frac{E_{\Delta f}}{X_d} + \frac{E_K}{X_d} \quad \rightarrow \quad \frac{E_0}{X_d} = I_{ccR} ; \quad \frac{E_{\Delta f}}{X_d} = \Delta' I_{cc} ; \quad \frac{E_K}{X_d} = \Delta'' I_{cc}$$

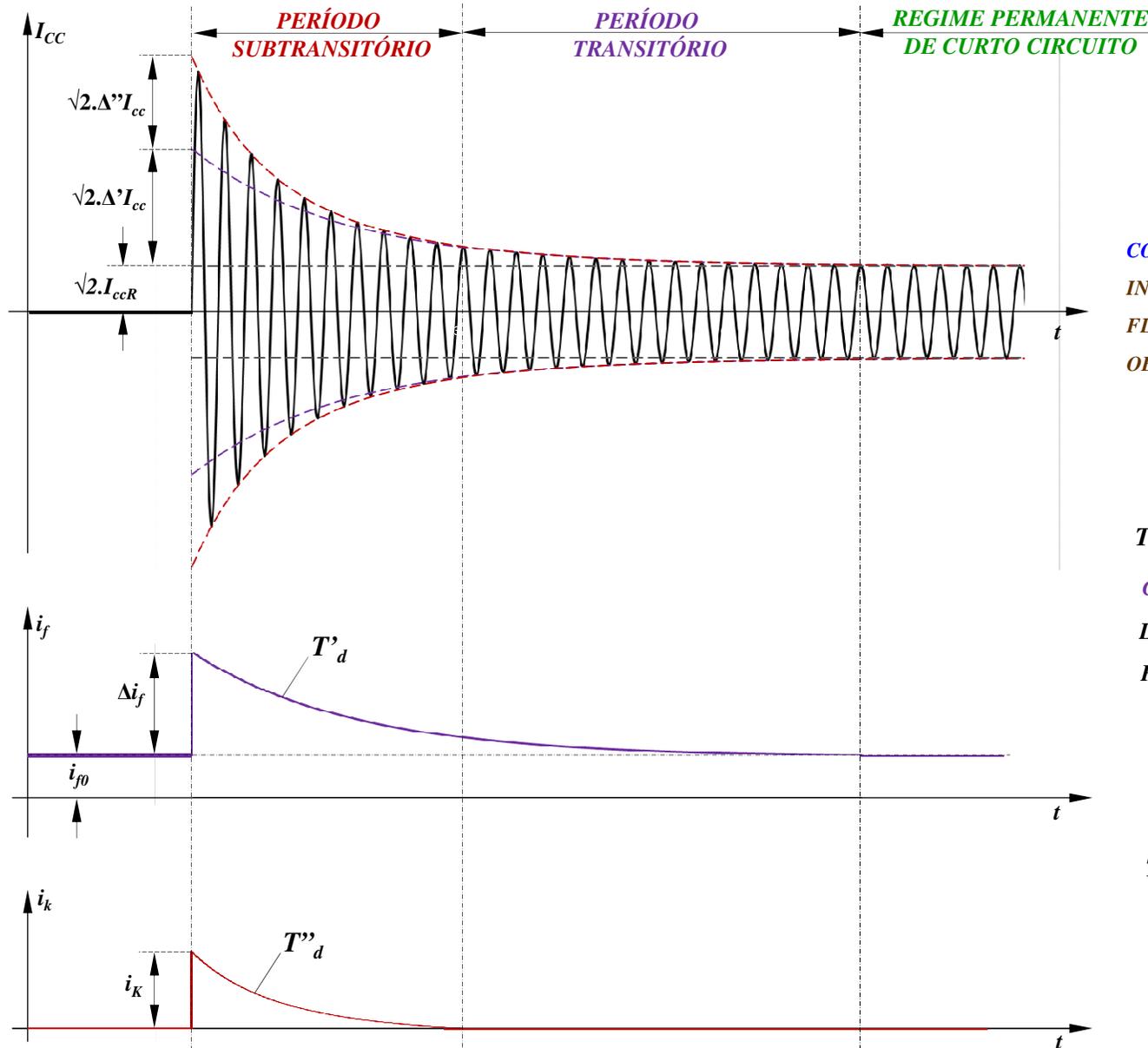
$I_{ccR}$  : CORRENTE DE CURTO CIRCUITO PERMANENTE ( PASSADO O TRANSITÓRIO )

$\Delta' I_{cc}$  : COMPONENTE TRANSITÓRIA DE CURTO CIRCUITO ( DEVIDA À REAÇÃO DO ENROLAMENTO DE CAMPO )

$\Delta'' I_{cc}$  : COMPONENTE SUBTRANSITÓRIA DE CURTO CIRCUITO ( DEVIDA À REAÇÃO DO AMORTECEDOR )

→  $\Delta' I_{cc}$  e  $\Delta'' I_{cc}$  : COMPONENTES INDUZIDAS PARA CONSERVAÇÃO DO FLUXO ORIGINAL EXISTENTE EM VAZIO ANTES DO CURTO → DECAEM EXPONENCIALMENTE NO TEMPO DEVIDO ÀS RESISTÊNCIAS ÔHMICAS DO CAMPO E DO AMORTECEDOR ( DISSIPADAS NA FORMA DE CALOR )

OPERAÇÃO DA M. S. EM REGIME TRANSITÓRIO - CORRENTE SIMÉTRICA DE CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO



**CORRENTE SIMÉTRICA DE CURTO CIRCUITO:**  
 INSTANTE DO CURTO OCORRE QUANDO O  
 FLUXO CONCATENADO COM A FASE  
 OBSERVADA É NULO

$$T'_d = L_f / R_f$$

CONSTANTE DE TEMPO TRANSITÓRIA

$L_f$  : INDUTÂNCIA DO CAMPO

$R_f$  : RESISTÊNCIA DO CAMPO

$$T''_d = L_k / R_k$$

CONSTANTE DE TEMPO SUBTRANSITÓRIA

$L_k$  : INDUTÂNCIA DO AMORTECEDOR

$R_k$  : RESISTÊNCIA DO AMORTECEDOR

**OPERAÇÃO DA M. S. EM REGIME TRANSITÓRIO - CORRENTE SIMÉTRICA DE CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO****COMPONENTES DE CORRENTES DE CURTO CIRCUITO → ASSOCIADAS A REATÂNCIAS TRANSITÓRIAS PRÓPRIAS**

$$X_d = \frac{E_0}{I_{ccR}} \rightarrow \text{REATÂNCIA SÍNCRONA (E.D.)}$$

$$X'_d = \frac{E_0}{I_{ccR} + \Delta' I_{cc}} \rightarrow \text{REATÂNCIA TRANSITÓRIA (E.D.)}$$

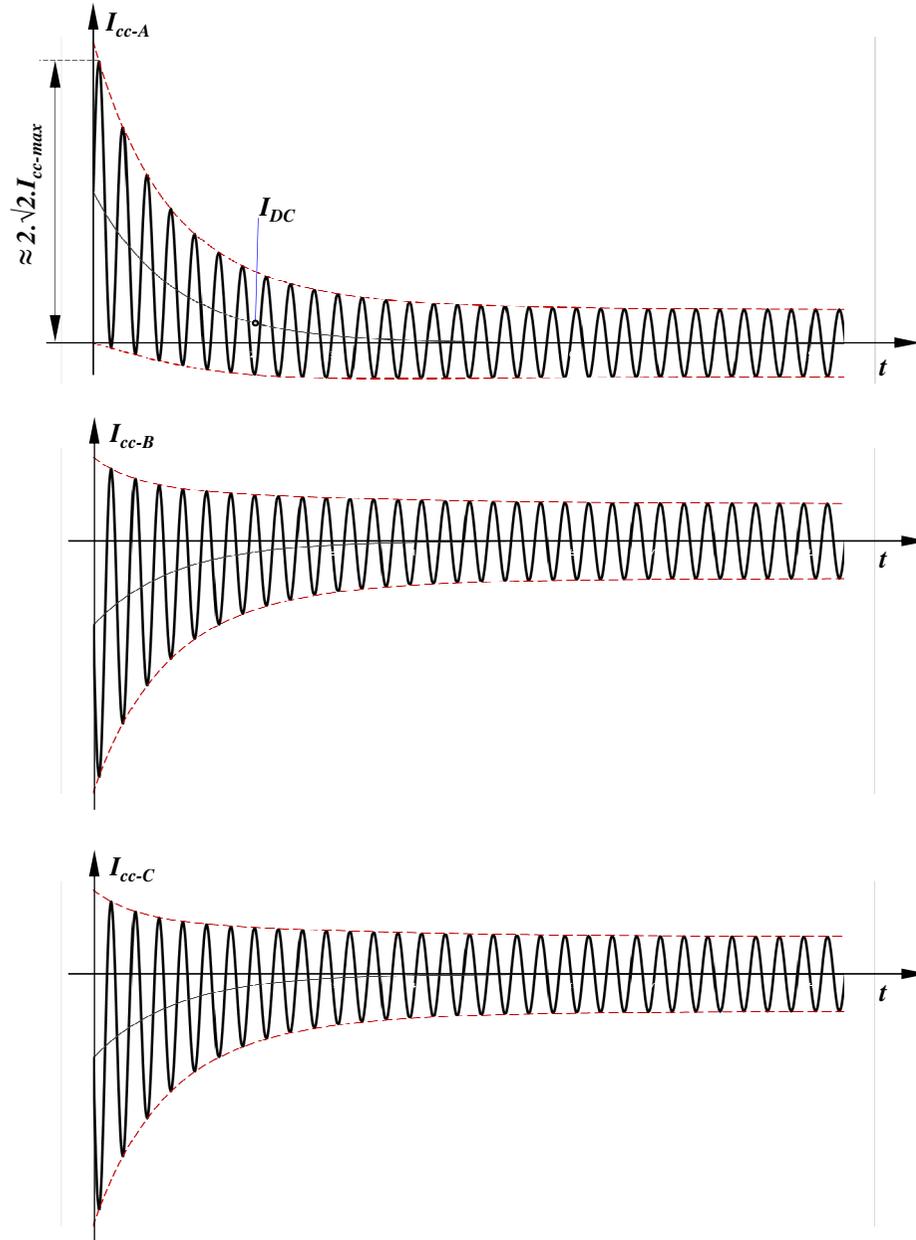
$$X''_d = \frac{E_0}{I_{ccR} + \Delta' I_{cc} + \Delta'' I_{cc}} \rightarrow \text{REATÂNCIA SUBTRANSITÓRIA (E.D.)}$$

**CORRENTE DE CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO SIMÉTRICO :**

$$I_{cc}(t) = \sqrt{2} \cdot I_{ccR} \cdot \text{sen}\omega t + \sqrt{2} \cdot \Delta' I_{cc} \cdot \text{sen}\omega t \cdot e^{-\frac{t}{T'_d}} + \sqrt{2} \cdot \Delta'' I_{cc} \cdot \text{sen}\omega t \cdot e^{-\frac{t}{T''_d}}$$

$$I_{cc}(t) = \sqrt{2} \cdot E_0 \cdot \text{cos}\omega t \left[ \frac{1}{X_d} + \left( \frac{1}{X'_d} - \frac{1}{X_d} \right) \cdot e^{-\frac{t}{T'_d}} + \left( \frac{1}{X''_d} - \frac{1}{X'_d} \right) \cdot e^{-\frac{t}{T''_d}} \right]$$

**M. S. EM REGIME TRANSITÓRIO - CORRENTE ASSIMÉTRICA DE CURTO CIRCUITO TRIFÁSICO**



COMPORTAMENTO DAS CORRENTES DE CURTO TRIFÁSICO DEPENDEM DO VALOR DO FLUXO CONCATENADO COM CADA FASE

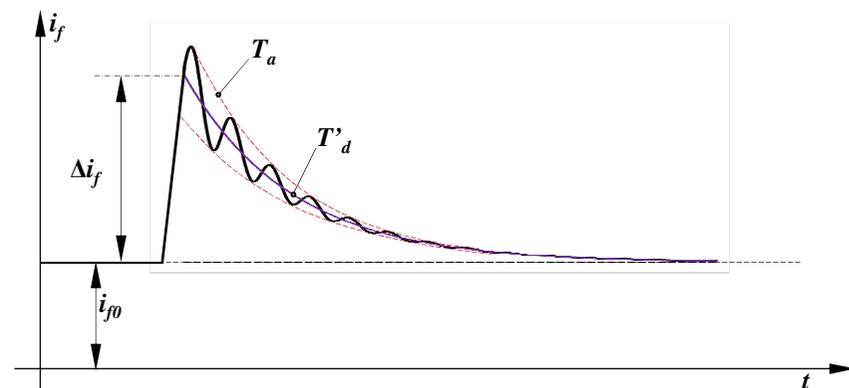
**CURTO NO INSTANTE QUE O FLUXO CONCATENADO COM A FASE “A” É MÁXIMO:**

→ SURTEM COMPONENTES CONTÍNUAS DE CORRENTE NO ESTATOR

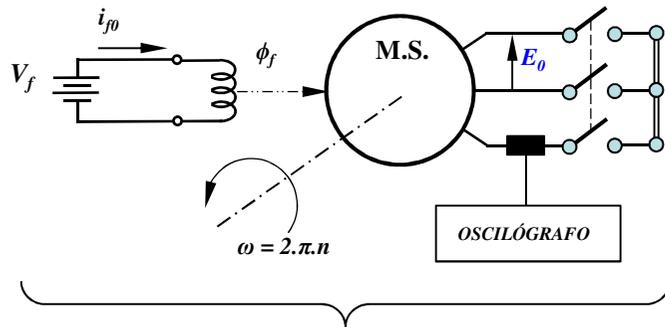
→ **DECAIMENTO DA COMPONENTE CONTÍNUA SE DÁ SEGUNDO A *CONSTANTE DE TEMPO*  $T_a$  DA ARMADURA EM CURTO CIRCUITO**

*COMPONENTE CONTÍNUA DE CORRENTE NO ESTATOR CRIA COMPONENTE DE FLUXO ESTACIONÁRIO NO ENTREFERRO*

→ *INDUZ COMPONENTE ALTERNADA DE CORRENTE DE EXCITAÇÃO NO CAMPO*



DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS TRANSITÓRIOS DA MÁQUINA SÍNCRONA



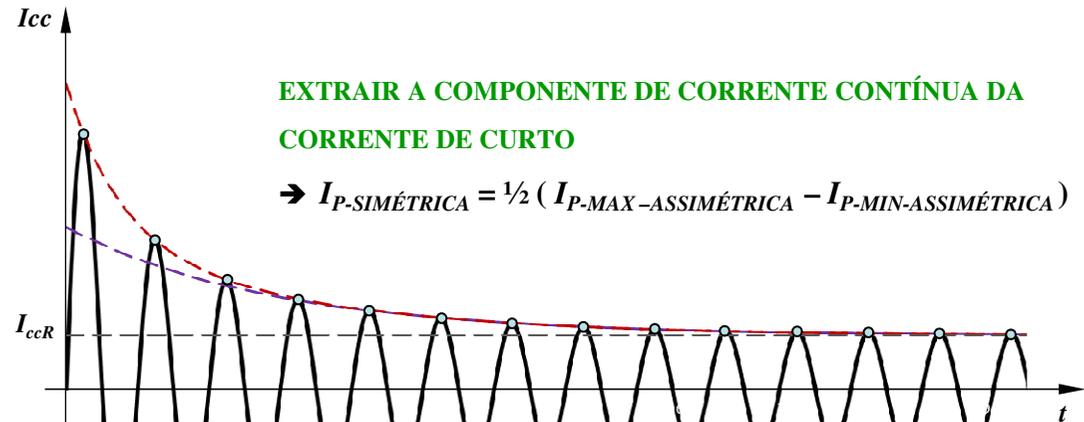
OSCILOGRAMA DA CORRENTE DE CURTO TRIFÁSICO PARA  $i_{f0}$  QUE PRODUZ  $E_0 = V_N$  EM VAZIO

$$X'_d = \frac{E_0}{\frac{\Delta' I_{cc}}{\sqrt{2}} + \frac{I_{ccR}}{\sqrt{2}}}$$

$$X''_d = \frac{E_0}{\frac{\Delta'' I_{cc}}{\sqrt{2}} + \frac{\Delta' I_{cc}}{\sqrt{2}} + \frac{I_{ccR}}{\sqrt{2}}}$$

$T'_d$  : TEMPO PARA O QUAL RESULTA  $(1/e) \cdot \Delta' I_{cc} = 0,368 \cdot \Delta' I_{cc}$  NA RETA CORRESPONDENTE a - a'

$T''_d$  : TEMPO PARA O QUAL RESULTA  $(1/e) \cdot \Delta'' I_{cc} = 0,368 \cdot \Delta'' I_{cc}$  NA RETA CORRESPONDENTE b - b'



VALORES DE PICO DA CORRENTE DE CURTO PLOTADOS EM ESCALA LOGARÍTMICA → DECAIMENTOS EXPONENCIAIS FICAM RETAS

