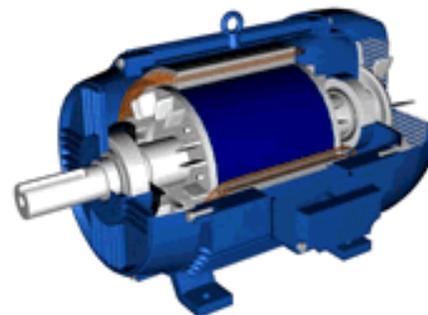
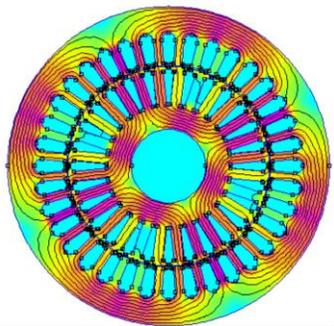


Aula 9: Ensaio para determinação dos Parâmetros de um transformador monofásico

Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org

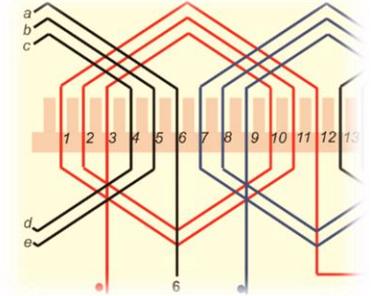


Sumário

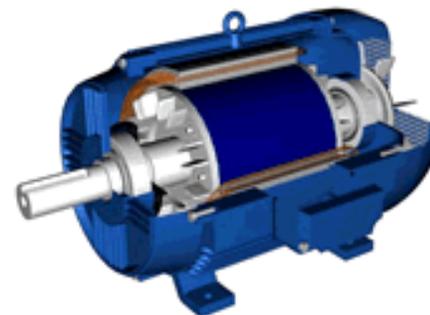
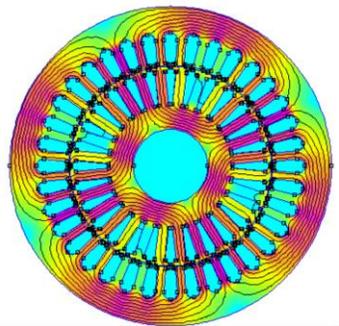
❑ Ensaio a vazio;

❑ Ensaio de curto circuito;

❑ Exemplo de determinação dos parâmetros.



Ensaio a vazio



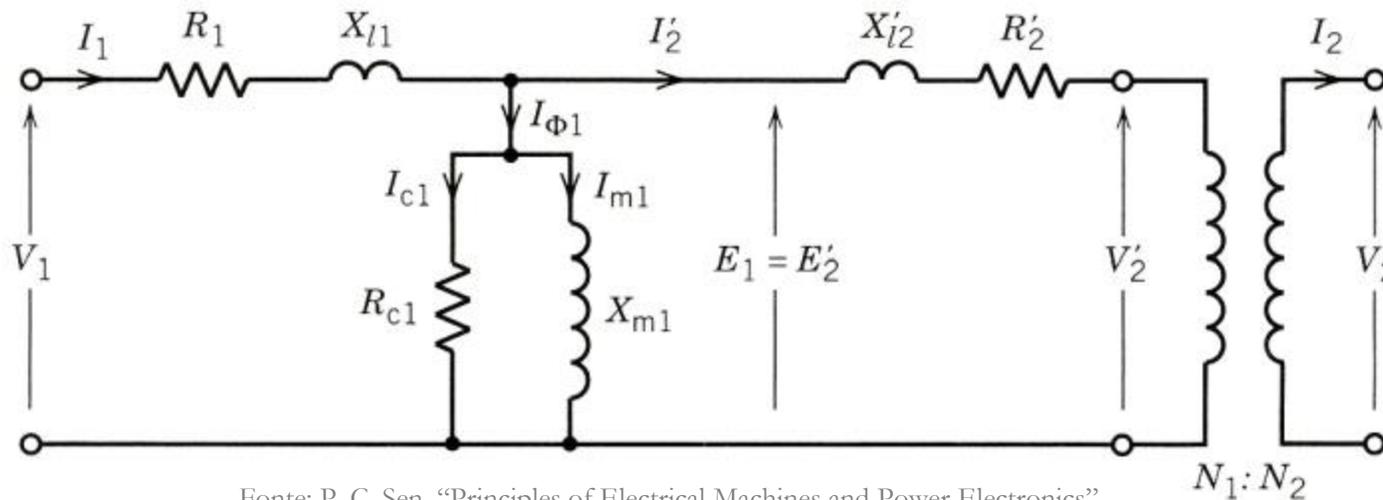
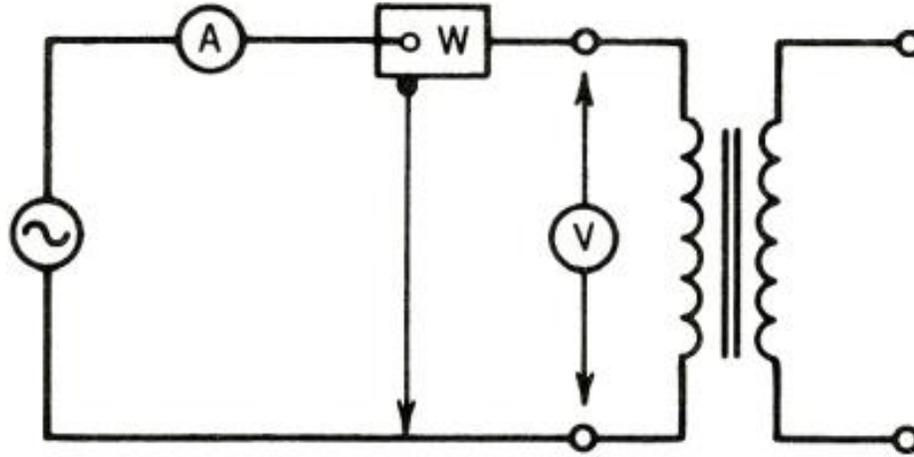
<http://www.semage.com.br/calternada.ph>



Ensaio a vazio

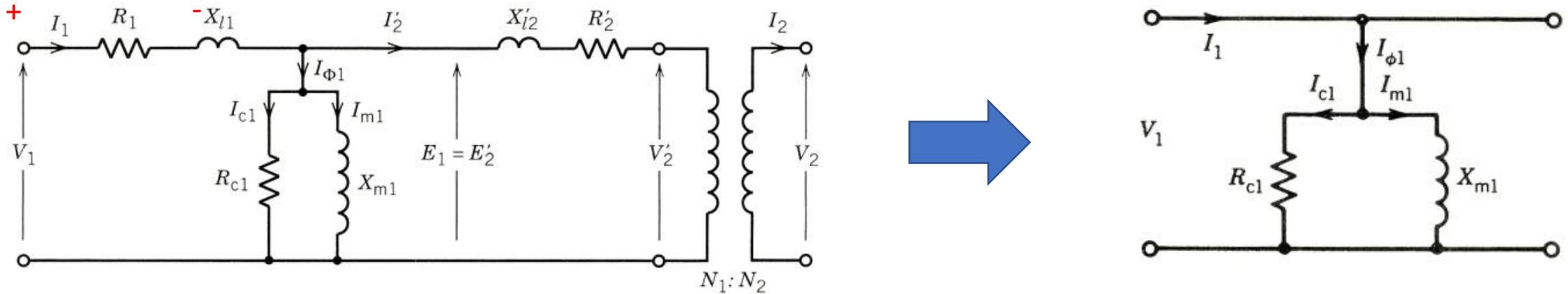
- ❑ Permite estimar os parâmetros do ramo de magnetização do transformador;
- ❑ O teste é realizado com o transformador a vazio (sem carga);
- ❑ Alimenta-se um dos lados do transformador com tensão nominal;
- ❑ Tipicamente é realizado no lado de baixa tensão do transformador (Por quê?);
- ❑ São medidas a corrente, a tensão e a potência ativa.

Ensaio a vazio: montagem



Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Aproximação para estimativa dos parâmetros



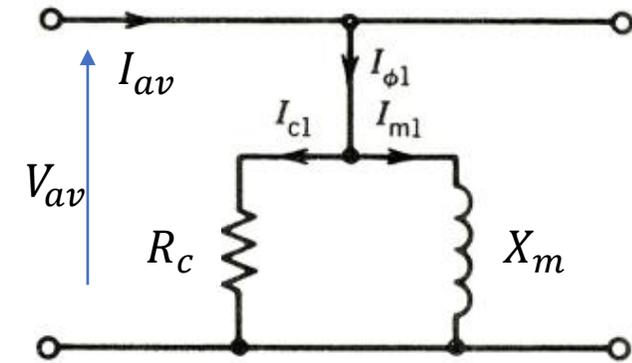
- ❑ Assume-se que a queda de tensão na impedância série é pequena;
- ❑ Aproximação razoável: corrente a vazio (magnetização) \rightarrow menor que 5 % da corrente nominal (típico);
- ❑ São medidas a corrente, a tensão e a potência ativa.

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Cálculo dos parâmetros a partir das medições

□ Variáveis conhecidas: $V_{av} = V_1$, $I_{av} = I_{\phi 1}$ e P_{av} ;

□ Note que I_{c1} e I_{m1} estão em quadratura;



Utilizando-se relações de circuito elétrico, pode-se obter que:

$$Z_{av} = \frac{V_{av}}{I_{av}}$$

$$R_c = \frac{V_{av}^2}{P_{av}}$$

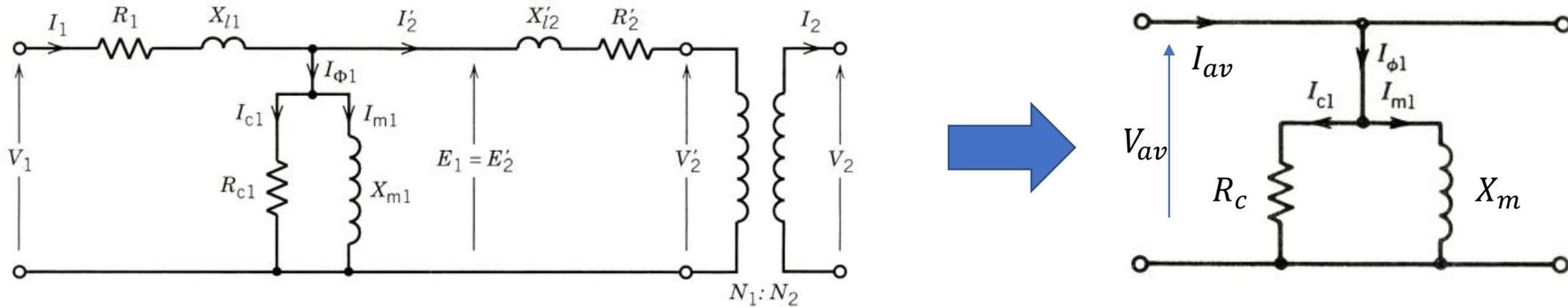
$$X_m = \frac{V_{av}}{I_{m1}} = \frac{V_{av}}{\sqrt{I_{av}^2 - \left(\frac{V_{av}}{R_c}\right)^2}}$$



Os parâmetros são obtidos referidos ao lado que ensaio foi realizado!

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Melhoria da estimativa



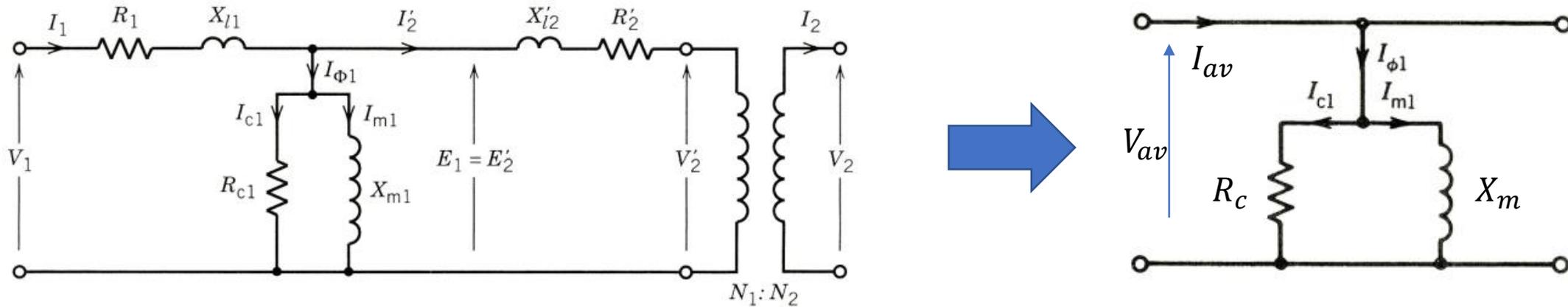
□ A rigor,

$$R_{c1} = \frac{V_{av}^2}{P_{hf}}$$

- Existem perdas da resistência de primário que são medidas pelo wattímetro;
- Isto pode gerar erros maiores, principalmente em transformadores pequenos.

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Melhoria da estimativa



□ Se a resistência do enrolamento for medida, pode-se obter que:

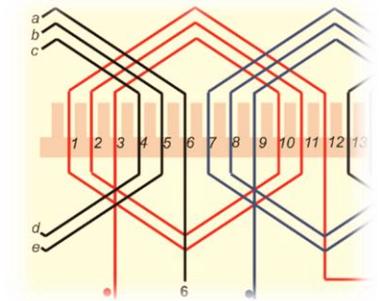
$$P_{hf} = P_{av} - R_1 I_{av}^2$$

□ Isto permite melhorar a estimativa de R_{c1} e conseqüentemente, de X_{m1} ;

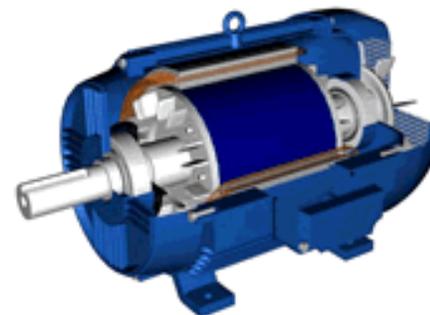
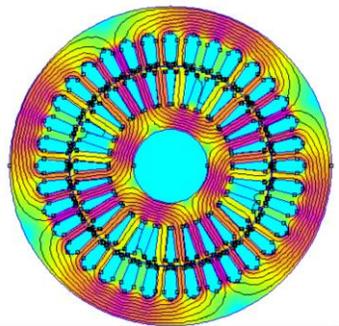
□ A grande questão é: como estimar R_1 ?

*{ sistema de medição sensível
Aplicação de corrente contínua*

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".



Ensaio de curto-circuito



<http://www.semage.com.br/calternada.php>

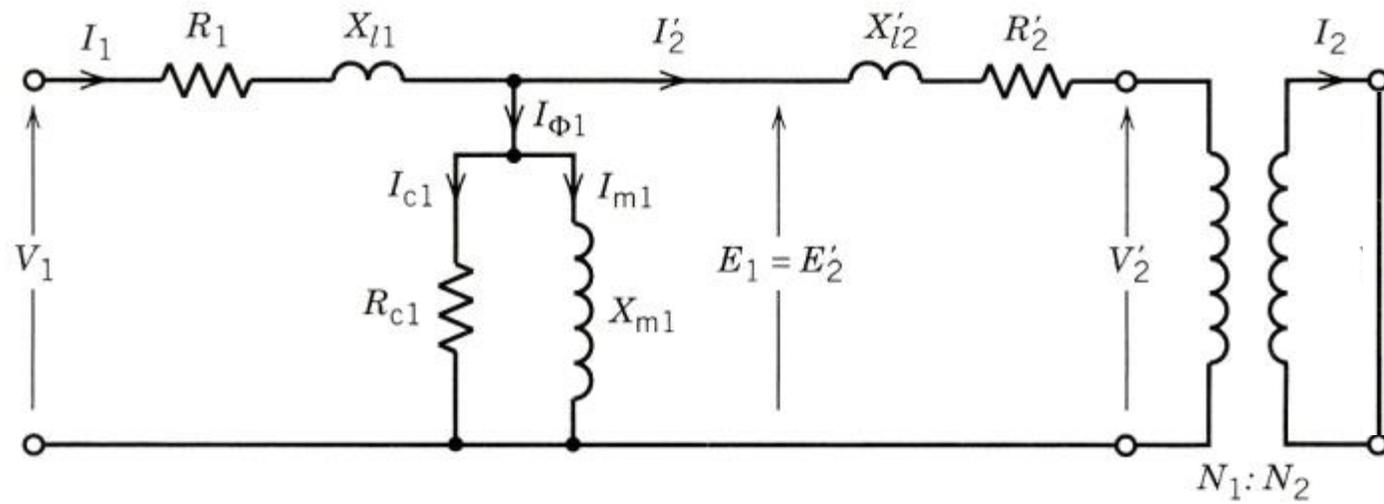
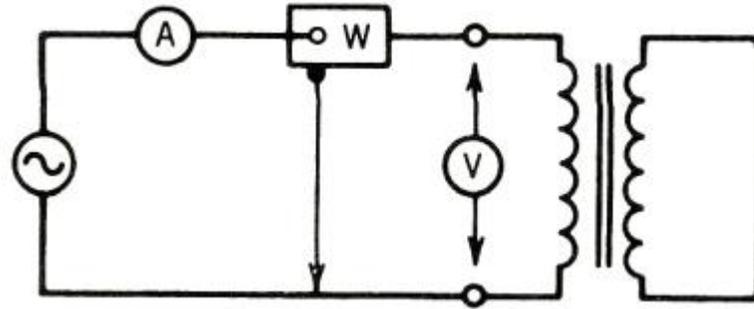


Ensaio de curto-circuito

- ❑ Permite estimar os parâmetros restantes do transformador;
- ❑ O teste é realizado com um dos lados do transformador em curto-circuito;
- ❑ Aplica-se uma tensão reduzida que faça circular a corrente nominal;
- ❑ Tipicamente é realizado no lado de alta tensão do transformador (Por quê?);
- ❑ São medidas a corrente, a tensão e a potência ativa.

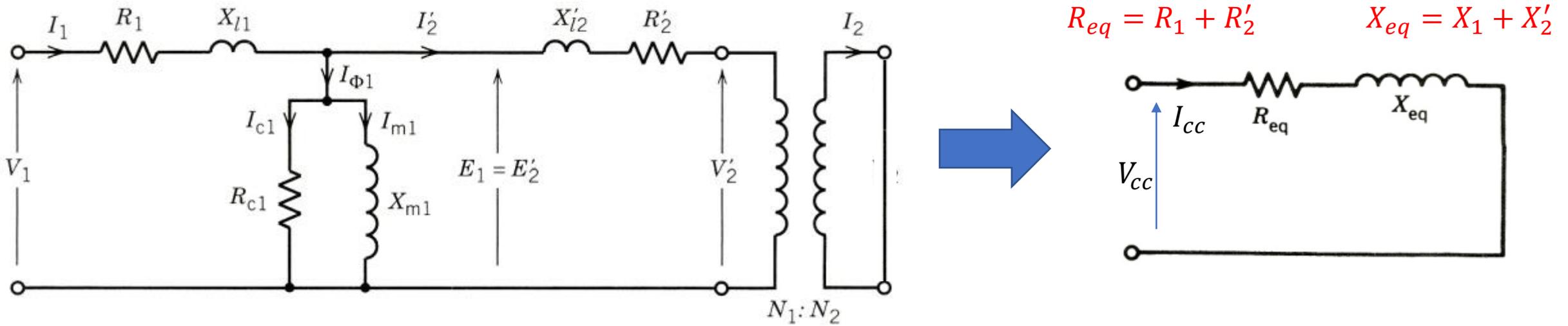
Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Ensaio de curto-circuito: montagem



Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Aproximação para estimativa dos parâmetros

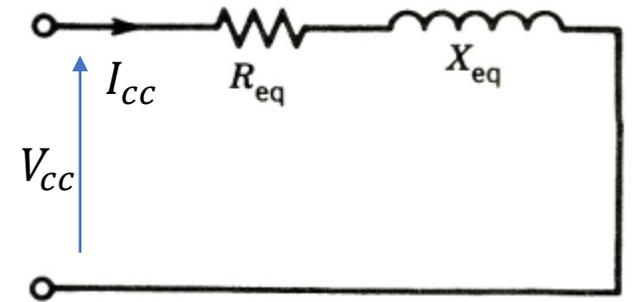


- ❑ Assume-se que a corrente de magnetização é pequena;
- ❑ Aproximação razoável: tensão de curto circuito → menor que 7 % da tensão nominal (típico);
- ❑ São medidas a corrente, a tensão e a potência ativa.

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Cálculo dos parâmetros a partir das medições

- Variáveis conhecidas: V_{cc} , I_{cc} e P_{cc} ;
- Note que R_{eq} e X_{eq} estão em série;



Utilizando-se relações de circuito elétrico, pode-se obter que:

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}}$$

$$R_{eq} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2}$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{eq}^2}$$



Os parâmetros são obtidos referidos ao lado que ensaio foi realizado!

Fonte: P. C. Sen. "Principles of Electrical Machines and Power Electronics".

Pontos importantes (1)

- Em muitas situações, a estimativa de R_{eq} e X_{eq} é suficiente;
- Os valores de primário e secundário podem ser estimados por:

$$R_1 = R'_2 = \frac{R_{eq}}{2}$$

$$X_1 = X'_2 = \frac{X_{eq}}{2}$$

Pontos importantes (2)

- ❑ Existem perdas magnéticas que são medidas pelo wattímetro;
- ❑ Isto tipicamente não gera erros significantes;
- ❑ Uma forma de verificar isto é computar as perdas magnéticas para a condição de curto circuito:

$$P_{hf,cc} \approx P_{hf,av} \left(\frac{V_{cc}}{V_{av}} \right)^2$$

Desta forma, os parâmetros poderiam ser estimados por:

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}}$$

$$R_{eq} = \frac{P_{cc} - P_{hf,cc}}{I_{cc}^2}$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{eq}^2}$$

Obrigado pela Atenção



www.gesep.ufv.br



<https://www.facebook.com/gesep>



https://www.instagram.com/gesep_vicosa/



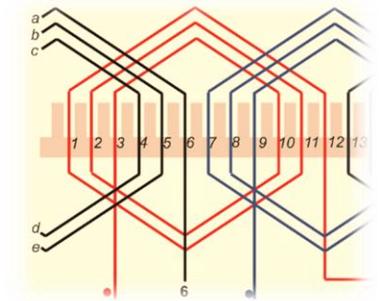
https://www.youtube.com/channel/UCe9KOSGORXh_hDBIcxMU2Nw



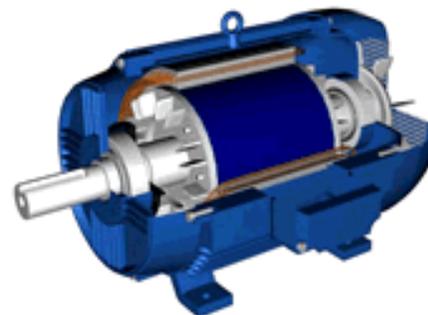
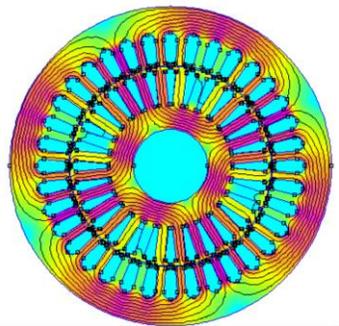
Estimate - Sistemas
Fotovoltaicos



<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.developer.gesep.estimate>



Exemplo



<http://www.semage.com.br/calternada.php>



Exercícios

A tabela a seguir apresenta a leitura dos instrumentos utilizados nos ensaios a vazio e de curto-circuito em um transformador monofásico de 10 kVA, 2200/220 V e 60 Hz. Determinar os valores dos parâmetros do circuito equivalente referidos ao lado de alta e baixa tensão.

Instrumento	Ensaio a vazio	Ensaio de Curto- Circuito
Voltímetro	220 V	150 V
Amperímetro	2,5 A	4,55 A
Wattímetro	100 W	215 W

Obrigado pela Atenção



www.gesep.ufv.br



<https://www.facebook.com/gesep>



https://www.instagram.com/gesep_vicosa/



https://www.youtube.com/channel/UCe9KOSGORXh_hDBIcxMU2Nw



Estimate - Sistemas
Fotovoltaicos



<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.developer.gesep.estimate>