

CONVERSÃO ELETROMECÂNICA DE ENERGIA EXERCÍCIOS PARA FIXAÇÃO DO CONHECIMENTO

Capítulo 3 – Fundamentos de Máquinas CA

Fonte: Chapman, S. J. Fundamentos de Máquinas Elétricas, 5ª Edição, Ed. McGraw-Hill, 2013.

Questões conceituais

- 1) Qual é a principal diferença entre uma máquina síncrona e uma máquina de indução?
- 2) Por que a troca dos fluxos de corrente entre quaisquer duas fases inverte o sentido de rotação do campo magnético de um estator?
- 3) Qual é a relação entre frequência elétrica e velocidade do campo magnético em uma máquina CA?
- 4) Qual é a equação do conjugado induzido em uma máquina CA?

Questões numéricas

3.1 A bobina de espira simples que está girando no campo magnético uniforme mostrado na Figura 3-1 tem as seguintes características:

$$\begin{array}{ll} B = 1,0 \text{ T para a direita} & r = 0,1 \text{ m} \\ l = 0,3 \text{ m} & \omega_m = 377 \text{ rad/s} \end{array}$$

- (a) Calcule a tensão $e_{\text{tot}}(t)$ induzida nessa espira girante.
- (b) Qual é a frequência da tensão produzida na espira?
- (c) Suponha que um resistor de 10Ω seja ligado como carga nos terminais da espira. Calcule a corrente que circulará no resistor.
- (d) Calcule o valor e o sentido do conjugado induzido na espira nas condições de (c).
- (e) Calcule as potências elétricas instantânea e média geradas pela espira nas condições de (c).
- (f) Calcule a potência mecânica sendo consumida pela espira nas condições de (c). De que forma esse valor pode ser comparado com a quantidade de potência elétrica gerada pela espira?

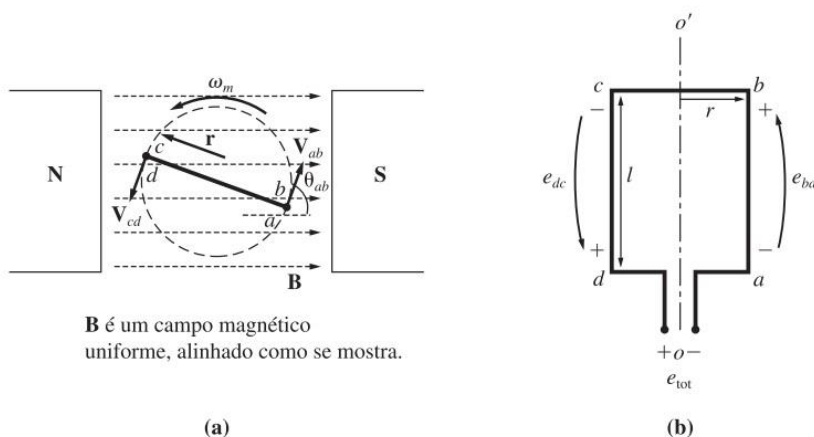


FIGURA 3-1

Espira simples girando dentro de um campo magnético uniforme. (a) Vista frontal; (b) vista da bobina.

- 3.2** Prepare uma tabela que mostre a velocidade de rotação do campo magnético nas máquinas CA de 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 polos, operando nas frequências de 50, 60 e 400 Hz.
- 3.3** O primeiro sistema de potência CA dos Estados Unidos operava na frequência de 133 Hz. Se a potência CA para esse sistema fosse produzida por um gerador de quatro polos, com que velocidade o eixo do gerador deveria girar?
- 3.4** Um enrolamento trifásico de quatro polos, ligado em Y, está instalado em 24 ranhuras de um estator. Há 40 espiras de fio em cada ranhura dos enrolamentos. Todas as bobinas de cada fase são ligadas em série. O fluxo por polo na máquina é 0,060 Wb e a velocidade de rotação do campo magnético é 1800 rpm.
- Qual é a frequência da tensão produzida nesse enrolamento?
 - Quais são as tensões resultantes de fase e de terminal do estator?
- 3.5** Um enrolamento trifásico de seis polos, ligado em Δ , está instalado em 36 ranhuras de um estator. Há 150 espiras de fio em cada ranhura dos enrolamentos. Todas as bobinas de cada fase são ligadas em série. O fluxo por polo na máquina é 0,060 Wb e a velocidade de rotação do campo magnético é 1000 rpm.
- Qual é a frequência da tensão produzida nesse enrolamento?
 - Quais são as tensões resultantes de fase e de terminal do estator?
- 3.6** Uma máquina síncrona trifásica de dois polos, ligada em Y e de 60 Hz, tem um estator com 5000 espiras de fio por fase. Que fluxo no rotor seria necessário para produzir uma tensão de terminal (linha a linha) de 13,2 kV?
- 3.7** Modifique o programa MATLAB do Exemplo 3-1 trocando entre si as correntes que circulam em quaisquer duas fases. Que acontece com o campo magnético líquido resultante?
- 3.8** Se uma máquina CA tiver os campos magnéticos do rotor e do estator mostrados na Figura P3-1, qual será o sentido do conjugado induzido na máquina? A máquina está operando como motor ou como gerador?

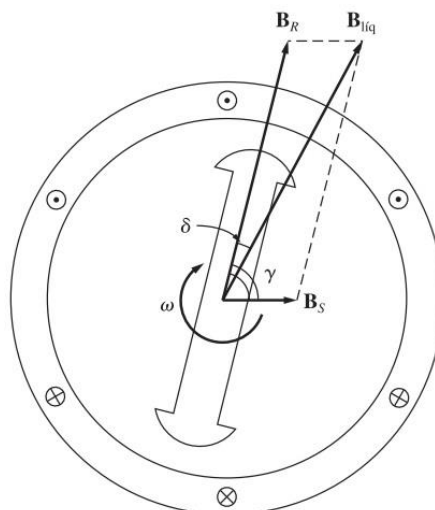


FIGURA P3-1
A máquina CA do Problema 3-8.

3.9 A distribuição da densidade de fluxo na superfície de um estator de dois polos de raio r e comprimento l é dada por

$$B = B_M \cos(\omega_m t - \alpha)$$

Demonstre que o fluxo total debaixo de cada face polar é

$$\Phi = 2rlB_M$$

3.10 Nos primeiros tempos do desenvolvimento dos motores CA, os projetistas de máquinas tinham muita dificuldade em controlar as perdas no núcleo (histerese e corrente parasita) das máquinas. Eles ainda não tinham desenvolvido aços de baixa histerese e ainda não faziam lâminas tão delgadas como as que são usadas atualmente. Para auxiliar no controle dessas perdas, os motores CA primitivos dos Estados Unidos funcionavam a partir de uma fonte de potência de 25 Hz, ao passo que os sistemas de iluminação operavam a partir de uma fonte de potência separada de 60 Hz.

- (a) Desenvolva uma tabela que mostre a velocidade de rotação do campo magnético nas máquinas CA de 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 polos, operando na frequência de 25 Hz. Qual era a velocidade de rotação mais rápida disponível naqueles motores primitivos?
- (b) Em um dado motor, operando com uma densidade de fluxo B constante, como as perdas do núcleo com o motor funcionando em 25 Hz comparam-se com as mesmas perdas com o motor funcionando em 60 Hz?
- (c) Por que os engenheiros daquela época usavam um sistema de potência separado de 60 Hz para a iluminação?

3.11 Nos anos seguintes, os motores sofreram melhorias e puderam funcionar diretamente a partir de uma fonte de potência de 60 Hz. Como resultado disso, os sistemas de potência de 25 Hz encolheram e acabaram desaparecendo. Nos Estados Unidos, entretanto, ainda havia nas fábricas muitos motores de 25 Hz em perfeitas condições de funcionamento e cujos proprietários não estavam em condições de substituí-los. Para mantê-los funcionando, alguns usuários geravam sua própria potência elétrica de 25 Hz na planta usando conjuntos de motor-gerador. Um conjunto de motor-gerador consiste em duas máquinas ligadas a um eixo comum, uma atuando como motor e a outra, como gerador. Se as duas máquinas tiverem números diferentes de polos, mas exatamente a mesma velocidade no eixo, as frequências elétricas das duas máquinas serão diferentes devido à equação abaixo. Que combinação de polos nas duas máquinas poderia converter potência de 60 Hz em potência de 25 Hz?

$$f_{se} = \frac{n_{sm}P}{120}$$