



e-Learning in Electrical Engineering

Temática – Máquinas Eléctricas

Capítulo – Teste os seus conhecimentos

## Questionário Escolhas Múltiplas

### CORRECÇÃO

#### PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS CONVERSORES ELECTROMAGNÉTICOS COM CAMPO GIRANTE

#### INTRODUÇÃO

Esta correcção é relativa ao questionário de escolhas múltiplas sobre o **princípio de funcionamento dos conversores electromagnéticos com campo girante**.

- autor(s) : [Damien Grenier](#)
- realização : Sophie Labrique
- versão portuguesa : [Maria José Resende](#)



Este projecto é financiado pela União Europeia no âmbito de uma acção Sócrates-Minerva. As informações nele contidas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores. A União Europeia declina toda a responsabilidade relativamente ao seu uso.

## Princípio de funcionamento dos conversores electromagnéticos com campo girante

1 : (1.0 pts por resposta certa) Os enrolamentos do estator e do rotor são alimentados com sistemas trifásicos equilibrados directos de correntes sinusoidais de frequência angular  $\omega_s$  no estator e  $\omega_r$  no rotor. Para que o binário electromagnético assuma um valor constante não nulo, a relação

$$\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$$

onde  $\omega_m$  é a velocidade angular do rotor e  $p$  o número de pares de pólos da máquina é uma condição:

- a.  necessária
- b.  suficiente
- c.  necessária e suficiente
- d.  Não sei

### Justificação da questão 1

A relação  $\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$  é uma condição necessária para se ter um binário electromagnético do valor constante não nulo (se esta condição não for verificada o binário apresenta uma pulsação  $\omega_s - \omega_r - p\omega_m$ ).

Contudo, não é uma condição suficiente. O binário é dado por:

$$C_{em} = \frac{9}{2} p M_{sr} I_s I_r \sin(\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0}),$$

ainda é necessário que a posição inicial do rotor  $\theta_{e0}$  e as fases na origem  $\varphi_s$  e  $\varphi_r$ , dos sistemas da corrente respectivamente do estator e do rotor, verifiquem a condição:

$$\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0} \neq 0 \text{ ou } \pi$$

2 : (1.0 pts por resposta certa) Pode obter-se um funcionamento em regime permanente com binário constante não nulo, alimentando os enrolamentos do estator com um sistema trifásico equilibrado de tensões sinusoidais e ligando os enrolamentos do rotor em curto-circuito.

- a.  verdadeiro
- b.  falso
- c.  Não sei

### Justificação da questão 2

Este funcionamento corresponde ao da máquina assíncrona.

3 : (1.0 pts por resposta certa) Quando as fontes que alimentam o estator e o rotor fazem circular em regime permanente sistemas trifásicos equilibrados directos de correntes de frequência angular  $\omega_s$  no estator e  $\omega_r$  no rotor que verificam

$$\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$$

onde  $\omega_m$  é a velocidade angular do rotor e  $p$  o número de pares de pólos da máquina, a máquina funciona com binário electromagnético e energia magnética armazenada constantes.

- a.  verdadeiro
- b.  falso
- c.  Não sei

4 : (1.0 pts por resposta certa) Quando as fontes que alimentam o estator e o rotor fazem circular em regime permanente sistemas trifásicos equilibrados directos de correntes de frequência angular  $\omega_s$  no estator e  $\omega_r$  no rotor que verificam

$$\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$$

onde  $\omega_m$  é a velocidade angular do rotor e  $p$  o número de pares de pólos da máquina, a potência eléctrica fornecida ou absorvida pela máquina é sempre igual, à parte as perdas internas, à potência mecânica absorvida ou fornecida pelo sistema mecânico acoplado à máquina.

- a.  verdadeiro
- b.  falso
- c.  Não sei

#### Justificação da questão 4

Sendo constante a energia magnética armazenada nestas condições, a potência eléctrica que entra na máquina só pode converter-se em perdas e potência mecânica. Se a potência eléctrica que entra na máquina for positiva, ela funciona como motor e, exceptuando as perdas, converte a energia eléctrica recebida em energia mecânica. No caso contrário, funciona como gerador e converte a energia mecânica que recebe em energia eléctrica, exceptuando as perdas.

5 : (1.0 pts por resposta certa) Quando as fontes que alimentam o estator e o rotor fazem circular em regime permanente sistemas trifásicos equilibrados directos de correntes de frequência angular  $\omega_s$  no estator e  $\omega_r$  no rotor que verificam

$$\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$$

onde  $\omega_m$  é a velocidade angular do rotor e  $p$  o número de pares de pólos da máquina, a potência eléctrica convertida em mecânica...

- a.  ... é fornecida apenas pela fonte que alimenta o estator
- b.  ... é fornecida apenas pela fonte que alimenta o rotor
- c.  ... à priori, pode ser fornecida tanto pela fonte que alimenta o estator, quanto pela que alimenta o rotor
- d.  Não sei

### Justificação da questão 5

Nos dois modos de funcionamento mais comuns dos conversores de campo girante (funcionamento como máquina síncrona e funcionamento como máquina assíncrona de rotor em curto-circuito), é verdadeiro que a potência eléctrica convertida em potência mecânica provém unicamente da fonte que alimenta o estator. É o caso da máquina assíncrona de rotor em curto-circuito, até porque não há nenhuma fonte ligada ao rotor. É também o caso da máquina síncrona, pois a fonte que alimenta o rotor, em regime permanente, fornece apenas as perdas do enrolamento de campo.

No entanto, existem outros modos de funcionamento para os quais esta afirmação é falsa, como quando se alimenta o rotor de uma máquina assíncrona de rotor bobinado com um sistema trifásico equilibrado inverso de frequência  $\omega_r$ .

A máquina gira então com velocidade  $\omega_m = (\omega_s + \omega_r)/p$  acima da velocidade de sincronismo  $\omega_s/p$  (funcionamento hipersíncrona), absorvendo energia tanto da fonte que fornece o estator como da que alimenta o rotor, e convertendo-a, à parte as perdas, em energia mecânica.

6 : (1.0 pts por resposta certa) Quando se alimenta os enrolamentos do rotor das correntes contínuas (cuja soma é nula), a máquina só pode funcionar, em regime permanente, com binário constante, se a frequência angular das correntes do estator é igual à velocidade do rotor multiplicada pelo número de pares de pólos da máquina.

- a.  verdadeiro
- b.  falso
- c.  Não sei

### Justificação da questão 6

É esta condição que justifica a designação de "funcionamento como máquina síncrona" para este modo de funcionamento dos conversores electromagnéticos de campo girante.

7 : (1.0 pts por resposta certa) Se se alimentar os enrolamentos do estator com uma fonte trifásica equilibrada de tensões sinusoidais, estando os enrolamentos do rotor em curto circuito, o sentido de rotação da máquina em regime de motor depende do facto de o sistema de tensões do estator ser um sistema directo ou inverso.

- a.  verdadeiro
- b.  falso
- c.  Não sei

8 : (1.0 pts por resposta certa) Quando as fontes que alimentam o estator e o rotor fazem circular, em regime permanente, sistemas trifásicos equilibrados directos de correntes de frequência angular  $\omega_s$  no estator e  $\omega_r$  no rotor que verificam

$$\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$$

onde  $\omega_m$  é a velocidade angular do rotor e  $p$  o número de pares de pólos da máquina, os campos no entreferro criados, respectivamente, pelo sistema trifásico de correntes que circula nos enrolamentos do estator e pelo que circula nos enrolamentos do rotor, são campos girantes de igual velocidade (campos girantes síncronos). Esta afirmação...

- a.  ... é sempre verdadeiro
- b.  ... só é verdadeiro para o funcionamento como máquina síncrona
- c.  ... é sempre falso
- d.  Não sei

### Justificação da questão 8

O campo girante criado pelas correntes do estator roda a uma velocidade  $\omega_s/p$ . O campo girante criado pelas correntes do rotor gira a uma velocidade  $\omega_r/p$  no referencial do rotor. Ele está fixo neste referencial no caso de funcionamento como máquina síncrona ( $\omega_r=0$ ) e gira à velocidade do rotor  $\omega_m$ ; no caso de funcionamento como máquina assíncrona, ele gira no referencial do estator com velocidade  $\omega_r/p + \omega_m$ .

Tendo em conta que  $\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$ , os dois campos girantes criados, respectivamente, pelo sistema de correntes do estator e pelo sistema de correntes do rotor, são, nos dois casos, campos girantes de igual velocidade (campos girantes síncronos).

9 : (1.0 pts por resposta certa) Quando as fontes que alimentam o estator e o rotor fazem circular, em regime permanente, sistemas trifásicos equilibrados directos de correntes de frequência angular  $\omega_s$  no estator e  $\omega_r$  no rotor que verificam

$$\omega_s - \omega_r - p\omega_m = 0$$

onde  $\omega_m$  é a velocidade angular do rotor e  $p$  o número de pares de pólos da máquina, os sistemas trifásicos de correntes que circulam nos enrolamentos do estator e do rotor produzem um binário electromagnético tanto mais elevado quanto mais próximo de  $90^\circ$  for a defasagem entre os campos que eles produzem no entreferro.

- a.  verdadeiro
- b.  falso
- c.  Não sei

### Justificação da questão 9

A defasagem entre os campos do entreferro produzidos pelos sistemas trifásicos das correntes que circulam no estator e nos enrolamentos do rotor é igual a  $\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0}$  onde  $\theta_{e0}$  é a posição inicial do rotor e  $\varphi_s$  e  $\varphi_r$  são, respectivamente, as fases na origem dos sistemas da corrente do estator e do rotor.

O binário evolui com o seno deste ângulo:

$$C_{em} = \frac{9}{2} p M_{sr} I_s I_r \sin(\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0}).$$

É nulo quando os dois campos estão, quer em fase ( $\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0} = 0$ ) quer em oposição de fase ( $\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0} = \pi$ ). É máximo para  $\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0} = \pi/2$  e mínimo (negativo) para  $\varphi_s - \varphi_r - \theta_{e0} = -\pi/2$ .

10 : (1.0 pts por resposta certa) Atendendo a Bli, a força que se exerce nos condutores de uma cava do rotor é proporcional ao produto da corrente que aí circula pelo valor, relativamente à cava, do campo no entreferro produzido pelo sistema de correntes que circula no estator.

É para evitar que esta força não deforme os condutores, que estes são colocados em cavas.

- a.  verdadeiro
- b.  falso
- c.  Não sei

### **Justificação da questão 10**

Apesar de o binário que se exerce no rotor poder, efectivamente, ser calculado através de  $B_{li}$ , é incorrecto tirar conclusões quanto à localização dos esforços que são exercidos no rotor.

Para determinar o binário através de  $B_{li}$  e a força contra-electromotriz através de  $B_{lv}$ , é necessário impor certas condições. Deve considerar-se, nomeadamente, que os condutores estão situados em cavas no entreferro na periferia do rotor e, portanto, submetidos ao campo  $\vec{B}_{es}$  criado pelas correntes que circulam nos enrolamentos do estator.

Na realidade, como o fluxo se fecha, preferencialmente, pelos dentes do rotor, o campo no interior das cavas e, portanto, ao nível dos condutores, é praticamente nulo. Uma análise por elementos finitos (cálculo da variação da co-energia magnética armazenada, em função da posição) mostra que os esforços que se exercem no rotor se localizam, principalmente, ao nível dos dentes do rotor, o que é mais favorável do ponto de vista mecânico.

---