



e-Learning in Electrical Engineering

Temática – Máquinas Eléctricas

Capítulo – Teste os seus conhecimentos

Questionário Escolhas Múltiplas

CORRECÇÃO

TEORIA GERAL DOS CONVERSORES ELECTROMAGNÉTICOS

INTRODUÇÃO

Esta correcção é relativa ao questionário de escolhas múltiplas sobre a **teoria geral dos conversores electromagnéticos**.

- 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.

Teoria geral dos conversores electromagnéticos

1 : Completar a frase:

1 : O binário electromagnético é igual

- a. ☐ ... à derivada parcial
- b. ☒ ... **ao simétrico da derivada parcial**
- c. ☐ Não sei

2 : ... da energia magnética em ordem

- a. ☐ ... ao tempo
- b. ☒ ... **à posição angular do rotor**
- c. ☐ Não sei

3 : ... se esta energia é expressa em função

- a. ☒ ... **dos fluxos abraçados pelos enrolamentos.**
 - b. ☐ ... das correntes que circulam nos enrolamentos.
 - c. ☐ Não sei
-

2 : Completar a frase:

1 : O binário electromagnético é igual

- a. ☒ ... **à derivada parcial**
- b. ☐ ... ao simétrico da derivada parcial
- c. ☐ Não sei

2 : ... da co-energia magnética em ordem

- a. ☐ ... ao tempo
- b. ☒ ... **à posição angular do rotor**
- c. ☐ Não sei

3 :... se esta energia é expressa em função

- a. ☐ ... dos fluxos abraçados pelos enrolamentos.
 b. ☒ ... **das correntes que circulam nos enrolamentos.**
 c. ☐ Não sei

3 : Num conversor electromagnético sem ímanes permanentes e onde as relações fluxo-corrente são lineares, os valores da energia e da co-energia magnética...

- a. ☒ **são valores iguais**
 b. ☐ são valores simétricos
 c. ☐ não têm, à partida, nenhuma relação entre si
 d. ☐ Não sei

Justificação da questão 3

Sendo o binário electromagnético expresso:

- quer o simétrico da derivada parcial da energia magnética em ordem à posição,
- quer a derivada parcial da co-energia magnética em ordem à posição,

à primeira vista pode parecer surpreendente que a energia e a co-energia magnéticas possam tomar o mesmo valor.

Convém lembrar que, para que o binário seja igual à derivada parcial da co-energia magnética, esta tem que ser expressa em função das correntes que circulam nas bobinas. Admitindo o caso simples de um conversor com um único enrolamento e para o qual a relação fluxo-corrente é linear $\psi(I) = L(\theta_m) \cdot I$, a co-energia magnética (igual à energia magnética) é dada por:

$$W_{emag} = W_{mag} = \frac{1}{2} \cdot L(\theta_m) \cdot I^2.$$

O binário electromagnético vem então:

$$C_{em} = \frac{\partial W_{emag}}{\partial \theta_m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial L(\theta_m)}{\partial \theta_m} \cdot I^2.$$

Se se quiser calcular o binário electromagnético a partir da expressão da energia magnética, esta tem de ser expressa em função dos fluxos abraçados pelas bobinas. Retomando o caso simples de um conversor apenas com um enrolamento e para o qual a relação fluxo-corrente é linear, obtém-se:

$$W_{mag} = \frac{1}{2} \cdot L(\theta_m) \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\psi^2}{L(\theta_m)},$$

A derivada parcial da energia magnética em ordem à posição, é dada por:

$$\frac{\partial W_{mag}}{\partial \theta_m} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial L(\theta_m)}{\partial \theta_m} \cdot \frac{\psi^2}{L^2(\theta_m)}$$

mostrando-se assim que o seu simétrico é igual ao binário electromagnético calculado anteriormente.

4 : Num conversor electromagnético com ímanes permanentes, se as correntes que circulam nos enrolamentos são todas nulas, os valores da energia e da co-energia magnética...

- a. ☐ são valores iguais
- b. ☒ **são valores simétricos**
- c. ☐ não têm, à partida, nenhuma relação entre si
- d. ☐ Não sei

Justificação da questão 4

Tendo em conta que o binário electromagnético C_{em} se exprime como sendo:

- ' quer o simétrico da derivada parcial da energia magnética em ordem à posição,
- ' quer a derivada parcial da co-energia magnética em ordem à posição,

para que estas duas expressões sejam igual é necessário que:

$$\frac{\partial W_{mag0}}{\partial \theta_m} = -\frac{\partial W_{emag0}}{\partial \theta_m}$$

Por integração, obtém-se:

$$W_{mag0} = -W_{emag0} + \text{constante}$$

podendo mostrar-se que a constante é nula.

5 : Seja qual for a geometria do conversor electromagnético rotativo de ímanes permanentes, se as correntes nos enrolamentos forem nulas, o valor médio sobre uma rotação da derivada parcial da co-energia magnética em ordem à posição, é necessariamente nulo.

- a. ☒ **verdadeiro**
- b. ☐ falso
- c. ☐ Não sei

Justificação da questão 5

Se o valor médio desta derivada parcial não for nulo, o valor médio do binário estático também não será. Para um valor positivo deste valor médio, seria suficiente rodar o conversor a velocidade constante positiva para produzir energia mecânica, sem que houvesse consumo de energia eléctrica (correntes nulas nos enrolamentos), o que contradiz o princípio da conservação de energia. Para valores negativos deste valor médio, seria suficiente rodar o conversor a velocidade constante negativa, para obter o mesmo efeito.

6 : O binário electrodinâmico corresponde a uma interacção entre as correntes que circulam nos enrolamentos do estator e as que circulam nos enrolamentos do rotor. Esta afirmação é...

- a. ☐ sempre verdadeira.
- b. ☐ sempre falsa
- c. ☒ **por vezes falsa**
- d. ☐ Não sei

Justificação da questão 6

No caso de um conversor com ímanes permanentes, o binário electrodinâmico também pode ser devido à interacção das correntes que circulam nos enrolamentos do estator (respectivamente, do rotor) com os fluxos induzidos pelos ímanes permanentes do rotor (respectivamente, do estator).

7 : O binário relutante é devido a uma variação das indutâncias próprias das bobines em ordem à posição. Esta afirmação é...

- a. ☐ sempre verdadeira.
- b. ☐ sempre falsa
- c. ☒ **por vezes falsa**
- d. ☐ Não sei

Justificação da questão 7

O binário de relutância também pode ser devido a uma variação em função da posição da indutância mútua entre duas bobines do estator ou duas bobines do rotor.

8 : Só existe binário estático de origem electromagnética nos conversores com ímanes permanentes. Esta afirmação é...

- a. ☒ **sempre verdadeira.**
 - b. ☐ sempre falsa
 - c. ☐ por vezes falsa
 - d. ☐ Não sei
-

9 : Tendo em conta que o binário electromagnético está relacionado com a derivada da co-energia magnética armazenada, esta não deve ser mantida constante num conversor electromecânico.

- a. ☒ verdadeiro

- b. ☒ falso
- c. ☐ Não sei

Justificação da questão 9

O binário é igual à derivada parcial em ordem à posição da co-energia magnética. Para que um dispositivo electromagnético seja, efectivamente, um conversor electromecânico, é necessário que esta derivada parcial não seja nula para todas as posições do rotor.

O que não impede que se possa manter constante a co-energia magnética armazenada no conversor e, portanto, nula a sua derivada total. Como para um conversor de n enrolamentos se tem

$$dW_{cmag} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial W_{cmag}}{\partial i_n} \cdot di_n + \frac{\partial W_{mag}}{\partial \theta_m} \cdot d\theta_m$$

isso pressupõe que a variação da co-energia magnética devida à variação das correntes que circulam nos enrolamentos, compense, em todos os instantes, a variação da co-energia magnética devida à variação da posição do rotor:

$$\frac{dW_{cmag}}{dt} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^n \frac{\partial W_{cmag}}{\partial i_n} \cdot \frac{di_n}{dt} = - \frac{\partial W_{mag}}{\partial \theta_m} \cdot \frac{d\theta_m}{dt},$$

por outras palavras, que a conversão da co-energia magnética em energia mecânica (termo $\frac{\partial W_{mag}}{\partial \theta_m} \cdot \frac{d\theta_m}{dt}$) seja, em todos os instantes, compensada por uma conversão duma mesma quantidade de energia eléctrica em co-energia magnética (termo $\sum_{i=1}^n \frac{\partial W_{cmag}}{\partial i_n} \cdot \frac{di_n}{dt}$).

É necessário impor esta condição para se obter um conversor electromecânico que trabalhe a potências eléctrica e mecânica (absorvidas ou produzidas) constantes, condição esta que é requisito de um "bom" conversor de energia.

10 : Num conversor electromagnético só se consegue obter um binário constante (e não nulo) para qualquer posição do rotor, se este tiver, pelo menos...

- a. ☒ um enrolamento.
- b. ☐ dois enrolamentos.
- c. ☐ três enrolamentos.
- d. ☐ Não sei

Justificação da questão 10

Se o conversor não tiver ímanes permanentes e possuir apenas um enrolamento, o binário desenvolvido só pode ser relutante. Se a relação fluxo-corrente é linear, é porque o binário se representa por:

$$C_{em} = \frac{\partial L(\theta_m)}{\partial \theta_m} \cdot I^2.$$

Sendo a função $L(\theta_m)$ periódica, se ela é crescente para certas posições do rotor, também tem de ser decrescente para outras e a sua derivada é forçosamente nula, pelo menos, para duas posições do rotor. Nestas duas posições, é impossível, seja qual for o valor da corrente, ter um binário não nulo.

Por outro lado, se a máquina é de ímanes permanentes, é possível gerar um binário electrodinâmico devido às interacções entre a corrente que circula no enrolamento e o fluxo induzido ψ_0 nesse enrolamento, pelos ímanes do rotor. Se a relação fluxo-corrente for linear, o binário electromagnético total escreve-se na forma:

$$C_{em} = \frac{\partial \psi_0(\theta_m)}{\partial \theta_m} \cdot I + \frac{\partial L(\theta_m)}{\partial \theta_m} \cdot I^2$$

A função $\psi_0(\theta_m)$ é uma função periódica, pelo que a sua derivada se anula, pelo menos, para duas posições do rotor. Se estas posições não correspondem àquelas para as quais o binário relutante é nulo, é, efectivamente, possível gerar um binário constante com um conversor que tenha apenas um enrolamento.

No entanto, é extremamente difícil obter numa mesma máquina e para o mesmo valor de corrente, binários relutantes e electrodinâmicos da mesma ordem de grandeza. Esta é a razão porque a maior parte dos conversores apresenta, pelo menos, dois enrolamentos (máquinas síncronas bifásicas de ímanes permanentes) ou três caso não existam ímanes permanentes (máquinas síncronas trifásicas).