

Aluno:

gabriel A/B

Nota:

Folhas:

campos reservados ao professor

**Prova 02 (motor de indução)**  
Conversão Eletromecânica de Energia I

**Orientações gerais:**

- a) Preencha seu nome completo em todas as folhas entregues.
- b) Nas folhas contendo os enunciados, preencha apenas os campos de identificação pessoal e as respostas das questões nos campos específicos para esse propósito. Não utilize essas folhas para o desenvolvimento das questões ou como rascunho.
- c) Preencha as respostas de cada questão em seus respectivos campos demarcados por uma caixa em branco. Responda apenas o que está sendo solicitado. Respostas evasivas ou ambíguas serão consideradas erros conceituais, zerando a questão. A ausência do preenchimento dos campos de respostas resultarão em nota zero na questão, mesmo que o desenvolvimento na folha de rascunho tenha sido feito corretamente.
- d) Além do preenchimento das respostas nos campos previstos nas folhas de enunciado, cada questão de cálculo deverá vir acompanhada de seu desenvolvimento. A ausência do desenvolvimento dos cálculos, desenvolvimento incompleto ou inconsistente, mesmo com resultados corretos, resultarão em nota zero na questão.
- e) Para todos os cálculos e respostas numéricas utilize pelo menos 4 dígitos significativos. Respostas de valores numéricos deverão sempre vir acompanhadas de suas respectivas unidades de medida, quando existir. Respostas numéricas erradas, mesmo com desenvolvimento parcialmente correto, não pontuam. Em engenharia o correto resultado importa.
- f) Questões de múltipla escolha só pontuam se todos os itens forem respondidos corretamente.
- g) Não é permitido qualquer tipo de comunicação durante a prova.
- h) A correta interpretação dos enunciados faz parte da avaliação.
- i) O tempo para resolução das questões faz parte da avaliação. Não será concedido tempo adicional. Não será permitida a entrega após o horário de término preestabelecido e a não entrega dentro desse período resultará em nota zero.
- j) Para a resolução da prova é permitido apenas o uso de lápis, lapiseira, borracha, caneta e calculadora. Os demais materiais do aluno deverão ficar guardados e não poderão ser acessados durante o período de resolução da prova. Não é permitido o uso de telefones celulares e relógios inteligentes.
- k) Não é permitido o compartilhamento de materiais.
- l) Não é permitido sair da sala durante a resolução da prova.
- m) A avaliação é individual e sem consulta. Cópias ou consultas de colegas, cadernos, livros ou similares zeram a nota da avaliação e o incidente será registrado como plágio.

**Período de execução da avaliação: 2 horas**

**Formulário:**

$$s = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}, \quad \omega_s = \frac{4\pi f}{p}, \quad \tau_{ind} = \frac{P_{ef}}{\omega_s} = \frac{P_{conv}}{\omega_r}, \quad P_{eixo} = P_{conv} - P_{rot}, \quad 1 \text{ hp} = 745.7 \text{ W}$$

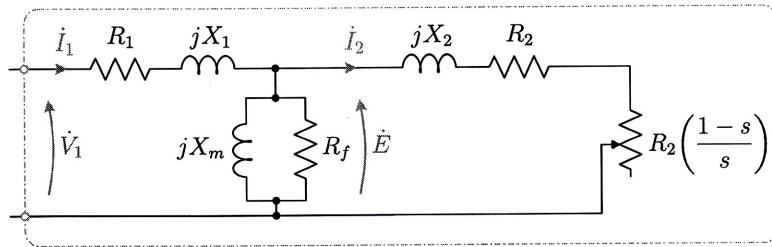


Aluno:

gabarito

A/B

**Questão 1: (peso 3.4)** Um motor de indução trifásico de quatro polos, 380 V (em Delta), 60 Hz tem os seguintes parâmetros equivalentes por fase referidos ao estator:  $R_1 = 15.2 \Omega$ ,  $X_1 = 12.7 \Omega$ ,  $R_2 = 10.0 \Omega$ ,  $X_2 = 19.1 \Omega$ ,  $X_m = 335.5 \Omega$  e  $R_f = 8384 \Omega$ .



Sabe-se ainda que a velocidade nominal é de 1741 rpm e que as perdas rotacionais são de 80 W. Para a velocidade nominal, calcule:

a) (peso 0.8) a corrente de alimentação do motor;

2,801 A

b) (peso 0.8) a potência mecânica no eixo em hp;

1,431 hp

c) (peso 0.8) torque no eixo;

5,855 Nm

d) (peso 0.8) rendimento.

79,13 %

**Questão 2: (peso 1.6)** Para o motor da questão 1, calcule:

a) (peso 0.8) o torque de partida;

13,28 Nm

b) (peso 0.8) a corrente de partida:

16,75 A

**Questão 3: (peso 1.0)** Calcule o valor da velocidade do rotor (em rpm) em que o motor da questão 1 apresenta o torque induzido máximo.

1283,9 rpm

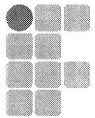
**Questão 4: (peso 1.0)** Um motor de indução trifásico de seis polos operando nas condições nominais em regime permanente, entrega ao eixo um torque de 20.82 Nm com escorregamento de 5%. Sabendo que este motor é alimentação em 380 V (em estrela e 60 Hz), que apresenta fator de potência de 0.83 e rendimento de 87%, calcule:

a) (peso 0.5) a corrente de alimentação nominal;

5,230 A

b) (peso 0.5) a potência nominal em hp.

3,3 hp



Aluno:

gabarito A

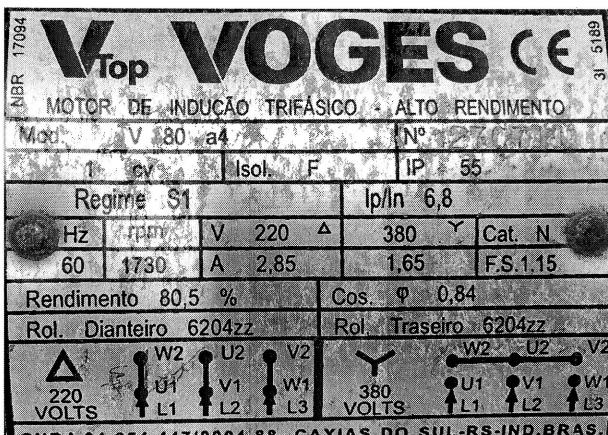
**Questão 5: (peso 1.0)** Sobre o motor de indução trifásico é correto afirmar que (marque apenas as afirmações verdadeiras):

- A velocidade do campo girante é definida exclusivamente pelo número de polos e pela frequência das tensões de alimentação do motor.
- A intensidade do campo magnético girante é imposto pela amplitude e pela frequência das tensões de alimentação.
- A intensidade do campo magnético girante é inversamente proporcional à espessura do en-treferro.
- As correntes de alimentação do motor em vazio são muito baixas, já que nessa condição o escorregamento é próximo de zero.

**Questão 6: (peso 1.0)** Sobre o motor de indução trifásico é correto afirmar que (marque apenas as afirmações verdadeiras):

- A velocidade do sistema motor–carga se estabiliza quando é alcançado o equilíbrio entre o torque entregue pelo motor e o torque resistente da carga.
- Considerando um motor inicialmente operando a vazio, um aumento da carga mecânica acoplada ao seu eixo resulta em um aumento do escorregamento, logo, na redução do torque induzido pelo motor.
- A velocidade do motor a vazio é próxima da velocidade síncrona, contudo, ligeiramente abaixo desta devido às perdas rotacionais.
- O escorregamento é uma medida relativa entre as perdas do estator e as perdas no rotor.

**Questão 7: (peso 1.0)** Considerando os dados de placa da figura, responda:



a) (peso 0.2) a corrente de partida nominal para alimentação em 380 V;

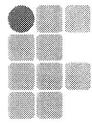
11,22 A

b) (peso 0.2) a corrente nominal para o motor alimentado em 220 V;

2,85 A

c) (peso 0.2) o número de polos;

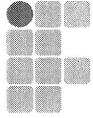
4



Aluno:

gabant A

- d) (peso 0.2) o rendimento nominal; 80,5 %
- e) (peso 0.2) a tensão nominal quando o motor é ligado em delta; 220 ✓



Aluno:

gabanih B

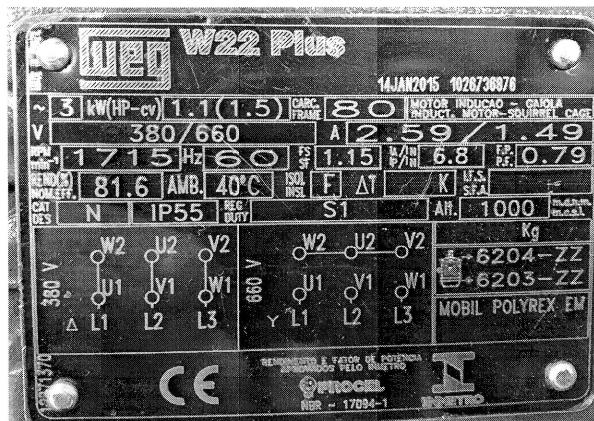
**Questão 5: (peso 1.0)** Sobre o motor de indução trifásico é correto afirmar que (marque apenas as afirmações verdadeiras):

- A velocidade do campo girante é definida exclusivamente pelo número de polos e pela frequência das tensões de alimentação do motor.
- A intensidade do campo magnético girante é imposto pela amplitude e pela frequência das tensões de alimentação.
- A intensidade do campo magnético girante é inversamente proporcional à espessura do entreferro.
- As correntes de alimentação do motor em vazio são muito baixas, já que nessa condição o escorregamento é próximo de zero.

**Questão 6: (peso 1.0)** Sobre o motor de indução trifásico é correto afirmar que (marque apenas as afirmações verdadeiras):

- A velocidade do sistema motor-carga se estabiliza quando é alcançado o equilíbrio entre o torque entregue pelo motor e o torque resistente da carga.
- Considerando um motor inicialmente operando a vazio, um aumento da carga mecânica acoplada ao seu eixo resulta em um aumento do escorregamento, logo, na redução do torque induzido pelo motor.
- A velocidade do motor a vazio é próxima da velocidade síncrona, contudo, ligeiramente abaixo desta devido às perdas rotacionais.
- O escorregamento é uma medida relativa entre as perdas do estator e as perdas no rotor.

**Questão 7: (peso 1.0)** Considerando os dados de placa da figura, responda:



a) (peso 0.2) a corrente de partida nominal para alimentação em 660 V;

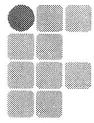
10,13 A

b) (peso 0.2) a corrente nominal para o motor alimentado em 380 V;

2,59 A

c) (peso 0.2) o número de polos;

4



Aluno:

gabarit B

d) (peso 0.2) o rendimento nominal; 81,6 %

e) (peso 0.2) a tensão nominal quando o motor é ligado em delta; 380 V

$$Q_1) \quad f = 60 \quad n_n = 1741 \quad \rightarrow \quad p = 4 \quad ; \quad n_s = 1800 \text{ rpm}$$

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1800 - 1741}{1800} = 0,0327$$

$$R_2 \left( \frac{1-s}{s} \right) = 295,085 \Omega$$

$$Z_2 = R_2/s + jX_2 = (305,085 + j 19,1) \Omega$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1 = (15,2 + j 12,7) \Omega$$

$$Z_0 = jX_m // R_S = (13,40 + j 334,96) \Omega$$

$$Z_0 // Z_2 = (156,7 + j 147,5) \Omega$$

$$Z_{eq} = Z_1 + Z_0 // Z_2 = (171,90 + j 160,17) \Omega$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{V}_1}{Z_{eq}} = \frac{380 \angle 0^\circ}{171,9 + j 160,17} = 1,617 \angle -42,9^\circ A$$

$$\rightarrow I_{in} = \sqrt{3} \cdot I_1 = \underline{2,801 \text{ A} \text{ a})}$$

↑  
deltu

$$\dot{E} = \dot{I}_1 \cdot Z_0 // Z_2 = 349,0 \angle 0,285^\circ \checkmark$$

$$I_2 = \frac{\dot{E}}{Z_2} = 1,1385 \text{ } \underline{-3,237^\circ} \text{ A}$$

$$P_{\text{conv}} = 3 \cdot I_2^2 \cdot R_2 \left( \frac{1-s}{s} \right) = 1147,43 \text{ W}$$

$$P_{\text{el}x_0} = P_{\text{conv}} - P_{\text{rot}} = 1067,43 \text{ W}$$

$$\rightarrow P_{\text{el}x_0, \text{hp}} = \frac{P_{\text{el}x_0, \text{watt}}}{745,7} = \boxed{1,431 \text{ hp}} \text{ b)}$$

$$\rightarrow Z_{\text{el}x_0} = \frac{P_{\text{el}x_0}}{\omega_r} = \frac{1067,43}{1741 \left( \frac{2\pi}{60} \right)} = \boxed{5,055 \text{ Nm}} \text{ c)}$$

$$P_{\text{in}} = 3 \cdot P_i = 3 \cdot P_e \{ \dot{V}_i \cdot \dot{I}_i^* \} = 1348,93 \text{ W}$$

$$\rightarrow \eta_{i_1} = \frac{P_{\text{el}x_0}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% = \boxed{79,13\%} \text{ d)}$$

$$Q_3) \quad Z_o = \text{igual } Q,$$

$$Z_i = \text{igual } Q,$$

$$Z_o // Z_i = (14,08 + j 12,81) \Omega$$

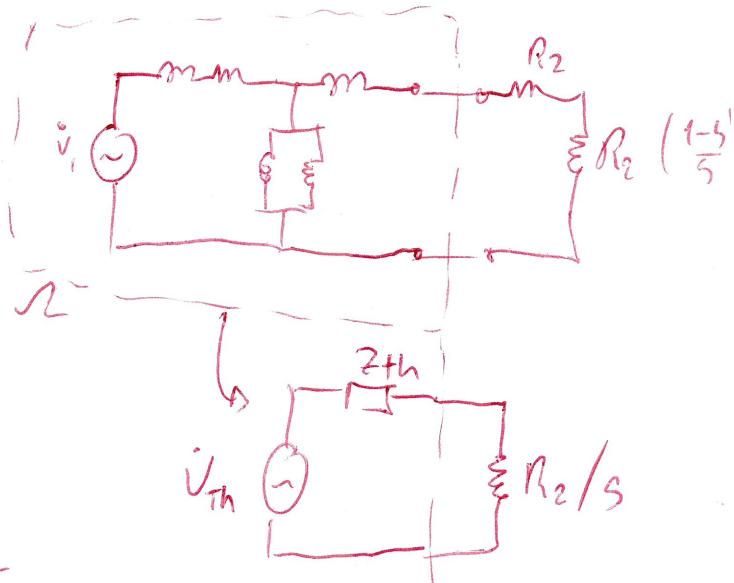
$$Z_{th} = Z_o // Z_i + j X_2$$

$$Z_{th} = (14,08 + j 31,91) \Omega$$

máximo P<sub>es</sub> quando  $|Z_{th}| = R_2/s$

$$s = \frac{R_2}{|Z_{th}|} = \frac{10,0}{34,977} = 0,2867$$

$$n_r = (1-s) n_s = \boxed{1283,9 \text{ rpm}}$$



$$Q_2) Z_2 = 10 + j 19,1$$

$$Z_1 = j \omega v_1 Q_1$$

$$Z_0 = j \omega v_1 Q_1$$

$$Z_0 // Z_2 = (8,975 + j 18,28) \Omega$$

$$Z_{eq} = (24,175 + j 90,984) \Omega$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{V}_1}{Z_{eq}} = 9,669 \underbrace{[-52,037]}_b A$$

$$\rightarrow I_{in} = \sqrt{3} \cdot I_1 = \underbrace{(16,75 A)}_b$$

$$P_{es} = 3 \cdot \text{Re} \{ \dot{E} \cdot \dot{I}_2^* \}$$

$$\dot{E} = \dot{I}_1 \cdot Z_0 // Z_2 = 196,95 \underbrace{[+41,82]}_b \checkmark$$

$$\dot{I}_2 = \dot{E} / Z_2 = 9,135 \underbrace{[-50,55]}_b A$$

$$P_{es} = 2503,49 \text{ W}$$

$$\tilde{\tau}_{ind} = \frac{P_{es}}{\omega_s} = \frac{2503,49}{1800 \cdot \left(\frac{2\pi}{60}\right)} = 13,23 \text{ Nm}$$

no parola Prot = 0, locs:

$$Q_4) P_{eix} = 20,92 \cdot 1200 (1-0,05) \frac{2\pi}{60} = 2485,5 W$$

$$P_{in} = \frac{P_{eix}}{n_{r/100}} = 2856,9 W$$

$$S_{in} = \frac{P_{in}}{FP} = 3442,05 VA$$

$$\rightarrow I_{in} = \frac{S_{in}}{\sqrt{3} V_{in}} = \boxed{S,2296 A}_{(a)}$$


  
 I<sub>inL</sub>      I<sub>inH</sub>

$$P_{eixo, hp} = \frac{P_{eixo, watts}}{745,7} = \boxed{3,3 hp}_{(b)}$$