



**DISCIPLINA: SEL 0422 – Máquinas Elétricas**  
**PROFESSOR: Luís Fernando Costa Alberto**

**LISTA DE EXERCÍCIOS - Nº 2**

Obs.: A maior parte destes exercícios foi retirada do livro texto “An Introduction to Electrical Machines and Transformers”, dos autores McPherson & Laramore.

- 1) Dado o circuito equivalente do motor de indução conforme Figura 1:

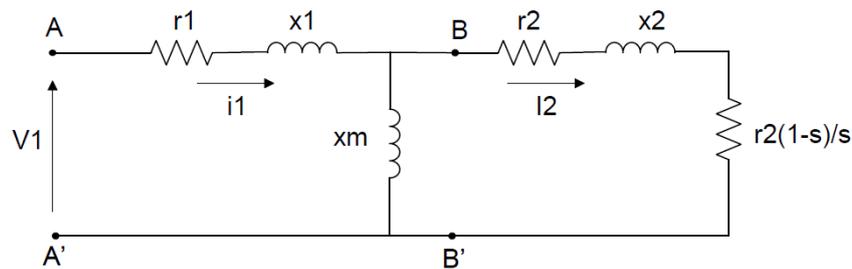


Figura 1 - Circuito equivalente do motor de indução por fase.

Como visto em aula, calcule o equivalente de Thèvenin visto dos terminais B-B', e mostre que:

- a) 
$$\tau_{desenv} = \frac{3V_{th}^2 \frac{r_2}{s}}{\omega_s \left( R_{th} + \frac{r_2}{s} \right)^2 + (X_{th} + X_2)^2}$$
- b) 
$$\vec{V}_{th} = \frac{jX_m \vec{V}_1}{r_1 + j(X_1 + X_m)}$$
- c) 
$$R_{th} = \frac{r_1 X_m^2}{r_1^2 + (X_1 + X_m)^2}$$
- d) 
$$X_{th} = \frac{r_1^2 X_m + X_1^2 X_m + X_1 X_m^2}{r_1^2 + (X_1 + X_m)^2}$$

- 2) Utilizando cálculo diferencial e a função de torque desenvolvido, calcule o máximo torque que pode ser desenvolvido pela máquina. Mostre que este resultado é igual ao obtido via o teorema da máxima transferência de potência.
- 3) Um motor de indução trifásico, 6 polos, 60 Hz, está operando a uma velocidade de 1164 rpm. A potência de entrada nesta velocidade é de 33 kW e a perda no cobre do estator é de 1200 W. Encontre (a) o escorregamento (b)  $P_g$  (c) A perda no cobre do rotor (d) O torque desenvolvido em (N.m) (e) Potência desenvolvida. (f) Se as perdas rotacionais são 500 W, encontre o torque e a potência de saída.
- 4) Um motor de indução de dois pólos, 230 V, trifásico, 60 Hz, com fator de potência de 0.9, drena da rede uma corrente de 50 A. As perdas no cobre do estator e do rotor são 1000 W e 508 W, respectivamente. As perdas de atrito e de ventilação são de 200 W, a perda no núcleo é de 750 W.



Outras perdas totalizam 180 W. Encontre (a) Eficiência (b) Velocidade (c) Torque de saída (d) Potência de saída.

- 5) Uma máquina de indução trifásica, 2 pólos, 60 Hz, 208-230-V, possui potência nominal de 7460 W (10 HP) a 3.450 rpm. As impedâncias do modelo do circuito equivalente são as seguintes:

$$\begin{aligned}x_1 &= 0.423 \, \Omega & x_2 &= 0.423 \, \Omega & x_m &= 23 \, \Omega \\r_1 &= 0.148 \, \Omega & r_2 &= 0.148 \, \Omega\end{aligned}$$

As perdas rotacionais são de 500 W.

- Calcular a potência de saída atual à velocidade nominal, quando a máquina é operada em 208 V, 60 Hz. Também, calcule a corrente de linha, fator de potência, torque de saída e o rendimento.
  - Repita os cálculos para a tensão de linha de 230 V.
  - Calcular o rendimento da máquina quando a mesma é operada a 208 V, 60 Hz e um escorregamento de 0.03.
  - Quais são as corrente de partida e o torque em (N.m) da máquina para uma frequência de 60 Hz, quando a tensão de linha aplicada é (i) 208 V ? (ii) 230 V ?
- 6) Um motor de indução trifásico, 6 pólos, 460 V, 60 Hz, possui as seguintes impedâncias do modelo do circuito equivalente:

$$\begin{aligned}r_1 &= 0.800 \, \Omega & x_1 &= 0.700 \, \Omega & x_m &= 35.0 \, \Omega \\r_2 &= 0.300 \, \Omega & x_2 &= 0.700 \, \Omega\end{aligned}$$

Perdas Rotacionais = 720 W

- Calcular o rendimento deste motor quando o mesmo opera à velocidade de 1164 rpm.
  - Calcule o torque desenvolvido na partida.
  - Determine a velocidade em que o torque máximo ocorre.
  - Determine o torque máximo operando na tensão nominal do motor. Qual seria o torque máximo para 80% da tensão de linha nominal ?
- 7) Um motor de indução trifásico, 8 pólos, 230 V, 60 Hz possui as seguintes impedâncias do modelo do circuito equivalente:

$$\begin{aligned}r_1 &= 0.780 \, \Omega & x_1 &= 0.560 \, \Omega & x_m &= 32.0 \, \Omega \\r_2 &= 0.280 \, \Omega & x_2 &= 0.840 \, \Omega\end{aligned}$$

Perdas Rotacionais = 224 W

- Calcule o rendimento deste motor para um escorregamento igual a 0.03.
- Calcule o torque desenvolvido na partida.
- Determine a velocidade em que o torque máximo ocorre.



- 8) Dado um motor trifásico, considere que as três fases do enrolamento do rotor estejam conectadas em Y. A resistência do enrolamento do rotor por fase é de  $0.1 \Omega$ . Com os anéis deslizantes do rotor em curto-circuito, este motor desenvolve torque nominal para um escorregamento igual a 0.05 e corrente de linha de 120 A.
- a) Calcule o valor da resistência externa a ser inserida em cada uma das fases do circuito do rotor para limitar a corrente de partida à 120 A.
  - b) Calcule a fração do torque à plena carga que será desenvolvida com a inserção desta resistência externa na partida.
  - c) Calcule o valor da resistência por fase que deverá ser inserida no circuito do rotor para que o torque nominal seja desenvolvido com metade da velocidade síncrona.
- 9) Um motor de indução trifásico, 4 polos, 60 Hz, desenvolve torque a plena carga com uma velocidade de 1740 rpm.
- a) Qual será a sua velocidade com metade do torque nominal?
  - b) Qual será a sua velocidade com metade do torque nominal e metade da tensão nominal?
  - c) Qual será sua velocidade, a torque e tensão nominais, se a resistência do rotor por fase é dobrada?