

SEL 329 – CONVERSÃO ELETROMECCÂNICA DE ENERGIA

Exercícios - Aula 22

Exercício 1

Um motor de indução trifásico, 460 V, 1740 rpm, 60 Hz, 4 polos, rotor bobinado tem os seguintes parâmetros (por fase):

$$R_1 = 0,25 \, \Omega$$

$$R_2' = 0,2 \, \Omega$$

$$X_1 = X_2' = 0,5 \, \Omega$$

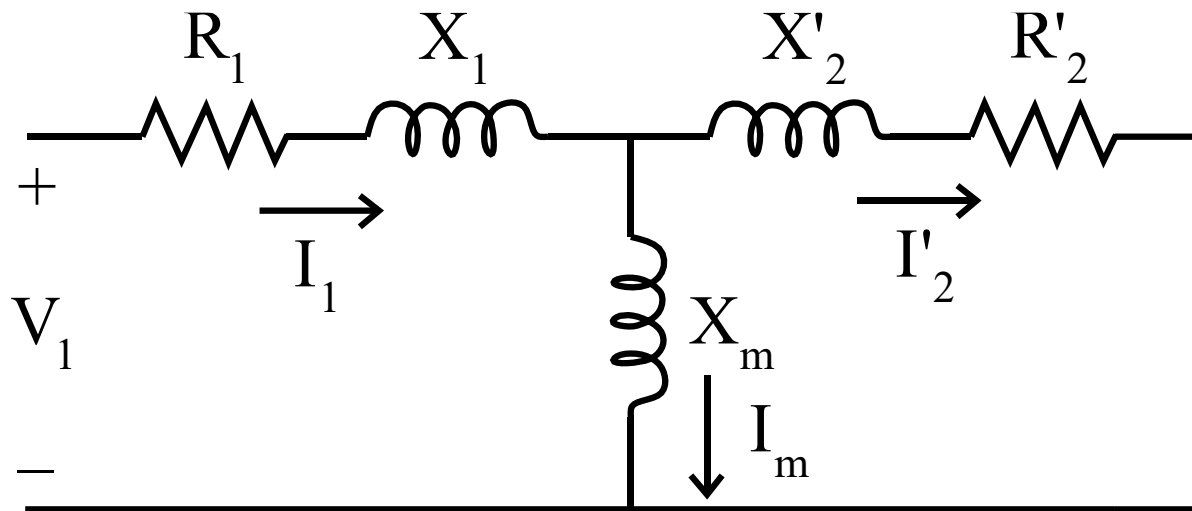
$$X_m = 30 \, \Omega$$

As perdas rotacionais são de 1700 W. Com o rotor curto-circuitado, encontre:

- (a)
 - (i) corrente de partida quando ligado à tensão nominal;
 - (ii) torque de partida;
- (b)
 - (i) escorregamento à velocidade nominal;
 - (ii) corrente à velocidade nominal;
 - (iii) razão entre as correntes de partida e de carga nominal;
 - (iv) fator de potência à velocidade nominal;
 - (v) torque à velocidade nominal;
 - (vi) eficiência interna e eficiência do motor à velocidade nominal;
- (c)
 - (i) escorregamento para torque máximo;
 - (ii) torque máximo;
- (d) resistência que deve ser conectada por fase ao rotor para torque máximo na partida.

Exercício 1

a) I_1 e T_m na partida



$$V_1 = \frac{460}{\sqrt{3}} = 265,6 \text{ V/fase}$$

$$R_1 = 0,25 \Omega \quad R'_2 = 0,2 \Omega$$

$$X_1 = X'_2 = 0,5 \Omega \quad X_m = 30 \Omega$$

Para $s = 1$

$$Z_{eq} = R_1 + jX_1 + \frac{jX_m(R'_2 + jX'_2)}{R'_2 + j(X'_2 + X_m)} = 1,08 \angle 66^\circ \Omega$$

$$I_{1,\text{partida}} = \frac{V_1}{Z_{eq}}$$

Exercício 1

a) I_1 e T_m na partida

$$V_{th} = \frac{265,6 \times j30}{0,25 + j30,5} \cong 261,3 \text{ V}$$

$$Z_{th} = R_{th} + jX_{th} = \frac{j30(0,25 + j0,5)}{0,25 + j30,5} = 0,55 \angle 63,9^\circ = 0,24 + j0,49 \ \Omega$$

$$I_2' = \left| \frac{V_{th}}{Z_{th} + Z_2'} \right| = \frac{261,3}{\sqrt{(0,24 + 0,2)^2 + (0,49 + 0,5)^2}} = 241,19 \text{ A}$$

$$\eta_s = \frac{120 \cdot f}{p} = 1800 \text{ rpm} \rightarrow \omega_s = \frac{1800 \times 2\pi}{60} = 188,5 \text{ rad/s}$$

$$T_{m,partida} = \frac{P_g}{\omega_s} = \frac{3}{\omega_s} \frac{R_2' I_2'^2}{s} = \frac{3}{188,5} \frac{0,2 \times 241,19^2}{1} = \underline{\underline{185,17 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Exercício 1

b) s , I_1 , $I_{1,\text{partida}}/I_{1,\text{nominal}}$, FP; η_{interno} e η_{real} para velocidade nominal

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1800 - 1740}{1800} = 0,0333$$

$$s = 3,33\%$$

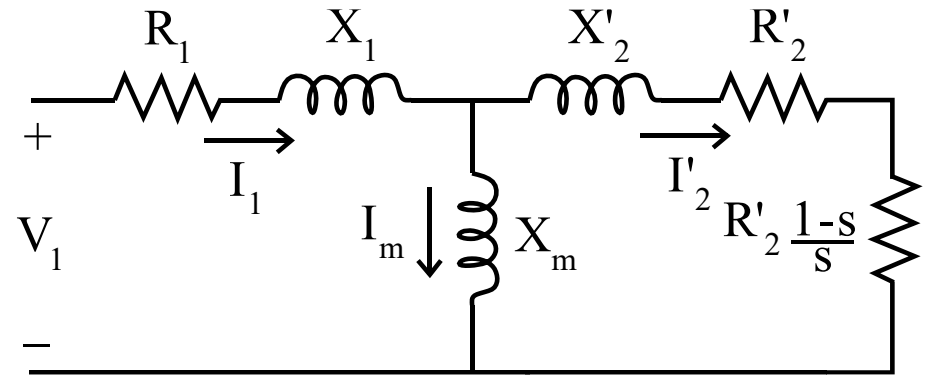
$$Z_{eq} = R_1 + jX_1 + \frac{jX_m(R'_2/s + jX'_2)}{R'_2/s + j(X'_2 + X_m)} = 6,2123 \angle 19,7^\circ \Omega$$

$$\text{FP} = \cos 19,7^\circ = 0,94$$

$$I_{1,\text{nominal}} = \frac{V_1}{Z_{eq}} = 42,754 \angle -19,7^\circ \text{A}$$

$$\frac{I_{1,\text{partida}}}{I_{1,\text{v.nominal}}} = \frac{245,6}{42,754} = 5,75$$

$$T_{m,\text{v.nominal}} = \frac{3}{\omega_s} \frac{R'_2 I_2'^2}{s} = 163,11 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Exercício 1

b) s , I_1 , $I_{1,\text{partida}}/I_{1,\text{nominal}}$, FP; η_{interno} e η_{real} para velocidade nominal

$$\eta_{\text{interno}} = 1 - s = 0,9667 = 96,67\%$$

$$\eta_{\text{real}} = ?$$

$$P_{\text{entrada}} = 3V_1 I_1 \cos \theta_1 = 3 \cdot 265,6 \cdot 42,754 \cdot 0,94 = 32022,4 \text{ W}$$

$$P_{\text{saída}} = P_{\text{mec}} - P_{\text{rotacional}}$$

$$P_{\text{mec}} = T \omega_{\text{mec}} = 163,11 \cdot 1740 \cdot \frac{2\pi}{60} = 29721 \text{ W} = (1-s)P_g = (1-s)T\omega_s$$

$$P_{\text{saída}} = 29721 - 1700 = 28021 \text{ W}$$

$$\eta_{\text{real}} = \frac{28021}{32022,4} = 87,5\%$$

Exercício 1

c) s para $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{máx}}$

$$s_{T_{\text{máx}}} = \frac{R'_2}{\sqrt{R_{\text{th}}^2 + (X_{\text{th}} + X'_2)^2}} = 0,1963 = 19,63\%$$

$$\frac{T_{\text{máx}}}{T_{\text{nominal}}} = \frac{431,68}{163,11} = 2,65$$

$$T_{\text{máx}} = 3 \frac{1}{2\omega_s} \frac{V_{\text{th}}^2}{R_{\text{th}} + \sqrt{R_{\text{th}}^2 + (X_{\text{th}} + X'_2)^2}} = 431,68 \text{ N} \cdot \text{m}$$

d) R_{externo} para que $T_{\text{máx}}$ ocorra com $s = 1$.

$$s_{T_{\text{máx}}} = \frac{R'_2 + R_{\text{externo}}}{\sqrt{R_{\text{th}}^2 + (X_{\text{th}} + X'_2)^2}} = 1 \Rightarrow R_{\text{externo}} = 0,8186 \Omega/\text{fase}$$

Exercício 2

Um motor de indução trifásico, de 460 V, 1710 rpm, 60 Hz e 4 polos apresenta corrente de partida de seis vezes o valor nominal para a corrente no rotor a plena carga. Determine o torque de partida como percentual do torque a plena carga.

Exercício 2

Velocidade síncrona: $n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ rpm}$

Escorregamento a plena carga: $s_{FL} = \frac{n_s - n_{FL}}{n_s}$

Pela expressão do torque: $T_{mec} = \frac{1}{\omega_s} P_g = \frac{1}{\omega_s} \frac{R_2 I_2^2}{s} \propto \frac{R_2 I_2^2}{s}$

Logo: $\frac{T_{partida}}{T_{FL}} = \frac{\left(\frac{R_2 I_{2,partida}^2}{s_{partida}}\right)}{\left(\frac{R_2 I_{2,FL}^2}{s_{FL}}\right)} \rightarrow \frac{T_{partida}}{T_{FL}} = \left(\frac{I_{2,partida}}{I_{2,FL}}\right)^2 s_{FL}$

$$T_{partida} = 6^2 \times 0,05 \times T_{FL} = \underline{180\% T_{FL}}$$