

ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

ACIONAMENTOS DE MÁQUINAS - 2020.1

SYLVIELLY SOUSA

20162045070410

Para as questões seguintes, considere um motor CC de ímã permanente com os seguintes parâmetros: $R_a = 0,35 \Omega$, $L_a = 1,5 \text{ mH}$, $k_E = 0,5 \text{ V}/(\text{rad/s})$, $k_T = 0,5 \text{ Nm/A}$ e $J_m = 0,02 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. O torque nominal do motor é 4 Nm .

$$R_a := 0.35 \Omega \quad L_a := 1.5 \text{ mH} \quad k_E := 0.5 \frac{\text{V}}{\frac{\text{rad}}{\text{s}}} \quad k_T := 0.5 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A}}$$

$$J_m := 0.02 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad T_N := 4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

1) Desenhe a característica torque-velocidade para $V_a = 100 \text{ V}$, 60 V e 30 V .

RESOLUÇÃO:

$$V_a := 100 \text{ V} \quad I_{f,\text{nom}} := 1 \text{ A} \quad R_{m,\text{nom}} := 1 \Omega \quad \omega_{m,\text{nom}} := 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$I_{a,\text{nom}} := 1 \text{ A} \quad R_f := 1 \Omega \quad L_f := 1 \text{ H}$$

Para $I_a = 0 \text{ A}$, ou seja a vazio [sem carga]:

$$\omega_m := \frac{V_a}{k_E} \quad \omega_m = 200 \frac{1}{\text{s}}$$

La para torque nominal T_N :

$$I_a := \frac{T_N}{k_T} \quad I_a = 8 \text{ A}$$

$$\omega_m := \frac{V_a - R_a \cdot I_a}{k_E} \quad \omega_m = 200 \frac{1}{\text{s}}$$

$$V_a := V_a - 40 \text{ V} \quad V_a = 60 \text{ V}$$

$$\omega_m := \frac{V_a}{k_E} \quad \omega_m = 120 \frac{1}{\text{s}}$$

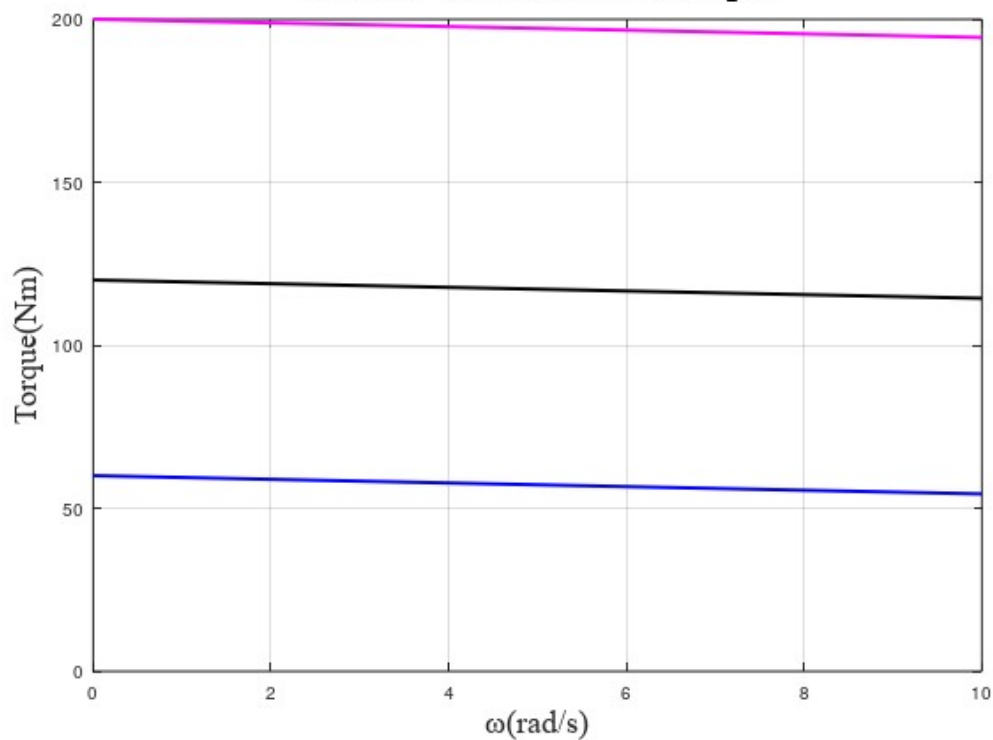
$$\omega_m := \frac{V_a - R_a \cdot I_a}{k_E} \quad \omega_m = 114.4 \frac{1}{s}$$

$$V_a := \frac{V_a}{2} \quad V_a = 30 \text{ V}$$

$$\omega_m := \frac{V_a}{k_E} \quad \omega_m = 60 \frac{1}{s}$$

$$\omega_m := \frac{V_a - R_a \cdot I_a}{k_E} \quad \omega_m = 54.4 \frac{1}{s}$$

Grafico Velocidade x Torque



2) Supondo que o motor está acionando uma carga com torque constante de 3 Nm e independente da velocidade, calcule a tensão na armadura V_a em regime permanente se a carga é acionada a 1500 rpm.

RESOLUÇÃO:

$$T_{\text{torque}} := 3 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{rpm} := 1 \quad I_a := \frac{T_{\text{torque}}}{k_T} \quad I_a = 6 \text{ A}$$

$$n_{\text{rpm}} := 1500 \text{ rpm} \quad \omega_m := n_{\text{rpm}} \cdot \left[\left(\frac{\pi}{30} \right) \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \quad \omega_m = 157.08 \frac{1}{s}$$

$$V_a := \omega_m \cdot k_E + R_a \cdot I_a \quad V_a = 80.64 \text{ V}$$

3) Supondo que o motor está acionando uma carga a uma velocidade de 1500 rpm. Em certo instante o motor entra no modo de frenagem regenerativa. Calcule a tensão na armadura V_a nesse instante se a corrente I_a não deve superar 10 A. Suponha que a inércia é muito grande e, em consequência, a velocidade muda lentamente.

RESOLUÇÃO:

$$I_a := -10 \text{ A}$$

$$\omega_{\text{motor}} := n_{\text{rpm}} \cdot \left(\frac{\pi}{30} \right) \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \omega_{\text{motor}} = 157.08 \frac{1}{\text{s}}$$

$$k_E = 0.5 \text{ Wb} \quad V_a := \omega_{\text{motor}} \cdot k_E + R_a \cdot I_a \quad V_a = 75.04 \text{ V}$$

4) Supondo que o motor está acionando uma carga a uma velocidade de 1500 rpm. A carga é totalmente inercial com uma inércia de $0,04 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Calcule a energia recuperada por desaceleração a 750 rpm enquanto se mantém a corrente de frenagem regenerativa em 10 A.

RESOLUÇÃO:

$$n_{\text{motor}} := 1500 \cdot \text{rpm} \quad J_L := 0.04 (\text{kg} \cdot \text{m}^2) \quad I_{\text{regenerativa}} := -10 \text{ A}$$

$$J_{\text{eq}} := J_m + J_L \quad J_{\text{eq}} = 0.06 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}$$

$$n_{\text{desaceleracao}} := 750 \text{ rpm} \quad \omega_{\text{motor}} = 157.08 \frac{1}{\text{s}}$$

$$T_{\text{em}} := k_T \cdot I_{\text{regenerativa}} \quad T_{\text{em}} := -5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\omega_m := \frac{T_{\text{em}}}{J_{\text{eq}}} \quad \omega_m = -83.333 \frac{1}{\text{s}^2}$$

$$\omega_{\text{desaceleracao}} := n_{\text{desaceleracao}} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \text{rad}}{30 \text{ s}} \right)$$

$$\omega_{\text{desaceleracao}} = 78.54 \frac{1}{\text{s}}$$

$$V_a := \omega_{\text{motor}} \cdot k_E \quad V_a = 78.54 \text{ V}$$

$$V_a := \omega_{\text{desaceleracao}} \cdot k_E \quad V_a = 39.27 \text{ V}$$

$$\Delta t_1 := \left| \frac{\omega_{\text{motor}}}{\omega_m} \right| \quad \Delta t_1 = 1.885 \text{ s}$$

$$\Delta t_2 := \left| \frac{\omega_{\text{desaceleracao}}}{\omega_m} \right| \quad \Delta t_2 = 0.942 \text{ s}$$

$$P_{\text{motor}} := J_{\text{eq}} \cdot \left(\omega_{\text{motor}}^2 \right) \quad P_{\text{motor}} = 1.48 \times 10^3 \text{ J}$$

$$P_{\text{desaceleracao}} := J_{\text{eq}} \cdot \left(\omega_{\text{desaceleracao}}^2 \right) \quad P_{\text{desaceleracao}} = 370.11 \text{ J}$$

$$E_{\text{motor}} := P_{\text{motor}} \cdot \Delta t_1 \quad E_{\text{motor}} = 2.791 \times 10^3 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}}$$

$$E_{\text{desaceleracao}} := P_{\text{desaceleracao}} \cdot \Delta t_2 \quad E_{\text{desaceleracao}} = 348.821 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}}$$

$$\Delta E := E_{\text{motor}} - E_{\text{desaceleracao}} \quad \Delta E = 2.442 \times 10^3 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}}$$

5) Supondo que o motor está operando em regime permanente com uma velocidade de 300 rad/s. A carga é totalmente inercial com uma inércia de $0,04 \text{ kg} \times \text{m}^2$. Em algum instante, sua velocidade decresce linearmente e inverte a 100 rad/s em 4 s. Desconsidere o efeito de L_a e o atrito. Calcule e desenhe a corrente necessária e a tensão V_a que deve ser aplicada nos terminais da armadura dessa máquina. Como um passo intermediário, calcule e desenhe E_a , o torque eletromagnético T_{em} e a corrente I_a do motor.

RESOLUÇÃO:

$$J_L := 0.04 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad \omega_m := 300 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \Delta t := 4 \text{ s}$$

$$J_{\text{eq}} := J_m + J_L \quad I_a := \frac{T_N}{k_T} \quad I_a = 8 \text{ A}$$

$$E_a := \omega_m \cdot k_E \quad E_a = 150 \text{ V}$$

$$V_a := E_a + R_a \cdot I_a \quad V_a = 152.8 \text{ V}$$

$$\omega_{\text{decrecente}} := 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad T_{\text{em.decrecente}} := \frac{J_{\text{eq}} \cdot \omega_{\text{decrecente}}}{\Delta t} \quad T_{\text{em.decrecente}} = 1.5 \text{ J}$$

$$I_{a.\text{decrecente}} := \frac{T_{\text{em.decrecente}}}{k_T} \quad I_{a.\text{decrecente}} = 3 \text{ A}$$

$$E_{a.\text{decrecente}} := \omega_{\text{decrecente}} \cdot k_E \quad E_{a.\text{decrecente}} = 50 \text{ V}$$

$$V_{a.\text{decrecente}} := E_{a.\text{decrecente}} + R_a \cdot I_{a.\text{decrecente}}$$

$$V_{a.\text{decrecente}} = 51.05 \text{ V}$$

Grafico tempo x tensao para $\omega_m = 100 \text{ rad/s}$

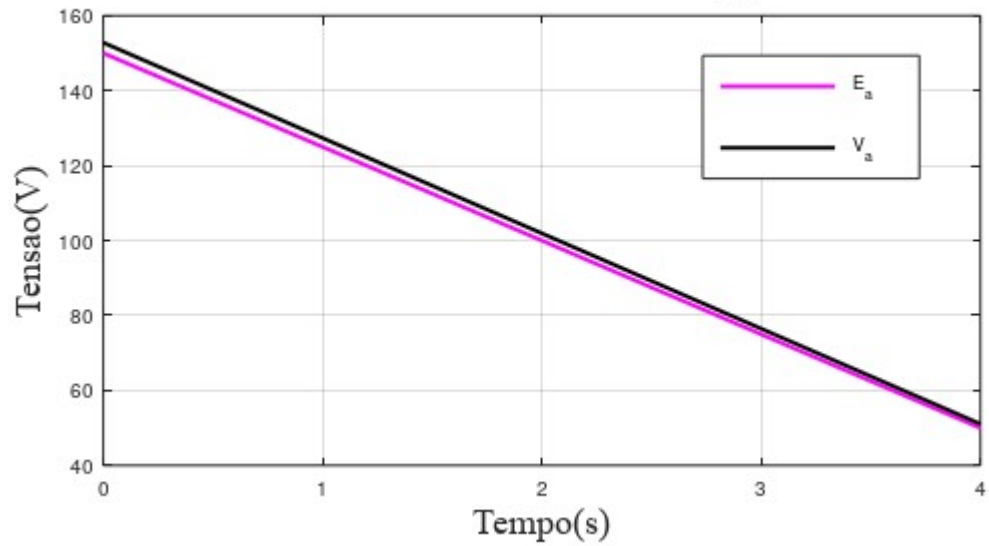
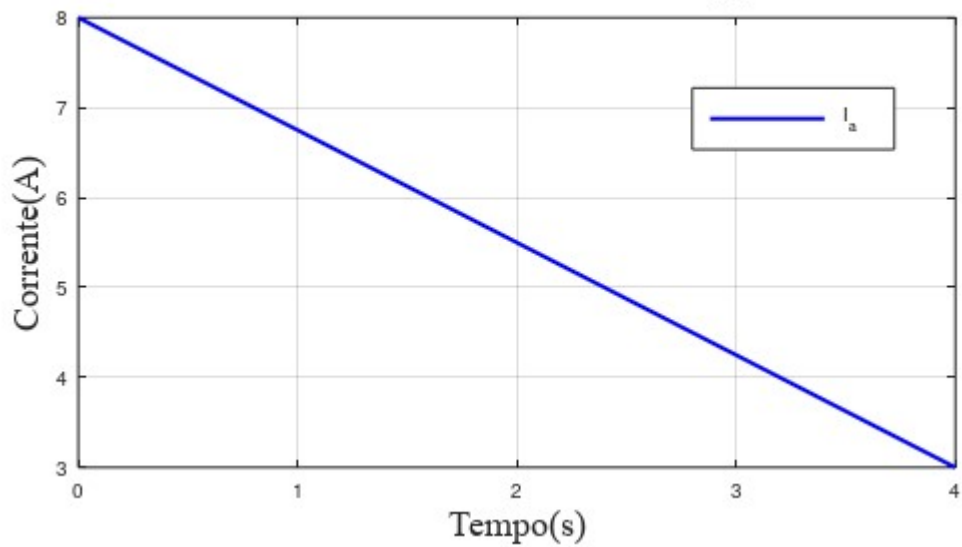


Grafico tempo x corrente para $\omega_m = 100 \text{ rad/s}$



PARA CONDICAÇÃO INTERMEDIÁRIA

$$\omega_{\text{interpolacao}} := 230 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad T_{\text{em.interpolacao}} := \frac{J_{\text{eq}} \cdot \omega_{\text{interpolacao}}}{\Delta t} \quad T_{\text{em.interpolacao}} = 3.45 \text{ J}$$

$$I_{\text{a.interpolacao}} := \frac{T_{\text{em.interpolacao}}}{k_T} \quad I_{\text{a.interpolacao}} = 6.9 \text{ A}$$

$$E_{\text{a.interpolacao}} := \omega_{\text{interpolacao}} \cdot k_E \quad E_{\text{a.interpolacao}} = 115 \text{ V}$$

$$V_{\text{a.interpolacao}} := E_{\text{a.interpolacao}} + R_a \cdot I_{\text{a.interpolacao}} \quad V_{\text{a.interpolacao}} = 117.415 \text{ V}$$

Grafico tempo x tensao para $\omega_m = 230 \text{ rad/s}$ (Interpolacao)

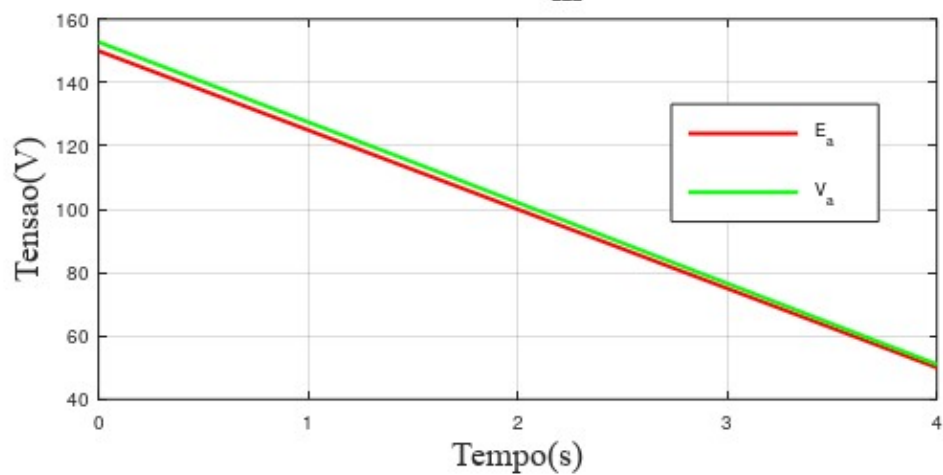


Grafico tempo x corrente para $\omega_m = 230$ rad/s (Interpolacao)

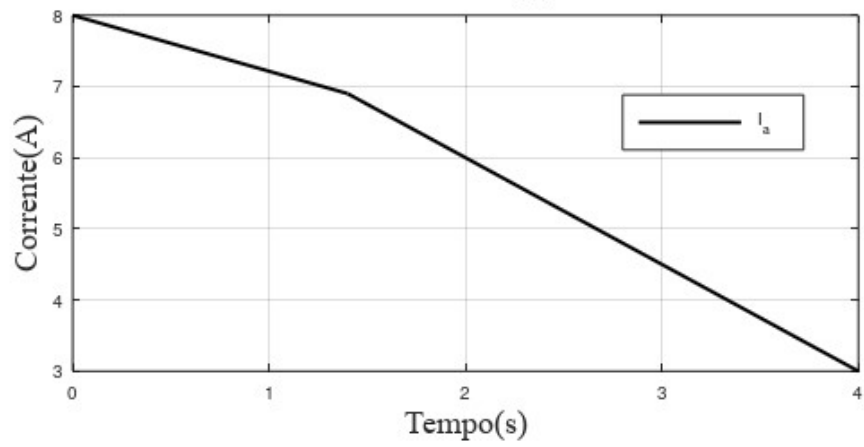


Grafico tempo x torque para $\omega_m = 230$ rad/s (Interpolacao)

