

_____, br. indeksa _____.

Ovaj list se predaje zajedno sa vežbankom!

Sve odgovore na postavljena pitanja upisati na naznačena mesta, a odgovarajuću analizu, obrazloženja odgovora i proračune dati u vežbankama. Svaki tačan odgovor mora biti i obrazložen.

Upravljanje elektromotornim pogonima

Beograd, 15.04.2022.

I kolokvijum

Zadatak: Motor jednosmerne struje sa nezavisnom stalnom i nominalnom pobudom napaja se iz regulisanog naponskog izvora. Momenat opterećenja je linearna funkcija brzine, zanemarljive vrednosti pri brzini jednakoju nuli, a priroda mu je reaktivna. Pri stalnoj i nominalnoj pobudi i nominalnom naponu izmerena je nominalna struja indukta motora (označiti ovu radnu tačku ustaljenog stanja u $m\omega$ ravni sa N).

- a) Sračunati vrednost napona indukta motora, ako je brzina obrtanja 45 rad/s. Grafički ilustrovati rešenje zadatka i označiti ovu radnu tačku ustaljenog stanja u $m\omega$ ravni sa A.

Odgovor: _____

[0,5 poena]

- b) Odrediti koliko je maksimalno dozvoljeno trenutno povećati vrednost napona u radnoj tački A, tako da struja indukta u prelaznom procesu ne pređe maksimalno dozvoljenu vrednost. Odrediti koordinate nove radne tačke ustaljenog stanja. Grafički ilustrovati rešenje zadatka i označiti ovu radnu tačku ustaljenog stanja u $m\omega$ ravni sa B. Smatrati da je $T_m \gg T_a$.

Odgovor: _____

[1 poen]

- c) Odrediti vreme trajanja prelaznog procesa od tačke A do tačke B. Smatrati da je $T_m \gg T_a$.

Odgovor: _____

[0,5 poena]

- d) Kakav je karakter prelaznih procesa kod ovog pogona?

Odgovor: _____

[1 poen]

Podaci o motoru: 230V, 26,1A, 150 rad/s; $R_a = 1,1 \Omega$; $L_a = 0,01$ H, ukupan moment inercije pogona je $J = 0,0133 \text{ kgm}^2$, maksimalna vrednost struje indukta jednaka je dvostrukoj nominalnoj vrednosti.

Teorijsko pitanje: Nabrojati i ukratko objasniti aktuatore u elektromotornim pogonima sa motorom za jednosmernu struju.

- a) Nacrtati i ukratko objasniti strukturnu šemu, principijelnu šemu trofaznog tiristorskog mosta i familiju mehaničkih karakteristika i napisati i objasniti funkciju prenosa ovog ispravljača.

Odgovor je na strani _____.

[1 poen]

- b) Ukratko objasniti ulogu čopera u elektromotornom pogonu sa motorom za jednosmernu struju, objasniti podelu na klase i predstaviti čoper funkcijom prenosa, uz kratko objašnjenje.

Odgovor je na strani _____.

[1 poen]

$$U_{an} := 230V \quad I_{an} := 26.1A \quad \omega_n := 150 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad Nm \equiv N \cdot m \quad r_j \equiv 1$$

$$R_a := 1.1\Omega \quad L_a := 0.01H \quad \Sigma J := 0.0133 \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega_b := \omega_n \quad \Psi_{fb} := \frac{U_{an}}{\omega_b} \quad \Psi_{fb} = 1.533 \text{Wb}$$

$$R_b := \frac{U_{an}}{I_{an}} = 8.812\Omega \quad M_b := \frac{U_{an} \cdot I_{an}}{\omega_b} = 40.02 \cdot \text{Nm}$$

$$\mathbf{N:} \quad T_a := \frac{L_a}{R_a} = 9.091 \times 10^{-3} \text{s} \quad T_m := \Sigma J \cdot \frac{\omega_b}{M_b} = 0.05 \text{s}$$

$$R_{arel} := \frac{R_a}{R_b} = 0.125 \cdot r_j \quad \Psi_{fn} := 1 - R_{arel} \quad \Psi_{fn} = 0.875 \cdot r_j$$

$$M_{nrel} := \Psi_{fn} = 0.875 \cdot r_j \quad \omega_{nrel} := 1 \quad U_{anrel} := 1 \quad I_{anrel} := 1 \quad I_{amaxrel} := 2r_j$$

Prema podacima datim u zadatku, u početku imamo nominalni napon, nominalnu pobudu i nominalnu struju. Znači da je u početku nominalna brzina.

$$\omega_N := \omega_n$$

$$K_\omega := \frac{M_{nrel}}{\omega_{nrel}} \quad m_m(\omega) := K_\omega \cdot \omega \quad K_\omega = 0.875$$

$$\text{A)} \quad \omega_A := 45 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \omega_{Arel} := \frac{\omega_A}{\omega_b} \quad I_{aArel} := \frac{m_m(\omega_{Arel})}{\Psi_{fn}} \quad U_{aArel} := R_{arel} \cdot I_{aArel} + \Psi_{fn} \cdot \omega_{Arel}$$

$$U_{aArel} = 0.3 \cdot r_j \quad U_{aArel} \cdot U_{an} = 69 \text{V}$$

$$m_m(\omega_{Arel}) = 0.263 \cdot r_j \quad M_{eA} := m_m(\omega_{Arel}) \cdot M_b \quad M_{eA} = 10.507 \text{Nm}$$

$$\text{B)} \quad U_{aBrel} := R_{arel} \cdot I_{amaxrel} + \Psi_{fn} \cdot \omega_{Arel}$$

$$U_{aBrel} = 0.512 \cdot r_j \quad U_{aBrel} \cdot U_{an} = 117.807 \text{V} \quad \Delta U := U_{aBrel} \cdot U_{an} - U_{aArel} \cdot U_{an}$$

$$\Delta U = 48.807 \text{V}$$

$$\omega_{Brel} := \frac{U_{aBrel}}{\frac{R_{arel} \cdot K_\omega}{\Psi_{fn}} + \Psi_{fn}}$$

$$\omega_{Brel} = 0.512 \cdot r_j \quad m_m(\omega_{Brel}) = 0.448 \cdot r_j \quad M_{eB} := m_m(\omega_{Brel}) \cdot M_b \quad M_{eB} = 17.94 \text{Nm}$$

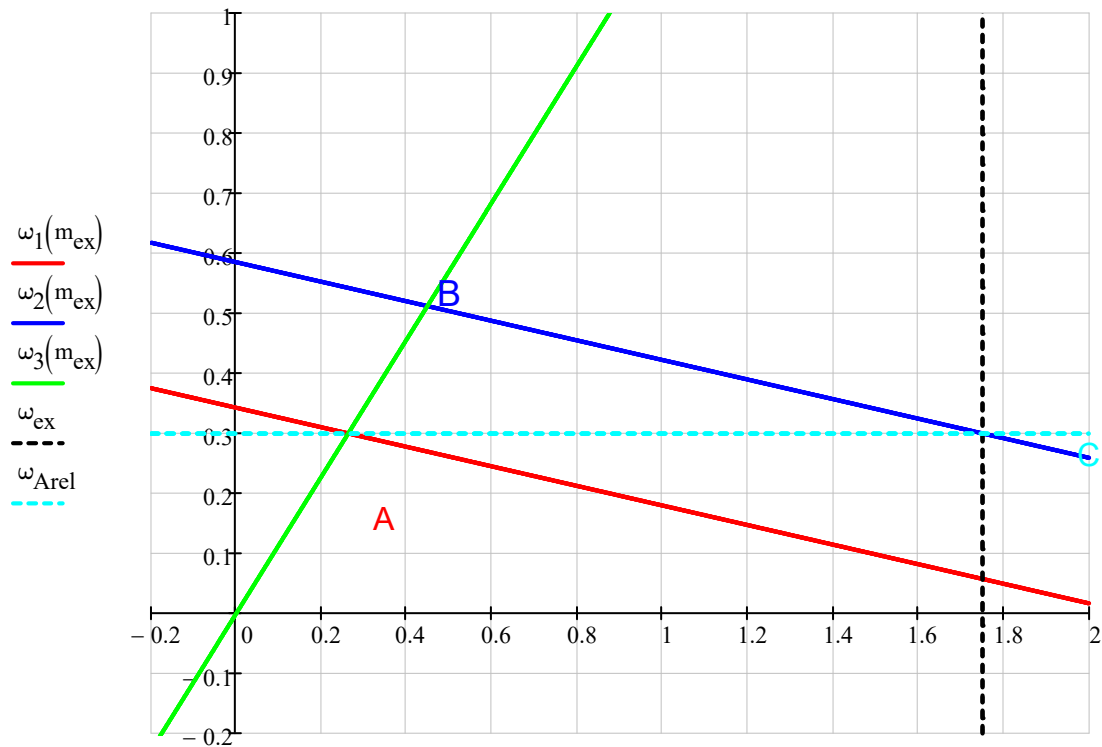
$$\omega_B := \omega_{Brel} \cdot \omega_b \quad \omega_B = 76.831 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Statičke karakteristike

$$\omega_1(m_e) := \left(\frac{U_{aBrel}}{\Psi_{fn}} - R_{arel} \cdot \frac{m_e}{\Psi_{fn}^2} \right) \quad \omega_2(m_e) := \left(\frac{U_{aBrel}}{\Psi_{fn}} - R_{arel} \cdot \frac{m_e}{\Psi_{fn}^2} \right)$$

$$\omega_3(m_e) := \frac{m_e}{K_\omega} \quad M_{max} := \Psi_{fn} \cdot I_{amaxrel}$$

$$m_{ex} := -0.2, -0.199 \dots 2 \quad \omega_x := 0, 0.01 \dots 1.1$$



$$m_{ex}, m_{ex}, m_{ex}, M_{max}, m_{ex}$$

$$C) \quad m_e(\omega) := \frac{U_{aBrel} \cdot \Psi_{fn} - \omega \cdot \Psi_{fn}^2}{R_{arel}}$$

$$T_m \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega \right) = m_e(\omega) - m_m(\omega) \quad dt = T_m \cdot \frac{d\omega}{m_e(\omega) - m_m(\omega)}$$

$$t_1 := T_m \cdot \int_{\omega_{Arel}}^{\omega_{Brel} - TOL} \frac{1}{m_e(\omega) - m_m(\omega)} d\omega = 0.038 \text{ s}$$

D) Kakav je karakter prelaznih procesa kod ovog pogona?

$$r_a := R_{arel}$$

Matematički model pogona je:

$$T_a \cdot \left(\frac{d}{dt} i_a \right) = \frac{1}{r_a} \cdot (u_a - \omega \cdot \Psi_{fn}) - i_a$$

$$T_m \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega \right) = \Psi_{fn} \cdot i_a - K_\omega \cdot \omega$$

U formi prostora stanja model je

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i_a \\ \omega \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_a} & -\frac{\Psi_{fn}}{T_a \cdot r_a} \\ \frac{\Psi_{fn}}{T_m} & -\frac{K_\omega}{T_m} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i_a \\ \omega \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{T_a \cdot r_a} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_a \\ 0 \end{pmatrix}$$

Moment opterećenja koji zavisi od brzine unet je u jednačine. Konstantni deo momenta opterećenja se zanemaruje kao drugi ulaz (poremećaj).

Matrica sistema određuje sopstvene vrednosti:

$$\underline{A} := \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_a} & -\frac{\Psi_{fn}}{T_a \cdot r_a} \\ \frac{\Psi_{fn}}{T_m} & -\frac{K_\omega}{T_m} \end{pmatrix} \quad \text{eigenvals}(\underline{A}) = \begin{pmatrix} -63.778 + 106.786i \\ -63.778 - 106.786i \end{pmatrix} \frac{1}{s}$$

$$\det(\lambda \cdot \underline{I} - \underline{A}) = \lambda^2 + \frac{T_a \cdot K_\omega + T_m}{T_a \cdot T_m} \cdot \lambda + \frac{\Psi_{fn}^2 + K_\omega \cdot r_a}{T_m \cdot T_a \cdot r_a}$$

Karakteristični polinom

Sopstvene vrednosti su rešenja karakteristične jednačine

$$\det(\lambda \cdot \underline{I} - \underline{A}) = 0$$

$$\lambda_1 := -\frac{T_a \cdot K_\omega + T_m}{2T_a \cdot T_m} - \sqrt{\left(\frac{T_a \cdot K_\omega + T_m}{2T_a \cdot T_m} \right)^2 - \frac{\Psi_{fn}^2 + K_\omega \cdot r_a}{T_m \cdot T_a \cdot r_a}} \quad \lambda_1 = (-63.778 - 106.786i) \frac{1}{s}$$

$$\lambda_2 := -\frac{T_a \cdot K_\omega + T_m}{2T_a \cdot T_m} - \sqrt{\left(\frac{T_a \cdot K_\omega + T_m}{2T_a \cdot T_m} \right)^2 - \frac{\Psi_{fn}^2 + K_\omega \cdot r_a}{T_m \cdot T_a \cdot r_a}} \quad \lambda_2 = (-63.778 - 106.786i) \frac{1}{s}$$

$$\omega_{nn} := \sqrt{\frac{\Psi_{fn}^2 + K_\omega \cdot r_a}{T_m \cdot T_a \cdot r_a}} = 124.382 \cdot \frac{\text{rad}}{s} \quad \xi := \frac{T_a \cdot K_\omega + T_m}{2 \cdot \omega_{nn} T_a \cdot T_m} = 0.513$$

Polovi su konjugovano kompleksni, pa je karakter prelaznih procesa oscilatorno prigušen.