

Ime i prezime: _____, 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, 21. april 2018.

I KOLOKVIJUM

Zadatak: Motor jednosmerne struje sa nezavisnom, stalnom i nominalnom pobudom napaja se iz regulisanog naponskog izvora. Moment opterećenja ne zavisi od brzine, jednak je po vrednosti nominalnom momentu motora i ima potencijalnu prirodu.

- a) Sračunati vrednost napona indukta motora, ako je brzina obrtanja 120 rad/s.

Odgovor: _____ [0,5 poena]

- b) Za slučaj da $L_a \rightarrow 0$ i $J \rightarrow \infty$ odrediti za koliko treba smanjiti (naglo!) napon indukta pa da motor uđe u režim rekuperativnog kočenja?

Odgovor: _____ [1 poen]

- c) Odrediti polove sistema sa datim vrednostima za parametre motora. Kakav je karakter prelaznih procesa kod ovog pogona?

Odgovor: _____ [1 poen]

- d) Nacrtati zavisnost brzine od struje indukta motora u toku procesa koji nastaje kada se napon indukta naglo smanji za dvostruku vrednost određenu u b).

Odgovor je na strani: _____ [0,5 poen]

Podaci: 5 kW; 230 V; 26,1 A; 150 rad/s; $R_a = 1,1 \Omega$; $L_a = 0,01$ H; ukupan momenat inercije pogona je $J = 0,0133 \text{ kgm}^2$.

Teorijsko pitanje: Nacrtati i ukratko objasniti razdeljeno upravljanje pogonom sa motorom za jednosmernu struju napajanim iz dva anti-paralelna tiristorska mosta. Objasniti logiku koja određuje koji most je aktivan.

Odgovor je na strani _____. [2 poena]

$$U_n := 230 \text{ V} \quad I_n := 26.1 \text{ A} \quad \omega_n := 150 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad R_a := 1.1 \Omega \quad L_a := 0.01 \text{ H}$$

$$\Sigma J := 0.0133 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad r_j \equiv 1$$

$$U_b := U_n \quad I_b := I_n \quad \omega_b := \omega_n$$

$$M_b := \frac{U_b \cdot I_b}{\omega_b} = 40.02 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad T_m := \frac{\Sigma J \cdot \omega_b}{M_b} = 0.05 \text{ s} \quad R_b := \frac{U_b}{I_b} = 8.812 \Omega \quad T_a := \frac{L_a}{R_a} = 9.091 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$U_{an} := \frac{U_n}{U_b}$$

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

$$m_{en} := \Psi_{fn} \cdot 1 r_j \quad m_m := m_{en} = 0.875 \cdot r_j$$

A) Sračunati napon indukta ako je brzina $\omega_A := \frac{120 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{\omega_b} = 0.8$

$$I_{aA} := \frac{m_m}{\Psi_{fn}} = 1 \quad I_{aA} \cdot I_b = 26.1 \text{ A}$$

$$U_{aA} := R_a \cdot I_{aA} + \omega_A \cdot \Psi_{fn} = 0.825 \quad U_{aA} \cdot U_b = 189.742 \text{ V}$$

B) Za koliko treba smanjiti napon indukta da bi motor ušao u režim rekuperativnog kočenja?
 Rekuperacija nastaje kada struja promeni znak pri nepriomenjenom znaku napona.

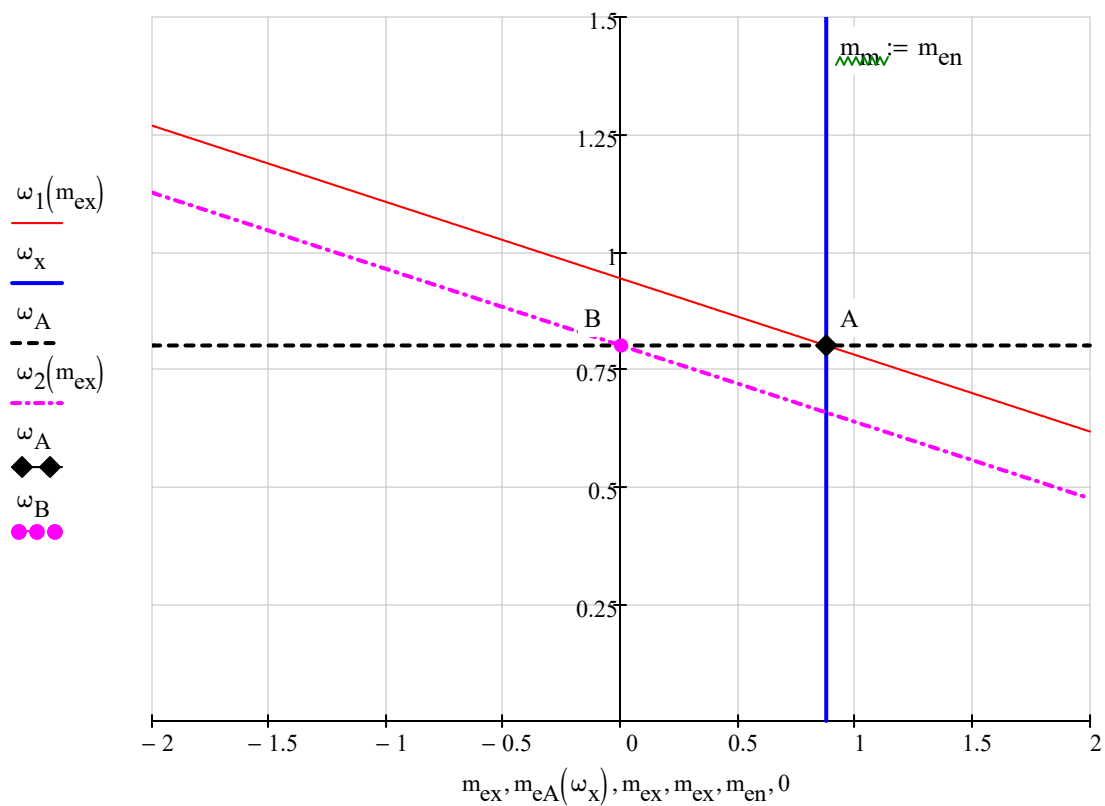
$\omega_B := \omega_A$ Granična vrednost struje indukta jednaka je nulu - tada počinje rekuperacija.

$$I_{aB} := 0 \quad U_{aB} := R_a \cdot I_{aB} + \omega_B \cdot \Psi_{fn} = 0.7 \quad \Delta U_{\min} := U_{aA} - U_{aB}$$

$$\Delta U_{\min} = 0.125 \quad \Delta U_{\min} \cdot U_b = 28.71 \text{ V}$$

$$\omega_1(m_e) := \left(\frac{U_{aA}}{\Psi_{fn}} - R_a \cdot \frac{m_e}{\Psi_{fn}^2} \right) \quad \omega_2(m_e) := \left(\frac{U_{aB}}{\Psi_{fn}} - R_a \cdot \frac{m_e}{\Psi_{fn}^2} \right)$$

$$m_{ex} := -2, -1.99 \dots 2 \quad \omega_x := 0, 0.01 \dots 1.5 \quad m_{eA}(\omega_x) := m_{en}$$



Slika 1

C) Kakav je karakter prelaznih procesa kod ovog pogona

Matematički model pogona je:

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

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

U formi prostora stanja model je

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

Matrica sistema određuje sopstvene vrednosti:

$$\underline{A} := \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_a} & -\frac{\Psi_{fn}}{T_a \cdot R_a} \\ \frac{\Psi_{fn}}{T_m} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{eigenvals}(\underline{A}) = \begin{pmatrix} -55 + 102.541i \\ -55 - 102.541i \end{pmatrix} \frac{1}{s}$$

$$\det(\lambda \cdot I - A) = \lambda^2 + \frac{1}{T_a} \cdot \lambda + \frac{\Psi_{fn}}{T_m \cdot T_a \cdot R_a} \quad \text{Karakteristični polinom}$$

Sopstvene vrednosti su rešenja karakteristične jednačine

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

$$\lambda_1 := -\frac{1}{2T_a} - \sqrt{\frac{1}{4T_a^2} - \frac{\Psi_{fn}^2}{T_a \cdot T_m \cdot R_a}} \quad \lambda_1 = (-55 - 102.541i) \frac{1}{s}$$

$$\lambda_2 := -\frac{1}{2T_a} + \sqrt{\frac{1}{4T_a^2} - \frac{\Psi_{fn}^2}{T_a \cdot T_m \cdot R_a}} \quad \lambda_2 = (-55 + 102.541i) \frac{1}{s}$$

Sistem je stabilan i ima prigušeno periodičan odziv.

DODATAK

$$B := \begin{pmatrix} \frac{1}{T_a \cdot R_a} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_m} \end{pmatrix} \quad \text{Matrica ulaza u formi prostora stanja.}$$

$$t_1 := 3 \quad N_t := 2000$$

$$u_a(t) := \begin{cases} U_{aA} & \text{if } t < 1 \\ (U_{aA} - \Delta U_{\min}) & \text{if } t \geq 1 \end{cases} \quad X_0 := \begin{pmatrix} I_{aA} \\ \omega_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.8 \end{pmatrix}$$

Given Za Odeslove nam ne trebaju definicije promenljivih.

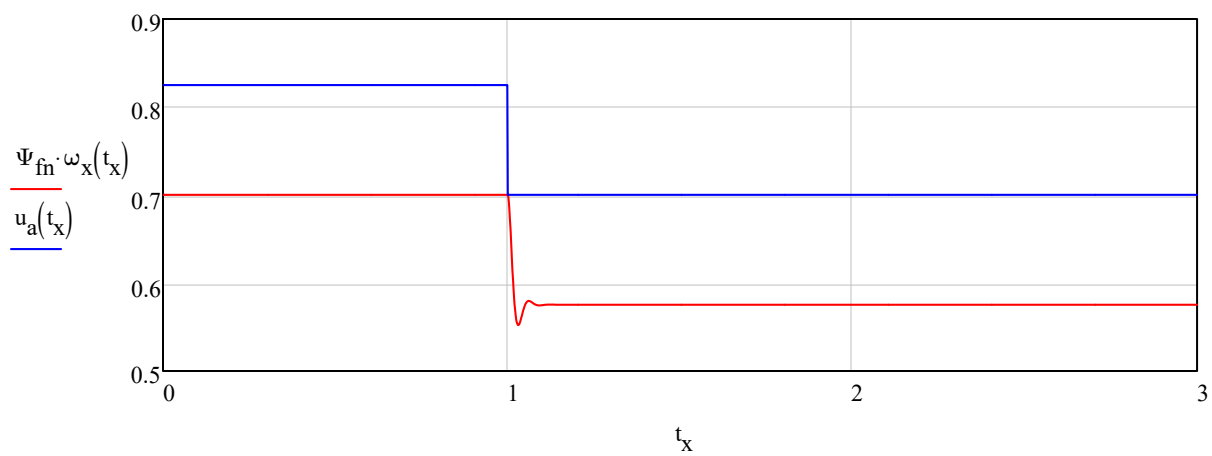
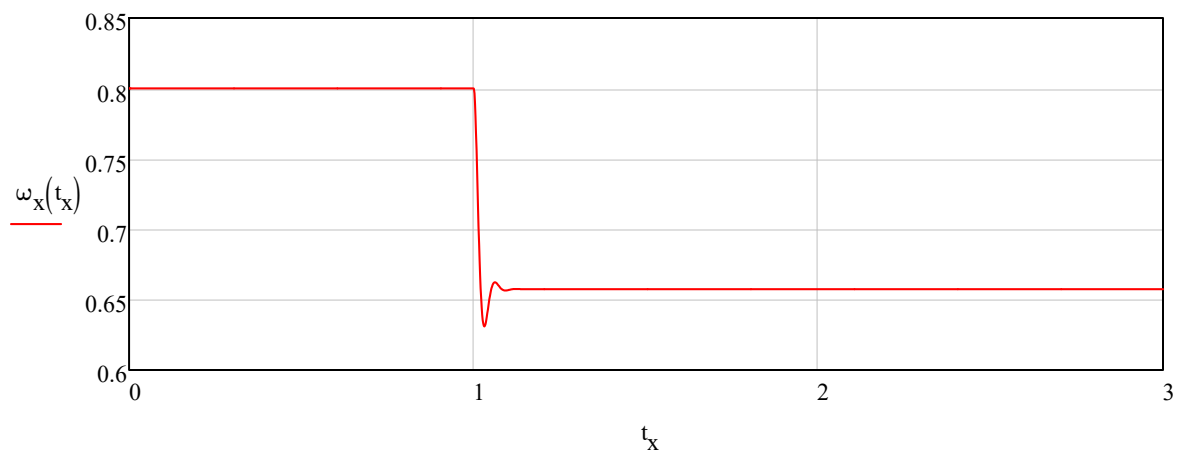
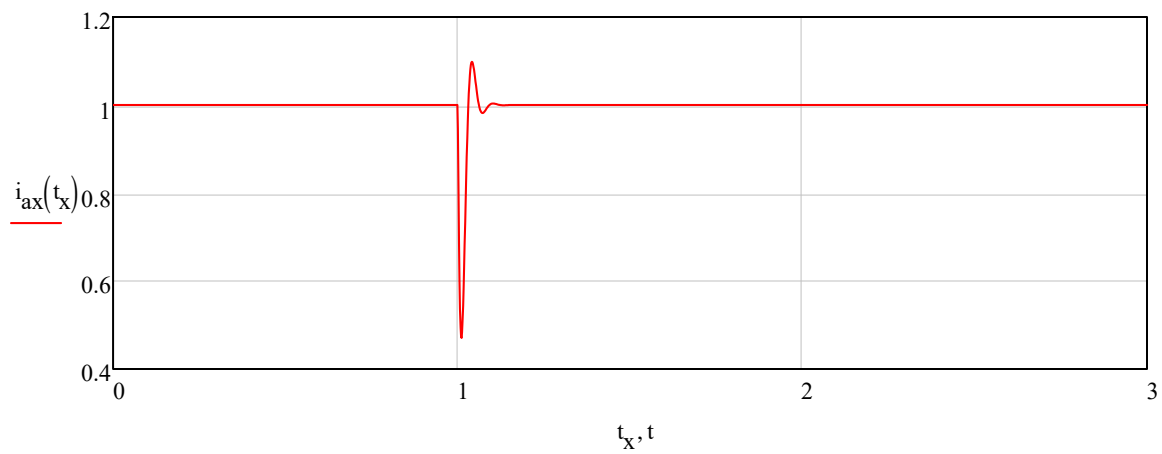
Izbacujemo vreme iz vremenske konstatne.

Početni uslovi.

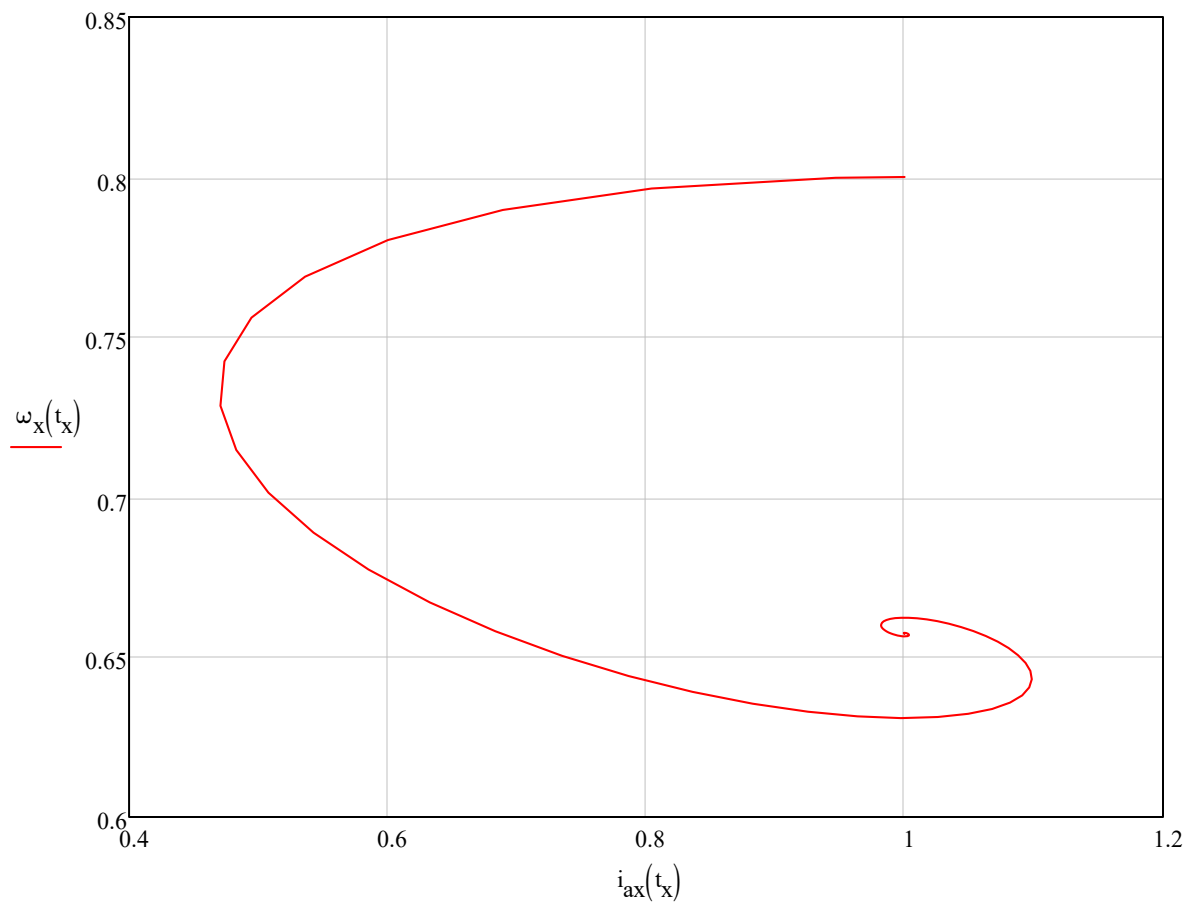
$$\frac{T_a}{1s} \cdot \left[\frac{d}{dt} (i_a(t)) \right] = \frac{1}{R_a} \cdot (u_a(t) - \omega(t) \cdot \Psi_{fn}) - i_a(t) \quad i_a(0) = I_{aA}$$

$$\frac{T_m}{1s} \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega(t) \right) = \Psi_{fn} \cdot i_a(t) - m_m \quad \omega(0) = \omega_A$$

$$\begin{pmatrix} i_{ax} \\ \omega_x \end{pmatrix} := \text{Odesolve} \left[\begin{pmatrix} i_a \\ \omega \end{pmatrix}, t, t_1, N_t \right] \quad t_x := 0, \frac{t_1}{N_t} .. t_1$$



Slika 2



Slika 3

D) Nacrtati zavisnost brzine od struje indukta motora u toku prelaznog procesa koji nastaje kada se napon indukta naglo smanji za dvostruku vrednost određenu pod A)

$$\Delta U_{\min 1} := 2 \cdot \Delta U_{\min} \quad \Delta U_{\min 1} = 0.25 \quad \Delta U_{\min 1} \cdot U_b = 57.42 \text{ V}$$

$$U_{aD} := U_{aA} - \Delta U_{\min 1}$$

tačka D:

$$\omega_D := \frac{(U_{aD} - R_a \cdot I_{aA})}{\Psi_{fn}}$$

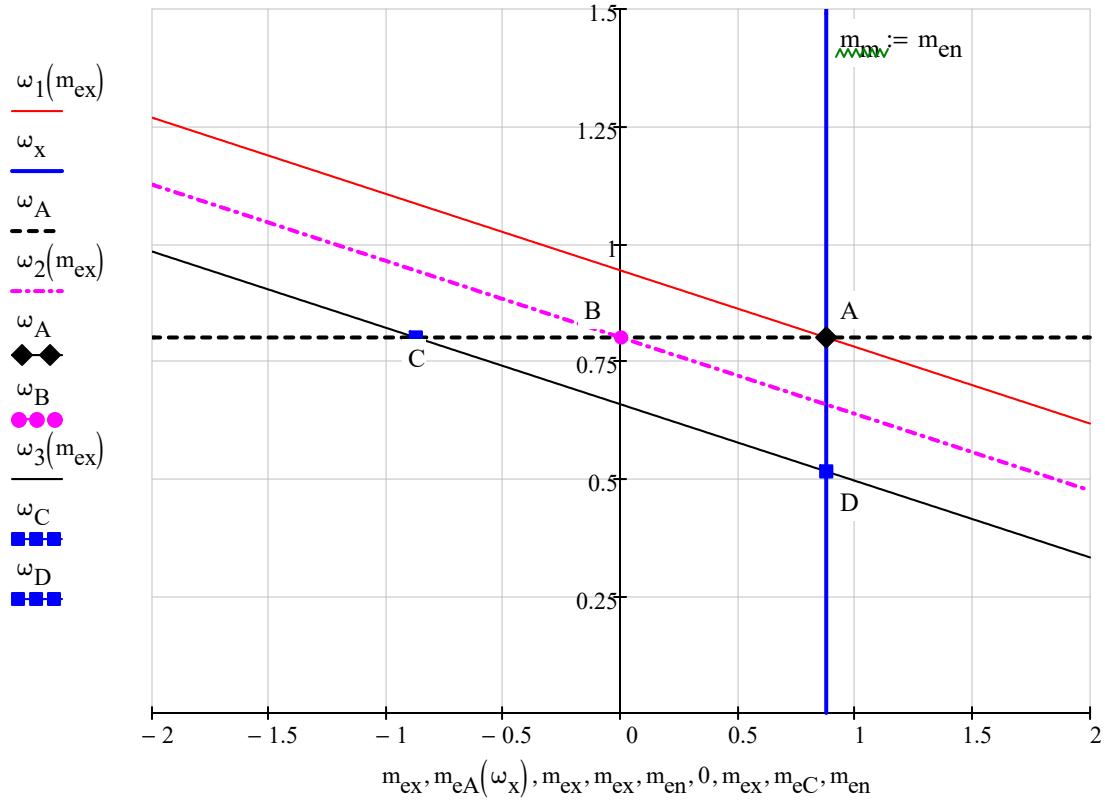
$$\omega_D = 0.515 \text{ rj} \quad \omega_D \cdot \omega_b = 77.211 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$I_{aC} := \frac{(U_{aD} - \omega_A \cdot \Psi_{fn})}{R_a} \quad \omega_C := \omega_A$$

$$I_{aC} = -1 \text{ rj}$$

$$\omega_3(m_e) := \left(\frac{U_{aD}}{\Psi_{fn}} - R_a \cdot \frac{m_e}{\Psi_{fn}^2} \right) \quad m_{eC} := \Psi_{fn} \cdot I_{aC}$$

$$m_{ex} := -2, -1.99 \dots 2 \quad \omega_{\text{xxx}} := 0, 0.01 \dots 1.5$$



Slika 4

Zavisnost brzine od struje indukta motora u prelaznom procesu od tačke A do tačke D, prikazana je na slici 4, ukoliko smatramo da je $T_m \gg T_a$. Za realne vrednosti ovih vremenskih konstanti tražena zavisnost izgleda kao na slici 3.