

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.

Elektromotorni pogoni

Beograd, februar 2023.

Ispit – I deo

1. Zadatak: Motor jednosmerne struje sa nezavisnom stalnom i nominalnom pobudom napaja se iz regulisanog idealnog naponskog izvora. Motor pokreće transportni uređaj na uzbrdici. Potrebno je ostvariti sledeći dijagram brzine motora (u početnom trenutku teret je na osloncu):

$$\omega(t) = \begin{cases} \alpha_1 \cdot t & 0 < t \leq 1s \\ 50 \frac{rad}{s} & 1s < t \leq 2s \\ 50 \frac{rad}{s} - \alpha_2 \cdot (t - 2s) & 2s < t \leq 3s \\ 0 & t \geq 3s \end{cases} \quad \alpha_1 = 50 \frac{rad}{s^2}, \quad \alpha_2 = 50 \frac{rad}{s^2}$$

a) Odrediti vremenski dijagram momenta motora i struje indukta da bi se ostvario željeni dijagram brzine motora.

Odgovor je na strani: _____ [1 poen]

b) Odrediti vremenski dijagram napona indukta u toku opisanog procesa.

Odgovor je na strani: _____ [1 poen]

c) Šta će se desiti ako se motor u trenutku $t = 2$ s isključi sa napajanja? Nacrtati vremenske dijagrame karakterističnih veličina

Odgovor je na strani: _____ [1 poen]

Podaci: 230 V; 26 A; 150 rad/s; $R_a = 1,1 \Omega$; $L_a = 0,01$ H; ukupan momenat inercije pogona je $J = 0,32 \text{ kgm}^2$. Potencijalna komponenta je $0,5M_n = \text{const}$, reaktivna komponenta je $0,1 M_n = \text{const}$.

Teorijsko pitanje: Objasniti uticaj karakterističnih veličina na mehaničku karakteristiku motora jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom. Odgovor obrazložiti koristeći se odgovarajućim matematičkim izrazima i grafičkim prikazom za svaki pojedinačni slučaj.

Odgovor je na strani: _____ [2 poena]

$$U_n := 230V \quad I_n := 26.0A \quad \omega_n := 150 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad R_a := 1.1\Omega \quad L_a := 0.01H$$

$$\Sigma J := 0.32 \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$U_b := U_n \quad I_b := I_n \quad \omega_b := \omega_n \quad 0.667 \cdot \omega_b = 100.05 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \Psi_{fn} := \frac{U_n - R_a \cdot I_n}{\omega_n}$$

$$\Psi_{fn} = 1.343 \text{Wb} \quad R_{ab} := \frac{U_b}{I_b} \quad R_{ab} = 8.846\Omega$$

$$M_{en} := \Psi_{fn} \cdot I_n = 34.909 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad m_{mp} := M_{en} \cdot 0.5 = 17.455 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad m_{mr} := M_{en} \cdot 0.1 = 3.491 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Željeni dijagram brzine:

Vreme nije normalizovano.

$$\omega(t) := \begin{cases} 0 & \text{if } t < 0s \\ \left(50 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} t \right) & \text{if } 0s \leq t < 1s \\ 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} & \text{if } 1s \leq t < 2s \\ \left[50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} - 50 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot (t - 2s) \right] & \text{if } 2s \leq t < 3s \\ 0 & \text{if } t \geq 3s \end{cases}$$

Momenat opterećenja sastoji se od dve komponente

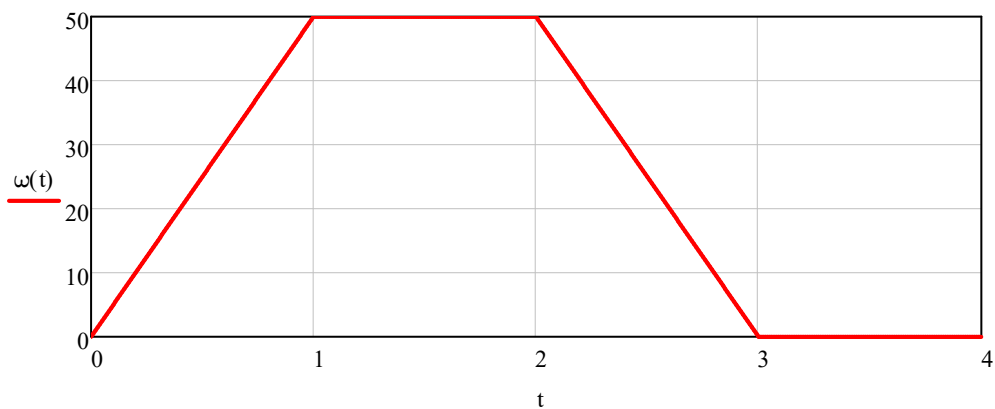
$$m_{m1} := m_{mp} \quad \text{Potencijalne prirode}$$

Na uzbrdici, m.m1 je pozitivno,
na nizbrdici m.m1 je negativno

$$m_{m2}(t) := m_{mr} \cdot \text{sign}(\omega(t)) \quad \text{Reaktivne prirode}$$

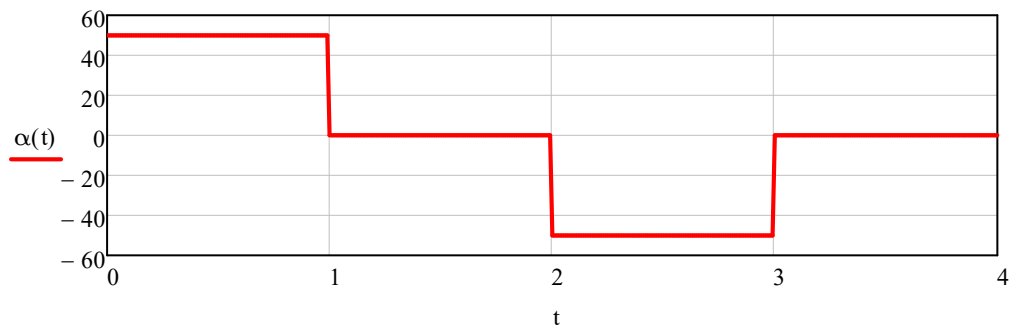
$$m_m(t) := m_{m1} + m_{m2}(t)$$

$$t := 0s, 0.01s..4s$$



Moment ima statički i dinamičku komponentu. Dinamička komponenta je proporcionalna ubrzanju.

$$\alpha(t) := \begin{cases} 0 & \text{if } t < 0\text{s} \\ \left(50 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right) & \text{if } 0\text{s} \leq t < 1\text{s} \\ 0 & \text{if } 1\text{s} \leq t < 2\text{s} \\ \left(-50 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right) & \text{if } 2\text{s} \leq t < 3\text{s} \\ 0 & \text{if } t \geq 3\text{s} \end{cases} \quad \alpha(t) := \frac{d}{dt} \omega(t)$$

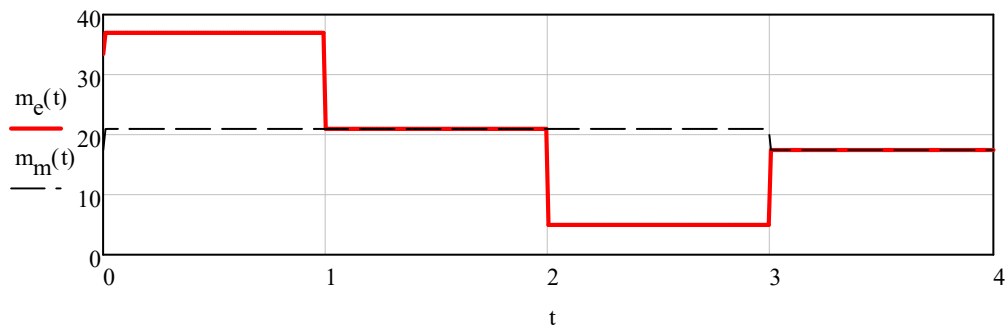


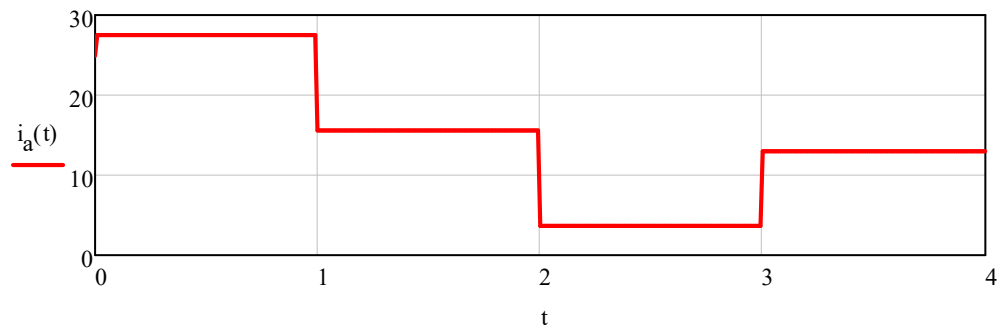
$$m_e(t) := m_m(t) + \sum J \cdot \alpha(t) \quad i_a(t) := \frac{m_e(t)}{\Psi_{fn}}$$

$$\begin{aligned} m_e(0\cdot\text{s}) &= 33.455 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_e(0.99\cdot\text{s}) &= 36.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_e(1\cdot\text{s}) &= 20.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_e(1.99\cdot\text{s}) &= 20.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} \\ m_e(2\cdot\text{s}) &= 4.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_e(2.99\cdot\text{s}) &= 4.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_e(3\cdot\text{s}) &= 17.455 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_e(3.99\cdot\text{s}) &= 17.455 \cdot \text{N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_a(0\cdot\text{s}) &= 24.917 \cdot \text{A} & i_a(0.99\cdot\text{s}) &= 27.517 \cdot \text{A} & i_a(1.0\cdot\text{s}) &= 15.6 \cdot \text{A} & i_a(1.99\cdot\text{s}) &= 15.6 \cdot \text{A} \\ i_a(2.0\cdot\text{s}) &= 3.683 \cdot \text{A} & i_a(2.99\cdot\text{s}) &= 3.683 \cdot \text{A} & i_a(3.0\cdot\text{s}) &= 13 \cdot \text{A} & i_a(3.99\cdot\text{s}) &= 13 \cdot \text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_m(0\cdot\text{s}) &= 17.455 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_m(0.99\cdot\text{s}) &= 20.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_m(1\cdot\text{s}) &= 20.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_m(1.99\cdot\text{s}) &= 20.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} \\ m_m(2\cdot\text{s}) &= 20.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_m(2.99\cdot\text{s}) &= 20.946 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_m(3\cdot\text{s}) &= 17.455 \cdot \text{N}\cdot\text{m} & m_m(3.99\cdot\text{s}) &= 17.455 \cdot \text{N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

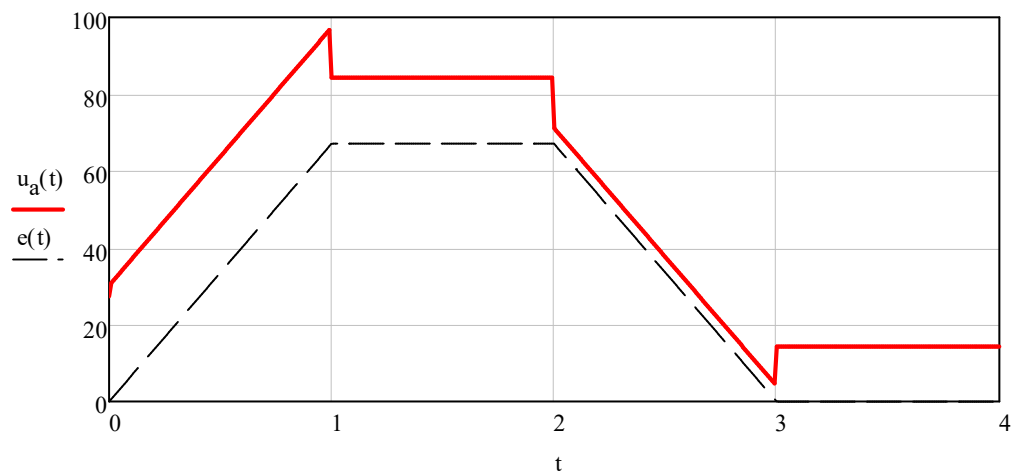




$$e(t) := \omega(t) \cdot \Psi_{fn}$$

$$u_a(t) := \omega(t) \cdot \Psi_{fn} + R_a \cdot i_a(t)$$

$$\begin{aligned}
 u_a(0) &= 27.408 \text{ V} & u_a(0.999 \cdot s) &= 97.334 \text{ V} & u_a(1 \cdot s) &= 84.293 \text{ V} & u_a(1.99 \cdot s) &= 84.293 \text{ V} \\
 u_a(2.0 \cdot s) &= 71.185 \text{ V} & u_a(2.99 \cdot s) &= 4.723 \text{ V} & u_a(3.0 \cdot s) &= 14.3 \text{ V} & u_a(3.99 \cdot s) &= 14.3 \text{ V}
 \end{aligned}$$



$$\text{C) } i_{aC}(t) := \begin{cases} 15.6 \text{ A} & \text{if } t < 2 \text{ s} \\ 0 & \text{if } t \geq 2 \text{ s} \end{cases} \quad m_{eC}(t) := \begin{cases} \Psi_{fn} \cdot i_{aC}(t) & \text{if } t < 2 \text{ s} \\ 0 & \text{if } t \geq 2 \text{ s} \end{cases}$$

Od trenutka isključenja, do vremena t_x brzina je pozitivna ali opada zato što su obe komponente momenta opterećenja istog znaka. U trenutku t_x brzina je jednaka 0, a posle toga, potencijalna komponenta momenta pomaže kretanju, a reaktivna koči, tj. m_p je pozitivno, a m_r negativno i brzina motora postaje negativna, tj. transportni uređaj ubrzava na nizbrdici. Zato je potrebno aktivirati mehaničke kočnice u trenutku kada je brzina postala jednaka 0.

$$t_x := \frac{50 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \Sigma J}{m_{mp} + m_{mr}}$$

$$t_x = 0.764 \text{ s}$$

Motor će se zaustaviti posle vremena t_1 , a zatim će da nastavi da se ubrzava u suprotnom smeru, dok transportni uređaj ne dođe do podnožje uzbrdice kada će se potencijalna komponenta momenta opterećenja izjednačiti sa 0, a kretanje će da traje sve dok se sva kinetička energija uređaja ne potroši na savlađivanje reaktivne komponente opterećenja.

$$t_1 := 2 \cdot s + t_x$$

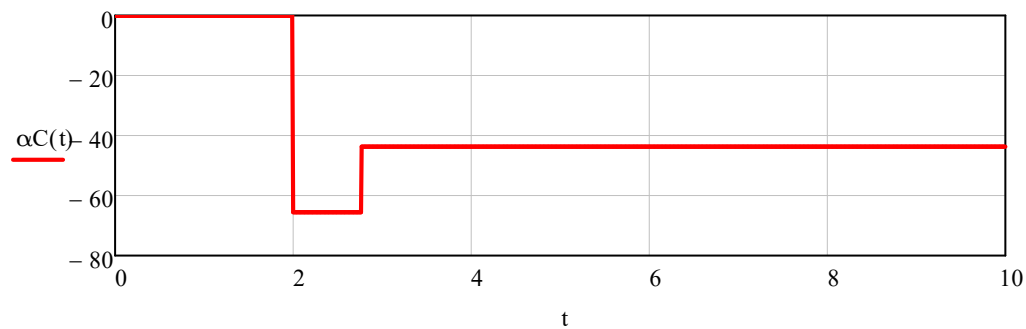
$$t_1 = 2.764 \text{ s}$$

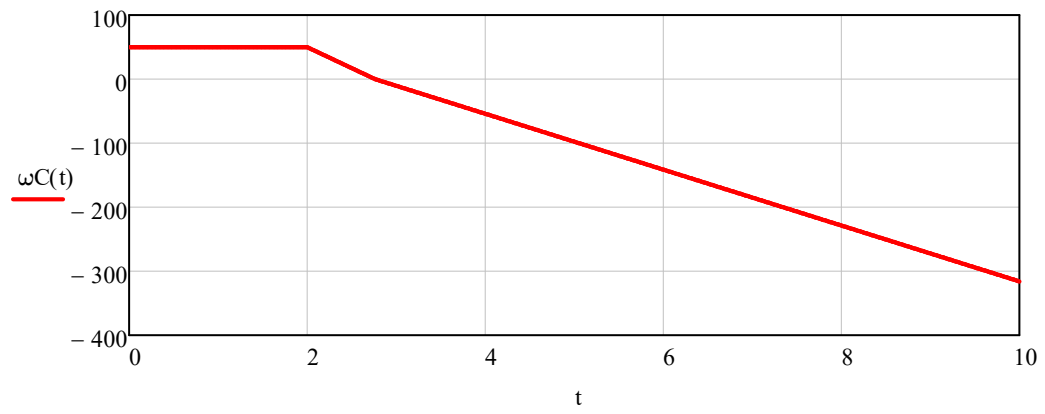
$$m_{mC}(t) := \begin{cases} m_{mp} + m_{mr} & \text{if } t < t_1 \\ m_{mp} - m_{mr} & \text{if } t \geq t_1 \end{cases}$$

$$\alpha_C(t) := \begin{cases} 0 & \text{if } t < 2 \text{ s} \\ -\frac{m_{mC}(t)}{\Sigma J} & \text{if } t \geq 2 \text{ s} \end{cases}$$

$$\omega_C(t) := \begin{cases} 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} & \text{if } t < 2 \text{ s} \\ 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} + \alpha_C(t) \cdot (t - 2 \cdot \text{s}) & \text{if } 2 \text{ s} \leq t < t_1 \\ 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} + \alpha_C \left(2 \cdot \text{s} + \frac{t_x}{2} \right) \cdot t_x + \alpha_C(t) \cdot (t - t_1) & \text{if } t_1 \leq t \end{cases}$$

$$t := 0 \text{ s}, 0.01 \text{ s}.. 10 \text{ s}$$





$$e_C(t) := \omega_C(t) \cdot \Psi_{fn} \quad u_{aC}(t) := e_C(t)$$

$$t := 0s, 0.01s.. 10s$$

