

Polazni
podaci: $r_j \equiv 1$

$$R_a := 0.1 \cdot r_j \quad T_m := 0.5 \cdot s \quad m_m := 0.75 \cdot r_j \quad i_{amax} := 2.5 r_j$$

$$u_{an} := 1 r_j \quad i_{an} := 1 r_j \quad \psi_{fn} := 1 - R_a \quad \omega_n := 1 r_j$$

$$\psi_{fn} = 0.9 \cdot r_j \quad m_{en} := \psi_{fn} \quad R_{ad} := 1.2 r_j$$

a) Analitički izraz za mehaničku karakteristiku motora u radnoj tački A glasi:

$$\omega_A := \frac{u_{an}}{\psi_{fn}} - \frac{R_a}{\psi_{fn}^2} \cdot m_m \quad \omega_A = 1.019 \cdot r_j \quad i_{aA} := \frac{m_m}{\psi_{fn}} \quad i_{aA} = 0.833 \cdot r_j$$

b) Iz
izraza: $\psi_{fmin} \cdot i_{amax} = m_m$

Dobija se
$$\psi_{fmin} := \frac{m_m}{i_{amax}} = 0.3 \cdot r_j$$

Uz pretpostavku da je karakteristika magnećenja linearna i ako se koristi postupak normalizacije tako da je $R_{fb} = R \cdot f$, napon pobude $u \cdot f_{min} = i \cdot f_{min}$ u normalizovanom domenu.

Takođe je $i \cdot f = \psi_f$ u normalizovanom domenu, pa sledi da je $i \cdot u \cdot f_{min} = \psi_f \cdot m_{in}$

$$u_{fmin} := \psi_{fmin}$$

Brzina je u ovom
slučaju:

$$\omega_B := \frac{u_{an}}{\psi_{fmin}} - \frac{R_a}{\psi_{fmin}^2} \cdot m_m \quad \omega_B = 2.5 \cdot r_j$$

Pri kretanju radne tačke od A do B, koje je prikazano na slici, prelazak iz A u A1 se dešava "trenutno", kao elektromagnetni prelazni proces. Prelazak iz A1 u B se dešava po mehaničkoj karakteristici,

$$m_{eB}(\omega) := \frac{\psi_{fmin}}{R_a} \cdot (u_{an} - \psi_{fmin} \cdot \omega)$$

pa je vreme potrebno za ovaj prelazni
proces:

$$T_m \cdot \int_{\omega_A}^{\omega_B - TOL} \frac{1}{m_{eB}(\omega) - m_m} d\omega = 4.056 s$$

Numeričko rešenje
integrala.
TOL je ugrađena konstanta
MathCad-a.

Za analitičko rešenje integrala može se primeniti isti postupak prikazan u delu rešenja koji se odnosi na tačku D. Pošto se ovde momenti na kraju prelaznog procesa izjednače, teorijski se dobija beskonačno trajanje prelaznog procesa (brzina se menja prema eksponencijalnoj vremenskoj funkciji). Zbog toga se uvodi malo odstupanje brzine od ustaljenog stanja (TOL), da bi se odredilo konačno trajanje prelaznog procesa.

$$TOL = 1 \times 10^{-3}$$

Tačka sa najvećim momentom u toku prelaznog procesa (uz zanemarenje elektromagnetnih prelaznih procesa) je:

$$m_{eA1} := \psi_{fmin} \cdot \frac{u_{an} - \psi_{fmin} \cdot \omega_A}{R_a} \quad m_{eA1} = 2.083 \cdot rj \quad i_{aA1} := \frac{m_{eA1}}{\psi_{fmin}} = 6.944 \cdot rj$$

Ovako dobijena najveća vrednost struje (tokom prelaznog procesa) je značajno veća od dozvoljene.

Kod motora za jednosmernu struju ovako velika vrednost makar i kratkotrajno bi dovela do problema.

Zbog veće vrednosti vremenske konstante pobude, prelazni proces smanjenja fluksa verovatno ne bi doveo do ovako velike vrednosti struje, jer bi se tokom prelaznog procesa brzina počela menjati zajedno sa smanjenjem pobude.

c) Neposredno posle dodavanja otpora, vrednost struje motora se može izračunati pomoću relacije:

$$\omega_C := \omega_A \quad i_{aC} := \frac{u_{an} - \psi_{fn} \cdot \omega_A}{R_a + R_{ad}} \quad i_{aC} = 0.064 \cdot rj$$

Ogovarajući momenat je: $m_{eC} := \psi_{fn} \cdot i_{aC} \quad m_{eC} = 0.058 \cdot rj$

Ustaljeno stanje nakon završetka prelaznog procesa (smanjenja brzine) se izračunava iz mehaničke karakteristike:

$$\omega_D := \frac{u_{an}}{\psi_{fn}} - (R_a + R_{ad}) \cdot \frac{m_m}{\psi_{fn}^2} \quad \omega_D = -0.093 \cdot rj \quad \omega_{Dreakt} := 0 \cdot rj$$

može se zaključiti da bi radna tačka u ovom slučaju bila u četvrtom kvadrantu, kada bi opterećenje imalo potencijalnu prirodu, a kako ima reaktivnu, brzina ustaljenog stanja je jednaka 0.

Struja indukta se može dobiti korišćenjem jednačine:

$$i_{aD} := \frac{u_{an} - \psi_{fn} \cdot \omega_{Dreakt}}{R_a + R_{ad}} \quad i_{aD} = 0.769 \cdot rj$$

Momenat se može odrediti kao:

$$m_{eD} := \psi_{fn} \cdot i_{aD} \quad m_{eD} = 0.692 \cdot rj$$

U nastavku su izrazi za statičke karakteristike potrebni za izračunavanje i crtanje grafika

$$\omega_1(m_e) := \left(\frac{u_{an}}{\psi_{fn}} - R_a \cdot \frac{m_e}{\psi_{fn}^2} \right) \quad \text{Statička karakteristika sa nominalnim naponom indukta i nominalnim fluksom}$$

$$\omega_2(m_e) := \left(\frac{u_{an}}{\psi_{fmin}} - R_a \cdot \frac{m_e}{\psi_{fmin}^2} \right) \quad \text{Statička karakteristika sa nominalnim naponom indukta i minimalnim fluksom.}$$

$$\omega_3(m_e) := \left[\frac{u_{an}}{\psi_{fn}} - (R_a + R_{ad}) \cdot \frac{m_e}{\psi_{fn}^2} \right] \quad \text{Statička karakteristika u toku protivstrujnog kočenja (Prvi način) Nominalni napon indukta, nominalni fuks, dodat otpor u kolo indukta.}$$

$$\omega_x := -1, -0.99 \dots 3$$

$$\omega_{x1} := 0, 0.01 \dots 3$$

$$m_{ex} := 0, 0.01 \dots 3$$

$$m_{ex1} := 0, 0.01 \dots m_m$$

$$m_{exC} := 0, 0.01 \dots 3$$

$$m_e(\omega_x) := \frac{u_{an} \cdot \psi_{fn}}{R_a} - \frac{\psi_{fn}^2 \cdot \omega_x}{R_a}$$

Statička karakteristika sa nominalnim naponom indukta i nominalnim fluksom

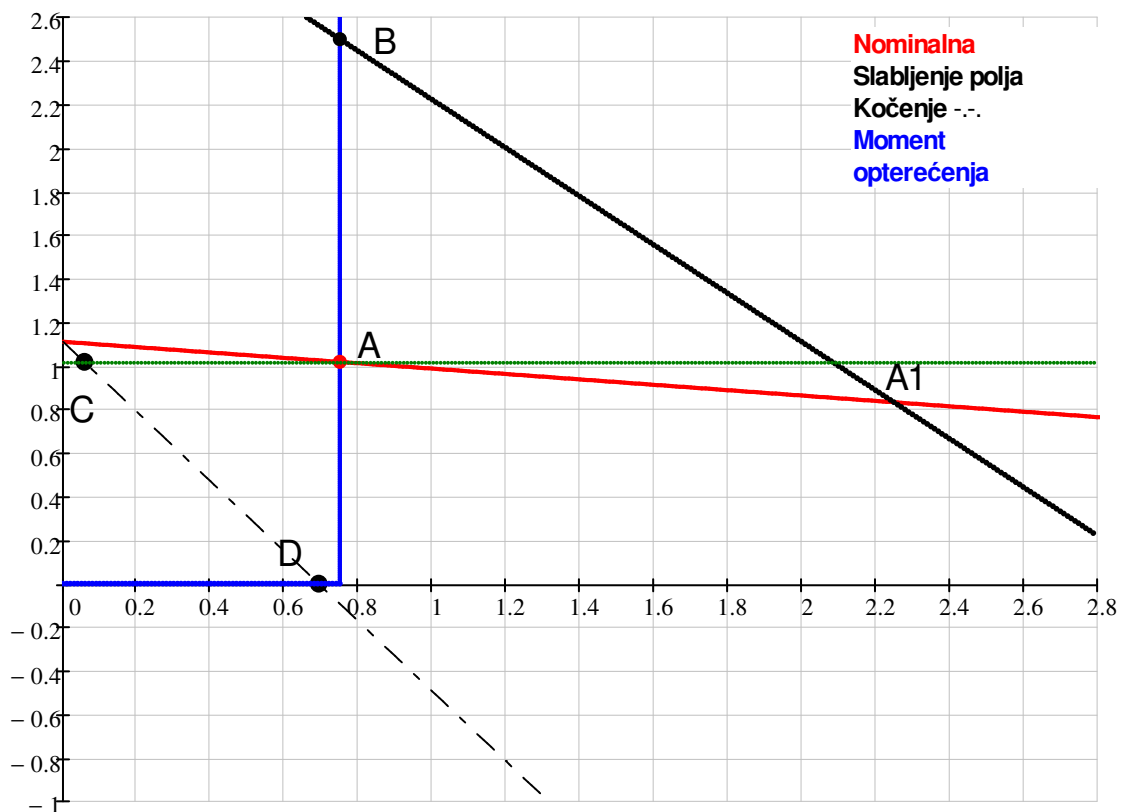
$$m_e(\omega_A) = 0.75 \cdot r_j$$

$$m_{eB}(\omega_x) := \frac{u_{an} \cdot \psi_{fmin}}{R_a} - \frac{\psi_{fmin}^2 \cdot \omega_x}{R_a}$$

Statička karakteristika sa nominalnim naponom indukta i minimalnim fluksom.

$$m_{eC}(\omega_x) := \frac{u_{an} \cdot \psi_{fn}}{R_a + R_{ad}} - \frac{\psi_{fn}^2 \cdot \omega_x}{R_a + R_{ad}}$$

Statička karakteristika u toku protivstrujnog kočenja (Prvi način)
Nominalni napon indukta, nominalni fuks, dodat otpor u kolo indukta.



Pri kretanju radne tačke od A do D, koje je prikazano na slici, prelazak iz A u C se dešava "trenutno", kao elektromagnetni prelazni proces. Prelazak iz C u D se dešava po mehaničkoj karakteristici,

$$m_{eC}(\omega) := \frac{\psi_{fn}}{R_a + R_{ad}} \cdot (u_{an} - \psi_{fn} \cdot \omega)$$

pa je vreme potrebno za ovaj prelazni proces:

$$T_m \cdot \int_{\omega_C}^{\omega_{Dreakt}} \frac{1}{m_{eC}(\omega) - m_m} d\omega = 1.994 \text{ s}$$

Analitički postupak

Zamena m_{eC} u integral:

$$T_m \cdot \int_{\omega_C}^{\omega_{Dreakt}} \frac{1}{\frac{\psi_{fn} \cdot u_{an}}{R_a + R_{ad}} - m_m - \frac{\psi_{fn}^2}{R_a + R_{ad}} \cdot \omega} d\omega$$

Uvedimo
smene:

$$K_1 := \frac{\psi_{fn} \cdot u_{an}}{R_a + R_{ad}} - m_m \quad K_1 = -0.058$$

$$K_2 := \frac{\psi_{fn}^2}{R_a + R_{ad}} \quad K_2 = 0.623$$

$$T_m \cdot \int_{\omega_C}^{\omega_{Dreakt}} \frac{1}{K_1 - K_2 \cdot \omega} d\omega = \frac{T_m}{K_2} \cdot \int_{\omega_C}^{\omega_{Dreakt}} \frac{1}{K_1 - K_2 \cdot \omega} d(K_2 \cdot \omega)$$

Resenje neodredenog integrala je $-\ln(K_2 \cdot \omega - K_1)$

$$-\ln(K_2 \cdot \omega_{Dreakt} - K_1) - (-\ln(K_2 \cdot \omega_C - K_1)) = \ln\left(\frac{K_2 \cdot \omega_C - K_1}{K_2 \cdot \omega_{Dreakt} - K_1}\right)$$

Zamenom brojnih vrednosti za K_1 i K_2 dobija se.

$$\frac{T_m}{K_2} \cdot \ln\left(\frac{K_2 \cdot \omega_C - K_1}{K_2 \cdot \omega_{Dreakt} - K_1}\right) = 1.994 \text{ s}$$

Kada zamenimo izraze za konstante K_1 i K_2 , dobija se izraz:

$$\text{Resenje} := \frac{T_m}{\left(\frac{\psi_{fn}^2}{R_a + R_{ad}}\right)} \cdot \ln \left[\frac{\left(\frac{\psi_{fn}^2}{R_a + R_{ad}} \cdot \omega_C - \frac{\psi_{fn} \cdot u_{an}}{R_a + R_{ad}} + m_m\right)}{\omega_{Dreakt} \cdot \frac{\psi_{fn}^2}{R_a + R_{ad}} - \frac{\psi_{fn} \cdot u_{an}}{R_a + R_{ad}} + m_m} \right]$$

$$\text{Resenje} = 1.994 \text{ s}$$