

Auditorne vježbe, ak. god. 2013./2014.

1. Istosmjerni nezavisno uzbuđeni motor podataka: $U_n = 220 \text{ V}$, $I_n = 100 \text{ A}$, $n_n = 1000 \text{ min}^{-1}$ ima otpor armature koji iznosi $R_a = 0,1 \Omega$. Motor se napaja iz istosmjernog izvora promijenjivog napona s unutrašnjim otporom od $R_u = 0,06 \Omega$. Koliki treba biti unutrašnji napon promijenjivog izvora E_u da bi motor generatorski kočio pri 80% nazivnog tereta i $n = 700 \text{ min}^{-1}$.

Rješenje:

$$I_n = 100 \text{ A}$$

$$U_n = 220 \text{ V}$$

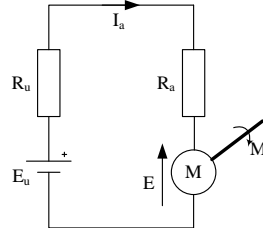
$$n_n = 1000 \text{ min}^{-1}$$

$$R_a = 0,1 \Omega$$

$$R_u = 0,06 \Omega$$

$$n = 700 \text{ min}^{-1}$$

$$E_u = ?$$



- Moment kojega motor razvija jednak je

$$M_m = k_m \phi I_a,$$

gdje je:

M_m - moment motora

k_m - konstrukcijski parametar motora

ϕ - ulančeni magnetski tok

I_a - struja armature

- Budući da je motor nezavisno uzbuđen te da je uzbuda konstantna, moment motora proporcionalan je struji armature. Iz toga proizlazi da za slučaj generatorskog kočenja momentom od 80 % struja motora iznosi:

$$I_{ak} = 0,8 I_{an}$$

- Inducirani napon E pri nazivnom teretu i nazivnoj brzini od $n_n = 1000 \text{ min}^{-1}$ može se izračunati iz izraza:
 $U = I_a R_a + E \implies E = U_n - I_n \cdot R_a = 220 - 100 \cdot 0,1 = 210 \text{ V}$

- Inducirani napon E istosmjernog stroja jednak je

$$E = k_e \phi n,$$

gdje je:

E - inducirani napon (protuelektromotorna sila)

k_e - konstrukcijski parametar

ϕ - ulančeni magnetski tok

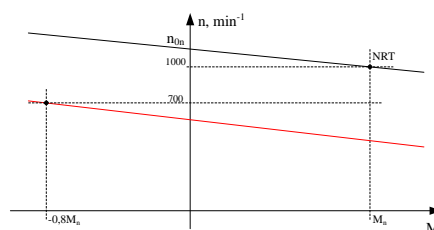
n - brzina vrtnje

- Iz prethodnoga slijedi da je inducirani napon na brzini $n_n = 700 \text{ min}^{-1}$ jednak

$$\frac{E_u}{E_{un}} = \frac{k_e \phi n}{k_e \phi n_n} = 210 \frac{700}{1000} = 147 \text{ V}$$

- Kako bi motor generatorski kočio inducirani napon mora biti veći od napona izvora, $E > E_u$, što znači da struja I_a mora biti negativna (struja ide u izvor).

$$E_u = E + I_a k (R_a + R_u) = 147 + (-80)(0,1 + 0,06) = 134,2 \text{ V}$$

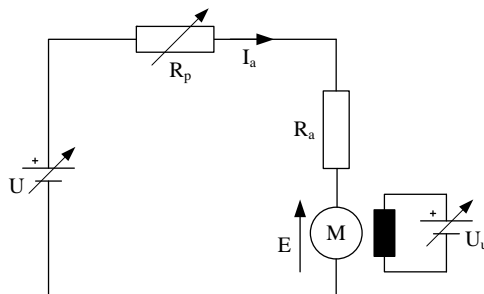


2. Istosmjerni nezavisno uzbuđeni motor podataka: $U_n = 220 \text{ V}$, $P_n = 13,5 \text{ kW}$, $I_n = 74 \text{ A}$, $n_n = 1150 \text{ min}^{-1}$ ima otpor armature koji iznosi $R_a = 0,2 \Omega$. Odredite vanjske karakteristike motora $n = f(I_a)$ i $n = f(M)$ za slučajeve:

- (a) $U_n, \phi_n, R_p = 0 \Omega; 1 \Omega; 3 \Omega; 6 \Omega$
 (b) $U_n/2, \phi_n, R_p = 0 \Omega; 1 \Omega$
 (c) $U_n, 0,8 \cdot \phi_n, R_p = 0 \Omega; 1 \Omega$

Rješenje:

$$\begin{aligned} P_n &= 13,5 \text{ kW} \\ I_n &= 74 \text{ A} \\ U_n &= 220 \text{ V} \\ n_n &= 1150 \text{ min}^{-1} \\ \underline{R_a} &= 0,2 \Omega \end{aligned}$$



Prvo se rješavaju općeniti podaci za motor:

Inducirana protuelektromotorna sila se može zapisati kao

$$E = k_e \phi n = c_e n \Rightarrow c_e = \frac{E}{n},$$

pri radu u nazivnoj točki

$$c_e = \frac{E}{n} = \frac{U_n - I_n R_a}{n_n} = \frac{220 - 74 \cdot 0,2}{1150} = \boxed{0,1784}$$

Nazivni moment motora jednak je

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{P_n}{\frac{\pi}{30} n_n} = \frac{30 \cdot 13500}{1150 \pi} = \boxed{112 \text{ Nm}}.$$

Brzina praznog hoda pri nazivnom naponu iznosi

$$n_0 = \frac{U_n}{c_e} = \frac{220}{0,1784} = 1233,2 \text{ min}^{-1}$$

- (a) $U_n, \phi_n, R_p = 0 \Omega; 1 \Omega; 3 \Omega; 6 \Omega$

- Kada je motor opterećen brzina se može izraziti kao

$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_p)}{c_e}$$

- $R_p = 0 \Omega \quad n = \frac{220 - 74(0,2 + 0)}{0,1784} = 1150 \text{ min}^{-1}$
- $R_p = 1 \Omega \quad n = \frac{220 - 74(0,2 + 1)}{0,1784} = 735 \text{ min}^{-1}$
- $R_p = 3 \Omega \quad n = \frac{220 - 74(0,2 + 3)}{0,1784} = -94 \text{ min}^{-1}$
- $R_p = 6 \Omega \quad n = \frac{220 - 74(0,2 + 6)}{0,1784} = -1338 \text{ min}^{-1}$

- U kojim se slučajevima radi o protustrujnom kočenju? (ODG: $R_p = 3 \Omega$ i $R_p = 6 \Omega$)

- (b) $U_n/2, \phi_n, R_p = 0 \Omega; 1 \Omega$

- Smanjenjem napona napajanja mijenja se i brzina praznog hoda

$$n_0 = \frac{U}{c_e} = \frac{100}{0,1784} = 617 \text{ min}^{-1}$$

i dalje vrijedi

$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_p)}{c_e}$$

- $R_p = 0 \Omega \quad n = \frac{110 - 74(0,2 + 0)}{0,1784} = 534 \text{ min}^{-1}$
- $R_p = 1 \Omega \quad n = \frac{110 - 74(0,2 + 1)}{0,1784} = 119 \text{ min}^{-1}$

(c) $U_n, 0,8 \cdot \phi_n, R_p = 0 \Omega; 1 \Omega$

- Ukoliko se promijeni ulančeni magnetski tok potrebno je korigirati konstantu c_e budući da vrijedi

$$c_e = k_e \phi \Rightarrow \frac{c_{e2}}{c_e} = \frac{\phi}{\phi_n} = 0,8 \Rightarrow c_{e2} = 0,8 c_e = 0,8 \cdot 0,1784 = 0,1427.$$

Mijenja se i brzina praznog hoda n_0 koja sada iznosi

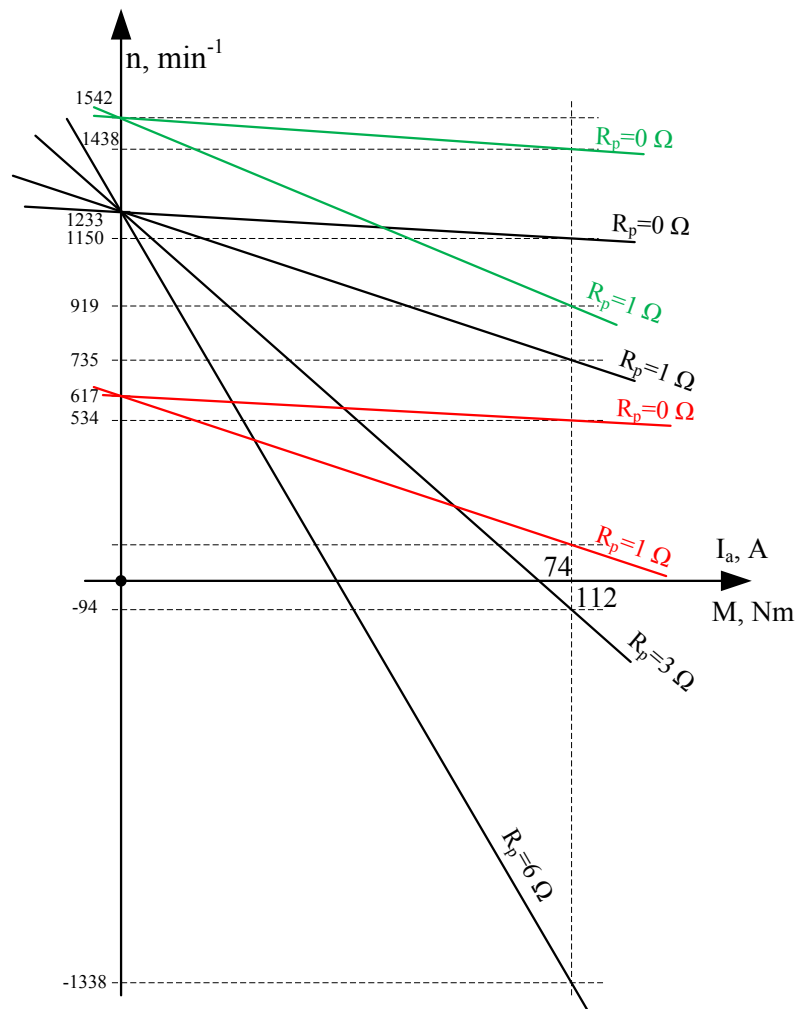
$$n_0 = \frac{U}{c_{e2}} = \frac{220}{0,1427} = 1542 \text{ min}^{-1}$$

također i dalje vrijedi

$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_p)}{c_{e2}}$$

- $R_p = 0 \Omega \quad n = \frac{220 - 74(0,2 + 0)}{0,1427} = 1438 \text{ min}^{-1}$
- $R_p = 1 \Omega \quad n = \frac{220 - 74(0,2 + 1)}{0,1427} = 919 \text{ min}^{-1}$

Sada se mogu nacrtati vanjske karakteristike motora za sve slučajeve.



3. Istosmjerni nezavisno uzbuđeni motor nazivnih podataka $U_n = 440 \text{ V}$, $P_n = 22 \text{ kW}$, $n_n = 1250 \text{ min}^{-1}$, $\eta = 0,91$, $R_a = 0,3 \Omega$ koristi se u dizaličnom elektromotornom pogonu. Kolikom će se brzinom vrtjeti motor ako se pri dizanju opteretiti s 200 Nm ? Pretpostavite konstantan magnetski tok. Kolika će biti struja armature i što bi se dogodilo u trajnom radu s takvim opterećenjem?

Rješenje:

$$P_n = 22 \text{ kW}$$

$$U_n = 440 \text{ V}$$

$$n_n = 1250 \text{ min}^{-1}$$

$$\eta = 0,91$$

$$M_t = 200 \text{ Nm}$$

$$R_a = 0,3 \Omega$$

$$n = ?; I_a = ?$$

- Budući da nazivna struja armature nije zadana moramo ju izračunati iz podatka o izlaznoj snazi, korisnosti i nazivnog naponu.

$$P_{el} = U_n \cdot I_n$$

$$P = \eta \cdot P_{el} \Rightarrow P = \eta U_n I_n \Rightarrow I_n = \frac{P_n}{\eta U_n} = \boxed{54,95 \text{ A}}$$

- Nazivni moment računa se iz nazivne snage i brzine prema

$$M_n = \frac{P_n}{\frac{n\pi}{30}} = \frac{30 \cdot 22000}{1250\pi} = \boxed{168,1 \text{ Nm}}$$

- Sada je potrebno izračunati konstante c_e i c_m . Iz jednadžbe strujnog kruga nadomjesne sheme motora ($U = I_a \cdot R_a + c_e \cdot n$) može se dobiti:

$$c_e = \frac{U - I_n \cdot R_a}{n_n} = \frac{440 - 54,95 \cdot 0,3}{1250} = 0,3388.$$

Konstanta za moment dobije se iz nazivne struje i nazivnog momenta

$$c_m = \frac{M_n}{I_n} = \frac{168,1}{54,95} = 3,059$$

- Za teret od 200 Nm struja armature računa se iz izraza

$$I_a = \frac{M_t}{c_m} = \frac{200}{3,059} = \boxed{65,4 \text{ A}}$$

- Kada je poznata struja armature moguće je izračunati i brzinu motora

$$n = \frac{U - I_a R_a}{c_e} = \frac{440 - 65,4 \cdot 0,3}{0,3388} = \boxed{1240,8 \text{ min}^{-1}}$$

- Budući da je struja pri opterećenju od 200 Nm 19% veća od nazivne struje motora, u kratkotrajnom radu ne bi prouzročila nikakve teže posljedice, ali pri trajnom radu bi došlo do pregrijavanja stroja. U ovom slučaju stroj mora biti štićen odgovarajućom zaštitom, npr bimetalnom.