

PUES

Auditorne vježbe

1. Auditorne vježbe, Dr. sc. Damir Sumina

②

1.) Istosmjerni nezavisno uzbuđeni motor, nazivnih vrijednosti:

14,7 kW

80 A

220 V

1150 o./min

ima otpor armaturnog kruga $0,2 \Omega$.

Odredi:

- brzinu vrtnje uz nazivni napon armature i potencijalni teret 100 Nm. Nacrtaj n-M dijagram.
- brzinu vrtnje ako je teret potencijalan 100 Nm uz napon armature 0 V. Nacrtaj n-M dijagram.
- Pri generatorskom kočenju izmjerena je struja 70 A pri nazivnom naponu. Kolika je brzina vrtnje?

NAPOMENA:

$$n [\text{o/min}] \Rightarrow \frac{C_e}{C_m} = \frac{2\pi}{60}$$

$$\omega [\text{rad/s}] \Rightarrow \frac{C_e}{C_m} = 1$$

Rješenje:

$$\omega_n = \frac{2\pi}{60} \cdot n_n$$

$$\omega_n = \frac{2\pi}{60} \cdot 1150 = 120,43 \text{ rad/s}$$

$$\underline{\underline{\omega_n = 120,43 \text{ rad/s}}}$$

$$\omega = \frac{U_a - I_a \cdot R_a}{C_e}$$

C_e i C_m određujemo iz nazivnih vrijednosti

\Rightarrow

$$C_e = \frac{U_n - I_n \cdot R_a}{\omega_n} = \frac{220 - 80 \cdot 0,2}{120,43} = 1,69$$

$$\underline{\underline{C_m = C_e = 1,69}}$$

* zanemarujemo gubitke trenja i ventilacije

$$I = \frac{M_m}{C_m}$$

$$I = \frac{100}{1,69} = 59,17 \text{ A}$$

$$\underline{\underline{I = 59,17 \text{ A}}}$$

$$U = E + I_a \cdot R_a$$

$$E = c_e \cdot \omega$$

$$\omega_a = \frac{U - I_a \cdot R_a}{c_e} = \frac{220 - 59,17 \cdot 0,2}{1,69} = 123,17 \text{ rad/s}$$

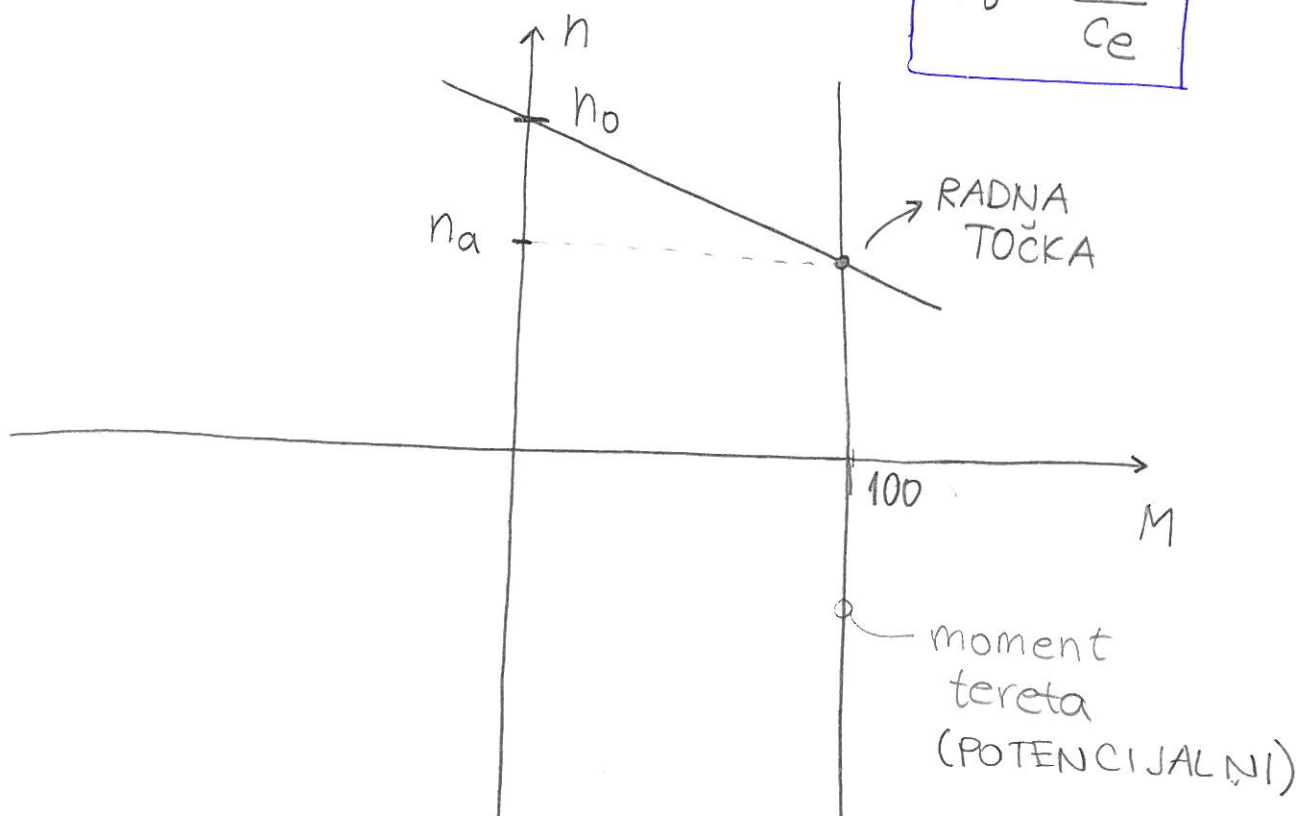
$$\underline{\underline{\omega_a = 123,17 \text{ rad/s}}}$$

MOTORSKI REŽIM RADA

$$n_a = \frac{60}{2\pi} \cdot \omega_a = \frac{60}{2\pi} \cdot 123,17 = 1176,19 \text{ }^\circ/\text{min}$$

$$\underline{\underline{n_a = 1176,19 \text{ }^\circ/\text{min}}}$$

$$\omega_0 = \frac{U_n}{c_e}$$



b)

$$\omega = \frac{U - I_a \cdot R_a}{C_e}$$

$$\omega_b = \frac{0 - 59,17 \cdot 0,2}{1,69} = -7 \text{ rad/s}$$

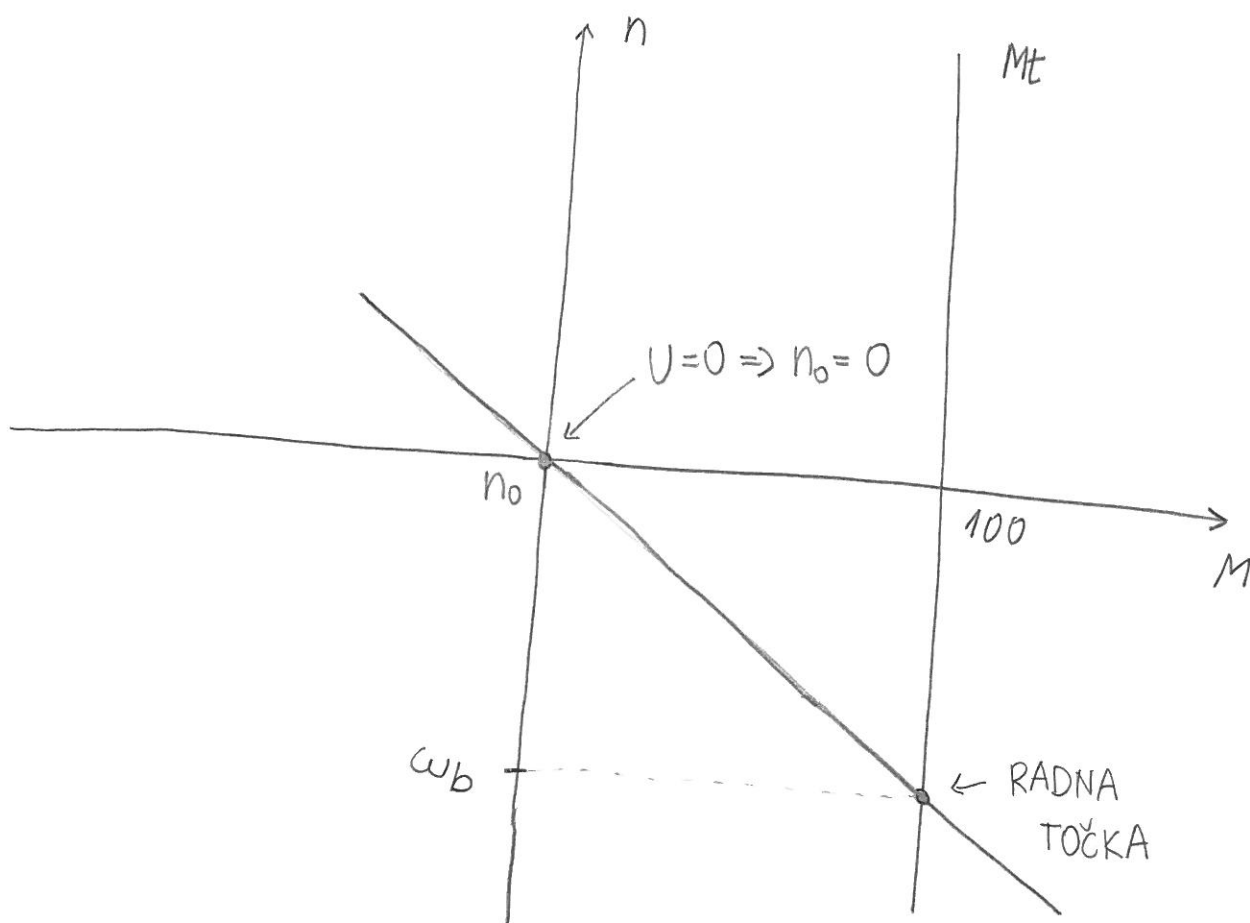
$$\underline{\underline{\omega_b = -7 \text{ rad/s}}}$$

* struja je ovisna o opterećenju;

$$\underline{I} = \frac{M_m}{C_m}$$

* točka u kojoj karakteristika sječe os brzine je n_0 ;

$$\omega_0 = \frac{U}{C_e}$$



c)

* struja je drugačija \Leftrightarrow teret se promjenio

$$\omega = \frac{U_a - I_a \cdot R_a}{C_e}$$

DA BI OSTVARILI GEN. KOČENJE
OKREĆEMO POLARITET NAPONA

$$\omega_c = \frac{-220 - 70 \cdot 0,2}{1,69} =$$

$$\omega_c = -138,46 \text{ rad/s}$$

$$I = \frac{M_m}{C_m}$$

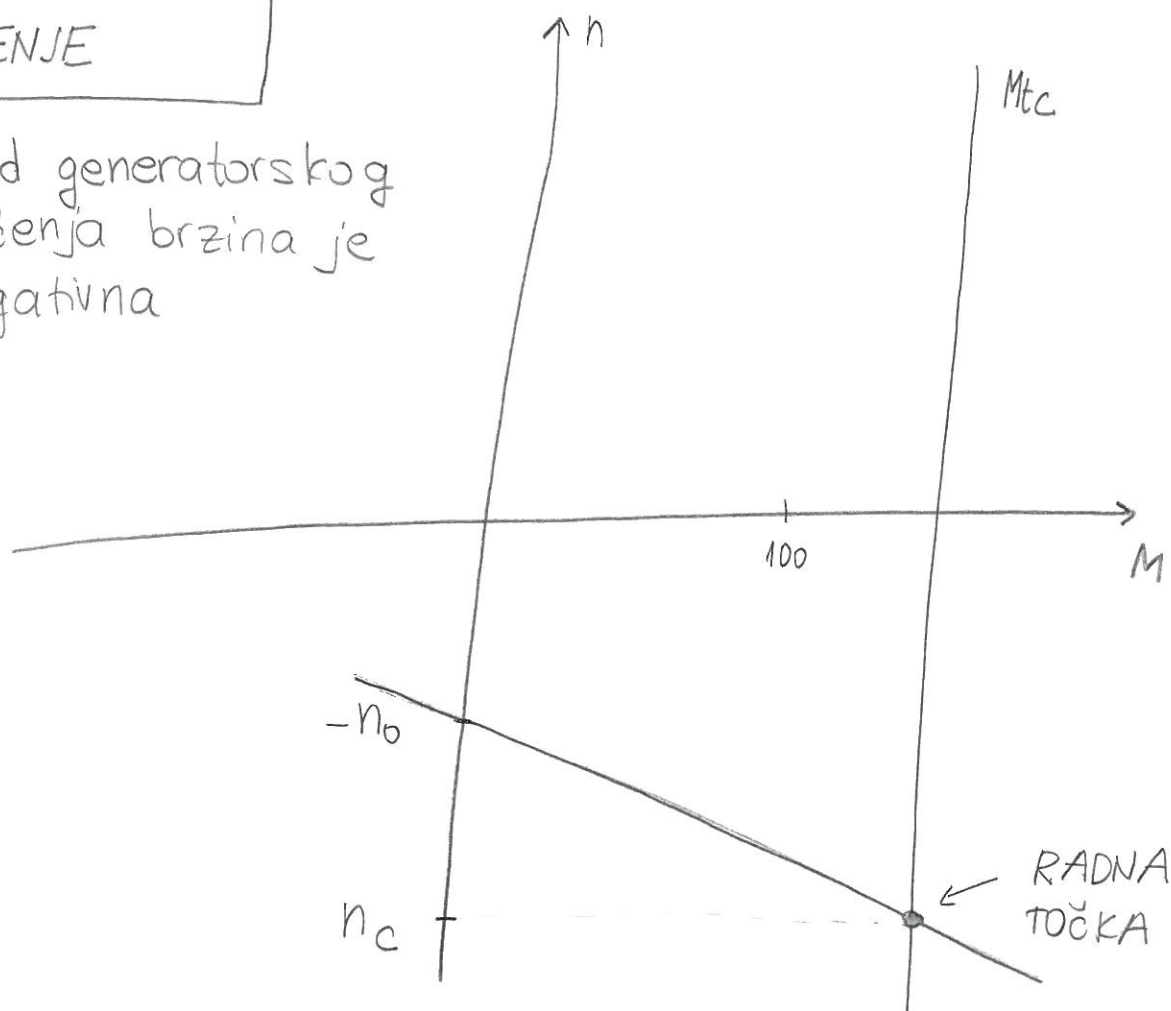
\Rightarrow

$$M_{tc} = I \cdot C_m = 70 \cdot 1,69$$

$$M_{tc} = 118,3 \text{ Nm}$$

GENERATORSKO
KOČENJE

* kod generatorskog
kočenja brzina je
negativna

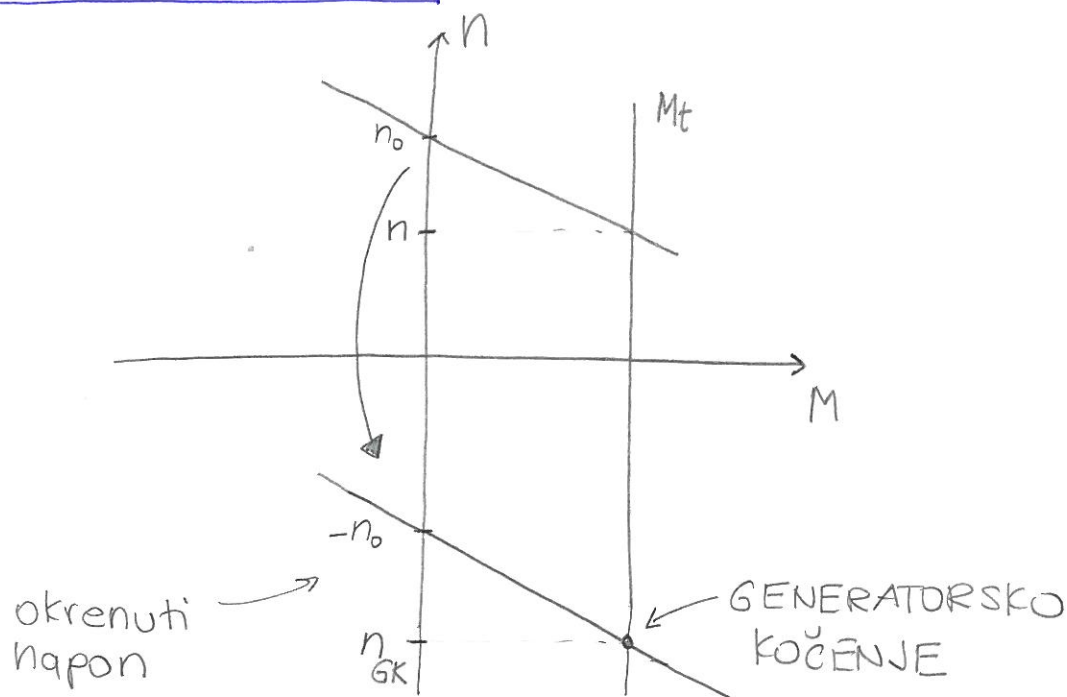


(kraj 1. zadatka)

KOČENJE:

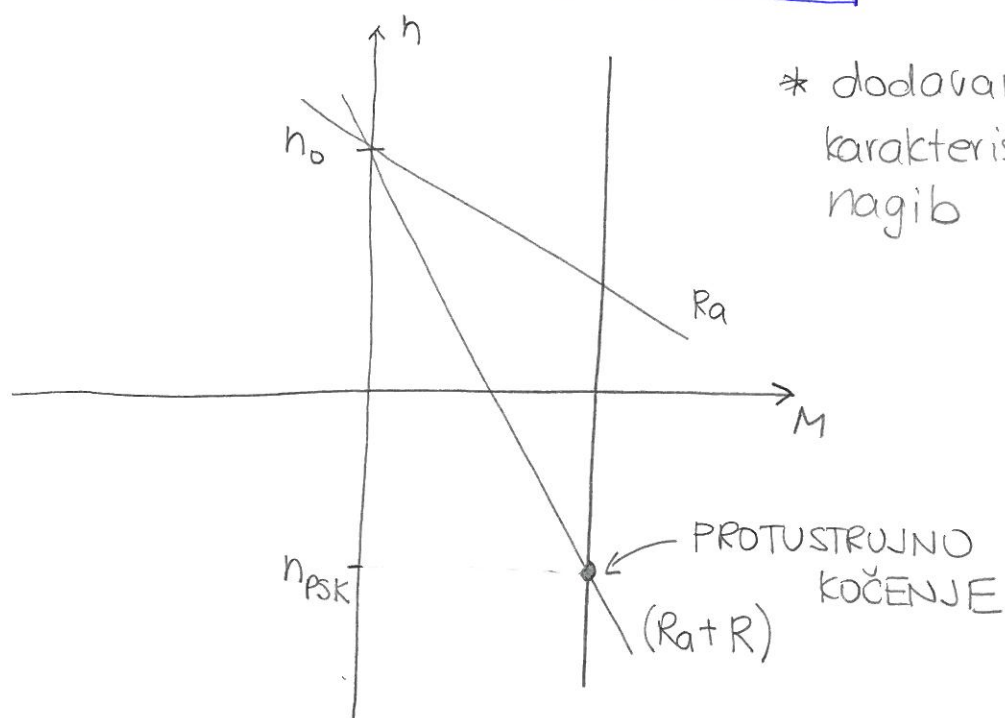
1.) GENERATORSKO KOČENJE

– okrenemo napon



2.) PROTUSTRUJNO KOČENJE

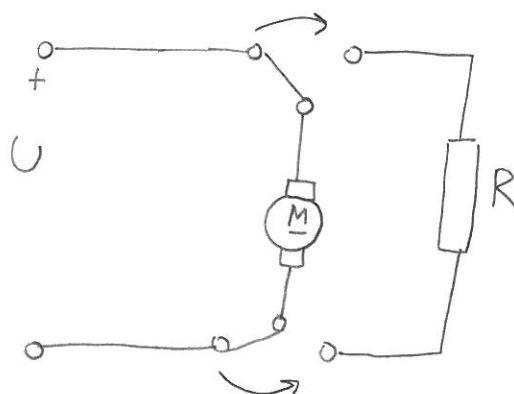
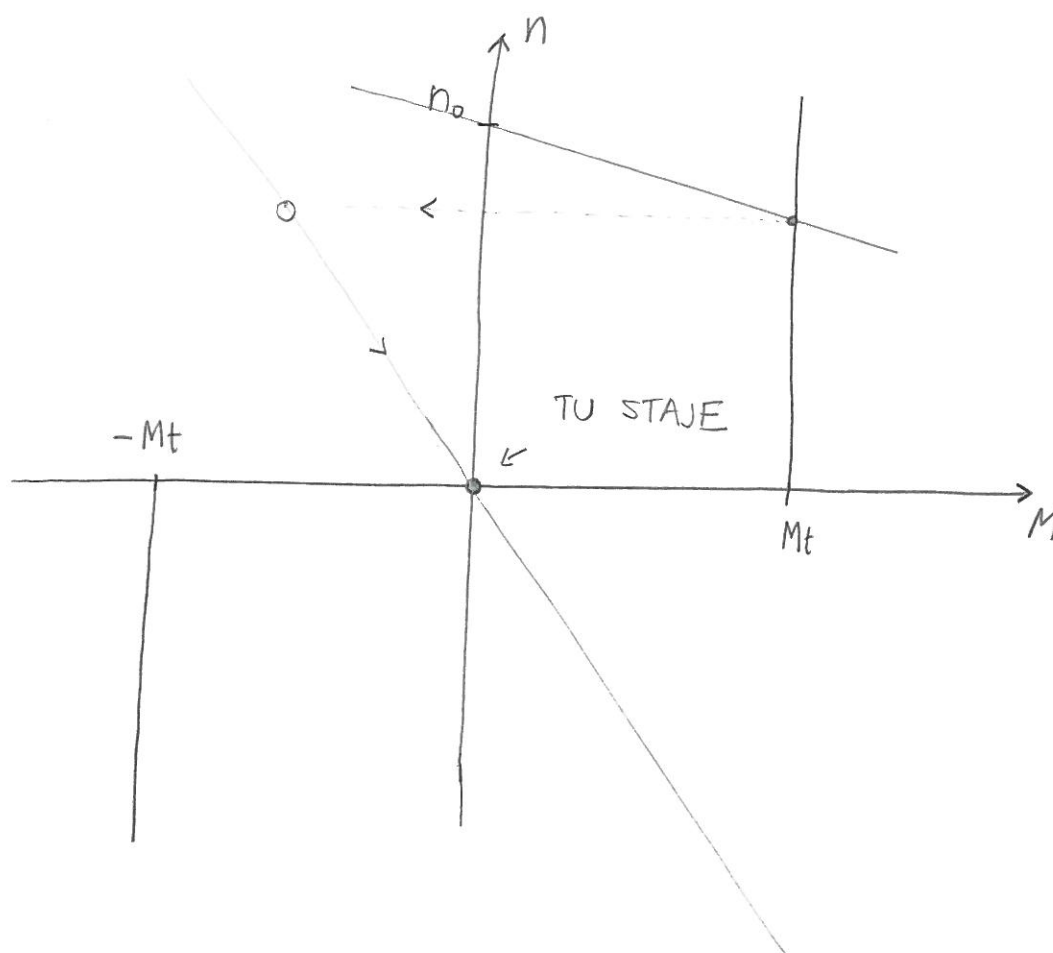
– dodajemo otpor u armaturni krug



3.) ELEKTRODINAMIČKO KOČENJE

- isključimo napon, te na motor spojimo otpor u paralelu

* koristi se kod tramvaja (tramvaj je pasivni teret)



(Z)

2.)

Istosmjerni stroj

5 kW

220 V

28 A

1500 o./min.

0,1 Ω

nazivni podaci

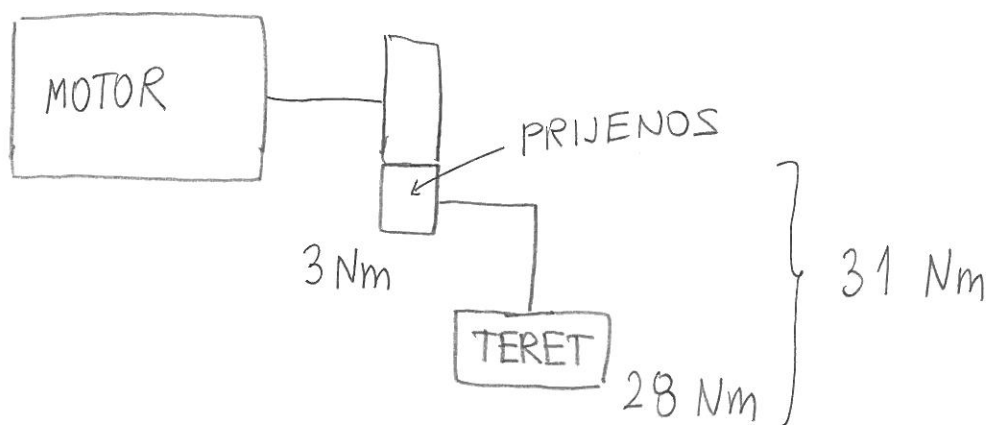
$$n_n = 1500 \text{ o./min} \Rightarrow \omega_n = 157,08 \text{ rad/s}$$

 $M_{t_k} = 31 \text{ Nm}$

od toga:

 $M_{prg} = 3 \text{ Nm}$

→ moment prijenosnih gubitaka

a) $n_{dizanja} = ?$ b) $n_{spuštanja} = ?$ • PROTUSTRUKNO KOČENJE ($R = 20 \Omega$)

Rješenje:

- moment koji daje motor na svojoj osovini (izlazni moment):

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}$$

$$M_n = \frac{5000}{157,08} = 31,83 \text{ Nm}$$

$$\underline{\underline{M_n = 31,83 \text{ Nm}}}$$

- moment koji motor povuče iz mreže (ulazni moment):

$$M_{el} = C_m \cdot I_n$$

treba izračunati C_m i C_e :

$$C_e = \frac{U - I_n \cdot R_a}{\underbrace{n_n}_{\substack{\text{brzina } \omega \\ \text{0./min}}}} = \frac{220 - 28 \cdot 0,1}{1500} = 0,1448$$

$$\underline{\underline{C_e = 0,1448}}$$

$$C_m = \frac{60}{2\pi} \cdot C_e = 1,38 \quad , \quad \underline{\underline{C_m = 1,38}}$$

$$M_{el} = 1,38 \cdot 28 = 38,64 \text{ Nm}$$

$$\underline{\underline{M_{el} = 38,64 \text{ Nm}}}$$

* gubitke trenja i ventilacije ne zanemarujemo
(tako je rečeno u tekstu zadatka)

$$M_{tv} = M_{el} - M_n$$

$$\underline{\underline{M_{tv} = 6,81 \text{ Nm}}}$$

a)

- da bi motor podigao teret mora iz mreže povući moment:

$$M_{el_m} = M_t + M_{prg} + M_{tv}$$

$$M_{el_m} = 28 + 3 + 6,81 = 37,81 \text{ Nm}$$

$$\underline{\underline{M_{el_m} = 37,81 \text{ Nm}}}$$

- za to mu je potrebna struja:

$$I = \frac{M}{c_m}$$

$$I = \frac{37,81}{1,38} = 27,39 \text{ A}$$

$$\underline{\underline{I = 27,39 \text{ A}}}$$

$$n = \frac{U - I \cdot R_a}{C_e}$$

$$n_{dizanja} = \frac{220 - 27,39 \cdot 0,1}{0,1448}$$

$$\underline{\underline{n_{dizanja} = 1500,4 \text{ } ^\circ/\text{min}}}$$

b)

- za spuštanje motor mora povući moment

$$M_{el_m} = M_t - M_{prg} - M_{tv}$$

* moment prijenosnih gubitaka i trenja i ventilacije pomaže pri spuštanju, a odmaže pri podizanju

$$M_{el_m} = 28 - 3 - 6,81 = 18,19 \text{ Nm}$$

$$\underline{\underline{M_{el_m} = 18,19 \text{ Nm}}}$$

$$I = \frac{M}{C_m}$$

$$I = \frac{18,19}{1,38} = 13,18 \text{ A}$$

$$\underline{\underline{I = 13,18 \text{ A}}}$$

* spuštanje se izvodi PROTUSTRŽNIM KOČENJEM

$$n_{spuštanja} = \frac{U - I \cdot (R_a + R)}{C_e}$$

$$n_{spuštanja} = \frac{220 - 13,18 \cdot (0,1 + 20)}{0,1448}$$

$$\underline{\underline{n_{spuštanja} = -310 \text{ } ^\circ/\text{min}}}$$

- 3.) (za ovaj zadatak je asistent posebno rekao da ne bi bilo loše znati - on sastavlja ispit 😊)

Istosmjerni nezavisno uzbuđeni motor sa konstantnom uzбудom, nazivnih vrijednosti

$$70 \text{ V}$$

$$100 \text{ A}$$

$$1000 \text{ }^\circ/\text{min} = 104,72 \text{ rad/s}$$

$$\eta_m = 0,85$$

$$R_a = 0,05 \Omega$$

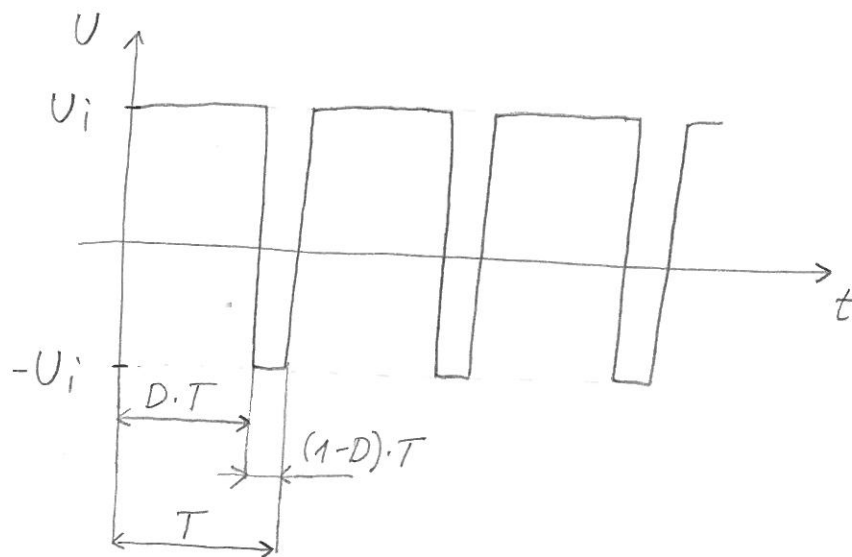
napaja se iz istosmjernog izvora preko "čopera" (DC/DC pretvarač = H-most) bipolarnom modulacijom širine pojasa (PWM). Gubici trenja i ventilacije iznose 30% ukupnih gubitaka.

Odredi:

- iznos snage gubitaka trenja i ventilacije u nazivnoj točki.
- napon izvora napajanja ako je pri 800 $^\circ/\text{min}$ uz teret jednak nazivnom iznosu i faktor vođenja $D = 0,7$.

PWM MODULACIJE:

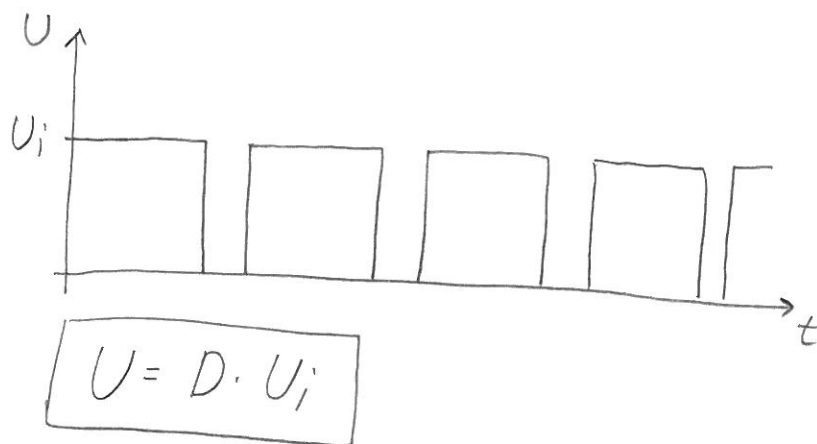
1.) BIPOLARNA



napon koji se dobije na izlazu pretvarača;

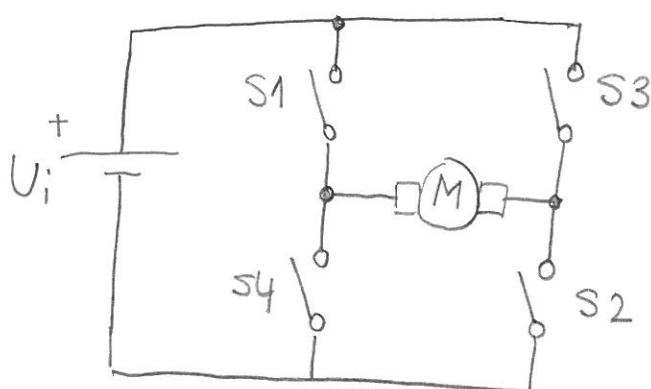
$$U = (2D - 1) \cdot U_i$$

2.) UNIPOLARNA



$$U = D \cdot U_i$$

čoper:



$S1 - S2$
 $S3 - S4$ - parovi sklopki

Rješenje:

a)

$$P_{mreže} = U \cdot I$$

$$P_{mreže} = 70 \cdot 100 = 7000 \text{ W}$$

$$\underline{\underline{P_{mreže} = 7000 \text{ W}}}$$

$$P_{osovine} = \eta_m \cdot P_{mreže}$$

$$P_{osovine} = 0,85 \cdot 7000$$

$$\underline{\underline{P_{osovine} = 5950 \text{ W}}}$$

$$P_{gubitaka} = P_{mreže} - P_{osovine}$$

$$P_{gubitaka} = 7000 - 5950 = 1050 \text{ W}$$

$$\underline{\underline{P_{gubitaka} = 1050 \text{ W}}}$$

$$P_{tv} = 0,3 \cdot P_{gubitaka} = 0,3 \cdot 1050 = 315 \text{ W}$$

$$\underline{\underline{P_{tv} = 315 \text{ W}}}$$

b)

$I_a = 100 \text{ A}$ → nazivno opterećenje ⇒ onda je
i struja nazivna
 $n = 800^\circ/\text{min} = 83,78 \text{ rad/s}$

$$I = \frac{M}{C_m}$$

$$C_e = \frac{U_n - I_n \cdot R_a}{\omega_n} = \frac{70 - 100 \cdot 0,05}{104,72} = 0,6207$$

$$\underline{\underline{C_e = 0,6207}}$$

$$\underline{\underline{C_m = C_e = 0,6207}}$$

$$\omega = \frac{U - I \cdot R_a}{C_e}$$

⇒

$$U = C_e \cdot \omega + I \cdot R_a = 0,6207 \cdot 83,78 + 100 \cdot 0,05$$

$$\underline{\underline{U = 57 \text{ V}}}$$

bipolarna: $U = (2D - 1) \cdot U_i$

$$57 = (2 \cdot 0,7 - 1) \cdot U_i$$

$$U_i = \frac{57}{0,4} = 142,5 \text{ V}$$

$$\underline{\underline{U_i = 142,5 \text{ V}}}$$