

Praktikum upravljanja električnim strojevima

Istosmjerni pogoni - zadaci za vježbu

Tywin

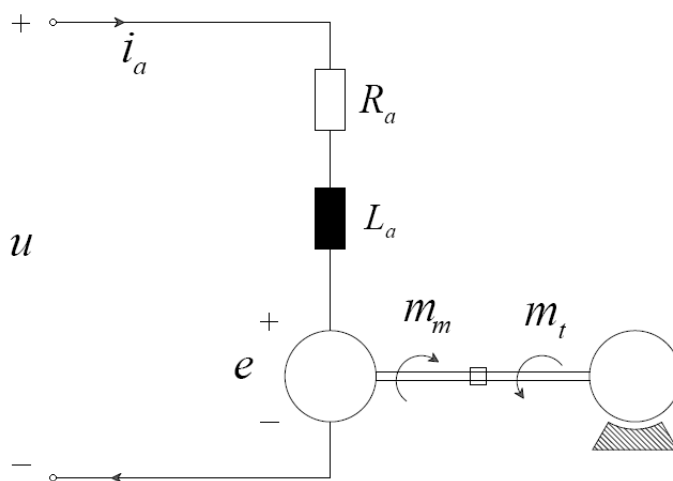


Sadržaj

1	Općenito	2
1.1	Naponska jednadžba	2
1.2	Momenti	3
1.3	Energetska bilanca	3
2	Zadaci	4
2.1	1. zadatak	4
2.2	2. zadatak	5
2.3	3. zadatak	5
2.4	4. zadatak	7
2.5	5. zadatak	8
2.6	6. zadatak	8
2.7	7. zadatak	9
2.8	8. zadatak	9
2.9	9. zadatak	11
2.10	10. zadatak	12

1 Općenito

Nadomjesna shema:



Podaci stroja koji se navode u zadacima predstavljaju podatke u nazivnoj radnoj točki stroja. Snaga motora koja se navodi u zadacima uvijek je snaga koju motor daje na osovini.

1.1 Naponska jednadžba

Prema nadomjesnoj shemi pišemo naponsku jednadžbu motora:

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

Ako znamo da inducirana elektromotorna sila iznosi:

$$E = C_e \cdot n$$

stvoreni elektromagnetski moment iznosi:

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

a pritom konstantu C_m možemo zapisati (i izračunati) preko konstante C_e :

$$C_m = C_e \frac{30}{\pi}$$

te da se u krug priključi dodatni otpor (predotpor) R_p naponska jednadžba prelazi u oblik:

$$U = C_e \cdot n + \frac{\pi \cdot M_{el}}{30 \cdot C_e} (R_a + R_p)$$

1.2 Momenti

Pri nekoj snazi na osovini motora P_{os} te brzini vrtnje rotora n možemo izračunati razvijeni moment motora na osovini:

$$M_{os} = \frac{30 \cdot P_{os}}{\pi \cdot n}$$

Moment motora M_{os} razvijen na osovini i elektromagnetski moment M_{el} povezujemo preko momenta trenja i ventilacije M_{tv} izrazom:

$$M_{el} = M_{os} + M_{tv}$$

Ovo je zapravo samo formalni zapis jer uvijek moramo gledati smjerove momenata i njihov karakter. Momenti mogu biti:

Reaktivni - to je moment koji uvijek djeluje u suprotnom smjeru od smjera vrtnje motora (poput vlastitog momenta trenja i ventilacije, momenata trenja vozila kojeg pogoni i slično.)

Potencijalni - to je moment koji uvijek djeluje u istome smjeru (poput momenta koji se javlja pri podizanju ili spužtanju tereta)

1.3 Energetska bilanca

Ovo je pojednostavljena energetska bilanca i sve što je potrebno znati je da motor iz mreže uzima snagu:

$$P_{mr} = U \cdot I_a$$

snaga koja se gubi u armaturnom namotu (i u slučaju spojenog predotpora):

$$P_a = I_a^2 \cdot R_a$$

$$P_a = I_a^2 (R_a + R_p)$$

Elektromagnetska snaga motora P_{em} jednaka je snazi koju motor uzima iz mreže P_{mr} umanjenoj za iznos gubitaka u otporu armaturnog krugu P_a . Snaga koju motor daje na osovini P_{os} jednaka je elektromagnetskoj snazi P_{em} umanjenoj za iznos snage gubitaka zbog trenja i ventilacije P_{tv} .

$$P_{os} = P_{em} - P_{tv} = P_{mr} - P_a - P_{tv}$$

$$P_{os} = U \cdot I_a - I_a^2 (R_a + R_p) - P_{tv}$$

Ukoliko se u zadatku ne navede drugačije gubitke trenja i ventilacije možemo zanemariti, a to znači da možemo zanemariti i moment trenja i ventilacije.

2 Zadaci

2.1 1. zadatak

Na osovini nezavisno uzbuđenog istosmjernog motora s podacima 5 kW, 220 V, 28 A i 1500 rpm, otpora armature $1,5 \Omega$ nalazi se teret potencijalnog karaktera iznosa 25 Nm. U proračunu zanemariti vlastiti moment trenja motora.

- a) Kojom brzinom se okreće motor pri podizanju tereta uz nazivni napon armature?
- b) Koliko bi trebao iznositi napon armature da bi se pri podizanju tereta motor okretao s 50 % nazivne brzine uz povećanje momenta tereta za 25 %?
- c) Koliki predotpor je potrebno dodati da bi motor spustao teret ($M_t = 25 \text{ Nm}$) s 50 % nazivne brzine pri nazivnom naponu?

Rješenje:

Prvo ćemo prema nazivnim podacima iz naponske jednadžbe izračunati konstantu C_e koja nam je neophodna za daljnji rad:

$$C_e = \frac{U - I_a \cdot R_a}{n} = \frac{220 - 28 \cdot 1,5}{1500} = 0,1187 \text{ V/rpm}$$

Ovu ćemo konstantu računati prvu za svaki zadatak i to za nazivne podatke motora zadanog tim zadatkom.

a) Znamo iznos momenta tereta, a kako moment trenja možemo zanemariti, znači da znamo iznos momenta koji motor mora razviti $M_m = M_{el} = 25 \text{ Nm}$ a prema njemu možemo izračunati i struju armature:

$$I_a = \frac{M_{el} \cdot \pi}{30 \cdot C_e} = 22,06 \text{ A}$$

Opet, prema naponskoj jednadžbi računamo:

$$n = \frac{U - I_a \cdot R_a}{C_e} = \frac{220 - 22,06 \cdot 1,5}{0,1187} = 1574,7 \text{ rpm}$$

b) I ovaj put primjenjujemo sličan postupak. Dakle pri brzini $n = 750 \text{ rpm}$ motor razvija moment $M_{el} = 31,25 \text{ Nm}$ pa struja iznosi:

$$I_a = \frac{M_{el} \cdot \pi}{30 \cdot C_e} = 27,57 \text{ A}$$

A traženi napon je:

$$U = C_e \cdot n + I_a \cdot R_a = 130,38 \text{ V}$$

c) Kada se teret spušta tada je smjer vrtnje rotora u suprotnom smjeru od razvijenog momenta, odnosno u ovom slučaju brzina iznosi

$$n = -750 \text{ rpm}$$

Motor smo priključili na nazivni napon $U = 220 \text{ V}$ a za zadani moment motora smo već u a) dijelu zadatka izračunali potrebnu struju $I_a = 22,06 \text{ A}$. Ponovno koristimo naponsku jednadžbu:

$$U = C_e \cdot n + I_a(R_a + R_p)$$
$$R_p = \frac{U - C_e \cdot n}{I_a} - R_a = 12,5 \Omega$$

2.2 2. zadatak

DC nezavisno uzbuđeni motor pokreće uljnu zupčastu pumpu. Motor ima nazivne podatke 10 kW, 52,4 A, 220 V, 390 rpm, ima otpor armaturnog kruga 0,2 Ω. U pogonu pri 100 V napona izmjerena je brzina od 360 rpm. Uz pretpostavku da pumpa pruža konstantni moment otpora, uz konstantnu uzбудu, zanemarenje reakcije armature i gubitaka trenja i ventilacije odrediti:

a) Brzinu vrtnje u idealnom praznom hodu pri 100V.

b) Brzinu vrtnje u idealnom praznom hodu pri 110V.

Rješenje:

$$C_e = \frac{U - I_a \cdot R_a}{n} = 0,537 \text{ V/rpm}$$

Uz sva ova zanemarenja, te u praznom hodu znači da je narinuti napon U jednak protuelektromotornoj sili E , odnosno:

$$U = E = C_e \cdot n$$

brzine vrtnje lako se izračunaju i iznose, za a) dio:

$$n = \frac{U}{C_e} = 186 \text{ rpm}$$

odnosno, za b) dio:

$$n = \frac{U}{C_e} = 205 \text{ rpm}$$

2.3 3. zadatak

Elektromotorni pogon dizalice ostvaren je nezavisno uzbuđenim DC motorom nazivnih podataka 32 kW, 440 V, 83 A, 1000 rpm. Otpor armaturnog kruga iznosi 0,35 Ω. Odrediti:

a) Motor koči elektrodinamički uz uključene otpore brzinom vrtnje 500 rpm i s nominalnom strujom. Koliki mu je predotpor uključen i s kolikim ukupnim momentom koči radni mehanizam?

b) Koliki otpor treba priključiti za protustrujno kočenje (protustrujno spuštanje) ako se želi postići brzina vrtnje 600 rpm uz 55 A. Koliki je tada moment na osovini, snaga uzeta iz mreže, snaga na osovini i snaga utrošena u otporima?

c) Pri generatorskom kočenju (bez predotpora) izmjerena je struja od 70 A. Kolika je brzina vrtnje?

Rješenje:

$$C_e = \frac{U - I_a \cdot R_a}{n} = 0,411 \text{ V/rpm}$$

Također, u b) dijelu zadatka spominje gubitke pa je dobro odmah odrediti moment trenja i ventilacije M_{tv} te gubitke trenja i ventilacije P_{tv} i to u nazivnoj (nominalnoj) radnoj točki. Pretpostaviti ćemo da su oni konstantni bez obzira na brzinu vrtnje i opterećenje. Nazivni moment na osovini je:

$$M_{os} = \frac{30 \cdot P_n}{n \cdot \pi} = \frac{30 \cdot 32000}{1000\pi} = 305,58 \text{ Nm}$$

A nazivni elektromagnetski moment koji se razvije u zračnom rasporu je:

$$M_{el} = I_a \cdot C_e \cdot \frac{30}{\pi} = 325,76 \text{ Nm}$$

$$M_{tv} = M_{el} - M_{os} = 20 \text{ Nm}$$

I ovdje ćemo pretpostaviti da je moment trenja i ventilacije konstantan, bez obzira na iznos brzine vrtnje motora, prema tome gubitke trenja i ventilacije u nekoj drugoj radnoj točki možemo računati prema izrazu:

$$P_{tv} = \frac{n \cdot \pi \cdot M_{tv}}{30}$$

a) Elektrodinamičko kočenje znači da se isključuje napon napajanja $U = 0 \text{ V}$, najčešće priključuje neki predotpor $R_p \neq 0 \Omega$ te da se mijenja smjer struje $I_a = -83 \text{ A}$ (ovdje je iznos struje određen zadatkom). Uz poznatu brzinu vrtnje $n = 500 \text{ rpm}$ možemo izračunati spojeni predotpor prema naponskoj jednadžbi:

$$U = C_e \cdot n + I_a(R_a + R_p)$$

$$R_p = -\frac{C_e \cdot n}{I_a} - R_a = 2,13 \Omega$$

Prema brzini vrtnje možemo izračunati elektromagnetski moment $M_{el} = 325,76 \text{ Nm}$ pa je razvijeni moment motora na osovini:

$$M_{os} = M_{el} + M_{tv} = 345,73 \text{ Nm}$$

I pri tome smo moment trenja i ventilacije pribrojili elektromagnetskom momentu, to je zbog toga što oba momenta djeluju u istom smjeru.

b) Protustrujno kočenje odnosno protustrujno spuštanje znači da se teret spušta kontroliranom (željenom) brzinom. To nam opet govori da moment motora i brzina vrtnje motora nisu u istome smjeru, a kako se radi o spuštanju brzina iznosi $n = -600 \text{ rpm}$. Znamo iznos struje $I_a = 55 \text{ A}$ a pretpostavit ćemo da je motor spojen na nazivni napon $U = 440 \text{ V}$. Prema naponskoj jednadžbi možemo izračunati spojeni predotpor:

$$U = C_e \cdot n + I_a(R_a + R_p)$$

$$R_p = \frac{U - C_e \cdot n}{I_a} - R_a = 12,13 \Omega$$

Razvijeni elektromehanički moment, uz struju $I_a = 55 \text{ A}$ iznosi:

$$M_{el} = I_a \cdot C_e \cdot \frac{30}{\pi} = 215,86 \text{ Nm}$$

Moment trenja i ovoga puta potpomaže elektromagnetskom momentu jer je on u suprotnom smjeru od brzine vrtnje motora pa je razvijeni moment na osovini:

$$M_{os} = M_{el} + M_{tv} = 235,86 \text{ Nm}$$

Proračun snaga možemo započeti sa izračunom snage koja se uzima iz mreže P_{mr} te snagom koja se utroši na otpornicima P_a :

$$\begin{aligned}P_{mr} &= U \cdot I = 24,2 \text{ kW} \\P_a &= I_a^2 (R_a + R_p) = 37,75 \text{ kW} \\P_{el} &= P_{mr} - P_a = -13,55 \text{ kW}\end{aligned}$$

Tako smo odredili elektromehaničku snagu a dalje određujemo gubitke trenja i ventilacije te snagu na osovini:

$$\begin{aligned}P_{tv} &= \frac{n \cdot \pi \cdot M_{tv}}{30} = 1,26 \text{ kW} \\P_{os} &= P_{el} - P_{tv} = -14,81 \text{ kW}\end{aligned}$$

c) Generatorsko kočenje znači da se uz nepromijenjeni napon napajanja $U = 440 \text{ V}$ promijeni smjer struje $I_a = -70 \text{ A}$ (iznos je zadan u zadatku) zbog “jačanja” elektromotorne sile. Brzinu vrtnje računamo prema naponskoj jednadžbi:

$$n = \frac{U - I_a \cdot R_a}{C_e} = 1130 \text{ rpm}$$

2.4 4. zadatak

DC nezavisno uzbuđeni motor s nazivnim podacima 13,5 kW, 74 A, 220 V, 1150 rpm, ima otpor armaturnog kruga 0,2 Ω . Odrediti:

- koliko iznosi najveći moment kočenja pri elektrodinamičkom kočenju uz $R_p = 3 \Omega$ ako je teret reaktivan i iznosi 112 Nm.
- kojom brzinom stroj spušta teret pri elektrodinamičkom kočenju uz $R_p = 3 \Omega$ ako je teret potencijalan i iznosi 88 Nm.

Rješenje:

$$C_e = \frac{U - I_a \cdot R_a}{n} = 0,1784 \text{ V/rpm}$$

a) Kao što smo već ranije rekli, elektrodinamičko kočenje znači da se stezaljke motora prespoje sa izvora napajanja na neki predotpor. Odnosno naponska jednadžba prelazi u oblik:

$$0 = C_e \cdot n + I_a (R_a + R_p)$$

Najveći moment kočenja je moment razlike između momenata trenutka normalnog pogona i prebacivanja na elektrodinamičko kočenje. U prvom trenutku moment koji razvija motor jednak je momentu tereta (zanemareni su gubici) odnosno $M_m = M_t = 112 \text{ Nm}$. U “slijedećem” trenutku moment moramo izračunati, a zajedničko im je to da se odvijaju pri istoj brzini vrtnje, pretpostavit ćemo nazivnoj $n = 1150 \text{ rpm}$. Izračunamo prvo struju I'_a u tome, “slijedećem” trenutku prema naponskoj jednadžbi:

$$I_a = -\frac{C_e \cdot n}{R_a + R_p} = -64 \text{ A}$$

A zatim i elektromagnetski moment koji ona stvara, a to je zapravo razvijeni moment na osovini u “slijedećem” trenutku:

$$M' = I'_a \cdot C_e \frac{30}{\pi} = -109,2 \text{ Nm}$$

Pa je najveći moment kočenja:

$$M_k = M_m - M' = 221,3 \text{ Nm}$$

b) Sada razmatramo radnu točku u kojoj motor spušta teret, a poznavajući njegov moment znamo i moment motora $M_m = M_t = 88 \text{ Nm}$. To znači da možemo izračunati i struju ove radne točke:

$$I_a = \frac{\pi \cdot M_m}{30 \cdot C_e} = 54,66 \text{ A}$$

Prema već poznatoj naponskoj jednadžbi za elektrodinamičko kočenje odredimo brzinu vrtnje:

$$n = -\frac{I_a(R_a + R_p)}{C_e} = -926,6 \text{ rpm}$$

2.5 5. zadatak

DC nezavisno uzbuđeni motor s nazivnim podacima 13,5 kW, 74 A, 220 V, 1150 rpm, ima otpor armaturnog kruga 0,2 Ω . Na osovini motora spojen je teret potencijalnoga karaktera iznosa $M_t = 100 \text{ Nm}$ preko reduktora omjera 2:1. Ako dođe do kvara u reduktoru pri čemu motor ostane priključen na nazivni napon a cijeli mehanizam se zaustavi, kolika struja će poteći armaturnim krugom motora?

Rješenje:

Dovoljno je razmotriti samo par stvari. Motor je priključen na nazivni napon $U = 220 \text{ V}$, nema spojenog predotpora te se mehanizam zaustavi, odnosno $n = 0 \text{ rpm}$ pa iz naponske jednadžbe možemo odrediti iznos struje:

$$I_a = \frac{U}{R_a} = 1100 \text{ A}$$

2.6 6. zadatak

DC nezavisno uzbuđeni motor s nazivnim podacima 13,5 kW, 74 A, 220 V, 1150 rpm, ima otpor armaturnog kruga 0,2 Ω . Na osovini motora spojen je teret potencijalnoga karaktera preko reduktora omjera $n_1 : n_2 = 5 : 1$. Indeks 1 označava stranu motora, indeks 2 stranu tereta. Motor se vrti nazivnom brzinom. Koliko iznosi moment tereta na strani tereta?

Rješenje:

Za početak, izračunamo prvo moment motora, odnosno moment koji se razvije na osovini motora. Kako se motor vrti nazivnom brzinom znači da se nalazi u nazivnoj radnoj točki pa ćemo prema nazivnom momentu odrediti moment motora na osovini:

$$M_m = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n} = 112 \text{ Nm}$$

Jednadžba reduktora glasi:

$$M_t \cdot n_t = M_m \cdot n_m$$

$$\frac{M_t}{M_m} = \frac{n_m}{n_t} = 5$$

$$M_t = \frac{n_m}{n_t} M_m = 5 \cdot M_m = 560,5 \text{ Nm}$$

2.7 7. zadatak

DC nezavisno uzbuđeni motor s nazivnim podacima 68 A, 200 V, 1000 rpm, ima otpor armaturnog kruga $0,2 \Omega$. Na osovinu motora spojen je teret potencijalnoga karaktera preko reduktora omjera $n_1 : n_2 = 3 : 1$. Indeks 1 označava stranu motora, indeks 2 stranu tereta. Moment tereta je iznosa 300 Nm. Koliku struju motor uzima iz mreže? Zanimariti gubitke trenja i ventilacije.

Rješenje:

Prema zadanom momentu tereta iz poznate jednadžbe reduktora možemo izračunati moment motora:

$$M_m = \frac{n_t}{n_m} M_t = \frac{M_t}{3} = 100 \text{ Nm}$$

Kako možemo zanemariti gubitke trenja i ventilacije, moment motora jednak je elektromagnetskom momentu pa iz njega možemo izračunati struju koju motor uzima iz mreže:

$$I_a = \frac{\pi \cdot M_m}{30 \cdot C_e} = 56,18 \text{ A}$$

2.8 8. zadatak

DC nezavisno uzbuđeni motor s nazivnim podacima 32 kW, 440 V, 80 A, 1000 rpm, otpor armaturnog kruga $R_a = 0,32 \Omega$, pokreće teret s momentnom karakteristikom koja se mijenja po krivulji $M_t = kn^2$. Pri nazivnoj brzini vrtnje motor je opterećen nazivnim momentom. Odrediti:

a) koliki predotpor treba dodati da motor pogoni teret brzinom 800 rpm?

b) koliki je početni moment kočenja u trenutku uključivanja predotpora? U obzir je potrebno uzeti gubitke trenja i ventilacije (pretpostaviti da su konstantni, iznos jednak iznosu na nazivnoj brzini vrtnje).

Rješenje:

Iz nazivne radne točke računamo potrebne parametre:

$$C_e = \frac{U - I_a \cdot R_a}{n} = 0,4144 \text{ V/rpm}$$

$$M_{os} = \frac{30 \cdot P_n}{n \cdot \pi} = \frac{30 \cdot 32000}{1000\pi} = 305,78 \text{ Nm}$$

$$M_{el} = I_a \cdot C_e \cdot \frac{30}{\pi} = 316,58 \text{ Nm}$$

$$M_{tv} = M_{el} - M_{os} = 10,8 \text{ Nm}$$

$$k = \frac{M_{os}}{n} = 0,30578 \cdot 10^{-3} \text{ Nm/rpm}^2$$

a) Uz zadanu brzinu vrtnje $n = 800 \text{ rpm}$ izračunamo koliki će tada biti moment tereta:

$$M_t = M_{os} = kn^2 = 195,7 \text{ Nm}$$

A kako motor pogoni teret znači da razvija elektromagnetski moment:

$$M_{el} = M_{os} + M_{tv} = 206,5 \text{ Nm}$$

I pri tome iz mreže uzima struju:

$$I_a = \frac{\pi \cdot M_{el}}{30 \cdot C_e} = 52,183 \text{ A}$$

Pa je prema naponskoj jednadžbi iznos predotpora:

$$U = C_e \cdot n + I_a(R_a + R_p)$$

$$R_p = \frac{U - C_e \cdot n}{I_a} - R_a = 1,76 \text{ } \Omega$$

b) Dakle, znamo iznose svih momenata u nazivnoj radnoj točki. Kada uključimo predotpor promijeni se momentna karakteristika motora i na njoj moramo izračunati koji moment ostvari motor pri zadržanoj (nazivnoj) brzini vrtnje, odnosno u trenutku nakon uključivanja predotpora. Struja koja poteče u tom trenutku iznosi (prema naponskoj jednadžbi):

$$I'_a = \frac{U - C_e \cdot n}{R_a + R_p} = 12,307 \text{ A}$$

Pa je elektromagnetski moment razvijen u tom trenutku:

$$M'_{el} = I'_a \cdot C_e \cdot \frac{30}{\pi} = 48,7 \text{ Nm}$$

A početni moment kojim motor koči je razlika elektromagnetskih momenata u nazivnoj radnoj točki i momenta u trenutku nakon uključivanja predotpora:

$$M_k = M_{el} - M'_{el} = 316,6 - 48,7 = 267,9 \text{ Nm}$$

2.9 9. zadatak

Električno vozilo pogonjeno je istosmjernim motorom (uzbuda s permanentnim magnetima). Nazivni podaci istosmjernog motora su sljedeći: 80 V, 180 A i 1500 min^{-1} , te $R_a = 0,06 \Omega$. Armaturni krug stroja napaja se iz istosmjernog PWM pretvarača u jednofaznom mosnom spoju, napajanog iz istosmjernog izvora (akumulatora).

a) Vozio se spušta po nizbrdici vožnjom unaprijed, a brzina vožnje ograničena je na polovinu nazivne brzine vrtnje generatorskim kočenjem. Kočni moment je $M_k = 50 \text{ Nm}$. Izračunajte napon koji potreban dovesti na napajanje motora da bi se ostvarilo opisano kočenje. Izračunajte vrijednost struje armature istosmjernog stroja I_{ak} te srednju snagu P_k kojom se puni akumulatorska baterija tijekom kočenja.

b) Zamislite sada da je električno vozilo stiglo u ravnicu (dosegnuto je ustaljeno stanje). PWM pretvarač upravlja se istom vrijednosti kao i kod kočenja (napon napajanja i dalje je isti). Moment trenja M_{tRAV} kojeg treba svladati jednak je po iznosu $1/10$ prethodnog kočnog momenta M_k . U kojem će se smjeru gibati vozilo (naprijed ili natrag) i koja će biti brzina vrtnje motora n_{RAV} tijekom vožnje po ravnicu?

Rješenje:

$$C_e = \frac{U - I_a \cdot R_a}{n} = 0,04613 \text{ V/rpm}$$

a) Tokom spuštanja vozila niz nizbrdicu motor se vrti u referentnom smjeru brzinom $n = 750 \text{ rpm}$ dok moment motora djeluje u suprotnom smjeru (odupire se ubrzavanju spuštanja), prema tome:

$$M_m = -M_k = -50 \text{ Nm}$$

$$I_{ak} = \frac{\pi \cdot M_m}{30 \cdot C_e} = -113,5 \text{ A}$$

$$U = C_e \cdot n + I_a \cdot R_a = 27,8 \text{ V}$$

$$P_k = U \cdot I_a = -3,15 \text{ kW}$$

Negativna izračunata snaga je ono što inače označavamo kao snaga uzeta iz mreže ali ovdje predznak ukazuje na to da se snaga predaje mreži, odnosno puni bateriju akumulatora.

b) Na motor se i dalje dovodi napon iznosa $U = 27,8 \text{ V}$ a motor savladava samo moment trenja $M_{tRAV} = 5 \text{ Nm}$. Moment motora i smjer brzine vrtnje ovoga su puta u istome smjeru, a prema polaritetu napajanja zaključujemo da se vozilo giba prema naprijed, odnosno:

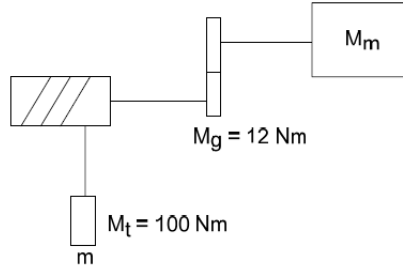
$$M_m = M_{tRAV} = 5 \text{ Nm}$$

$$I_a = \frac{\pi \cdot M_m}{30 \cdot C_e} = 11,35 \text{ A}$$

$$n = \frac{U - I_a \cdot R_a}{C_e} = 587,9 \text{ rpm}$$

2.10 10. zadatak

Istosmjerni nezavisno uzbuđeni motor 13,5 kW, 74 A, 220 V, 1150 r/min ima otpor namota rotora, pomoćnih polova i kompenzacijskog namota uključivši prijelazni otpor na četkicama 0,2 Ω. Motor služi za dizanje tereta preko reduktora s opterećenjem prema shemi. Moment trenja u reduktoru iznosi $M_g = 12 \text{ Nm}$. Odrediti brzinu vrtnje stroja kod spuštanja tereta (potencijalni moment) u režimu generatorskog kočenja uz $R_p = 1 \text{ Ω}$ te snagu vraćenu mreži.



Rješenje:

Iz nazivne radne točke računamo potrebne parametre:

$$C_e = \frac{U - I_a \cdot R_a}{n} = 0,1784 \text{ V/rpm}$$

$$M_{os} = \frac{30 \cdot P_n}{n \cdot \pi} = 112,1 \text{ Nm}$$

$$M_{el} = I_a \cdot C_e \cdot \frac{30}{\pi} = 126,1 \text{ Nm}$$

$$M_{tv} = M_{el} - M_{os} = 14 \text{ Nm}$$

Kako se radi o spuštanju tereta znači da se motor vrti u suprotnu stranu a to se postiže okretanjem polariteta narinutog napona. Dakle, motor je priključen na napon $U = -220 \text{ V}$. Struja koja teče biti će suprotnog smjera od narinutog napona (pozitivna) jer moment kojeg razvija motor i brzina vrtnje nisu u istome smjeru, to ujedno znači i da će motor davati snagu u mrežu što odgovara generatorskom režimu rada.

Momenti trenja motora i reduktora su reaktivnog karaktera i uvijek djeluju suprotno od smjera vrtnje motora. Kod spuštanja ti momenti djeluju kao kočni moment u smjeru suprotnom od smjera djelovanja momenta tereta. Zbog toga elektromagnetski moment koji motor razvija iznosi:

$$M_{el} = M_t - M_g = 74 \text{ Nm}$$

$$I_a = \frac{\pi \cdot M_{el}}{30 \cdot C_e} = 43,44 \text{ A}$$

$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_p)}{C_e} = -1525,4 \text{ rpm}$$

Snaga vraćena u mrežu iznosi (uzete su apsolutne vrijednosti jer je naglašen njezin *smjer*):

$$P_{mr} = U \cdot I_a = 9557 \text{ W}$$

Kao provjeru, možemo koristiti i drugi način:

$$P_{el} = P_{mr} - I_a^2(R_a + R_p)$$

$$P_{el} = \frac{n \cdot \pi \cdot M_{el}}{30} = -11820 \text{ W}$$

$$P_{mr} = P_{el} + I_a^2(R_a + R_p) = -9556 \text{ W}$$