

## UPRAVLJANJE ELEKTROMOTORNIM POGONIMA

Ponovljeni prvi međuispit - 03.02.2010.

**1. (8 bodova)** Istosmjerni motor s nezavisnom i konstantnom uzбудom ima sljedeće nazivne podatke:

nazivna snaga	$P_n = 33 \text{ kW}$
nazivni napon armature	$U_{an} = 440 \text{ V}$
nazivna struja armature	$I_{an} = 83 \text{ A}$
nazivna brzina vrtnje	$n_n = 1040 \text{ min}^{-1}$
otpor armature	$R_a = 0,24 \Omega$

Motor radi na pogonu za dizanje i spuštanje tereta preko reduktora. Motor se napaja iz 4-kvadrantnog čopera čiji je ulaz spojen na 440 V, a modulacija je bipolarna. Moment trenja reduktora je 15 Nm. Moment tereta je potencijalnog karaktera i iznosi 150 Nm. Pretpostavite da je moment trenja i ventilacije motora konstantan.

a) Odredite brzinu spuštanja tereta, ako motor radi u režimu generatorskog kočenja. Ucrtajte radnu točku s momentnim karakteristikama motora i tereta.

b) U kojem režimu će raditi motor ako se pri dizanju tereta u armaturni krug dodatno uključi otpor od  $3 \Omega$ ? Kolika je u tom slučaju brzina motora? Kolika je korisnost motora? Ucrtajte radnu točku s momentnim karakteristikama motora i tereta.

c) Za koliko treba smanjiti napon motora u odnosu na nazivni napon, da bi motor bez uključenog dodatnog otpora dizao teret brzinom  $n = 710 \text{ min}^{-1}$ ? Koliki je faktor vođenja  $D$  u tom slučaju? Kolika je korisnost motora? Nacrtajte valni oblik napona motora za navedeni slučaj za dvije periode rada tranzistorskog čopera.

Rješenje:

a)  $\omega = 115,88 \text{ rad/s} \Rightarrow n = 1107 \text{ o/min}$

b) motorski režim rada

$$\omega = 74,32 \text{ rad/s} \Rightarrow n = 710 \text{ o/min}$$

$$\eta = 0,591 \Rightarrow \eta = 59,1\%$$

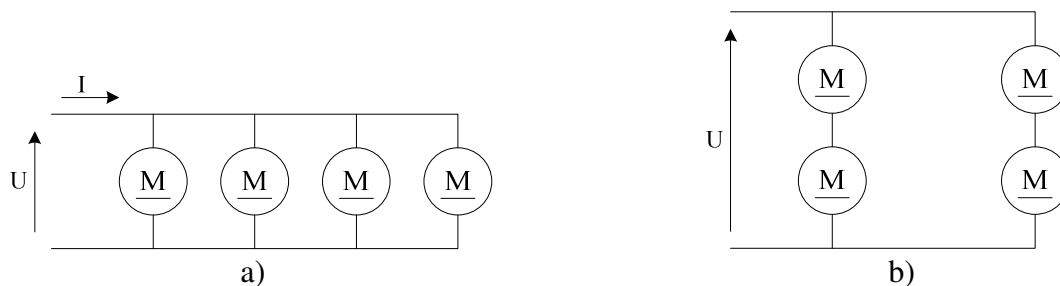
c)  $U_a = 298,2 \text{ V}$

$$D = 0,8388$$

$$\eta = 0,8707 \Rightarrow \eta = 87,07\%$$

**2. (8 bodova)** Industrijsko vozilo s četiri paralelno spojena istosmjerna nezavisno uzbuđena motora (slika 1a), pri vožnji na ravnoj podlozi brzinom od 45 km/h, uzima struju od  $I = 100 \text{ A}$  iz mreže napona  $U = 550 \text{ V}$ . Otpor namota armature za svaki motor iznosi  $R_a = 0,3 \Omega$ .

Pri vožnji na usponu, kad je moment tereta povećan četiri puta, motori su spojeni po dva u seriju, a obje takve grupe paralelno, (slika 1b). Kolika će biti brzina vozila na usponu uz pretpostavku da je napon mreže konstantan?



Slika 1. Sheme spoja istosmjernih nezavisno uzbuđenih motora prilikom vožnje elektrolokomotive na ravnoj podlozi (a) i na usponu (b)

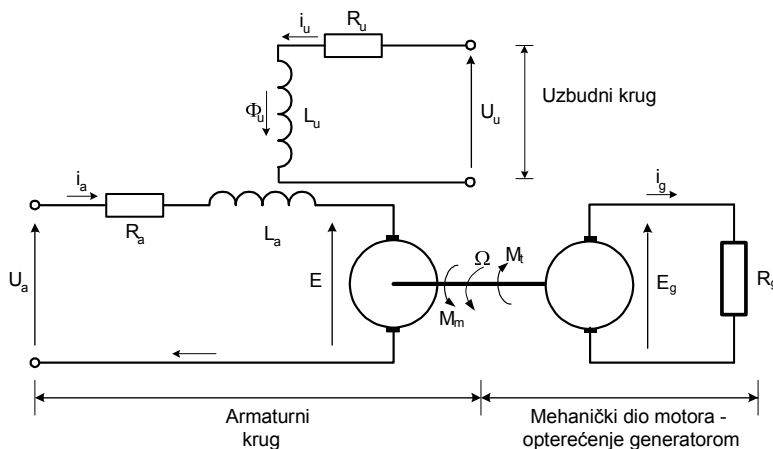
### Rješenje:

$$v_{\text{uspon}} = 20.25 \text{ km/h}$$

**3. (9 bodova)** Nadomjesna shema istosmjernog motora s nezavisnom i konstantnom uzbuđom namijenjenog za ispitivanje generatora prikazana je na slici 2. Istosmjerni se motor napaja iz tiristorskog usmjerivača, a njegova brzina vrtnje regulira se kaskadnim sustavom upravljanja koji sadrži regulacijski krug momenta motora (podređeni krug) i regulacijski krug brzine vrtnje motora (nadređeni krug). Moment motora mjeri se posredno pomoću mjernog člana struje armature, a brzina vrtnje pomoću tahogeneratora. Istosmjerni motor opterećen je generatorom pa je moment tereta motora:

$$M_t = K_T \Omega,$$

gdje je  $K_T$  koeficijent proporcionalnosti između momenta tereta i brzine vrtnje.



Slika 2. Nadomjesna shema istosmjernog motora s nezavisnom i konstantnom uzbuđom namijenjenog za ispitivanje generatora.

Potrebno je:

- Projektirati kaskadni sustav upravljanja brzinom vrtnje istosmjernog motora. Projektirani kaskadni sustav upravljanja prikazati blokovskom shemom. Svakom bloku na shemi pridružiti pripadnu prijenosnu funkciju i označiti njegovu funkciju u regulacijskom krugu.
- Odrediti iznos koeficijenta proporcionalnosti između momenta tereta i brzine vrtnje u slučaju da pogonski motor pogoni generator uz nazivnu brzinu vrtnje, a generator je opterećen nazivnom snagom.
- Parametrirati PI regulator momenta motora te PI regulator brzine vrtnje prema postupku tehničkog optimuma uz uvjete opterećenja motora dane pod b).

*Napomena:* Koristite strukturno pojednostavljeno prijenosne funkcije zatvorenog kruga regulacije momenta motora.

Parametri istosmjernog motora, uključujući i parametre mjernih članova struje armature, brzine vrtnje, tiristorskog usmjerivača te generatora, dani su u tablici 1.

$P_n = 13,5 \text{ kW}$	nazivna vrijednost snage motora
$U_{an} = 420 \text{ V}$	nazivna vrijednost napona armature motora
$I_{an} = 40,6 \text{ A}$	nazivna vrijednost struje armature motora
$U_{un} = 242 \text{ V}$	nazivna vrijednost napona uzbuđivanja
$I_{un} = 2,3 \text{ A}$	nazivna vrijednost struje uzbuđivanja
$n_n = 1480 \text{ o/min} \Rightarrow \Omega_n = 154,98 \text{ rad/s}$	nazivna vrijednost brzine vrtnje motora
$P_g = 11 \text{ kW}$	nazivna vrijednost snage generatora
$U_g = 220 \text{ V}$	nazivna vrijednost napona generatora
$I_g = 45 \text{ A}$	nazivna vrijednost struje generatora
$R_a = 0,2 \text{ } \Omega$	otpor armature motora
$L_a = 4 \text{ mH}$	induktivitet armature motora
$K = c_e = c_m = 2,66 \text{ Vs/rad}$	konstrukcijska konstanta motora
$J = 0,478 \text{ kgm}^2$	ukupni moment inercije rotirajućih masa motora i generatora
$K_t = 44$	pojačanje tiristorskog usmjerivača
$T_{mi} = 1,67 \text{ ms}$	nadomjesna vremenska konstanta tiristorskog usmjerivača
$K_i = 0,1 \text{ V/A}$	pojačanje mjernog člana struje armature
$T_{fi} = 2 \text{ ms}$	vremenska konstanta mjernog člana struje armature
$K_b = 0,031 \text{ Vs}$	pojačanje mjernog člana brzine vrtnje
$T_{fb} = 15 \text{ ms}$	vremenska konstanta mjernog člana brzine vrtnje

Tab. 1. Parametri elektromotornog pogona s istosmjernim motorom s nezavisnom i konstantnom uzbuđivanjem namijenjenog za ispitivanje generatora.

Rješenje:

a)

$$T_{I\omega} = 1,04s \quad K_{R\omega} = 12,98$$