

Vježba 1. Analiza i sinteza sistema regulacije brzine vrtnje istosmjernog motora

Cilj vježbe: *Sinteza regulatora brzine vrtnje istosmjernog motora pomoću metoda tehničkog i simetričnog optimuma. Analizirati dinamičko ponašanje sistema regulacije brzine vrtnje i prijelaznog procesa brzine vrtnje za oba slučaja sinteze.*

Definiranje problema:

Za regulaciju brzine vrtnje istosmjernog motora s promjenom napona armaturnog kruga uobičajena je podređena regulacija armaturne struje, tj. izlazni napon regulatora brzine vrtnje ne djeluje direktno na postavni član, nego predstavlja referentnu vrijednost regulacijske petlje armaturne struje. Ovakav način regulacije se često naziva *kaskadnim*. Primjenom PI regulatora armaturne struje može se kompenzirati armaturna vremenska konstanta motora, te na taj način osigurati jednostavnu strukturu sistema regulacije brzine vrtnje.

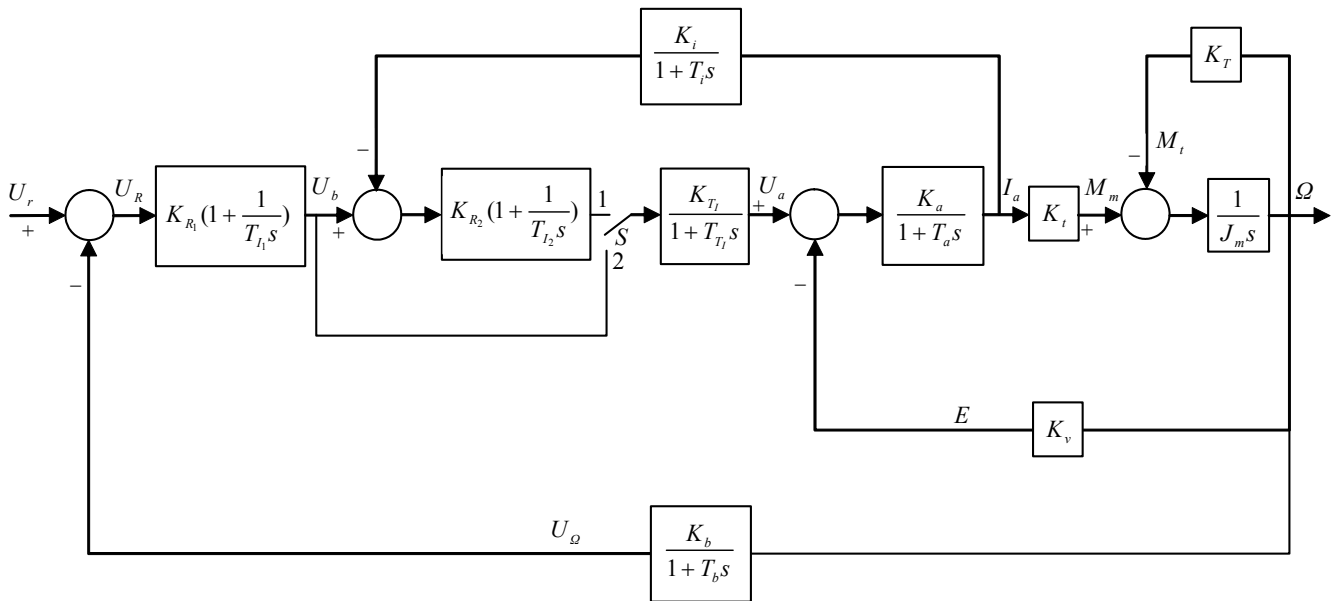
Međutim, u praksi se susreću i regulirani istosmjerni pogoni s tzv. *direktnom* regulacijom brzine vrtnje, gdje izlazni napon regulatora brzine vrtnje predstavlja upravljački signal postavnog člana (tranzistorskog ili tiristorskog). I u ovom kao i u prethodnom slučaju mora postojati mogućnost ograničenja armaturne struje u svrhu zaštite postavnog člana i motora. To se postiže s nelinearnom povratnom vezom armaturne struje, koja ima područje neosjetljivosti, tako da ta povratna veza djeluje kada struja postane veća od zadanog iznosa (npr. $1,5 I_{an}$).

Kriterij izbora jednog ili drugog načina regulacije može biti cijena koštanja regulacijskog uređaja ili dinamička svojstva, koja sistem treba posjedovati. Regulacijski uređaj za direktnu regulaciju brzine vrtnje je jeftiniji. Usporedba dinamičkih svojstava navedenih načina regulacije može se provesti u frekvencijskoj domeni, uz pretpostavku da su elementi sistema linearni i vremenski nepromjenjivi.

Na Sl. 1-1. prikazana je strukturna shema sistema regulacije brzine vrtnje istosmjernog motora u režimu kontinuiranog vođenja tiristorskog usmjerivača. Terećenje motora izvedeno je pomoću istosmjernog generatora. Na taj način se dobije moment tereta proporcionalan brzini vrtnje motora ($M_t = K_t \Omega$). Ako se zamišljena preklopka S nalazi u položaju 1, sistem regulacije brzine vrtnje je s podređenom regulacijom armaturne struje. U položaju 2 preklopke S sistem je s direktnom regulacijom brzine vrtnje.

Za regulirani pogon prikazan na Sl. 1.1. poznati su parametri:

$P_n = 0.5$ kW;	$L_a = 0.1584$ H;
$n_n = 1500$ m ⁻¹ ;	$L_p = 0.142$ H;
$U_{an} = 220$ V;	$L_{au} = 0.3004$ H;
$I_{an} = 3.4$ A;	$K_{T_i} = 45$ V/V;
$J_m = 0.0157$ kgm ² ;	$T_{T_i} = 0.005$ s;
$R_a = 8.77$ Ω;	$K_i = 1.57$ V/A;
$R_p = 1.41$ Ω;	$T_i = 0.005$ s;
$R_d = 6.17$ Ω;	$K_b = 0.065$ Vs;
$R_{au} = 16.35$ Ω;	$T_b = 0.025$ s.



Slika 1.1. Strukturna shema sistema regulacije brzine vrtnje.

Pomoću ovih parametara mogu se proračunati ostali parametri koji opisuju sistem regulacije brzine vrtnje istosmjernog motora:

$$K_a = 1/R_{au} = 0.0612 \text{ A/V},$$

$$T_a = L_{au}/R_{au} = 0.0184 \text{ s},$$

$$K = (U_{an} - R_a I_{a0})/\Omega = 1.211 \text{ Vs},$$

$$T_m = I_m R_{au}/K^2 = 0.175 \text{ s},$$

$$K_T = K(I_a - I_{a0})/\Omega = 1.211(2.5 - 0.3)/(1300\pi/30) = 0.01957 \text{ Nms},$$

$$T_M = J_m/K_T = 0.8 \text{ s}.$$

Napomena: Koeficijenti pojačanja K_T i K_{T_i} izračunati su za radnu tačku $n = 1300 \text{ m}^{-1}$, $I_a = 2.5 \text{ A}$, $I_{a0} = 0.3 \text{ A}$. Također u proračunima uzeti da je $K_i = K_v = K$.

Priprema za vježbu:

1. Nacrtati pravcima aproksimiran Bodeov prikaz frekvencijskih karakteristika sistema direktne regulacije brzine vrtnje istosmjernog motora (bez povratne veze armaturne struje Sl. 1.2).

Odrediti parametre regulatora brzine vrtnje po tzv. "tehničkom optimumu", tj. odrediti integralnu vremensku konstantu regulatora brzine vrtnje tako da se kompenzira najveća konstanta u petlji brzine vrtnje:

$$T_I = T_{\max} \cdot$$

Odrediti koeficijent pojačanja regulatora brzine vrtnje tako da nadvišenje u odzivu brzine iznosi:

$$\sigma_{m\Omega} = 5, 10, 15, 20, 25, 30 \%$$

Pri tome treba koristiti relaciju koja približno vrijedi za pravcima aproksimirane logaritamske amplitudno-frekvencijske i fazno-frekvencijske karakteristike sisteme 2. reda:

$$\sigma_m [\%] + \gamma [^\circ] = 63, \quad (1.1)$$

gdje je: γ - fazno osiguranje.

Iz frekvencijske karakteristike odrediti frekvenciju presjeka $\omega_{c\Omega}$, te izračunati približnu vrijednost vremena maksimuma odziva brzine vrtnje:

$$t_{m\Omega} = 3/\omega_{c\Omega}. \quad (1.2)$$

2. Odrediti parametre regulatora brzine vrtnje prema tzv. "simetričnom optimumu", tj. izračunati integralnu vremensku konstantu i koeficijent pojačanja regulatora brzine vrtnje pomoću izraza:

$$K_{R_1} = \frac{K}{K_b K_{T_r}} \left(\frac{T_m}{2T_a} - 1 \right), \quad (1.3)$$

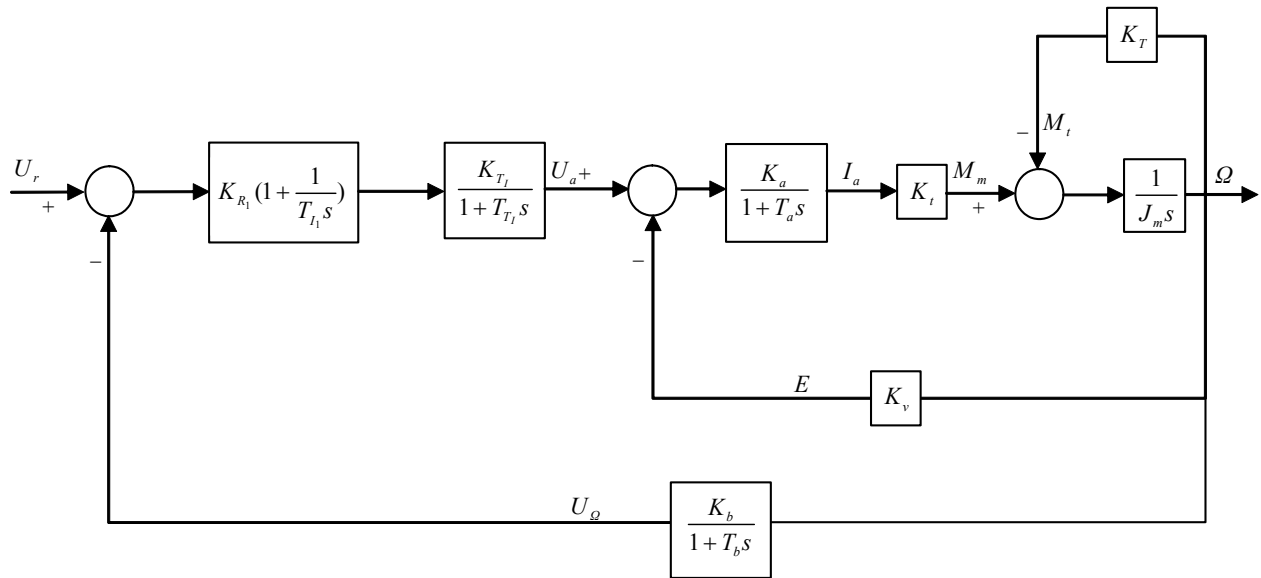
$$T_{I_1} = 4T_a (1 - 2T_a/T_m)$$

što ima smisla ako je $T_m > 2T_a$, odnosno ako je relativni koeficijent prigušenja samog motora $\xi = 1/2(T_m/T_a)^{1/2} > \sqrt{2}/2$, što je u praksi najčešći slučaj.

Nacrtati Bodeov prikaz frekvencijskih karakteristika otvorene petlje brzine, odrediti frekvenciju presjeka $\omega_{c\Omega}$ te prema relaciji (1.2) odrediti vrijeme maksimuma odziva brzine vrtnje $t_{m\Omega}$.

Simuliranje na računaru

3. Prema Sl. 1.2. načiniti simulacijski model sistema direktne regulacije brzine vrtnje koristeći programski paket Matlab. Za oba načina sinteze parametara regulatora izračunati iznose parametara pojedinih blokova ako je promjena ulazne veličine $\Delta U_r = 10K_b$.



Slika 1.2. Strukturna shema sistema regulacije brzine vrtnje bez povratne veze armaturne struje.

Rad na vježbi:

1. Za oba načina određivanja parametara regulatora brzine vrtnje potrebno je:

Unijeti podatke o simulacijskom modelu sistema regulacije brzine vrtnje iz zadatka 3. priprema za vježbu u računalu.

Podesiti parametre regulatora brzine vrtnje prema vrijednostima dobivenim u pripremi za vježbu. Promatrati na ekranu odzive brzine vrtnje i armaturne struje na skokovitu promjenu referentne vrijednosti brzine vrtnje ΔU_r . Zabilježiti vrijeme maksimuma i vrijednost nadvišenja u odzivu brzine vrtnje.

2. Za oba načina određivanja parametara regulatora namjestiti vrijednosti koeficijenata pojačanja regulatora brzine vrtnje tako da se postigne zadano nadvišenje u odzivu brzine vrtnje te snimiti odzive brzine vrtnje i armaturne struje. Iz odziva brzine vrtnje odrediti pokazatelje kvalitete:
 - a) vrijeme porasta $t_{1\Omega}$,
 - b) vrijeme prvog maksimuma $t_{m\Omega}$,
 - c) vrijeme trajanja prijelaznog procesa $t_{p\Omega}$ uz pogrešku 5 %,
 - d) regulacijsko nadvišenje $\sigma_{m\Omega}$,
 - e) maksimalnu vrijednost armaturne struje ΔI_{am} .
3. Usporediti i komentirati vrijednosti pokazatelje kvalitete prijelaznog procesa brzine vrtnje dobivenih upotrebom frekvencijskih karakteristika te simuliranjem na računaru.

4. Usporediti i komentirati razlike u vrijednostima pokazatelje kvalitete prijelaznog procesa brzine vrtnje za slučajeve određivanja parametara regulatora prema tehničkom i simetričnom optimumu.