

1. (3 boda) Napisati izraze matematičkog modela sinkronog motora s vanjskim permanentnim magnetima u dq koordinatnom sustavu u relativnim jedinicama (per unit sustavu) za električne veličine ($\frac{di_d}{dt}$ i $\frac{di_q}{dt}$). Baze vrijednosti su definirane kao $U_b = \sqrt{3} U_n$, $I_b = \sqrt{3} I_n$ i $\omega_b = \omega_{eb} = 2\pi f_n$. (U_n označava efektivnu vrijednost faze napona, I_n označava efektivnu vrijednost faze struje, a ω_{eb} nazivnu vrijednost električne brzine vrtnje).
2. (3 boda) Navesti osnovne razlike između six-step, sinusne i vektorske širinsku impulsne modulacije kod pretvarača napona i frekvencija za dobivanje željene amplitude i frekvencije napona na steratičama stroja.
3. (5 bodova). Sinkroni stroj s permanentnim magnetima ima sljedeće parametre:
 - $p = 2$, broj pari polova,
 - $L_d = 7 \cdot 10^{-3} \text{ H}$, induktivitet u d osi.
 - $L_q = 7 \cdot 10^{-3} \text{ H}$, induktivitet u q osi.
 - $R_s = 9,98 \Omega$, otpor statora,
 - $\Phi_{mg} = 0,125 \text{ Wb}$, magnetski tok permanentnih magneta,
 - $J_m = 0,47 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2$, moment inercije i
 - $D = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ Nms}$, faktor prigušenja.

Ochediti parametre regulatora stroja i_d i i_q primjenom tehnike postavljanja polova ako se za oba regulatora odabere PI tip regulatora (uz zadani $\xi = 0,707$ i $\omega_n = 10$).
 Ochediti iznose referentnih vrijednosti stroja (i_d^* i i_q^*) ako se želi osigurati moment od 5 Nm .

4. (3 boda) Za sustav upravljanja krakom vrtnje sinkronog motora s unutarnjim permanentnim magnetima napisati izraze u_d i u_q (u vremenskoj domeni). Iz regulatora stavlja i_d i i_q (napomena: uzeti u obzir raspored). Za dobivenne izraze u_d i u_q nacrtati blokovske sheme.

5. (4 boda) Sinkroni motor s permanentnim magnetima (čiji parametri su zadani u zadatku 3) radi u regulaciji momenta. Regulator struje i_d i i_q P tipa s pojačanjem $K_c = 10 R_s$. Odrediti stacionarnu pogrešku struje i_q .

6. (3 boda) Objasniti način rada inercijne blokovske sheme estimatora električnog kuta mreže θ_q (phase locked loop, PLL).

7. (4 boda) Izlazi iz regulatora i_d i i_q prije ograničenja iznose $u_d = 200V$ i $u_q = 300V$. Odredite iznose nakon ograničenja ako se koristi:

a) nepromjenjiva (fiksna) ograničenja iz regulatora struja i_d i i_q uz $E = 1$ odnosno

b) promjenjiva ograničenja izlaza iz regulatora struja i_d i i_q .

Napon istosmjernog međukruga pretvarača napona i frekvencije se može smatrati konstantnim i iznosi $U_{dc} = 560V$.

8. (3 boda) Načrtati blokovsku shemu estimatora ulaznog toka statora i momenta motora kod DTC načina upravljanja.

9. (2 boda) Motor se upravlja iz pretvarača napona i frekvencije, koji koristi DTC način upravljanja motorom. U toku statora ψ_s u trenutku $t=0s$ nalazi se u prvom sektoru. Izlazi iz histereznih regulatora toka statora i momenta motora su takvi da je potrebno smanjiti iznos toka statora ψ_s , a povećati iznos momenta motora. Koji karakteristični vektor je potrebno postaviti na izlazu iz pretvarača napona i frekvencije? Načrtati početni vektor toka statora ψ_s , postavljani karakteristični vektor napona $u_s \Delta t$ i rezultantni vektor toka statora ψ_s' u koordinatnom sustavu statora.