

WOLFMAN 1.D_AUT AUTOMATIKA	FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA ZAGREB	19.12.2011.
	Laboratorij automatike 1	
	Vježba br. 32: Vektorsko upravljanje sinkronim strojem s permanentnim magnetima	

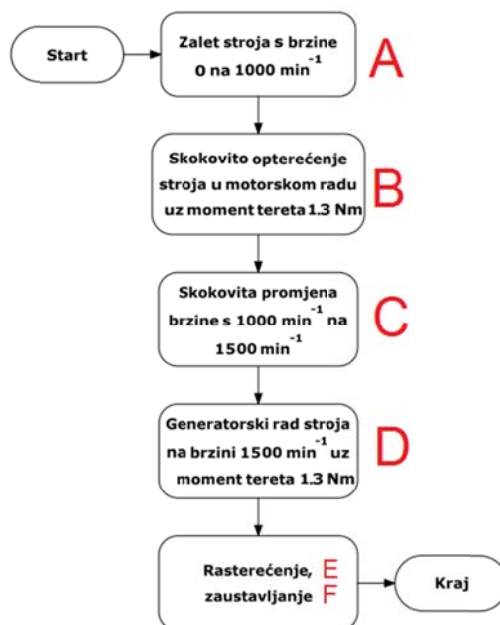
1. Opis vježbe

Elektromotorni pogon se sastoji od dva sinkrona stroja s permanentnim magnetima, a svaki od njih je upravljan industrijskim frekvencijskim pretvaračem Sinamics S120. Strojevi su međusobno spojeni spojkom. U sklopu vježbe potrebno je parametrirati frekvencijske pretvarače Sinamics S120, pri čemu jedan stroj predstavlja pogonski stroj, a drugi stroj predstavlja opteretni stroj.

Parametrizacija frekvencijskih pretvarača se vrši pomoću programskog okruženja *Starter*. Tip komunikacije između pretvarača i računala koja je korištena na vježbi je *Profinet*. Upotrebom programskog okruženja za parametriranje podešeni su parametri za vektorsko upravljanje sinkronim strojem upotrebom mjernog člana brzine vrtnje. Jedina razlika kod parametriranja pretvarača za pogonski i opteretni stroj je u tome što je kod opteretnog stroja potrebno dodatno podesiti ograničenja vrijednosti momenta stroja od $\pm 1.3 [Nm]$ te deaktivirati zaštitnu funkciju za detekciju razlike između zadane i stvarne brzine vrtnje. Na taj način je omogućeno da se opteretni stroj okreće brzinom pogonskog stroja koji je opterećen momentom opteretnog stroja.

Podešeni parametri spušteni su u pretvarače. Nakon prvog pokretanja strojeva aktivirana je rutina za identifikaciju parametara strojeva. Nakon što je utvrđeno da je sve u redu pristupa se snimanju sljedećih odziva u motorskom i generatorskom režimu rada pogonskog stroja prema dijagramu toka na slici 1.:

- brzina vrtnje stroja,
- moment stroja,
- struja i_{sd} ,
- struja i_{sq} ,
- napon istosmjernog međukruga.



Slika 1. Dijagram toka terećenja pogonskog stroja.

U tablicama 1. i 2. su dane specifikacije frekvencijskog pretvarača te motora koji su korišteni u vježbi.

Tablica 1. Podaci s natpisnih pločica frekvencijskog pretvarača, tj. njegove upravljačke jedinice (eng. *Control Unit*) i energetske jedinice (eng. *Power Module*).

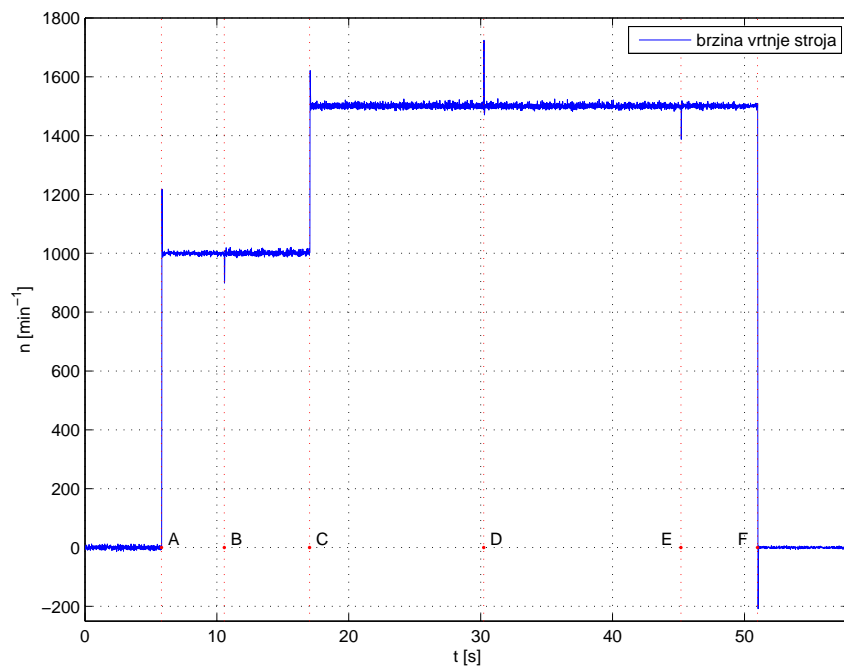
<i>Siemens Sinamics Control Unit CU310 DP</i>		<i>Siemens Sinamics Power Module 340</i>	
Ta	0...55°C	Input	3AC 380-480V 3,8A 50/60Hz
Supply	24 VDC 3,3A	Output	3AC 0-INPUT V In=3,1A
Digital Outputs	24 VDC 0,5A	Serial No	XAX612-004230
Order No	6SL3040-0LA00-0AA1	Order No	6SL3210-1SE13-1UA0
Version	B	Version	B01

Tablica 2. Podaci s natpisne pločice sinkronog motora.

SIEMENS						
3 ~ Motor 1FK7042 – 5AF71 – 1PA0						
No. YF X717 3538 01 003						
M_0	3	Nm	I_0	2,2	A	n_{max} 9000 /min
M_N	2,6	Nm	I_N	1,95	A	n_N 3000 /min
Resolver p=1 N01			U_{iN}	267	V	IP 64
						m 5 kg
					RN 000	
			Th.Cl.155 (F)		(H)	
X EN 60034						

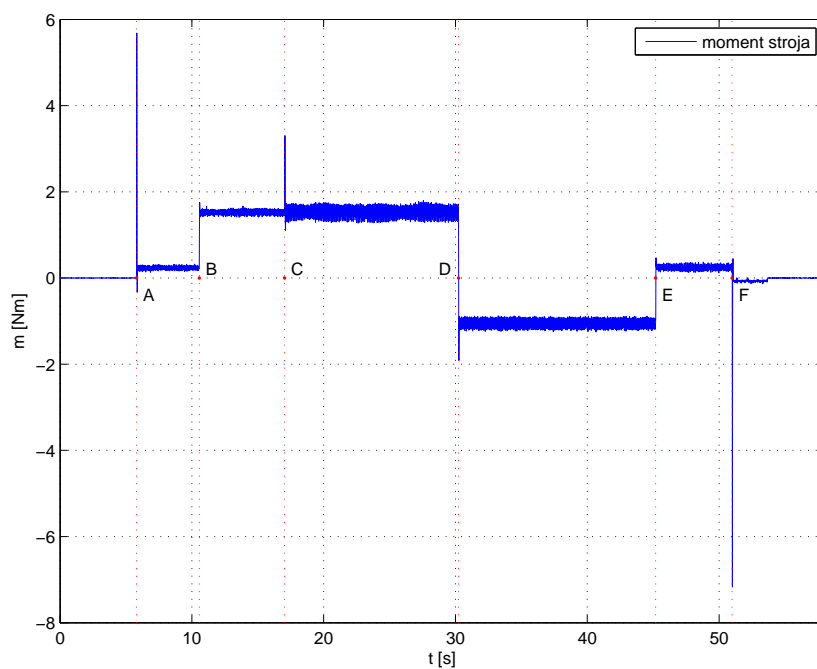
2. Odzivi

Na slici 2. prikazan je odziv brzine vrtnje vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.



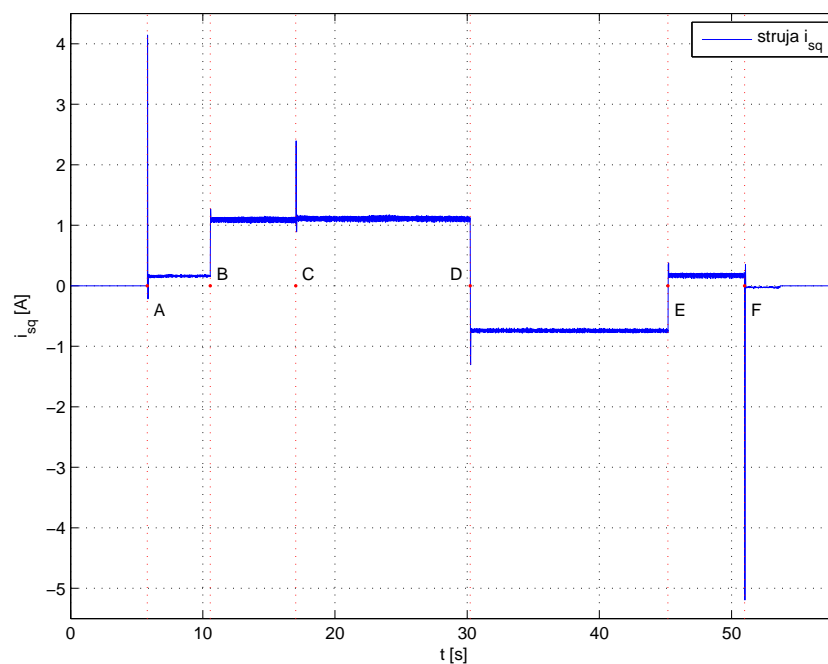
Slika 2. Odziv brzine vrtnje vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.

Na slici 3. prikazan je odziv momenta vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.

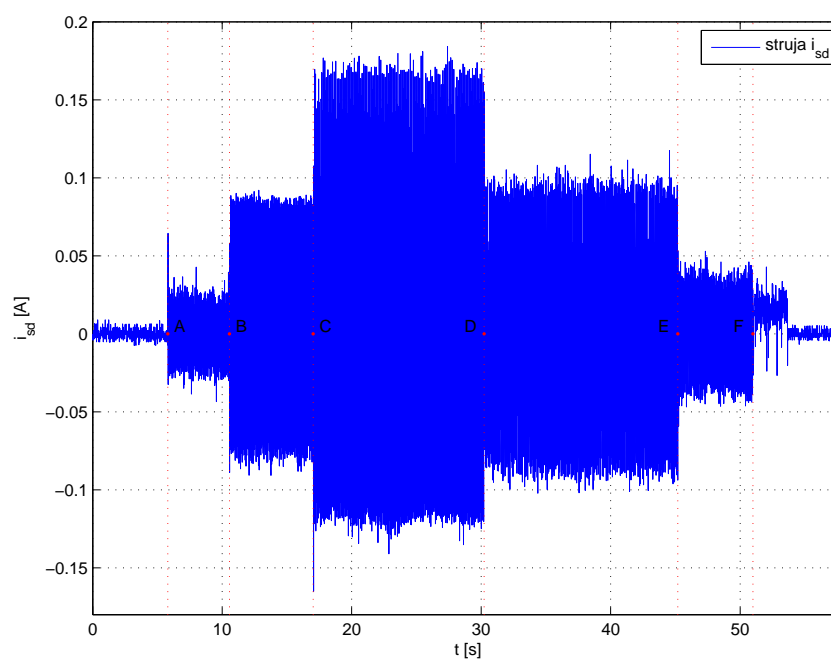


Slika 3. Odziv momenta vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.

Na slikama 4. i 5. prikazani su odzivi komponenta struje statora i_{sq} i i_{sd} vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.

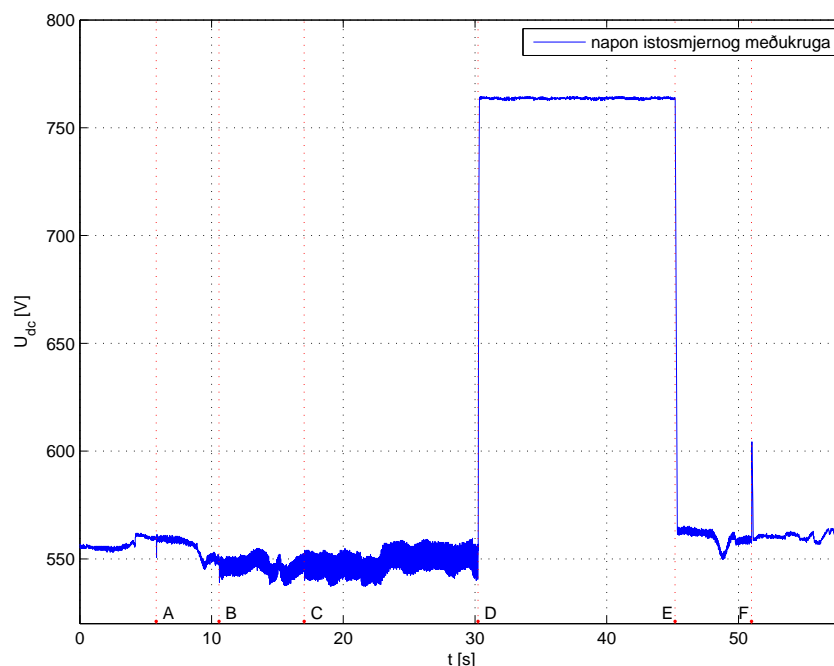


Slika 4. Odziv struje i_{sq} vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.



Slika 5. Odziv struje i_{sd} vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.

Na slici 6. prikazan je odziv napona istosmjernog međukruga frekvencijskog pretvarača vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.



Slika 6. Napon istosmjernog međukruga pretvarača vektorski upravljanog sinkronog stroja s permanentnim magnetima.

3. Komentar odziva

Odziv brzine sinkronog stroja s permanentnim magnetima (slika 2.) ukazuje na iznimno brze dinamičke karakteristike ovog pogona. Također se može uočiti da pri skokovitim promjenama reference brzine (primjerice trenutak A ili trenutak C) odziv ima značajna, ali kratkotrajna nadvišenja. PI regulacija brzine vrtnje u zatvorenoj petlji brzo kompenzira poremećaje (promjene momenta tereta) što se očituje pojavom impulsa u odzivu brzine vrtnje. U trenutku B nastupa opterećenje pogonskog stroja teretom od 1,3 [Nm] pa brzina ima kratkotrajni propad (impuls prema dolje). U trenutku D pogonski stroj ulazi u generatorski režim rada što je postignuto reverziranjem opterećenog stroja (odnosno momenta tereta) koji sada nastoji ubrzati pogonski stroj pa brzina vrtnje pogonskog stroja ima kratkotrajni skok (impuls prema gore). Zbog rasterećenja pogonskog stroja u trenutku E brzina vrtnje ima kratkotrajni propad (impuls prema dolje). U trenutku F pogon počinje kočiti i gotovo se istovremeno zaustavlja.

Brza dinamika sinkronog stroja s permanentnim magnetima očituje se u velikim impulsima momenta (slika 3.) pri skokovitim promjenama reference brzine vrtnje. Najveći impulsi prisutni su pri najvećim promjenama brzine (trenutak A gdje stroj ubrzava s brzine 0 [min^{-1}] na brzinu 1000 [min^{-1}] i trenutak F gdje stroj koči s brzine 1500 [min^{-1}]). Iz odziva momenta je također vidljivo da između trenutaka A i B te E i F (kada pogonski stroj nije opterećen teretom od 1,3 [Nm]) postoji moment različit od nule. Radi se o momentu trenja i ventilacije kojeg stroj mora savladati i kad je neopterećen. Nakon opterećenja pogonskog stroja u trenutku B odziv momenta ima skok za oko 1,3 [Nm]. Povećanjem brzine u trenutku

C moment se ne mijenja (malo se poveća šum, ali je srednja vrijednost otprilike ista). U trenutku D pogonski stroj ulazi u generatorski režim rada. Vidljivo je da je apsolutna vrijednost momenta u generatorskom režimu rada manja nego u motorskom režimu rada. Razlog tome je moment trenja i ventilacije koji u oba slučaja djeluje u istom smjeru – suprotno od brzine vrtnje (u motorskom režimu ima isti smjer kao moment tereta, a u generatorskom režimu ima suprotan smjer od momenta tereta). Nakon rasterećenja pogonskog stroja u trenutku E, moment se opet vraća na vrijednost koju je imao između trenutaka A i B. U trenutku F slijedi kočenje pa moment pada na nulu.

Iz odziva struje i_{sq} (slika 4.) i struje i_{sd} (slika 5.) moguće je vidjeti svojstvo vektorskog upravljanja – raspregnutost upravljanja po momentu i po toku. Odziv struje i_{sq} (komponenta momenta) oblikom prati odziv momenta pa se i ovdje pojavljuju veliki impulsi kod skokovitih promjena brzine no ti su impulsi vrlo kratki te samim time nisu štetni za stroj. Uzbudni tok kod sinkronog stroja posljedica je permanentnih magnetna na rotoru stroja pa se struja i_{sd} (komponenta toka) pokušava održavati na vrijednosti nula što je vidljivo na slici 5. Odziv struje i_{sd} je dosta zašumljen no može se odrediti srednja vrijednost koja iznosi oko 0,86485 [mA].

Odziv napona istosmjernog međukruga frekvencijskog pretvarača ima veliki skok u trenutku D (sa oko 550 V na oko 763 V). Razlog tome je što u trenutku D pogonski stroj ulazi u generatorski režim rada kada se energija vraća iz pogonskog stroja u međukrug pretvarača i disipira na otporniku.

4. Zaključak

U sklopu laboratorijske vježbe snimljeni su odzivi brzine, momenta, struje i_{sq} i struje i_{sd} vektorski upravljanog sinkronog motora s permanentnim magnetima te napona istosmjernog međukruga frekvencijskog pretvarača.

Snimljeni odzivi pokazali su iznimno dobre dinamičke karakteristike ovakvog elektromotornog pogona. Također je iz odziva vidljiva raspregnutost upravljanja po momentu i toku karakteristična za vektorsko upravljanje – komponenta struje statora i_{sd} koja odgovara toku cijelo vrijeme je praktički jednaka nuli (jer uzbudni tok stvaraju permanentni magneti), a momentom se upravlja samo komponentom struje i_{sq} .