

Peta vežba

Vektorsko upravljanje asinhronim motorom

Uvod

Cilj vežbe je da se prouče statičke i dinamičke karakteristike pogona sa vektorskim upravljanjem. Kroz ovu vežbu, studenti će imati priliku da prouče način rada jednog industrijskog pretvarača za upravljanje pogonom sa asinhronim motorom. U vežbi se koristi frekventni pretvarač *Siemens* serije *Sinamics S120*, koji se prevashodno koristi za vektorsko upravljanje pogonom sa asinhronim motorom. Studenti treba da se upoznaju sa radom pogona i načinom ponašanja u prelaznim stanjima pri upravljanju pogonom zadavanjem odgovarajućih vrednosti q i d komponenti struje. Za izvođenje vežbe koristi se *Siemens*-ov softver *Starter* koji je dostupan na sajtu proizvođača (www.siemens.com). U softveru se mogu podešavati svi parametri pretvarača i mogu se pratiti veličine od interesa u formi vremenskih dijagrama.

Opis vežbe

Na laboratorijskom modelu grupe koju čini jednosmerni motor sa nezavisnom pobudom i trofazni asinhroni motor sa kaveznom rotorom, potrebno je proučiti statičke i dinamičke režime rada pogona pri definisanim zadacima. Proučavanje dinamičkih režima rada odnosi se na analizu vremenskih dijagrama karakterističnih veličina, koji se prikazuju na ekranu računara pomoću softvera *Starter*, koji služi za komunikaciju između frekventnog pretvarača i računara.

Frekventni pretvarač visokih performansi *SINAMICS S120* namenjen je za potrebe upravljanja i napajanja asinhronog motora. U vežbi se koristi vektorsko upravljanje implementirano u upravljačkom algoritmu pretvarača. Pogon treba konfigurisati u režim upravljanja po momentu, tako da se ostvari direktno zadavanje komponenti struja po d i q osi sinhrono rotirajućeg referentnog sistema.

Kao opterećenje asinhronog motora, koristi se mašina jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom u režimu dinamičkog kočenja. Motori su međusobno spojeni kaišem.

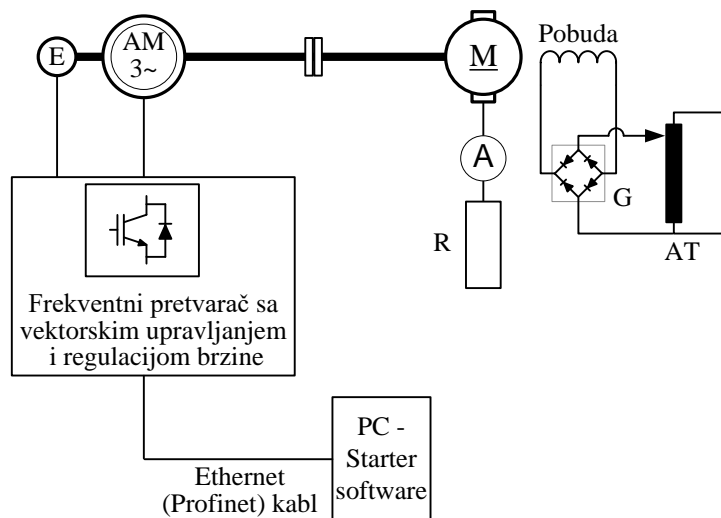
Osnovni podaci o asinhronom motoru:

$$P_n = 3 \text{ kW}, n_n = 2820 \text{ o/min}, \cos \varphi_n = 0,83$$
$$M_{en} = 10,16 \text{ Nm}, I_n = 7 \text{ A}, U_n = 380 \text{ V}, \text{ sprega statora u trougao}$$

Osnovni podaci o jednosmernom motoru:

$$P_n = 8,5 \text{ kW}, n_n = 2000 \text{ o/min}$$
$$\text{indukt: } U_{an} = 410 \text{ V}, I_{an} = 23,9 \text{ A}, \text{ pobuda: } U_{fn} = 220 \text{ V}, I_{fn} = 1,3 \text{ A}$$

Na slici 1. prikazana je principijelna šema pogona koji se koristi u vežbi. Na slici 2. prikazani su glavni elementi laboratorijske postavke sa oznakama.



Slika 1. Principijelna šema – blok dijagram laboratorijske postavke



Frekventni pretvarač (Siemens Sinamics S120)



1- Asinhroni motor, 2 – jednosmerni motor, 3 – Kaiš i kaišnici, 4 - Ampermetar u kolu indukta jednosmernog motora, 5 – Autotransformator za podešavanje napona pobude jednosmernog motora

Slika 2. Osnovni delovi laboratorijske postavke

Priprema za vežbu

- a) Ponoviti gradivo iz Elektromotornih pogona koje se tiče vektorskog upravljanja asinhronim motorom i aktuatora za pogone sa asinhronim motorom.
- b) Proučiti uputstvo za rad sa frekventnim pretvaračem *Sinamics S120*.

Zadatak

- 1) **Unošenje osnovnih podataka o pogonu**
Uneti podatke o elektromotornom pogonu (motoru i pretvaraču) koristeći *Starter*.
- 2) **Adaptacija parametara**
Izvršiti adaptaciju parametara pretvarača (upoznavanje upravljačkog sistema pretvarača sa povezanim motorom) koristeći upravljački panel u *Starter*-u.
- 3) **Pobuđivanje motora**
Pustiti motor u rad u režimu regulacije momenta, sa zadatim nulnim momentom koristeći upravljačku kutiju sa prekidačima. Posmatrati promenu sledećih veličina na vremenskom dijagramu na računaru: $i_{dref}(t)$, $i_d(t)$, $u_{dref}(t)$, $\varphi_d(t)$. Koliko traje proces pobuđivanja motora?
- 4) **Rad motora u režimu regulacije momenta**
U okviru ovog dela vežbe, jednosmerni motor je u režimu dinamičkog kočenja. Struja indukta se prati na ampermetru, napon pobude se može podešavati na auto-transformatoru. Podešenu vrednost napona pobude ne treba menjati u toku vežbe!
Posmatrati promene sledećih veličina na vremenskom dijagramu na računaru: $\omega(t)$, $m_e(t)$, $i_q(t)$, $u_q(t)$, $i_d(t)$ i $u_d(t)$. Snimiti vremenske dijagrame i komentarisati ih u sledećim slučajevima:
 - a) Zadati referentni moment u iznosu od 20% nominalne vrednosti.
 - b) U stacionarnom stanju koje je nastalo zadavanjem referentne vrednosti za moment iz a), izvršiti promenu na novu zadatu vrednost 40% nominalnog momenta motora.
 - c) Menjati vrednost zadatog momenta i posmatrati promene karakterističnih veličina. Uočiti uticaj promene q komponente struje na vrednost momenta, brzine i napona po d i q osi. Konstruisati vektorski dijagram napona i struja u ustaljenim stanjima.



Posmatrati promene sledećih veličina na vremenskom dijagramu na računaru: $\omega(t)$, $m_e(t)$, $i_q(t)$, $i_d(t)$ i $i_a(t)$. Snimiti vremenske dijagrame i komentarisati ih u sledećem ogledu:

 - d) Zadati vrednost referentnog momenta u iznosu od 30% nominalnog momenta. Kada se uđe u ustaljeno stanje brzine, izvršiti revers pogona zadavanjem negativne vrednosti za referentni moment u iznosu od -30%.


Postupak

- 1) **Unošenje osnovnih podataka o pogonu**
Upotrebom programskog paketa *Starter* potrebno je uneti podatke o elektromotornom pogonu (motoru i pretvaraču).
 - Uz pomoć dežurnog na vežbama, otvoriti unapred pripremljeni projekat u *Starter*-u (naziv datoteke Praktikum_pogoni). Pogledati uputstva za korišćenje softvera (Uputstvo.pdf, dokument na Internet prezentaciji Laboratorije za elektromotorne pogone <http://www.pogoni.etf.bg.ac.rs>).
 - Uneti parametre sa natpisne pločice motora i invertora (Sekcija projekta Drives, Drive_1, dugme „Configure DDS...“).

2) Adaptacija parametara

Posle unošenja parametara, pretvarač je spreman za dalji radi, što je moguće ostvariti sa upravljačkog panela (*Control panel*). Pri prvom puštanju u rad, odabirom opcije *Drive on*, klikom na ikonicu: , aktiviraće se automatska identifikacija parametra motora, koja traje nekoliko sekundi. Pretvarač nakon završene identifikacije parametar ispiše poruku **Ready for Switching On**. Klikom na ikonicu motora  u *Toolbar*-u, na radnoj površini (*Motor Data*) će se otvoriti tabela sa izračunatim parametrima motora, koje treba uneti u izveštaj.

3) Pobuđivanje (magnetizacija) motora

Napustiti upravljački panel u *Starter*-u i otvoriti „*Drive navigator*“ . Zadana vrednosti momenta podešava se promenom parametra referentne vrednosti u sekciji „*Technology controller*“, dok se komande za uključenje pobudne struje (struje statora po d -osi) i zadatog momenta pretvaraču prosleđuju koristeći upravljačku kutiju sa prekidačima. U *Device trace*-u otvoriti novi vremenski dijagram, pokrenuti prikazivanje $i_{dref}(t)$, $i_d(t)$, $u_{dref}(t)$, $\varphi_d(t)$, a zatim uključiti frekventni pretvarač pomoću odgovarajućeg prekidača na upravljačkoj kutiji. Zaustaviti prikazivanje i snimiti vremenske dijagrame na računaru.

4) Rad motora u režimu regulacije momenta

U okviru ovog dela vežbe, jednosmerni motor je u režimu dinamičkog kočenja. Struja indukta se prati na ampermetru, napon pobude se može podešavati na auto-transformatoru. Podesiti napon pobude jednosmernog motora na vrednost oko 30 V.

U *Device trace*-u otvoriti novi vremenski dijagram, pokrenuti prikazivanje $\omega(t)$, $m_e(t)$, $i_q(t)$, $u_q(t)$, $i_d(t)$ i $u_d(t)$.

- Zadati referentni moment u iznosu od 20% nominalne vrednosti u parametru P2201[0], izdati komandu pomoću odgovarajućeg prekidača na upravljačkoj kutiji. Zaustaviti prikazivanje i isključiti prekidač. Snimiti vremenske dijagrame na računaru. Komentarisati.
- Ponovo pokrenuti prikazivanje traženih veličina u *Device trace*-u. U stacionarnom stanju koje je nastalo zadavanjem referentne vrednosti za moment iz a), promeniti zadatu vrednost momenta na novu vrednost: 40% nominalnog momenta. Zaustaviti prikazivanje i isključiti prekidač. Snimiti vremenske dijagrame na računaru. Komentarisati.
- Pokrenuti prikazivanje traženih veličina u *Device trace* - u. Menjati zadatu vrednost momenta, odnosno q komponente struje statora i posmatrati promene napona po d i q osi, brzine, kao i promene struje po d i q osi. U stacionarnim stanjima odrediti i zapisati vrednosti napona po d i q osi, struja po d i q osi, brzine, učestanosti, rotorske učestanosti. Izračunati rotorsku učestanost na osnovu zadatih ili merenih struja po d i q osi. Uporediti izračunatu vrednost momenta pomoću struja po d i q osi sa zadatom vrednošću. Nacrtati prostorne vektore struje i napona u d - q koordinatnom sistemu za najmanje dve izabrane vrednosti momenta (u ustaljenom stanju). Komentarisati.
- Ponovo pokrenuti prikazivanje traženih veličina u *Device trace* - u. Zadati referentnu vrednost za moment u iznosu od 30% nominalne vrednosti. U stacionarnom stanju koje je nastalo zadavanjem ove referentne vrednosti za moment, izvršiti promenu na novu vrednost koja iznosi -30% nominalnog momenta (promeniti znak zadate struje po q osi). Posmatrati promenu fazne struje u toku prelaznog procesa. Da li je došlo do promene amplitude fazne

struje? Uočiti naglu promenu faznog ugla fazne struje. Uočiti promenu učestanosti fazne struje. Kolika je učestanost struje kada je brzina jednaka nuli? Zaustaviti prikazivanje i isključiti prekidač. Snimiti vremenske dijagrame na računaru. Komentarisati.

Izveštaj**1) Unošenje osnovnih podataka o pogonu**

Nominalni napon (indukta) motora	p304[0]	
Nominalna struja (indukta) motora	p305[0]	
Nominalna snaga motora	p307[0]	
Faktor snage motora	p308[0]	
Učestanost napajanja motora	p310[0]	
Brzina obrtanja motora	p311[0]	
Tip hlađenja motora	p335[0]	

2) Adaptacija parametara

Unesite parametre motora

Otpornost statora u hladnom stanju	p350[0]	
Otpornost rotora u hladnom stanju	p354[0]	
Reaktansa rasipanja statora	p356[0]	
Reaktansa rasipanja rotora	p358[0]	
Induktivnost u grani magnećenja motora	p360[0]	

Struja magnetizacije motora	p320[0]	
Maksimalna brzina motora	p322[0]	
Moment inercije motora	p341[0]	
Težina motora	p344[0]	

3) Pobuđivanje (magnetizacija) motora

Dijagram:

Komentar:

Koliko iznosi zadata vrednost referentne struje po d -osi?

Koliko traje proces pobuđivanja motora?

4) Rad motora u režimu regulacije momenta

4a) Dijagram:

Komentar:

4b) Dijagram:

Komentar:

4c)

Merene veličine:

M_{eref} [%]	U_d [V]	U_q [V]	I_d [A]	I_q [A]	n [o/min]	f [Hz]	M_e [Nm]
P2201[0]	R1732[0]	R1733[0]	R29	R30	R21	R24	R31

Izračunate veličine

$$T_r = \frac{L'_r}{R'_r} = \frac{M + \lambda'_r}{R'_r} = \text{_____} \text{ [s]}$$

$$\frac{3}{2} \cdot P \cdot \frac{M^2}{L'_r} = \text{_____} \text{ [H]}$$

$$M_e = \frac{3}{2} \cdot P \cdot \frac{M^2}{L'_r} \cdot (I_{qs \text{ mereno}} \sqrt{2}) \cdot (I_{ds \text{ mereno}} \sqrt{2}) \text{ [Nm]} \quad (1)$$

I način: $\omega_r = \frac{1}{T_r} \cdot \frac{I_{qs}}{I_{ds}} \text{ [rad/s]} \quad (2)$

II način: $\omega_r = 2 \cdot \pi \cdot f - P \cdot n \cdot \frac{\pi}{30} \text{ [rad/s]} \quad (3)$

Mereno		Izračunato		
M_{eref} [%]	M_{eref} [Nm]	M_e [Nm]	ω_r [rad/s]	ω_r [rad/s]
P2201[0]	R79	(1)	(2)	(3)

Komentar:

Dijagram prostornih vektora napona i struja za zadatu vrednost momenta _____

Dijagram prostornih vektora napona i struja za zadatu vrednost momenta _____

d) Dijagram na kojem se uočava promena faznog stava fazne struje:

Dijagram na kojem se uočava promena učestanosti

Komentar: