

Četvrta vežba

PRIMENA INDUSTRIJSKOG PRETVARAČA UČESTANOSTI ZA UPRAVLJANJE POGONOM SA ASINHRONIM MOTOROM

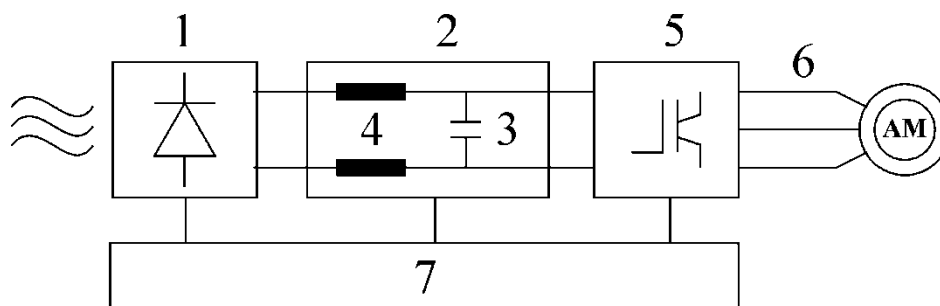
1. UVOD

Cilj vežbe je da se prouči način korišćenja i rada jednog industrijskog uređaja za upravljane pogonom sa asinhronim motorom. U vežbi se koristi frekventni pretvarač Danfoss serije VLT-FC 302, koji ima sve odlike savremenih uređaja ove namene. Da bi se vežba mogla izvesti bilo je potrebno predstaviti i neke detalje vezane za korišćenje ovog uređaja, međutim, najbitnije je obratiti pažnju na suštinu pristupa jer je ona u osnovi ista i kod drugih proizvođača i sličnih uređaja.

2. PRIPREMA ZA VEŽBU

2.1. Opis uređaja VLT-FC 302

Na slici 1. prikazana je blok šema frekventnog pretvarača Danfoss serije VLT-FC 302.

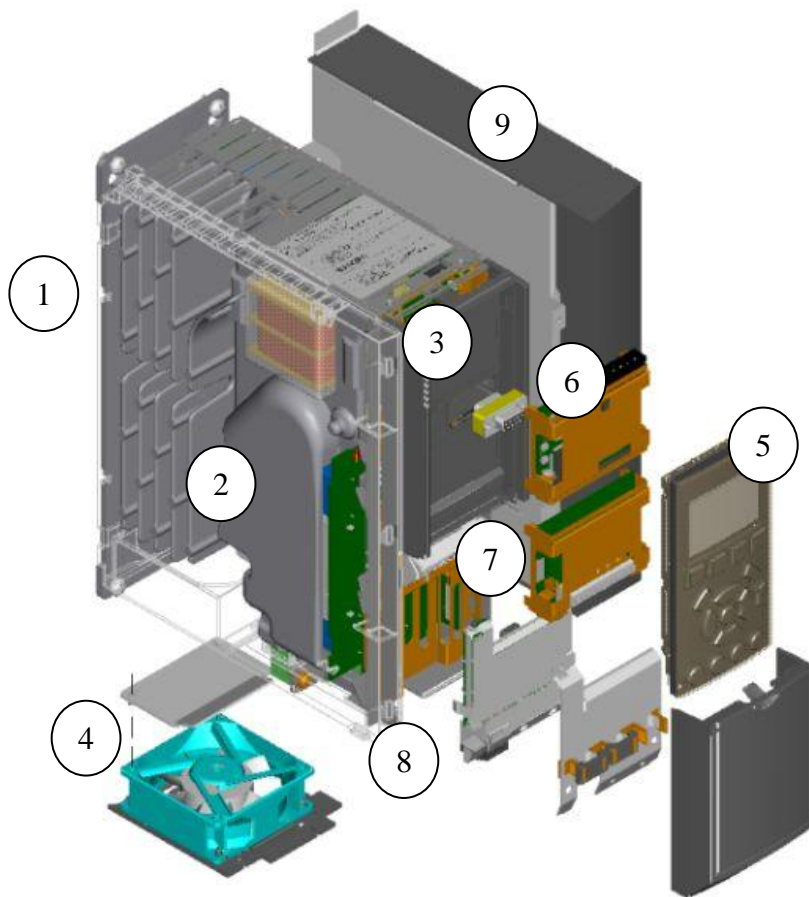


Slika 1. Blok šema frekventnog pretvarača Danfoss VLT-FC 302

Na slici se mogu videti glavni delovi uređaja:

- 1) Trofazni diodni most;
- 2) Jednosmerno međukolo, čiji je napon za $\sqrt{2}$ puta veći od napona napajanja;
- 3) Kondenzator čija je uloga da smanji sadržaj viših harmonika napona u jednosmernom međukolu;
- 4) Prigušnice čija je uloga da smanje sadržaj viših harmonika struje u jednosmernom međukolu;
- 5) Invertor sa IGBT tranzistorima, kod koga se koristi impulsno širinska modulacija (engl. *Pulse Width Modulation*, PWM);
- 6) Priključci motora, izlazni napon se može podešavati od 0 - 100% napona napajanja, a učestanost od 0 - 132Hz ili od 0 - 1000Hz;
- 7) Upravljačka kartica koja kontroliše rad invertora, odnosno celog uređaja.

Na slici 2 prikazani su osnovni delovi frekventnog pretvarača VLT-FC 302.



Slika 2. Delovi frekventnog pretvarača

- 1 – Hladnjak; 2 – Ispravljač, delovi jednosmernog kola, inverter; 3 – Upravljačka kartica;
 4 – Ventilator; 5 – Lokalni upravljački panel (LCP); 6 – Opcioni komunikacioni modul;
 7 – Opcioni modul povratne veze ili proširenje ulaza/izlaza;
 8 – Opcioni modul za dodatno napajanje 24V=;

9 – Opcioni modul za pozicioniranje ili sinhronizaciju brzine/pozicije u višemotornim pogonima

2.2. Upravljačke performanse uređaja VLT-FC 302

Upravljački podsistem pretvarača omogućava da se kroz sistem parametara izabere način rada, upravljanja, zaštite, veličine koje će biti prikazane na postojećem ekranu, itd. U okviru vežbe biće prikazane samo neke od najvažnijih mogućnosti u upravljanju i podešavanju.

Mogući načini rada:

- ◆ rad u otvorenoj sprezi, sa $U/f=const.$ karakteristikom, koja se može podešavati, uvođenjem kompenzacije napona pri niskim učestanostima, ili u funkciji opterećenja;
- ◆ rad u otvorenoj sprezi sa kompenzacijom klizanja, što praktično omogućava regulaciju brzine bez direktnog merenja (engl. *speed sensor less*);
- ◆ rad sa kontrolom momenta (upravljanje momentom);
- ◆ regulacija brzine u zatvorenoj sprezi, pri čemu se tačna informacija o brzini dobija pomoću inkrementalnog enkodera; u tom slučaju koristi se interni PID regulator brzine;
- ◆ režim regulacije procesne veličine, u kojem je moguće zatvoriti povratnu vezu po nekoj veličini u tehnološkom procesu u kome pogon učestvuje, npr. pritisku, protoku, temperaturi, i sl.

Upravljanje pogonom može se vršiti lokalno, ili daljinski. Kod lokalnog upravljanja referentne veličine (učestanosti, brzine, momenta ili procesne veličine) se zadaju direktno sa

lokalnog upravljačkog panela na samom uređaju, takođe, tasterima na lokalnom upravljačkom panelu se pogon pušta u rad. Kod daljinskog upravljanja referentna veličina se može dovesti kao analogni naponski ili strujni signal na odgovarajuće analogne ulaze, ili u digitalnom obliku na tzv. impulsne ulaze. Pomoću logičkih (digitalnih) ulaza upravljačke kartice, moguće je povezivanje pretvarača sa upravljačkim sistemom pogona, odnosno definisanje komandi, START, STOP, promena smera, dozvola za rad, i sl. Pretvarač ima jedan analogni, dva digitalna i dva relejna izlaza za povezivanje sa ostatkom pogona, na primer za dalje prosleđivanje neke karakteristične veličine, davanje komande za aktiviranje mehaničke kočnice, i sl. Moguće je i daljinsko upravljanje korišćenjem RS-485 ili drugih komunikacionih protokola, slanjem odgovarajućih poruka iz procesnog računara ili programabilnog logičkog kontrolera.

Na panelu uređaja moguće je, po izboru, prikazati pet veličina, na primer: zadatu vrednost, trenutnu učestanost, brzinu, struju, napon motora ili jednosmernog kola, snagu, moment, temperaturu uređaja, broj časova rada, itd. Neke od navedenih veličina je moguće prikazati u njihovim prirodnim jedinicama, ili u procentima u odnosu na podešenu maksimalnu vrednost.

Da bi se realizovale neke od navedenih upravljačkih funkcija, npr. kompenzacija klizanja, ili da bi mogla da se izračuna snaga ili momenat, u pretvaraču je implementiran model motora pomoću koga se vrše izračunavanja. Za rad modela potrebni su parametri ekvivalentne šeme priključenog motora. Frekventni pretvarač VLT-FC 302 poseduje i AMA (Automatic Motor Adaptation) test koji služi za određivanje parametara motora na osnovu unetih nominalnih podataka motora, i merenja koje se vrši u stanju mirovanja. Na taj način se precizno određuju podaci iz ekvivalentne šeme motora.

Pretvarač učestanosti VLT-FC 302 poseduje i sistem za kočenje, koji čine tranzistor za kočenje koji je u uređaju, i eksterni otpornik. U toku vežbe se ne koristi sistem za kočenje.

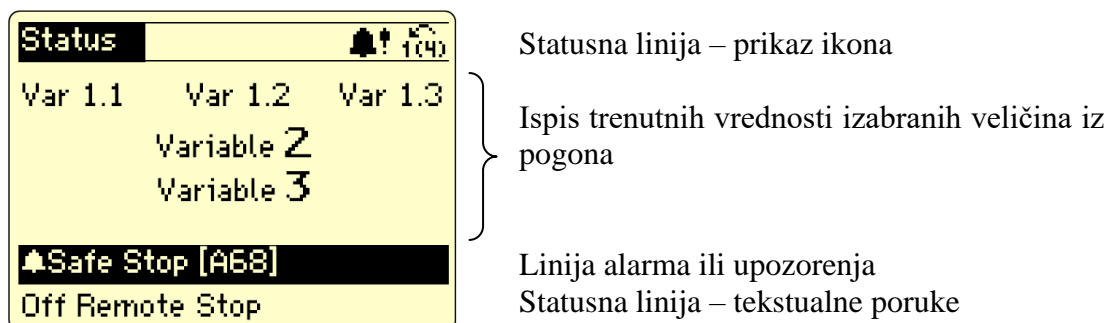
2.3. Podešavanje pretvarača učestanosti VLT-FC 302

Priprema i podešavanje uređaja za rad može se vršiti preko računara, korišćenjem specijalizovanog softvera MCT 10 (može se preuzeti sa sajta Danfoss-a), ali će se u ovoj vežbi koristiti lokalni upravljački panel pretvarača za podešavanje parametara.

Parametri su skup podataka koji određuju način rada pretvarača. Postoje dve vrste parametra. U jednom slučaju parametri imaju brojnu vrednost koja se može menjati u predviđenom opsegu. Kod druge vrste parametara bira se jedna od ponuđenih mogućnosti, npr. aktivno (ENABLE), ili neaktivno (DISABLE). Svaki parametar ima svoj broj i ime. Parametri su razvrstani u grupe, da bi se olakšalo snalaženje u strukturi menija. Grupe su:

0-xx	Operation / Display	Osnovna podešavanja frekventnog pretvarača
1-xx	Load and Motor	Svi parametri vezani za motor i opterećenje
2-xx	Brakes	
3-xx	Reference / Ramps	Referentne vrednosti i parametri ubrzanja/usporenja
4-xx	Limits / Warnings	Maksimalne i minimalne vrednosti, limiti, upozorenja.
5-xx	Digital In/Out	Funkcije digitalnih ulaza i izlaza
6-xx	Analog In/Out	Funkcije analognih ulaza i izlaza
7-xx	Controlers	Parametri regulatora brzine ili regulatora procesne veličine
8-xx	Com. and Options	Podešavanje USB i RS-485 parametara komunikacije
13-xx	Smart Logic	Parametri za podešavanje ugrađenog logičkog kontrolera.
14-xx	Special Functions	Parametri vezani za rad pretvarača (učestanost komutacije invertora, interni limit struje i sl.)
15-xx	Drive information	Informacije o pretvaraču (broj sati rada, broj uključenja, ugrađeni opcioni moduli...)
16-xx	Data Readouts	Trenutne vrednosti svih veličina u pretvaraču
18-xx	Data Readouts 2	Još očitavanja trenutnih vrednosti
30-xx	Special Features	Parametri koji ne pripadaju drugim grupama

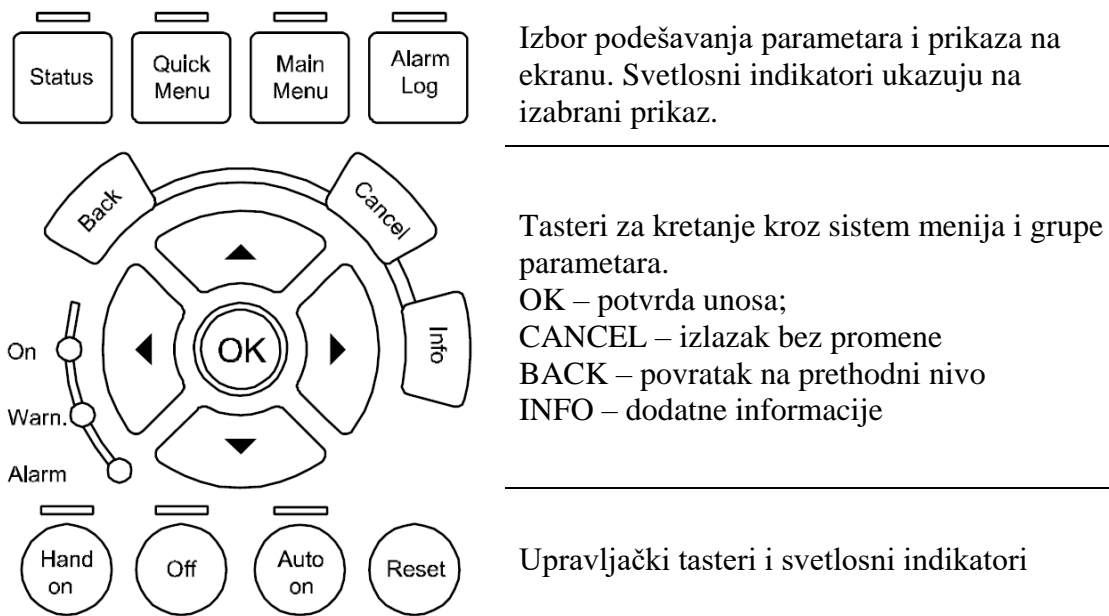
Informacije o radu pretvarača se ispisuju na ekranu koji ima šest redova za ispisivanje informacija, ali i mogućnost grafičkog prikaza. Izgled ispisa na ekranu je prikazan na slici 3.



Slika 3. Izgled ekrana frekventnog pretvarača VLT-FC 302

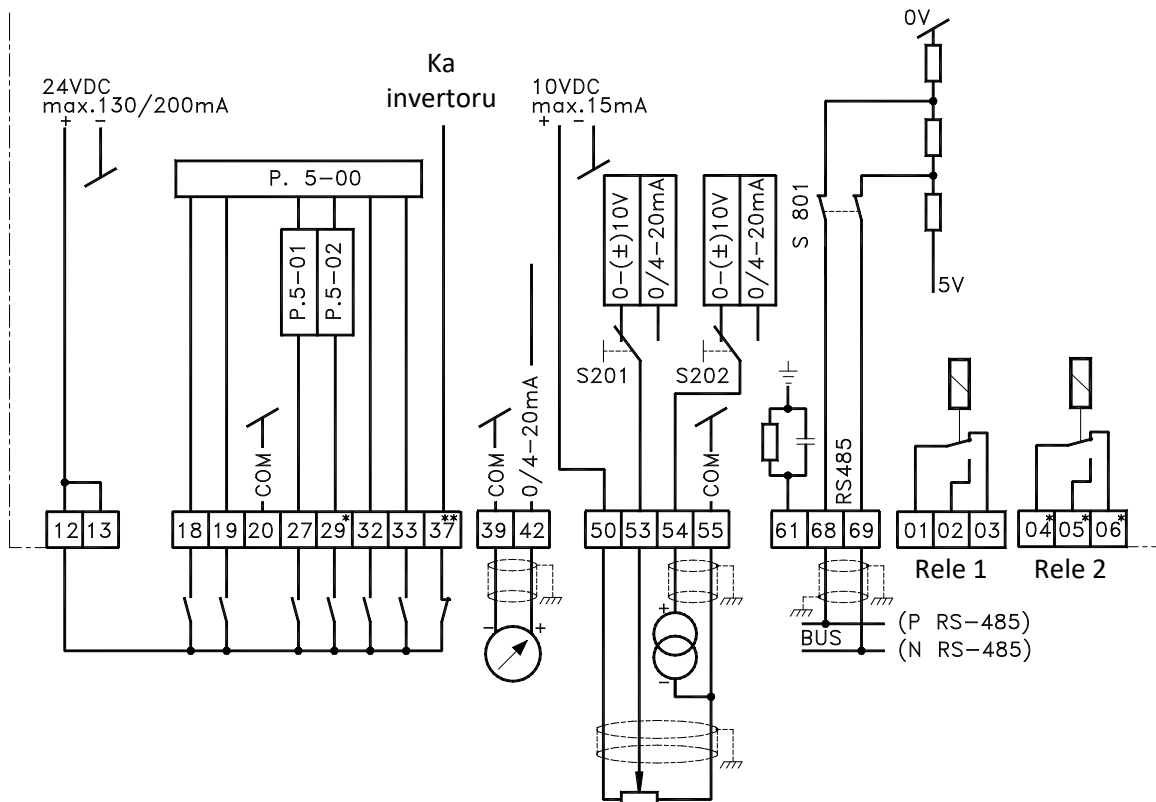
Red displeja	Ispis
Prvi red	Statusna linija sa prikazom ikona
Drugi, treći i četvrti red, ili uvećan prikaz	Vrednosti izabranih veličina. Koje veličine će biti prikazane u ova dva reda bira se u parametrima.
Peti red	U slučaju alarma ili upozorenja pojavljuje se kratak tekst koji objašnjava o čemu se radi, npr. u slučaju sigurnosnog zaustavljanja pojaviće se tekst Safe Stop [A68]
Šesti red	Statusna linija koja pokazuje način rada, mesto upravljanja pogonom i stanje pogona, npr. spreman za rad Stand by, ili pogon kočii Braking.

Na tastaturi se nalazi ukupno 16 tastera i 10 svetlosnih indikatora, podeljenih u tri grupe.

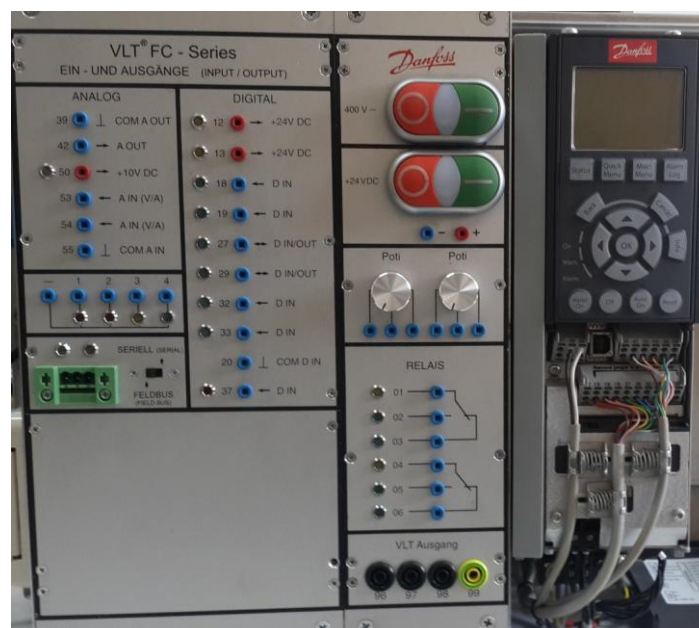


Slika 4. Tasteri i svetlosni indikatori na lokalnom upravljačkom panelu pretvarača VLT-FC 302

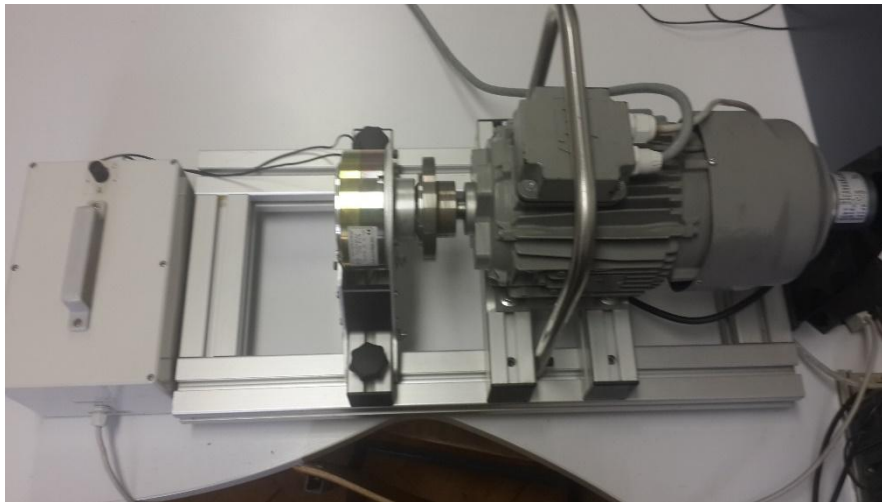
Kao što je rečeno, upravljanje radom pogona se u slučaju daljinskog upravljanja može ostvariti povezivanjem mirnih i radnih kontakata tastera i prekidača na logičke (digitalne) ulaze upravljačke kartice. Za zadavanje referentne vrednosti se može koristiti potencijometar povezan na odgovarajući analogni ulaz. Na slici 5 je prikazan način povezivanja upravljačkih elemenata sa upravljačkom karticom pretvarača.



Slika 5. Povezivanje upravljačkih elemenata sa upravljačkom karticom frekventnog pretvarača VLT-FC 302



Slika 6. Izgled pretvarača i kućišta sa buksnama



Slika 7. Prikaz korišćenog motora, kočnice sa prahom i upravljačkog kola za kočenje

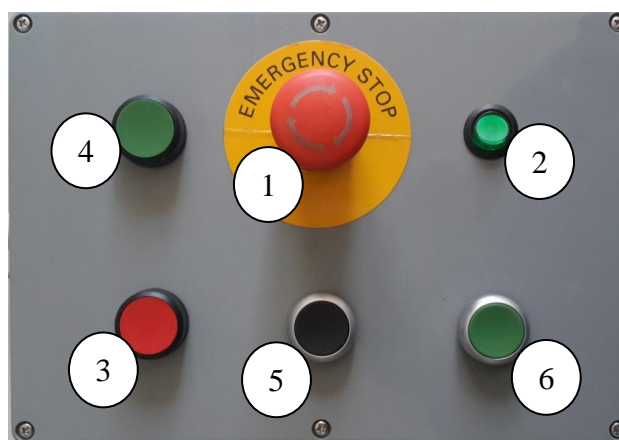
2.4. Ostala oprema

Opterećivanje asinhronog motora, vrši se pomoću kočnice sa prahom, čiji se kočioni moment može podešavati.

Pretvarač se nalazi u kućištu koje pored napajanja pretvarača ima predviđena mesta za povezivanje upravljačkih tastera, prekidača i potencijometara za upravljanje pogonom. Buksne na kutiji su označene brojevima koji odgovaraju brojevima na upravljačkoj kartici frekventnog pretvarača VLT-FC 302. U toku vežbe, upravljačku opremu treba povezati na predviđene buksne na kutiji, pored kojih su LE diode za indikaciju stanja. Izgled kućišta sa buksnama je prikazan na slici 6.

Upravljačka oprema se sastoji od posebne kutije, prikazane na slici 7, na kojoj su:

- 1 – Pečurkasti taster za sigurnosno zaustavljanje pogona
- 2 – Prekidač za izbor smera obrtanja
- 3 – Crveni taster za izdavanje komande STOP
- 4 – Zeleni taster za izdavanje komande START
- 5 – Crni taster za reset alarma.
- 6 – Zeleni taster za komandu JOG



Slika 7. Izgled upravljačke kutije sa tasterima i prekidačima

3. ZADATAK

- a) Sprovesti proceduru brzog podešavanja parametara pretvarača korišćenjem „Pametnog podešavanja“, engl. Smart Setup ili Brzog menija (Quick Menu). Izvršiti i automatsku identifikaciju parametara ekvivalentne šeme motora.
- b) Lokalno upravljanje radom pogona: Pustiti motor sa Lokalnog upravljačkog panela na polovinu nominalne učestanost. Zapisati aktuelne vrednosti svih karakterističnih veličina. Ponoviti ogled za brzinu 10% nominalne učestanosti, i za proizvoljno izabranu vrednost.
- c) Daljinsko upravljanje radom pogona: Povezati upravljačku kutiju sa digitalnim ulazima pretvarača. Povezati potenciometar za zadavanje referentne vrednosti brzine (koristiti potenciometar na kućištu sa buksnama). Podesiti parametre tako da se ostvare zadate funkcije digitalnih i analognog ulaza. Iskoristiti relejne izlaze pretvarača za signalizaciju rada pogona i alarma.

Pustiti pretvarač u režimu daljinskog upravljanja sa zadatom vrednošću učestanosti pomoću potenciometra. Proveriti funkcionisanje svih tastera i prekidača na upravljačkoj kutiji.

- d) Izvršiti ogled opterećivanja motora sa i bez kompenzacije klizanja.

4. POSTUPAK

Pre početka izvođenja vežbe, uz pomoć dežurnog, inicijalizovati pretvarač na fabrička podešenja parametara. (14-22 = „Initialisation“, isključiti napajanje pretvarača, kada se ekran ugasi, ponovo uključiti napajanje).

- a) Kroz Smart Setup uneti osnovne parametre o pogonu:
Language = „English“
Regional Settings = „International“
Motor Thermal Protection = „No Protection“
Motor Type = ASM
Motor Power = 0,55kW
Motor Voltage = 400V
Motor Frequency = 50Hz
Motor Current = 1,7A
Motor Nominal Speed = 1410 o/min
No sine-wave filter on output.
AMA = YES

Povezati digitalni ulaz 37 na izvor 24V (priključak 12) i pritisnuti OK. Sačekati da se procedura određivanja parametara ekvivalentne šeme motora završi. Po završetku procedure u izveštaj uneti vrednosti parametara motora iz parametarske grupe 1-3.

Uneti preostale parametre za završetak „pametnog podešavanja“:

Motor speed Unit = Hz
Select your application = „Not Listed“.

- b) U parametar 5-12 uneti vrednost „No operation“. (Meni za podešavanje parametara se dobija pritiskom na taster **Main Menu** na lokalnom upravljačkom panelu. Za povratak na osnovni ekran pritisnuti taster **Status**.)

Pokretanje pogona dobija se pritiskom tastera **HandOn** u donjem delu lokalnog upravljačkog panela. Za zaustavljanje se u lokalnom režimu upravljanja koristi taster **Off**.

Očitavanje aktuelnih vrednosti svih signala iz pretvarača dobija se u grupi parametara 16. Menjati vrednost zadate učestanosti i zapisati sve karakteristične veličine. Komentarisati dobijene rezultate.

- c) Povezati kutiju prema priloženoj šemi u izveštaju. Kompletirati šemu iz izveštaja prema bojama izolacije provodnika iz kabla. Upisati u šemu korišćene brojeve priključaka pretvarača, i vrednosti odgovarajućih parametara.

Komandni napon 24V= uzeti sa priključka 12. Priključak 12 povezati posle svih drugih priključaka, da ne bi došlo do neželjenog kratkog spoja komandnog napona.

Sigurnosna pečurka se kod pretvarača VLT-FC 302 povezuje na priključak 37.

Za funkciju starta, koristiti priključak 18, podesiti parametar 5-10 na „Latched start“. Funkciju priključka 27 podesiti na „Stop inverse“.

Povezati ostale upravljačke elemente prema njihovim funkcijama. Maksimalno koristiti fabrički podešene vrednosti parametara za digitalne i analogne ulaze.

Povezati komandni napon 24V= (priključak 13) na relejne izlaze (priključci 01 i 04). Podesiti parametre pretvarača da se RELE 1 uključuje kada pogon radi (Running), RELE 2 kada dođe do pojave alarma. Na ovaj način se može proveriti rad relejnih izlaza (svetle LED diode pored buksni sa oznakama 02 i 05).

Na analogni ulaz AI1 (priključak 53) dovesti signal sa potenciometra i podesiti ovaj analogni ulaz kao izvor referentne učestanosti. To se postiže podešavanjem vrednosti parametra 3-15 na Analog Input 53.

Za dozvolu rada motora u oba smera treba podesiti parametar 4-10 na „Both direction“.

- d) Ispitati funkciju kompenzacija klizanja (engl. Slip compensation) pretvarača VLT-FC 302. Za to je potrebno opterećivanje motora.

Podesiti vrednost parametra 1-62 Slip Compensation na 100% (fabrički podešena vrednost).

Pustiti pogon u rad sa zadatom učestanošću oko 30 Hz. Zapisati brzinu, moment, struju, napon i učestanost napajanja motora. Opteretiti motor tako da pokazivanje momenta bude oko 50%. Zapisati navedene vrednosti.

Promenite vrednost parametra 1-62 na 0% (ovim se isključuje kompenzacija klizanja).

Ponoviti ogled na učestanosti 30Hz, zapisati rezultate.

Ponoviti ogled na učestanosti oko 2 Hz, sa obe vrednosti (100% i 0%) u parametru 1-62.

5. IZVEŠTAJ

Za merenja karakterističnih veličina asinhronog motora koristiti pokazivanja na ekranu pretvarača (grupa 16)

a) Uneti brojne vrednosti za određene parametre motora:

$$R_s = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

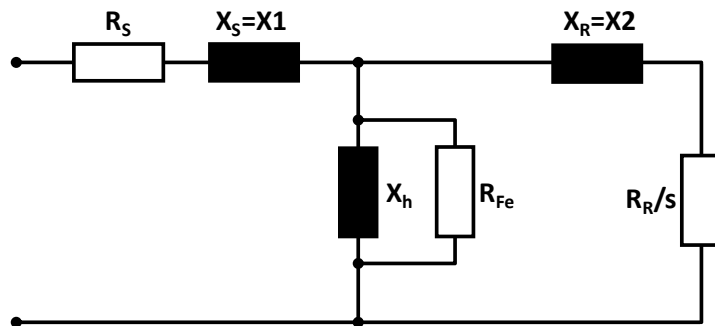
$$R_r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_s = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_h = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$R_{fe} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$



Sa zapisanim parametrima nacrtati statičku karakteristiku motora korišćenog u vežbi.

b) Puštanje pogona u lokalnom režimu upravljanja (sa LCP-a).

Veličina	Parametar	Zadata učestanost: _____ Hz	Zadata učestanost: _____ Hz	Zadata učestanost: _____ Hz
Snaga [kW]	16-10			
Napon motora [V]	16-12			
Učestanost [Hz]	16-13			
Struja motora [A]	16-14			
Moment motora [Nm]	16-16			
Brzina (izračunata) [o/min]	16-17			
Napon jednosmernog međukola [V]	16-30			
Temperatura hladnjaka pretvarača [°C]	16-34			

Komentar:

c) Daljinsko upravljanje radom pogona

Kompletirati šemu datu u prilogu (poslednja strana).

Opisati reagovanje pretvarača na aktiviranje komandi START i STOP na tasterima. Šta se dešava prilikom istovremenog aktiviranja tastera?

Šta se događa aktiviranjem komande JOG?

U kom parametru se podešava učestanost pri komandi JOG? Zapisati podešenu vrednost.

U kom parametru se podešava trajanje ubrzanja/usporenja prilikom komande JOG? Zapisati podešenu vrednost

Šta se događa aktiviranjem sigurnosne pečurke?

Opisati proceduru potrebnu za ponovno puštanje pogona u rad posle aktiviranja sigurnosne pečurke.

d) Ispitivanje funkcije kompenzacije klizanja

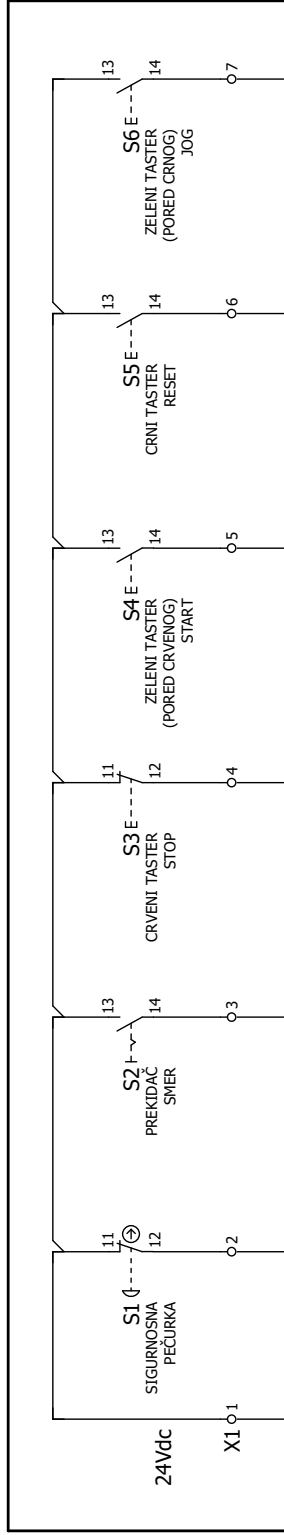
Zadata učestanost _____ Hz

Merene veličine		Parametar 1-62 = 100%		Parametar 1-62 = 0%	
Veličina	Parametar	Prazan hod	Opterećen motor	Prazan hod	Opterećen motor
Snaga [kW]	16-10				
Napon motora [V]	16-12				
Učestanost [Hz]	16-13				
Struja motora [A]	16-14				
Brzina (izračunata) [o/min]	16-17				
Moment motora [Nm]	16-25				
Temperatura hladnjaka pretvarača [°C]	16-34				

Zadata učestanost _____ Hz

Merene veličine		Parametar 1-62 = 100%		Parametar 1-62 = 0%	
Veličina	Parametar	Prazan hod	Opterećen motor	Prazan hod	Opterećen motor
Snaga [kW]	16-10				
Napon motora [V]	16-12				
Učestanost [Hz]	16-13				
Struja motora [A]	16-14				
Brzina (izračunata) [o/min]	16-17				
Moment motora [Nm]	16-25				
Temperatura hladnjaka pretvarača [°C]	16-34				

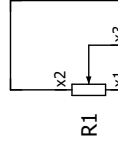
Upravljačka kutija



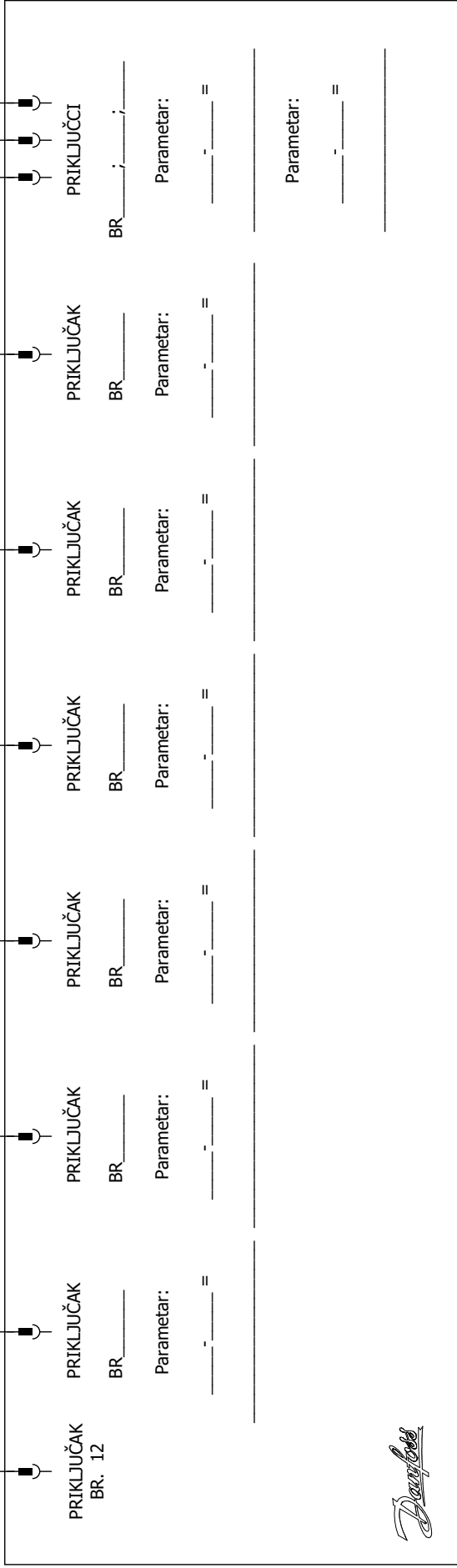
W1
L1YC1
12x0,75mm²

CRVENA	SIVA	SIVA/ROZA	CRVENA/PLAVA	ZELENA	CRNA	ŽUTA
--------	------	-----------	--------------	--------	------	------

Potenciometar na kućištu



U1
Frekventni pretvarač
VLT-FC 302
0,55kW/400V



Datum	20.11.2016
Projektovao	Doc. Dr. Milan Bebić, dipl. ing. el.
Dizajnirao	Mr Dragan Jevtić, dipl. ing. el.
Promene	Norm


Elektrotehnički fakultet Beograd

Šema veza frekventnog pretvarača i upravljačke kutije