

# Parametriranje frekvencijskog pretvarača Siemens Sinamics G120C

---

**Pandža, Marko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:095551>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 12.07.2017.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Marko Pandža
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	R3683, 23.07.2014.
<b>OIB studenta:</b>	81562250874
<b>Mentor:</b>	Prof.dr.sc. Željko Hocenski
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	Filip Belić
<b>Naslov završnog rada:</b>	Parametriranje frekvencijskog pretvarača Siemens Sinamics G120C
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Procesno računarstvo (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	12.07.2017.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	27.07.2017.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTIRADA**

Osijek, 16.08.2017.

**Ime i prezime studenta:**

Marko Pandža

**Studij:**

Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

R3683, 23.07.2014.

**Ephorus podudaranje [%]:**

2%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Parametriranje frekvencijskog pretvarača Siemens Sinamics G120C**

izrađen pod vodstvom mentora Prof.dr.sc. Željko Hocenski

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.  
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEK**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Preddiplomski sveučilišni studij Računarstva**

**Parametriranje frekvencijskog pretvarača Siemens Sinamics  
G120C**

**Završni rad**

**Marko Pandža**

**Osijek, 2017.**

# Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Zadatak završnog rada .....	1
2. ELEKTRIČNI STROJEVI .....	2
2.1. Podjela.....	4
2.1.1. Vrste sinkronih strojeva.....	5
2.1.2. Vrste asinkronih strojeva.....	7
2.2. Način rada .....	9
2.2.1. Sinkroni stroj .....	9
2.2.2. Asinkroni stroj .....	13
3. FREKVENCIJSKI PRETVARAČI.....	16
3.1. Ispravljači.....	17
3.2. Istosmjerni međukrug .....	18
3.3. Izmenjivač.....	18
3.4. Upravljački sklop .....	19
3.5. Komunikacija .....	19
4. PARAMETRIRANJE FREKVENCIJSKOG PRETVARAČA.....	21
4.1. Primjer korištenja frekvencijskog pretvarača.....	31
5. ZAKLJUČAK.....	34
LITERATURA.....	35
SAŽETAK .....	36
ABSTRACT.....	37
ŽIVOTOPIS .....	38

# **1. UVOD**

Frekvencijski pretvarač je uređaj koji se sve više koristi u industriji. Može se koristiti u gotovo svim industrijama koje imaju potrebe za elektromotorima. Ovaj završni rad prvenstveno se bazira na praktičnom dijelu u kojemu će biti potrebno parametrirati frekvencijski pretvarač. Praktični dio radi se u suradnji sa tvrtkom TEO – Belišće. Prije praktičnog dijela potrebno je objasniti pojedine dijelove važne za proces parametriranja. Na početku, u drugom poglavlju opisuju se elektromotori. Opisuje se princip rada elektromotora te osnovna podjela. U trećem dijelu opisuju se frekvencijski pretvarači, njihov princip rada te vrste frekvencijskih pretvarača. U četvrtom, ujedno i zadnjem poglavlju, objasnit će se praktični dio koji se napravio. Svi rezultati će također biti objašnjeni. Za praktični dio koristi se frekvencijski pretvarač Siemens Sinamics G120C.

## **1.1. Zadatak završnog rada**

U ovom radu potrebno je u suradnji s tvrtkom TEO – Belišće parametrizirati frekvencijski pretvarač.

## 2. ELEKTRIČNI STROJEVI

Elektromotori su jedna od vrsta električnih strojeva. Električni strojevi još se dijele i na generatore. Elektromotori su uređaji koji pretvaraju električnu energiju u mehaničku, a generatori su zaslužni za pretvaranje mehaničke energije u električnu. Između generatora i elektromotora nema nikakve posebne razlike. I jedni i drugi imaju mogućnost pretvarati energiju u oba smjera: mehaničku u električnu i električnu u mehaničku. Kada generator pretvara električnu energiju u mehaničku, on radi kao motor. Kada motor pretvara mehaničku energiju u električnu, on radi kao generator. Pri toj pretvorbi predana energija je uvijek manja od primljene.

$$W < W_{in} \quad (2-1)$$

Gdje je  $W$  primljena energija, a  $W_{in}$  predana.

Predana energija nije jednaka primljenoj zbog gubitaka. Gubici su dio energije koji se potroši, u ovom slučaju, tijekom pretvorbe energije. Gubici se najčešće iskazuju kao toplinska energija.

$$W_d > 0 \quad (2-2)$$

Gdje je  $W_d$  dio energije koji se pretvori u toplinsku.

Korisna energija koja se može iskoristiti nakon pretvorbe energije uvijek je manja od primljene i to za iznos gubitaka energije.

$$W = W_{in} - W_d \quad (2-3)$$

Kada je elektromotor u stacionarnom stanju rada, bolje je promatrati snagu umjesto energije. Isto kao za energiju vrijedi da je predana snaga uvijek manja od primljene snage i to baš za vrijednost gubitaka.

$$P = P_{in} - P_d \quad (2-4)$$

Gdje je  $P$  predana snaga,  $P_{in}$  primljena energija te  $P_d$  iznos gubitaka.

Radi lakšega izražavanja koristi se veličina koja se naziva korisnost. Korisnost je kvocijent predane i primljene radne snage. Korisnost se još naziva i stupanj djelovanja.

$$\eta = \frac{P}{P_{in}} \quad (2-5)$$

Gdje je  $\eta$  korisnost.

U jednadžbi (2-4) treba  $P_d$  prebaciti na lijevu stranu.

$$P_{in} = P + P_d \quad (2-6)$$

Potrebno je još malo doraditi formulu tako da u jednadžbu (2-5) uvrstimo jednadžbu (2-6) i dobijemo sljedeći izraz:

$$\eta = \frac{P}{P+P_d} \quad (2-7)$$

Kao što je već prije spomenuto zbog gubitaka korisnost će uvijek biti manja od 1.

$$\eta < 1 \quad (2-8)$$

Mora biti relativnog gibanja vodiča za pretvorbu električne energije u mehaničku. Relativnim gibanjem mora protjecati struja prema magnetskom polju. Elektromotor se sastoji uvijek od pomičnog dijela koji se rotira i naziva se rotor, a drugi dio je statičan odnosno miruje i naziva se stator. Stator se sastoji od namota i željezne jezgre. Također, stator je smješten u kućište. Rotor je smješten na osovini, a sastoji se od namota i željezne jezgre. Zračni raspor je naziv za prostor koji se nalazi između statora i rotora.

Zadatak jezgri rotora i statora je da provode magnetski tok i da drže namote. Zbog toga su napravljene od feromagnetskih materijala, koji su poznati po svojom dobrom magnetskom vodljivošću. Osim toga, feromagnetski materijali imaju dovoljnu mehaničku čvrstoću da primaju ili predaju mehaničku energiju putem osovine. Vrtnji se suprotstavljaju dva trenja, a to su trenje u ležajevima i ventilatorima. Prethodno navedena trenja smatraju se mehaničkim gubitcima. Električni gubici su najveći. Postoji više vrsta električnih gubitaka u aktivnim dijelovima: vodičima namota statora, vodičima namota rotora te jezgri rotora ili statora. U ukupne gubitke snage ubrajaju se samo mehanički i električni gubici jer se dielektrični gubici najčešće zanemaruju. Za što bolju ekonomičnost potrebno je imati što manje gubitaka. Preveliki gubici mogu uništiti motor zbog prevelikih temperatura. Mehanički i električni gubici pretvaraju se u toplinu i zbog toga se povisuje temperatura motora. Zbog kontinuiranog pretvaranja energije u toplinu, potrebno je stroj konstantno hladiti. Ventilatori se stavljaju jer oni poboljšavaju strujanje zraka i toplina se manje zadržava unutar motora. Kod većih motora potreban je kompleksniji sustav hlađenja jer je problem zagrijavanja veći.



## 2.1. Podjela

Najčešća podjela električnih strojeva je na sinkrone i asinkrone. Sinkroni i asinkroni rade na električnim mrežama izmjeničnog napona, dok se kolektorski strojevi koriste za rad na istosmjernom naponu. Individualna grupa su mali električni strojevi koji se svrstavaju u jednu od navedenih grupa ili rade na drugačijem principu. Kod sinkronih elektromotora brzina vrtnje rotora jednaka je brzini vrtnje okretnog magnetskog polja kojeg stvaraju statorske struje. Takva brzina naziva se sinkrona brzina stroja. Ona je određena frekvencijom napona te brojem parova polova elektromotora.

$$n = n_s = \frac{60f}{p} \quad (2-9)$$

Gdje je  $n$  brzina vrtnje rotora,  $n_s$  sinkrona brzina stroja,  $f$  frekvencija napona napajanja te  $p$  broj parova polova stroja.

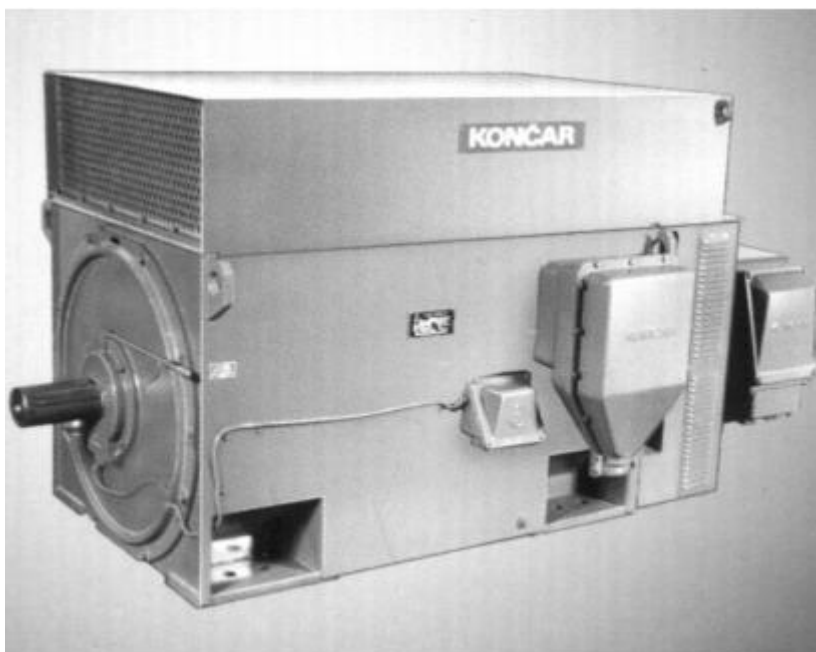
Ako je elektromotor priključen direktno na mrežu, frekvencija napona napajanja jednaka je frekvenciji napona mreže. Asinkroni strojevi posebni su po tome što brzina vrtnje ovisi o opterećenju stroja i u stacionarnom pogonu je različita od sinkrone.

$$n \neq n_s \quad (2-10)$$

Brzina kolektorskih istosmjernih elektromotora ovisi o elektromagnetskim prilikama, koje je potrebno regulirati u takvim vrstama. Brzina također ovisi i o opterećenju. Tako se postiže širok raspon vrtnje brzine. Asinkroni i kolektorski motori najčešće se koriste. Prema slici 2.1 i 2.2 vidi se vanjski izgled asinkronog stroja



Sl. 2.1 Asinkroni niskonaponski motor [1]



Sl. 2.2 Asinkroni visokonaponski motor [1]

### 2.1.1. Vrste sinkronih strojeva

Sinkroni strojevi dijele se prema: vrsti pogonskog stroja, konstrukciji rotora i brzini vrtnje. Najčešće se vrlo mali sinkroni strojevi koriste za specijalne namjene zbog svojih specifičnih izvedbi, primjene i načina rada. Oni najčešće nemaju uzbudni namot. Sljedeća podjela ne odnosi se na male sinkrone strojeve. Sinkroni strojevi mogu se podijeliti na tri grupe i to su: prema vrsti pogonskog stroja (turbogeneratori, hidrogeneratori, motori, kompenzatori te dizelski generatori), prema konstrukciji rotora (strojevi s cilindričnim rotorom i strojevi s istaknutim polovima) te prema brzini vrtnje (brzohodne, sporohodne i strojeve srednje brzine). Od navedenih podjela najčešća je prema vrsti pogonskog stroja. Bitna je konstrukcijska izvedba stroja za teorijska razmatranja.

Turbogeneratori su izvedeni s cilindričnim rotorom i spadaju u brzohodne strojeve. Koriste parne ili plinske turbine koje su specifične jer imaju veliku brzinu vrtnje. Uvijek se prave turbogeneratori s horizontalnom osovinom. Rotor ne smije biti velikog promjera zbog centrifugalnih sila, koje su proporcionalne kvadratu brzine vrtnje.

$$dF_c = \frac{dm_{rtc}v_r^2}{\frac{d_r}{2}} \quad (2-11)$$

Gdje je  $dF_c$  centrifugalna sila,  $d_r$  promjer,  $dm_{rtc}$  djelić mase na obodu rotora te  $v_r^2$  kvadrat brzine vrtnje. Generator mora imati minimalno dva pola i uz frekvenciju 50 herza maksimalna brzina bi iznosila 3000 okretaja po minuti. To je upravo najčešća brzina vrtnje parnih turbina u Europi. Najveći turbogeneratori koriste brzinu i od 1500 okretaja po minuti zbog toga se oni i često prave kao dvopolni ili četveropolni.

Hidrogeneratori su gotovo uvijek sporohodni strojevi s istaknutim polovima. Brzina vrtnje turbine uvelike ovisi o padu vode te količini i obično se kreće 50 – 1000 okretaja po minuti. Važno je da generator bude prilagođen turbini odnosno da ima istu brzinu vrtnje. Veliki broj polova hidrogeneratora zahtijeva malu brzinu vrtnje rotora.

$$p = \frac{60f}{n} \quad (2-12)$$

Gdje je  $p$  broj polova,  $f$  frekvencija te  $n$  brzina vrtnje rotora.

Rotor se izvodi uvijek s naglašenim polovima. Na polovima je smješten koncentrirani uzбудni namot. Takav rotor može imati veliki promjer uz uvjet da ima veliki broj polova, zbog toga su obodne brzine velike. Takvi rotori mogu biti napregnuti jakim centrifugalnim silama. Hidrogeneratori se najčešće prave s vertikalnom osovinom iako postoje i izvedbe sa horizontalnom.

Dizelski generatori su strojevi koji imaju široki raspon brzina. Prave se s istaknutim polovima, a manjih su snaga nego prethodni tipovi. Pokreće ih dizelski motor i najčešće napajaju vlastite mreže odnosno rade kao samostalne jedinice.

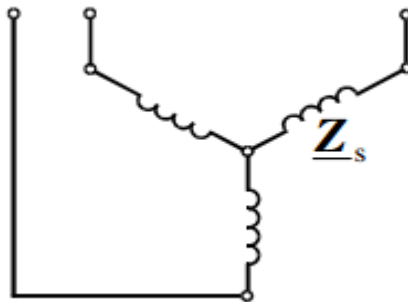
Kompenzatori su poseban oblik sinkronih strojeva jer oni ne pretvaraju energiju nego samo mrežu jalovom energijom. Kompenzatori nemaju pogonskog stroja. Najčešće imaju 6 ili 8 istaknutih polova.

Sinkroni motori imaju širok raspon snaga i brzina. Rabe se u reverzibilnim hidroelektranama gdje se koriste kao i generatori i motori. Kao generatori koriste se kada je potrebno proizvoditi električnu energiju, a kao motori kada postoji višak električne energije te trebaju pumpati vodu u akumulacijsko jezero.

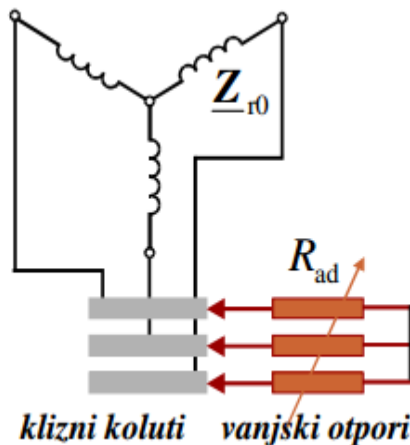
### 2.1.2. Vrste asinkronih strojeva

Asinkroni motori dijele se prema konstrukciji rotora na: kolutne i kavezne.

Kolutni motor ima višefazno raspoređen namot na rotoru i to najčešće trofazni. Dok su početci namota u gotovo svim slučajevima spojeni u zvijezdu, krajevi su izvedeni do kliznih koluta. Koristeći sklop klizni koluti-četkice može se uključiti dodatni otpor u seriji s bilo kojom fazom rotora.



Sl. 2.3 Shematski prikaz trofaznog kolutnog asinkronog motora statora [1]



Sl. 2.4 Shematski prikaz trofaznog kolutnog asinkronog motora rotora [1]

Prema slikama 2.3 i 2.4  $Z_s$  je impedancija faze statora,  $Z_{r0}$  je impedancija faze rotora te  $R_{ad}$  je dodatni otpor u fazi rotora.

Impedancija rotora i statora opisuju se radnim otporima i induktivitetima tih faza.

$$Z_s = R_s + j\omega_s L_{\sigma s} \quad (2-13)$$

$$Z_{r0} = R_{r0} + j\omega_s L_{\sigma r} \quad (2-14)$$

Gdje je  $R_s$  radni otpor faze statora,  $\omega_s$  statorska kružna frekvencija,  $L_{\sigma s}$  rasipni induktivitet faze statora,  $R_{r0}$  radni otpor namota rotora,  $L_{\sigma r}$  rasipni induktivitet faze rotora te  $\omega_r$  kružna frekvencija rotora.

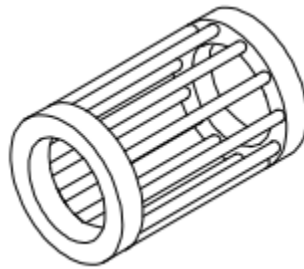
Dodavanjem i mijenjanjem vanjskih otpora mijenjamo ukupni radni otpor u fazi statora. Ukupni otpor jedne faze dobije se kao zbroj vanjskog otpora i otpora faze namota.

$$R_r = R_{r0} + R_{ad} \quad (2-15)$$

Gdje je  $R_r$  ukupni otpor,  $R_{r0}$  otpor faze namota te  $R_{ad}$  vanjski otpor.

Ovim dodatnim otporima može se utjecati na karakteristike struje i momenta asinkronog stroja. Klizni prsteni nalaze se na osovini i međusobno su izolirani. Četkice klize po prstenima, koje preko vanjskih otpornika povezuju rotorski namot. Otpornici su stepenasti te se zbog toga uključuju određeni iznosi otpora po potrebi. Kada nikakvi dodatni otpori nisu potrebni, četkice se uzdignu s prstena te se rotorski namot kratko spoji na rotoru.

Kavezni motor je druga vrsta asinkronog motora. U svakom utoru rotora se nalazi po jedan vodič koji ima oblik štapa. Štapovi čine višefazni rotorski namot, tako što su sa svake strane rotora kratko spojeni prstenovima. Motor je dobio ime jer ako bi se maknula željezna jezgra, takav namot bi izgledao slično poput kaveza.



Sl. 2.5 Kavezni rotor asinkronog motora (kavez) [1]

Zbog toga što svaki štاپ predstavlja jednu fazu, broj faza rotora je jednak broju rotorskih utora.

$$m_r = Q_r \quad (2-16)$$

Gdje je  $m_r$  broj faza rotora i  $Q_r$  broj rotorskih utora.

Jedan štاپ ne iznosi cijeli zavoј nego pola zavoја pa je broj zavoја u namotu pojedine faze rotora jednak 0.5.

$$N_r = \frac{1}{2} \quad (2-17)$$

Gdje je  $N_r$  broj zavoja u namotu svake faze rotora.

Namot je simetričan jer su svi utori jednoliko raspoređeni po obodu i štapovi su jednaki. Ako je namot simetričan, on može imati proizvoljan broj faza. Takav namot u okretnom polju stvorit će simetričan višefazni sustav induciranih napona i struja koje su neizbježan uvjet pri stvaranju momenta. Postoje dva načina izvedbe kaveznog namota, a to su uložni i lijevani.

Uložni namot je napravljen od bakrenih štapova. Oni se provuku kroz uture i zavare se sa svake strane na prsten. Takav namot najčešće se koristi kod motora srednjih i većih snaga zato jer se lijevani kavezni namot koristi kod manjih motora.

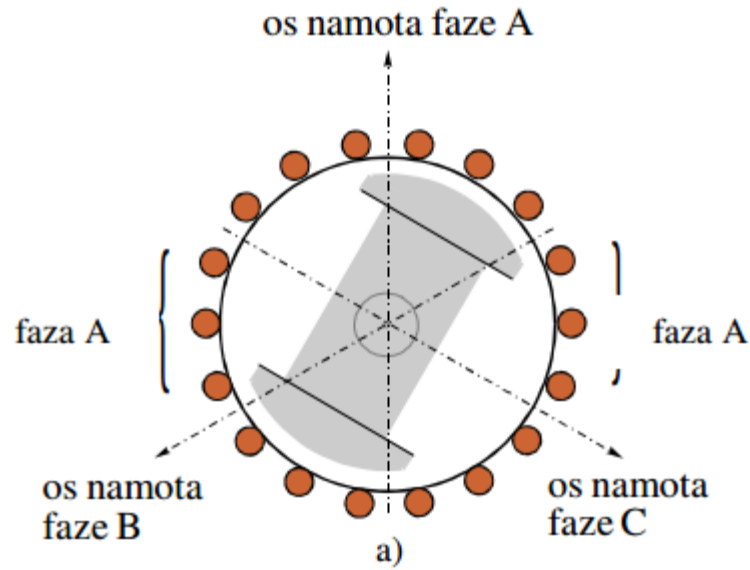
On se pravi od silumina ili aluminija. Osovina i rotorski paket stave se u kalup za lijevanje te se lijev pod tlakom ubrizga u kalup, ispunivši uture rotora i prostor za kratkospojne prstene.

## **2.2. Način rada**

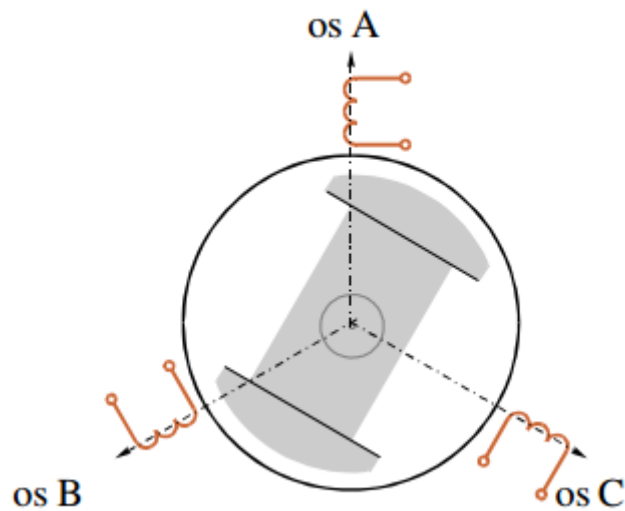
U ovom poglavlju objasnit će se način rada električnih strojeva. Odvojeno će se objasniti način rada sinkronog i asinkronog stroja.

### **2.2.1. Sinkroni stroj**

Fizikalna slika je identična za svaki par polova te će se za razmatranja promatrati samo dva pola. Za kvantitativne račune trebaju se uzeti stvarni brojevi. Namot u statoru je simetričan, jednoliko raspoređen po obodu te smješten u utorima. Prema slici 2.6 vidi se raspored vodiča 3-faznog namota statora.

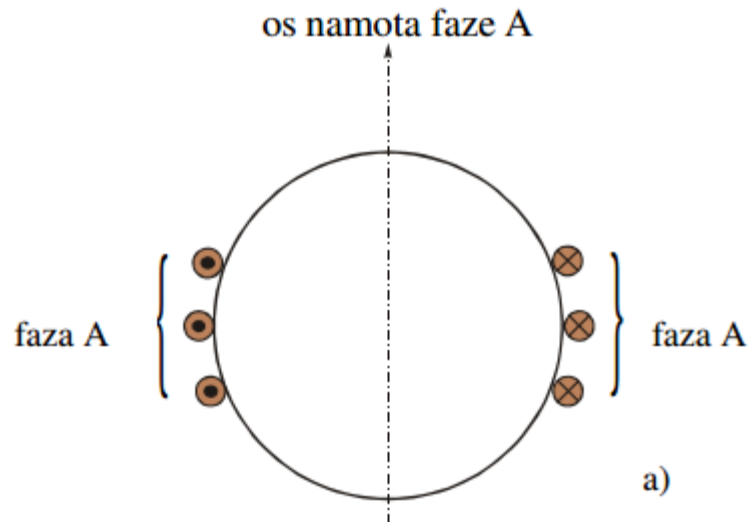


Sl. 2.6 Shematski prikaz 3-faznog statorskog namota, smještaj vodiča [1]

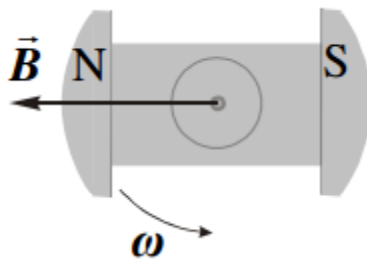


Sl. 2.7 Shematski prikaz 3-faznog statorskog namota, osi namota [1]

Os pojedinog namota u njegovoj je simetrali. Osi namota svih faza razmaknute su za  $120^\circ$ . Prema slici 2.7,obično se ne crta stvarni raspored vodiča nego se samo naznače osi faza. Rotor je smješten u provrtu statora. Rotor je uzbuđen istosmjernom strujom. Rotor se vrti jednolikom brzinom te njegovo magnetsko polje inducira u pojedinim fazama namota elektromotorne sile. Inducirane elektromotorne sile su vremenski pomaknute za  $120^\circ$ .



Sl. 2.8 Osi namota i rotora u trenutku induciranja maksimalne elektromotorne sile, os namota faze A [1]



Sl. 2.9 Osi namota i rotora u trenutku induciranja maksimalne elektromotorne sile, os rotora [1]

Prema slici 2.8, u fazi A imamo maksimalnu induciranu elektromotornu silu. Ona je u fazi A jednaka 0 V, tj. u trenutku kada se osi namota rotora i namota statora poklope. Uz lijevi smjer vrtnje rotora i prema slici 2.9 smjer magnetskog polja, inducira se u vodičima elektromotorna sila prema slici 2.8. Takvu elektromotornu silu nazivamo pozitivnom. Struja je također pozitivna te stvara pozitivno protjecanje statora prema osi faze A. Maksimum protjecanja u statoru preklapa se s osi namota, tj. nalazi se u sredini namota.

Prazni hod je stanje u kojemu stroj nije opterećen, ali je uzbuđen te se vrti. Zbog toga se u armaturnom namotu induciraju elektromotorne sile. Kada bi promatrali sinkroni generator, to bi značilo da u armaturnom namotu ne teku struje. To je uvjetovano, ako su stezaljke otvorene. U praznom hodu vektori se uzbuđnog protjecanja i indukcije preklapaju s osi namota rotora. Navedeni vektori su neproporcionalni te jedno o drugom ovise u skladu s karakteristikom magnetiziranja. Navedeni vektori imaju isti smjer. Zato što u statorskom namotu nema struje, protjecanje armature je jednako 0, a ukupno protjecanje je jednako protjecanju rotora.



Opterećenje je jedna od pojava pri kojoj teku struje u statorskim namotima. Ukupno protjecanje dobije se vektorskim zbrajanjem protjecanjem rotora i statora.

$$\vec{\theta} = \vec{\theta}_f + \vec{\theta}_a \quad (2 - 18)$$

Gdje je  $\theta$  rezultatno protjecanje,  $\theta_f$  rotorsko protjecanje te  $\theta_a$  statorsko protjecanje.

Smjer prostornog vala indukcije određen je resultantnim protjecanjem. Okomito na vektor indukcije pruža se inducirani napon.

Kratki spoj je stanje kod kojeg, kao i kod praznog hoda, nema pretvorbe energije. Uvjetovano je tim da su stezaljke statorskog namota kratko spojene. U idealnom slučaju, koji trenutno razmatramo, vanjski su otpori spojeva stezaljki jednaki nuli i smatra se da stroj nema ni radnih otpora, rasipnih reaktancija te također niti gubitaka. Nema napona između stezaljki odnosno jednak je nuli. Kada takav stroj uzbudimo i vrtimo rotor, uspostavi se indukcija takva da je inducirana elektromotorna sila jednaka nuli. Povećavanjem uzbude ne mijenja se elektromotorna sila, ali se povećava armaturna struja. Ukupni magnetski tok jednak je nuli. Linearna je ovisnost između armaturne struje o uzbudnoj. U teoriji je karakteristika kratkog spoja uvijek linearna za bilo koji iznos uzbudne struje. Pri ispitivanju ne smije biti dopuštena struja armature znatno veća od nazivne. Iznosi su ograničeni zbog zagrijavanja stroja. Uzbudna struja je uvijek manja od nazivne.

Sinkrona reaktancija je prikazivanje fizikalnih pojava u kojoj se zbrajaju strujni oblozi. Inducirani naponi nastanu tako što resultantni strujni oblog uzrokuje protjecanje koje stvara magnetsko polje koje nadalje inducira napone. Gledavši konačni rezultat, svejedno je hoće li se zbrajati strujni oblozi ili protjecanje jer su u linearnom odnosu. To se ne smije raditi s induciranim naponima zbog nelinearnosti karakteristike magnetiziranja. Radi lakšeg teorijskog razumijevanja lineariziramo karakteristiku magnetskog kruga. Sinkrona reaktancija nije neka reaktancija koja se može izmjeriti na stroju u mirovanju. Dok je inducirani napon jednak, stroj se ponaša kao izvor koji ima neku unutrašnju reaktanciju. Fiktivna inducirana elektromotorna sila je sila koja se inducira u armaturnom namotu nakon rasterećenja generatora. Sve gore navedeno vrijedi uz pretpostavku linearne karakteristike praznog hoda te uz jednoliko ukupno protjecanje.

U sinkronim strojevima potrebno je regulirati napon i frekvenciju. Da inducirani napon ostane isti kao što je u praznom hodu, moramo pri opterećenju povećati uzbudno protjecanje koje je jednako protjecanju rotora u praznom hodu. Tu funkciju preuzima regulator napona, koji za

svaku smanjenu vrijednost napona reagira povećanjem uzbudne struje rotora. Regulator vrtnje brzine ima zadaću da frekvenciju proizvedenih napona i struja stroja održava jednolikom.

### **2.2.2. Asinkroni stroj**

Kod asinkronog stroja rotor nije napajan strujom iz vanjskog izvora kao kod sinkronog stroja. Struje unutar rotora induciraju se okretnim poljem statora. Zbog toga je nazivan često i indukcijским motorom. Potrebna je relativna brzina između okretnog polja i rotora da bi to polje induciralo napone u vodičima rotora. Struje ne smiju biti jednake brzine inače se ne bi inducirali naponi u rotoru, struje ne bi tekle te u rotoru ne bi bilo momenta. Asinkroni stroj je stroj koji ima svojstvo da mu brzina mora biti različita od sinkrone. Pri sinkronoj brzini nije moguća pretvorba energija takovog motora. Stator asinkronog i sinkronog stroja su jednako izvedeni. U utorima statorskog paketa najčešće se nađe trofazni namot. Magnetske silnice zatvarane su kroz rotor. Stator je spajan na krutu mrežu trofaznog napona. Struje dovedene iz mreže u namote statora bit će razmaknute u fazi kao i naponi i to za kut od  $120^\circ$ . Okretno protjecanje je stvoreno uz pomoć takvih simetričnih struja u simetričnog trofaznom namotu. Protjecanje stvara okretno polje magnetske indukcije unutar zračnog raspورا. Uz pretpostavku da je sinusni raspored indukcije u raspору, on inducira unutar namota trofazni sistem napona koje mora držati ravnotežu napona krute mreže. Ako bi u ovom slučaju zanemarili padove napona u rasipnoj reaktanciji statorskih namota i radnom otporu dobili bi primjer idealnog stroja. Ako nema padova napona na stezaljkama se dobije napon induciran u namotu. Ti naponi moraju biti jednaki. Odnosno dobiveni naponi moraju biti jednaki naponu krute mreže. To je uvjet ravnoteže napona koji određuje struje u namotima.

Kao što je već prije rečeno, rotor asinkronog stroja nije napajan uz pomoć vanjskog izvora. Unutar njega nalaze se struje koje su inducirane od strane okretnog polja u zračnog raspору. Namoti rotora moraju biti zatvoreni strujni krugovi ako se želi da navedene mogu teći. Ako je namot višefazan s minimalno dva fazna namota te višefazni namot unutar rotora simetričan tada struje u rotorskog namotu daju okrenuto protjecanje. Broj faza kod rotora i statora ne mora biti jednak samo je nužno da budu simetrično raspoređeni. Naprotiv tome, broj polova rotorskog i statorskog namota u svakom trenutku mora biti jednak. Ako je motor zaustavljen i otvoren, stator je priključen na krutu mrežu te stvara okretno polje. To polje inducira napone u statoru tako da budu u ravnoteži s mrežnim naponima. Isto to okretno polje također inducira i napone u namotima rotora. Brzina okretnog polja prema vodičima rotora i statora je jednaka. Inducirani

naponi u statoru i rotoru koje je inducirao tok po polu je zapravo isti tok. Razlika je jedino namotni faktor te broj zavoja.

Nevažno u kakvom položaju je rotor, on protječe istim smjerom koje bi imalo uz poklapanje osi namota rotora i statora. Sve dok rotor miruje, struja i frekvencija napona u rotoru bit će određena brzinom rezultantnog okretnog protjecanja.

O visini inducirano napona te frekvencije struje i napona unutar rotora upravlja relativna brzina okretnog magnetskog polja u rasporu ka rotoru. Relativna brzina je razlika brzine okretnog polja te brzine rotora.

$$n_{rel} = n_s - n \quad (2 - 19)$$

Gdje je  $n_{rel}$  relativna brzina,  $n_s$  brzina okretnog polja te  $n$  brzina rotora.

Frekvencija u motoru je određena razlikom brzina.

$$f_2 = (n_s - n) \frac{p}{60} \quad (2 - 20)$$

Gdje je  $p$  broj pari polova.

Odnos navedene frekvencije i frekvencije napona na statoru naziva se klizanjem.

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{(n_s - n)}{n_s} = s \quad (2 - 21)$$

Gdje je  $s$  klizanje.

Kada je klizanje jednako jedan, rotor tada stoji. Ako mu se brzina povećava, klizanje se smanjuje pa postaje minimalno kada se dogodi da je brzina rotora jednaka sinkronoj. U tom trenutku napon u rotoru je nula pa u njemu nema struja. Motor ne može raditi pri sinkronoj brzini. Potreban je asinkroni rad odnosno barem nekakvo minimalno klizanje za stvaranje momenta. Klizanje određuje brzinu vrtnje, frekvencije, napone, struje i uvelike cijelo pogonsko stanje kod asinkronog stroja. Pri vrtnji rotora u njemu teku struje frekvencije.

$$f_2 = s f_1 \quad (2 - 22)$$

Navedene struje uzrokuju okretno protjecanje vrtnje relativnom brzinom prema motoru.

$$n_{rel} = 60 \frac{f_2}{p} \quad (2-23)$$

$$n_{rel} = 60s \frac{f_1}{p} \quad (2-24)$$

$$n_{rel} = sn_s \quad (2-25)$$

Prema mirnom statoru brzina rotora je izražena sljedećom jednačbom.

$$n = n_s(1 - s) \quad (2-26)$$

Zbroj brzine okretnog polja relativno prema rotoru i brzine rotora jednako je brzini vrtnje okretnog protjecanja rotora relativno prema mirnom statoru.

$$n + n_{rel} = n_s(1 - s) + n_s s \quad (2-27)$$

$$n + n_{rel} = n_s \quad (2-28)$$

Okretno polje rotora vrti se prema statoru jednakom brzinom kao i rezultatno okretno protjecanje koje je zaslužno za inducirane struje i napone u rotoru.

Kada je moment kojega motor razvija veći od momenta kojim je opterećen na osovini, klizanje se smanjuje dok se on ubrzava. Brzina se ne mijenja kada dođe do ravnoteže momenata. Motor tada radi uz pomoć klizanja koji uspostavlja da momenti budu jednaki.

Kada je moment maksimalan, tu vrijednost klizanja nazivamo prekretnim klizanjem. Pri povećanju opterećenja razvijeni moment raste proporcionalno s porastom klizanja. Pri prekretnom klizanju moment više nema mogućnosti rasta već se smanjuje. Smanjuje se sve dok se motor ne zaustavlja.

### 3. FREKVENCIJSKI PRETVARAČI

Frekvencijski pretvarači mogu se svrstati u dvije kategorije, a to su: izravni pretvarači i neizravni pretvarači. Izravni pretvarači pretvaraju napon izmjenične naponske mreže izravno u izmjenični napon koji ima promjenjivu amplitudu i frekvenciju. Nema istosmjerni međukrug. Neizravni pretvarači pretvaraju izmjenični napon napojne mreže u istosmjerni te taj istosmjerni napon dalje pretvaraju u izmjenični napon promjenjive efektivne vrijednosti i frekvencije. Maksimalna vrijednost ulaznog napona uvijek je veća od maksimalne vrijednosti izlaznog napona. Valni oblik navedenog izmjeničnog napona može biti: pravokutni, kavzipravokutni te naizmjenični niz pozitivnih i negativnih pravokutnih impulsa. Graf trošila struje ima sinusoidalni oblik jer trošilo u gotovo svim slučajevima svojim induktivitetom dovoljno prigušuje više harmonike struje.

Izravni frekvencijski pretvarači dijele se u dvije skupine, a to su: komutirane izmjeničnom napojnom mrežom i komutirane vlastitim komutacijskim krugovima. Izravni pretvarači komutirani napojnom mrežom imaju ograničenu maksimalnu vrijednost izlazne frekvencije na 66.67% mrežne frekvencije. Zbog tog svojstva, koriste se najčešće za sporohodne elektromotorne pogone velikih snaga, npr. rotacijske peći. Izravni pretvarači komutirani vlastitim komutacijskim krugovima nemaju dodatnih ograničenja s obzirom na maksimalnu izlaznu frekvenciju osim frekvencijskih karakteristika učinkovitih poluvodičkih ventila. Imaju jako veliki broj poluvodičkih ventila pa su zbog toga kompleksni i skupi.

Neizravni frekvencijski pretvarači također se mogu svrstati u dvije skupine, a to su: pretvarači sa strujnim ulazom u izmjenjivač i pretvarači s naponskim ulazom u izmjenjivač. Nadalje se neizravni pretvarači s naponskim ulazom dijele na: pretvarače s promjenjivim naponom istosmjernog međukruga i pretvarače s konstantnim naponom istosmjernog međukruga. Neizravni frekvencijski pretvarač sastavljen je od: ispravljača, istosmjernog međukruga, izmjenjivača, upravljačkog sklopa, sklopivog nadzora za zaštitu te motora.

Ispravljač može biti upravljivi i neupravljivi i on spaja izmjeničnu napojnu mrežu s istosmjernim međukrugom. Ulaz ispravljača priključuje se na napojnu mrežu koja može biti jednofazna ili trofazna. Iz ispravljača izlazi pulsirajući valoviti istosmjerni napon. Istosmjerni međukrug zapravo spaja ispravljač i izmjenjivač.

Istosmjerni međukrug može biti strujni ili naponski. Strujni može biti samo s promjenjivom strujom dok naponski može biti s promjenjivim ili konstantnim naponom. Ako je naponski istosmjerni međukrug s promjenjivim naponom, on pretvara približno konstantan izlazni napon u

promjenjivi ulazni napon izmjenjivača. U slučaju da se radi od istosmjernom međukrugu s konstantnim naponom, on izlazni napon ispravljača filtrira i stabilizira te dovodi do izmjenjivača.

Izmjenjivač spaja izmjenično trošilo i istosmjerni krug. Pod istosmjernim trošilom smatra se motor. Na izlazu iz izmjenjivača može biti jednofazni ili trofazni izmjenični napon. Niz pravokutnih impulsa različite širine i različitog razmaka simbolizira poluperiode izlaznog izmjeničnog napona. Gotovi svi frekvencijski pretvarači pretvaraju konstantan ulazni napon u izmjenični čiji je harmonik promjenjive amplitude i frekvencije.

Upravljački elektronički sklop upravlja značajnim sklopovima frekvencijskog pretvarača. On dobiva informacije iz ispravljača, izmjenjivača i istosmjernog međukruga. Uz pomoć dobivenih informacija i unaprijed utvrđenom zakonitošću mijenjanja omjera frekvencije i napona šalje upravljačke impulse. Ti impulsi uklapaju i isklapaju poluvodičke ventile. Zadaća upravljačkog elektroničkog sklopa je upravljanje brzinom vrtnje motora prema referentnoj brzini vrtnje i prije postavljenim ograničenjima na iznos struje, frekvencije i napona.

### **3.1. Ispravljači**

Ispravljači ugrađivani u frekvencijske pretvarače sastavljeni su u većini slučajeva od dioda, tiristora ili od kombinacije to dvoje. Isključivo su od dioda napravljeni neupravljivi ispravljači, upravljivi od tiristora, a poluupravljivi kombinacijom dioda i tiristora.

Neupravljivi ispravljači sastoje se od poluvodičkih dioda koje su neupravljivi elektronički ventil koje propuštaju struju u jednom smjeru i to specifično od anode prema katodi. Također da dioda propušta struju, potencijal na anodi mora biti dovoljno veći od potencijala na katodi. Dioda za razliku od drugih elektroničkih ventila nema upravljačka svojstva pa ne može po volji uklapati i isklapati struju. Napon koji izlazi iz diodnog ispravljača je istosmjernan, ali pulsirajući. Ovisno o tome je li ulazni napon jednofazni ili trofazni mijenja se valovitost izlaznog napona.

Slično kao kod poluvodičkih dioda, klasični tiristor propušta struju samo u jednom smjeru i to u smjeru od anode prema katodi. Razlika između diode i klasičnog tiristora je u trećoj upravljačkoj elektrodi. Da bi tiristor provodio struju, potrebno je na upravljačku elektrodu postaviti napon veći od napona katode, tj. potrebno je injektirati struju u strukturu tiristora. Tiristor vodi sve dok struja kroz njega ne primi vrijednost nula. Tok struje od anode prema katodi nije moguće prekinuti strujom upravljačke elektrode. Koristeći geitom isklopivi tiristor moguće je prekinuti struju i prije nego što bi ona normalno pala na nulu dovođenjem na

upravljačku elektrodu napona manjeg od napona na katodi. Klasični tiristori koriste se u ispravljačima i u napojnom mrežom komutiranim izmjenjivačima vrlo velikih snaga. Prednost upravljivih ispravljača je ta što oni imaju mogućnost prelaska u izmjenjivački način rada.

### **3.2. Istosmjerni međukrug**

Istosmjerni međukrug koristi se za pohranu struje, tj. električne energije. Motor povlači električnu energiju iz njega preko izmjenjivača.

Kada se koristi frekvencijski pretvarač sa strujnim međukrugom, njegov istosmjerni međukrug sastoji se od velike prigušnice, a ispravljač je u svakom trenutku upravljiv. Kombinacija prigušnice i upravljivog ispravljača stvara promjenjivi strujni izvor. Vrijednost napona motora određivana je teretom toga istoga motora. Prednost strujnog međukruga je ta što se energija kočenja može vraćati u napojnu izmjeničnu mrežu bez dodatnih komponenti.

Kada se koristi frekvencijski pretvarač s naponskim međukrugom, njegov istosmjerni međukrug je niskopropusni filter, a ispravljač može biti upravljiv i neupravljiv. Filter služi za smanjivanje valovitosti izlaznog napona ispravljača. Ako se koristi neupravljivi ispravljač, ulazni napon ispravljača je približno konstantan, a u slučaju upravljivog ispravljača napon se može po volji mijenjati.

Istosmjerni međukrug osim funkcije filtriranja ima funkcije i za odvajanje izmjenjivača od ispravljača, smanjenje strujnih harmonika napojne mreže te ostvaruje udarnu preopteretivost pretvarača na račun energije koja je pohranjena.

### **3.3. Izmjenjivač**

Ako se gleda tok energije, izmjenjivač je posljedni učinski pretvarački sklop frekvencijskog pretvarača prije elektromotora. On prilagođuje izlazni napon pretvarača za izmjenični motor. Izmjenični motor koji je izravno priključen na napojnu mrežu ima samo u nazivnoj radnoj točki optimalne radne uvjete. Ako je izmjenični motor spojen preko frekvencijskog pretvarača onda ima optimalne radne uvjete u cijelom rasponu brzine bez obzira o opterećenju na osovini motora. Frekvencijski pretvarač održava optimalno magnetiziranje motora kod svih rada brzina pri određivanju frekvencije i amplitude izlaznog napona. Izmjenjivač se može napajati pomoću: istosmjerne struje promjenjive amplitude, istosmjernog napona promjenjive amplitude i istosmjernim naponom konstantne amplitude. Izmjenjivač određuje frekvenciju izlaznog napona neovisno o načinu napajanja. Amplituda se može podešavati izmjenjivačem i istosmjernim

međukrugom. Potrebno je mijenjati frekvenciju izlaznog napona da omjer amplitude i frekvencije bude konstantan. Izmjenjivač određuje frekvenciju ako su struja ili napon istosmjernog međukruga promjenjivi, ako je napon istosmjernog međukruga konstantan onda izmjenjivač određuje amplitudu i frekvenciju izlaznog napona. Izmjenjivači rade na različite načine iako im je komponentna baza ista. Glavne komponente su upravljivi poluvodički ventili. U današnje vrijeme upravljivi su poluvodički ventili tranzistori, a prije su se koristili tiristori. Danas se u izmjenjivačima upotrebljavaju bipolarni i unipolarni tranzistori i ponajviše tranzistori s upravljačkom diodom koja je izolirana. Nazivaju se punoupravljivi poluvodički ventili jer u željenom trenutku mogu uklopiti i iskllopiti struju.

### **3.4. Upravljački sklop**

Upravljački sklop je četvrta komponenta frekvencijskog pretvarača. Ima bitne zadaće poput: upravljanje poluvodičkim sklopkama frekvencijskog pretvarača, razmjena podataka između vanjskih uređaja i frekvencijskog pretvarača, sabiranje dojava kvara te izvještavanje o njima, ispunjavanje određenih zaštita elektromotora i frekvencijskog pretvarača.

### **3.5. Komunikacija**

Digitalizirani frekvencijski pretvarači imaju mogućnost razmjene podataka s vanjskim uređajima koristeći se: standardnom upravljačkom priključnom letvicom s analognim i digitalnim izlazima i ulazima, upravljačkom pločom s tipkama i pokaznikom, serijskim sučeljem za uslužne, upravljačke i dijagnostičke funkcije. U sustavu procesa, frekvencijski pretvarač je aktivna sastavnica. Može imati povratnu vezu i ne mora. Određivanje brzine vrtnje najlakše je potencijetrom, ali također može biti i zadana nekom procesnom veličinom putem analognog signala iz PLC-a. PLC daje upravljačke signale i naredbe. On je vrlo koristan za konstantno očitavanje i sakupljanje izlaznih veličina frekvencijskog pretvarača. PLC i frekvencijski pretvarači spajaju se izravno ili uporabom serijske komunikacije.

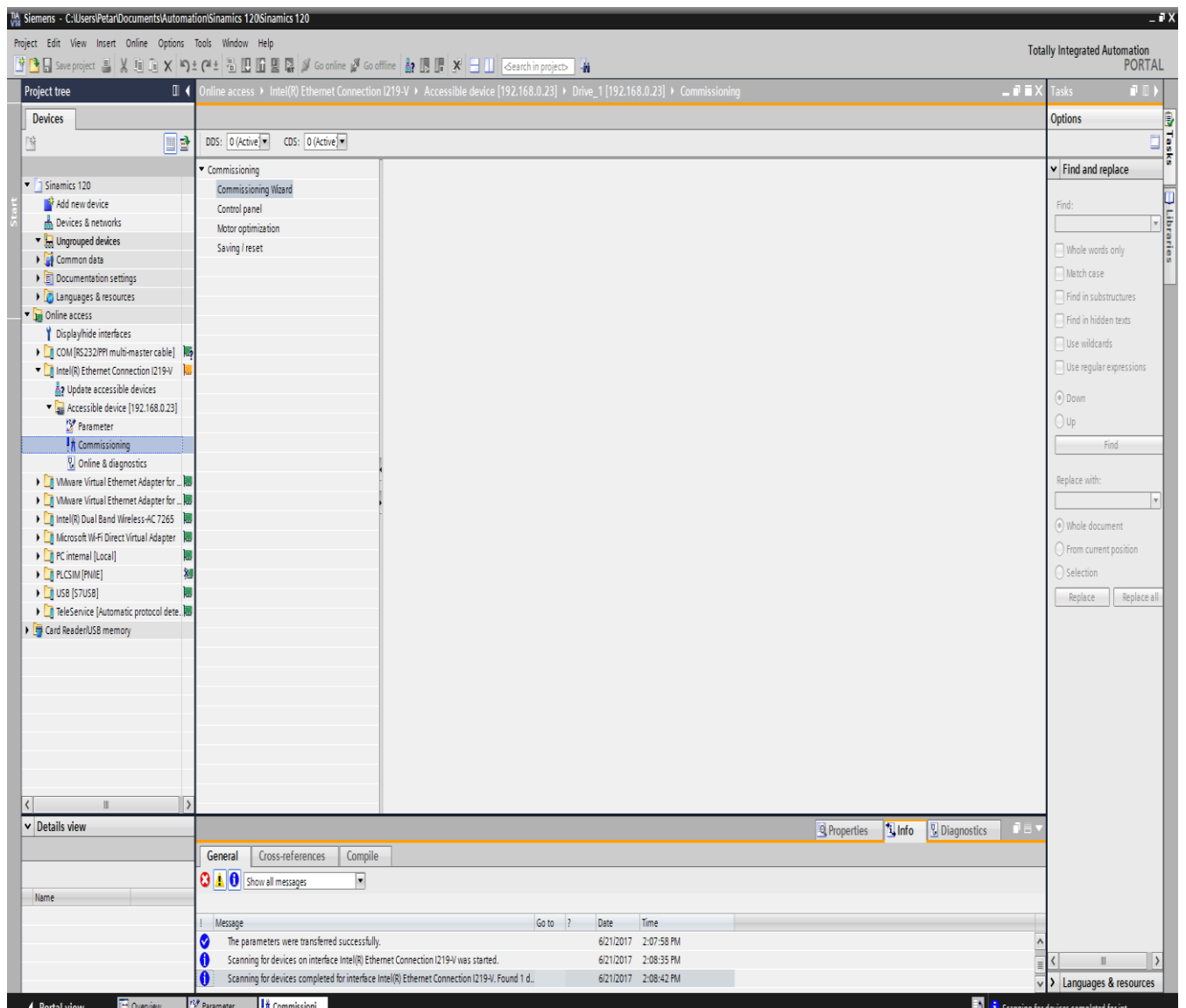
Putem serijske komunikacije signali su prenošeni parovima vodiča. Serijska komunikacija je vrsta prijenosa pri kojem se u jednom prvom vremenskom intervalu prenosi jedna informacija, a u drugom vremenskom intervalu (koji slijedi odmah poslije prvog) prenosi druga informacija. Serijska komunikacija sastoji se od dva glavna načela. Odlučujući čimbenici pri izboru serijske komunikacije su brzina rada sustava te broj uređaja koji je potreban za međusobno komuniciranje. Moguća je upotreba više vodiča ili samo dva vodiča za predaju i prijam informacija. Ako se koristi više vodiča, svaku uređaj može primiti i predavati informacije. Ako



se koristi susav sa samo dva vodiča, mora biti nekoliko uređaja spojeno s jednim predajnikom ili su svi uređaji spojeni na sabirnice. U slučaju da je više uređaja spojeno s jednim predajnikom, ti uređaji mogu samo primiti informacije. Ako su svi uređaji spojeni na sabirnice onda svaki uređaj ima mogućnost da primi i preda informaciju. Nedostatak je što uređaji spojeni na sabirnice moraju imati jednaku razinu signala. Osim toga, uređaji moraju imati jednaku strukturu signala da bi prijatelj imao mogućnost prihvatiti poslanu informaciju.

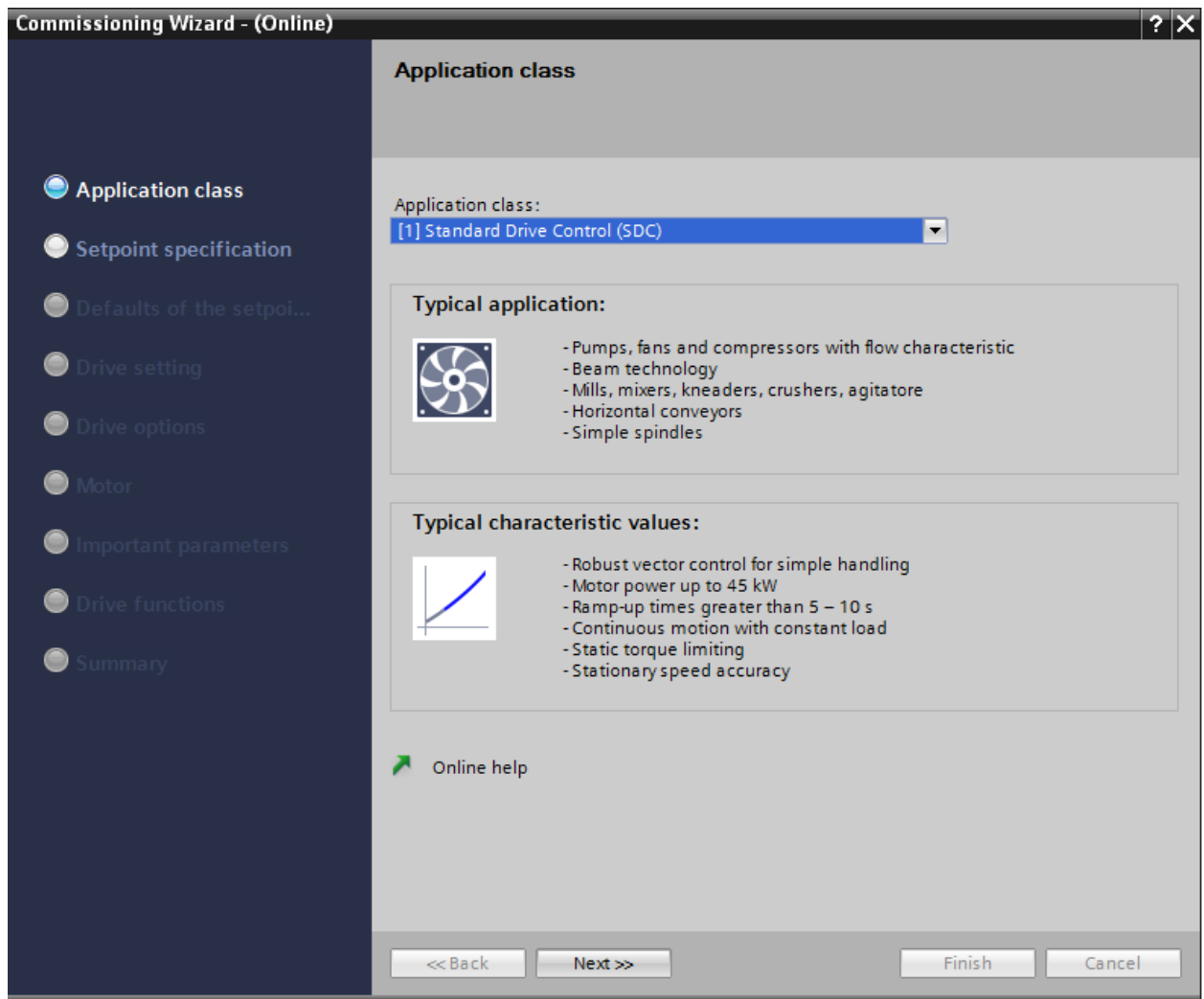
#### **4. PARAMETRIRANJE FREKVENCIJSKOG PRETVARAČA**

Praktični dio završnog rada radio se u firmi TEO – Belišće. Bilo je potrebno parametrirati frekvencijski pretvarač Siemens Sinamics G120C tako da motor ima najosnovnije funkcije. Neke od funkcija su paljenje i gašenje uz određeni vremenski interval za koji brzina motora dođe do referentne vrijednosti. Parametriranje je rađeno u Siemensovom programu. Parametriranje se može napraviti na dva načina. Postoji tzv. Commissioning Wizard uz pomoću kojega se može napraviti potrebno ili se može sve ručno unositi. Uz Pomoć Commissioning Wizarda mogu se unijeti osnovni parametri, dok za unos složenih parametara potrebno ih je ručno unijeti. Odlučeno je raditi uz pomoć Wizarda. Prema slici 4.1 može se vidjeti Siemensov program u kojemu se radilo parametriranje. Potrebno je otići pod online access, accessible device, commissioning te commissioning wizard. Za ovaj program da bi mogao raditi moraju frekvencijski pretvarač i laptop ili računalo na koji je spojen biti na istoj adresi.



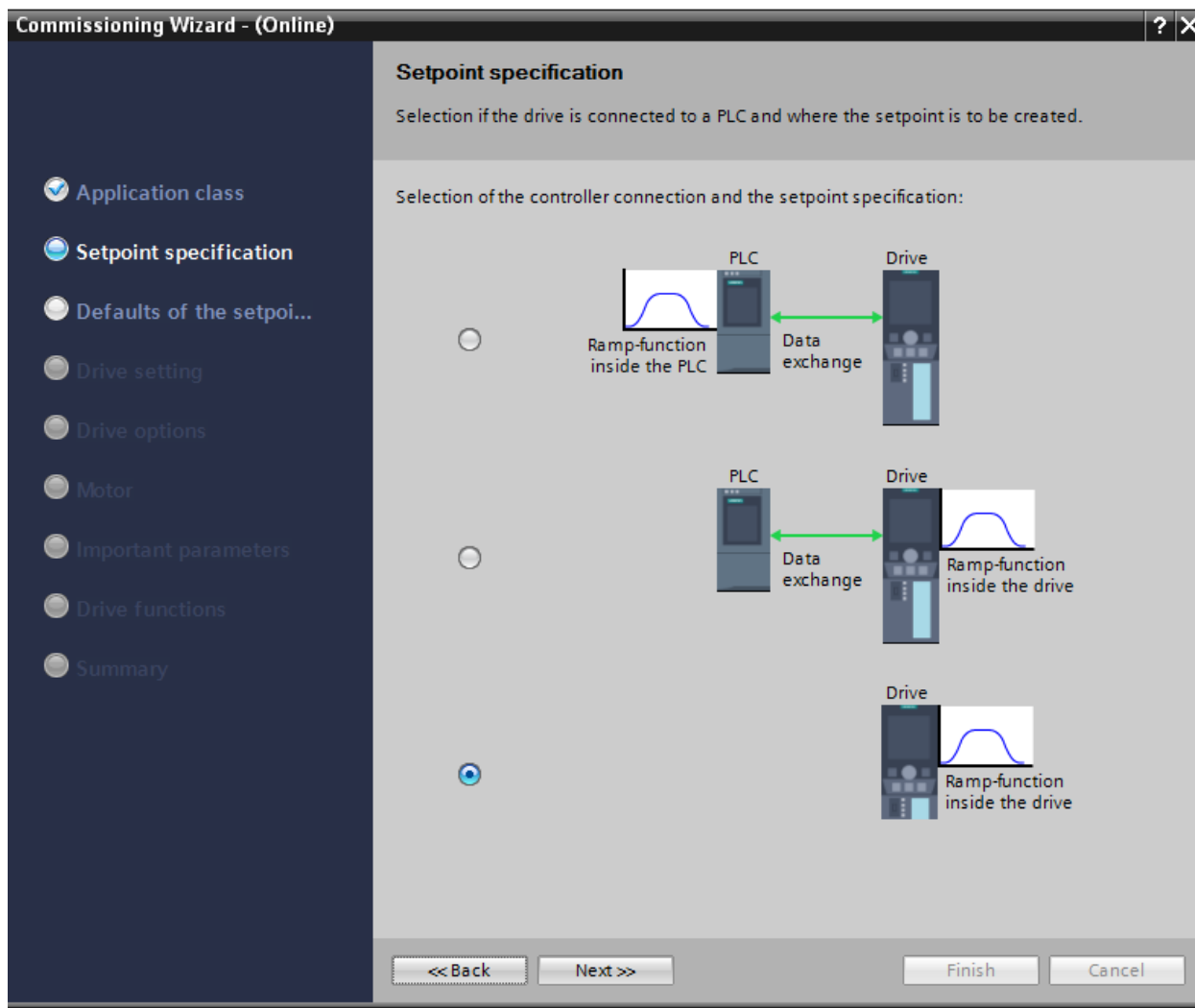
#### SI. 4.1 Prikaz pozadine programa

Prema slici 4.2. prvo je potrebno odrediti razred aplikacije. Za to je zaslužan je parametar p0096 i uz pomoć njega kontrolira se mogućnost pogleda na određene parametre. Što je odabrana veća sigurnost, mjere su strože. Moguće mjere su: expert, standard i dynamic. Ovisno o svojstvu, mogućnost uvida u parametre je ograničeno za određene aplikacije. Kod strožih mjera potrebno je unijeti lozinku pri promjeni parametara.



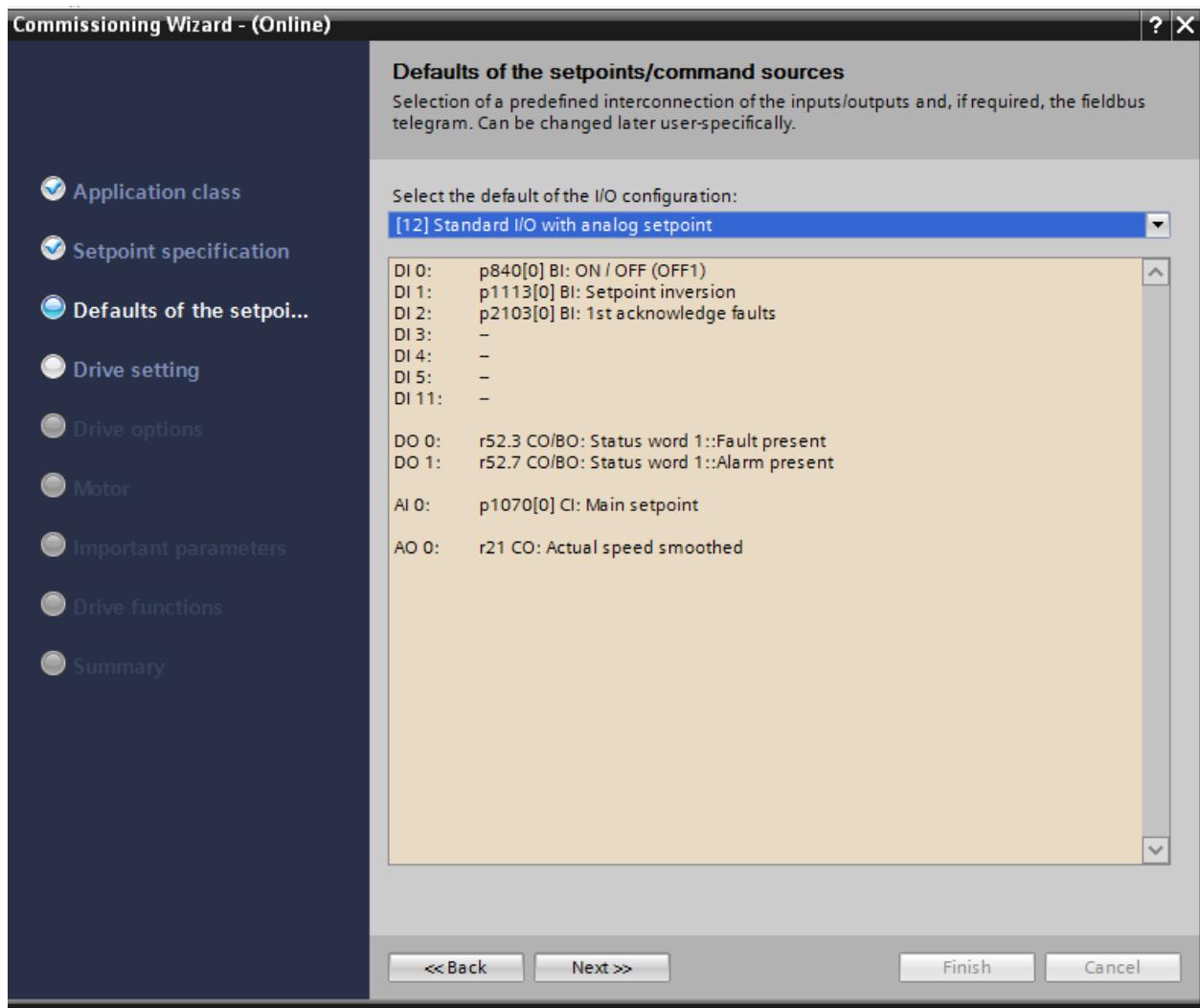
Sl. 4.2 Odabiranje aplikacijskog razreda

Drugi korak je da se odabere gdje će zadane vrijednosti biti napravljene. Prema slici 4.3 postoje 3 mogućnosti. Prva je da je frekvencijski pretvarač spojen sa PLCom i zadane vrijednosti su unutar PLCa. Druga opcija je također da su pretvarač i PLC spojeni, ali su zadane vrijednosti napravljene u pretvaraču. Treća i ujedno zadnja opcija je da frekvencijski pretvarač nije spojen na PLC i zadane vrijednosti su napravljene unutar pretvarača. Zbog jednostavnosti zadatka nije potrebno imati PLC te koristimo treću opciju.



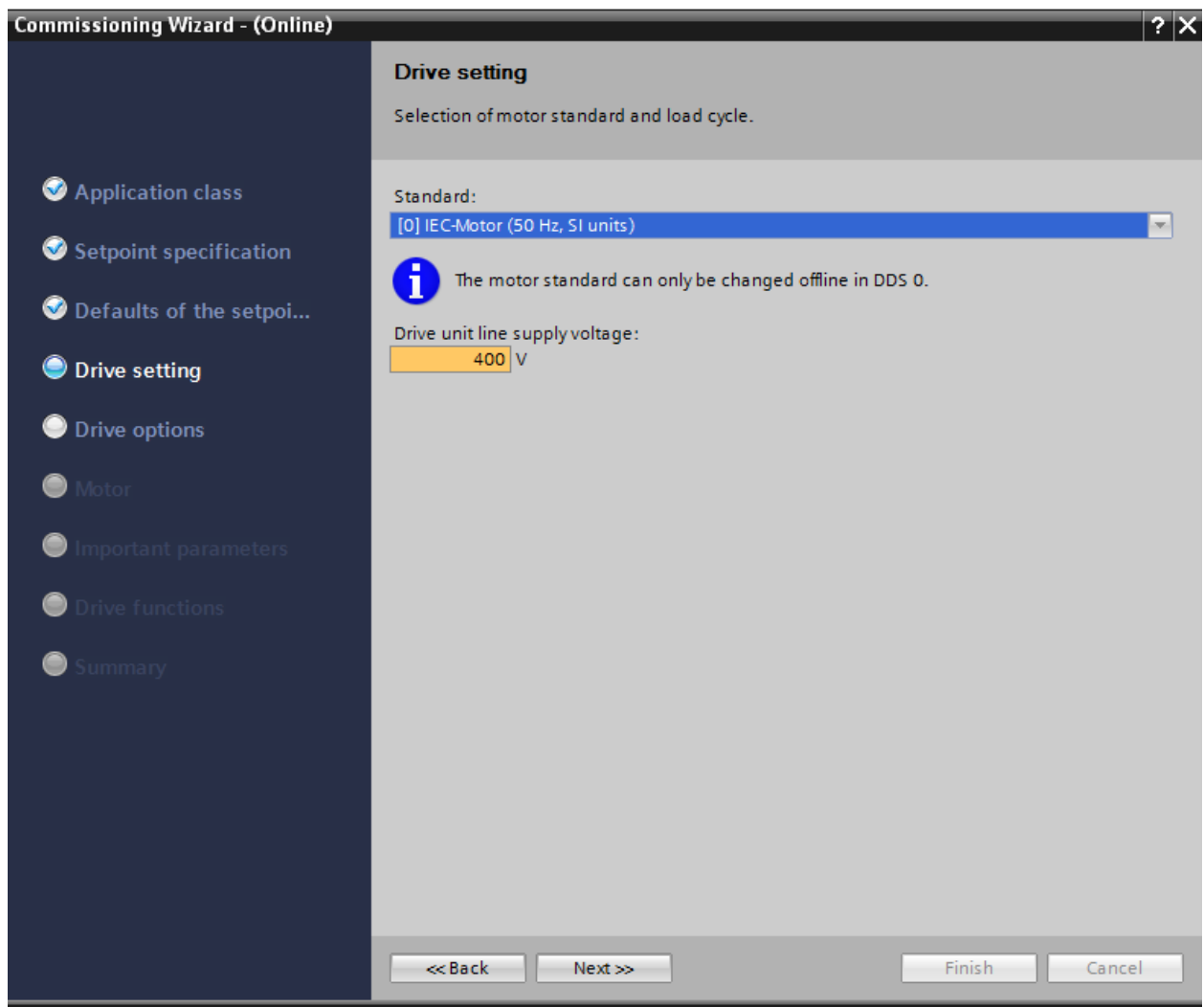
Sl. 4.3 Mjesto spremanje podataka

Treći korak, u kojemu se treba odlučiti za predodređene veze između ulaza i izlaza. Prema slici 4.4. u ovom koraku ima jako puno opcija stoga ih nećemo navoditi. Svaka od opcija ima predefinirane signale, odnosno u svakoj opciji točno se zna što određeni signal radi. Pomoću priručnika treba se razmotriti opcija koja najbolje odgovara. Opcija koja najbolje leži ovom zadatku je standardni ulazi i izlazi s analognim vrijednostima. U ovoj se opciji uz pomoć DI 0 pali i gasi elektromotor.



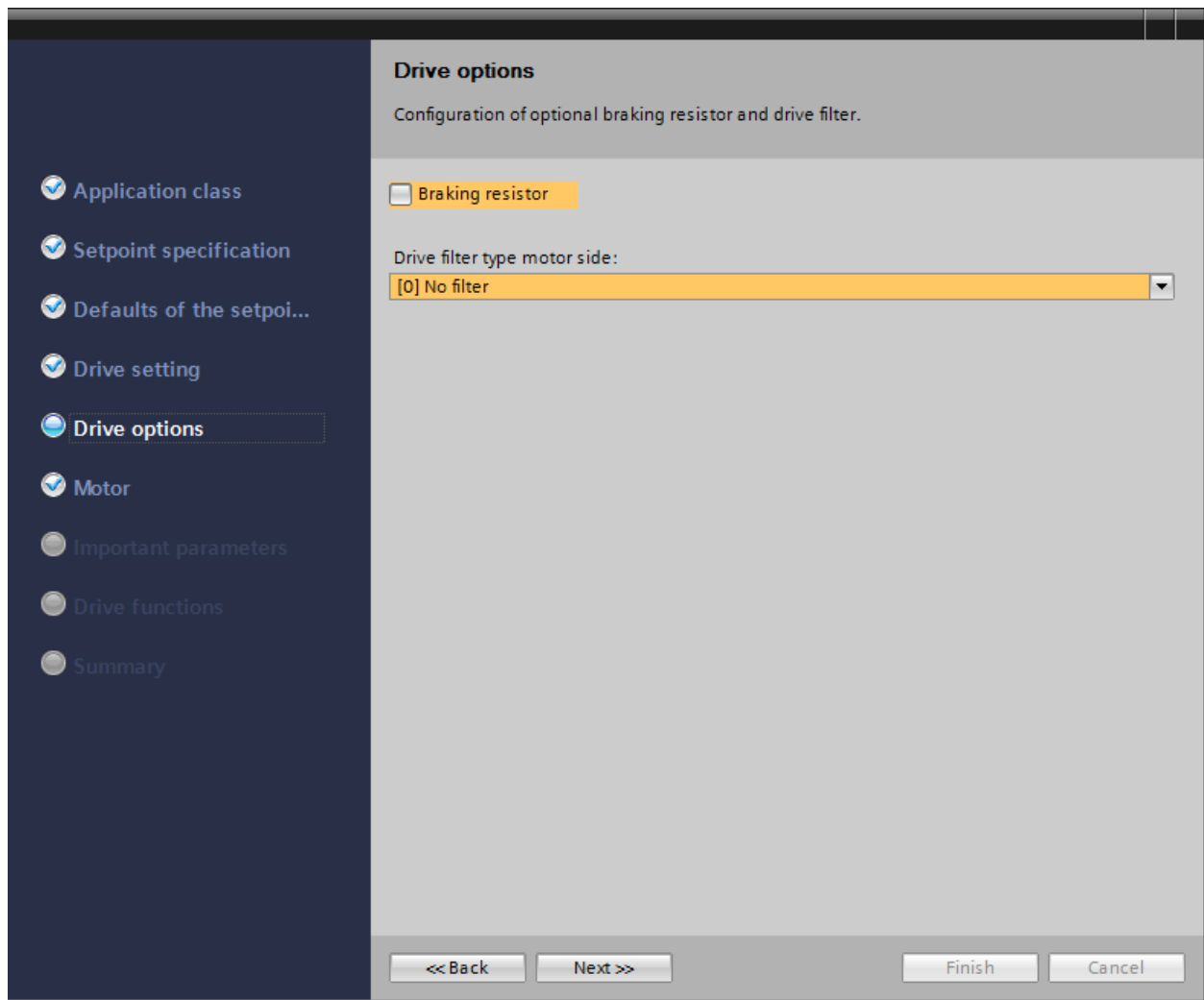
#### SI. 4.4 Odabiranje predodređenih opcija signala

U četvrtom koraku treba se izabrati standard motora te napajanje. Prema slici 4.5. moguće je izabrati 3 opcije. IEC motor koji radi pri frekvenciji od 50 Hz te koristi se SI sustav. Druga opcija je NEMA motor koji radi pri frekvenciji od 60 Hz te koristi također SI sustav, a treća opcija je isto NEMA motor, ali ne koristi SI sustav. U Europi se koriste motori od 50 Hz stoga odabiremo IEC motor. Motor je trofazni i zbog toga ima napajanje od 400 V.



Sl. 4.5 Odabir standarda motora

U petom koraku prema slici 4.6. potrebno je odrediti žele li se koristiti dodatne opcije. Treba vidjeti je li potrebno koristiti kočioni otpornik te neki od mogućih filtera. Mogućnosti su: bez filtera, motorni reaktor,  $dV/dT$  filter, Siemensov filter sinusnog vala, filter sinusnog vala drugog proizvođača. Kočioni otpornik bi bilo dobro koristiti radi brzog zaustavljanja zbog sigurnosti. Dobro ga je koristiti jer on smanjuje zagrijavljanje motora pri naglom usporavanju. Ipak je odlučeno da u ovom zadatku to neće biti potrebno odnosno samo bi bilo dodatan trošak.



**Sl. 4.6 Pregled dodatnih opcija**

U šestom korakuprema slici 4.7.potrebno je specificirati motor. Ako se koristi Siemensov motor potrebno je samo odabrati taj motor i svi se parametri sami ispune, ali ako se ne koristi Siemensov motor onda se sve mora ručno unositi. Nije korišten Siemensov motor pa je bilo potrebno iščitati s natpisne pločice karakteristike elektromotora koji se koristi te ih zapisati u programu. Također, potrebno je znati kakav je spoj kod elektromotora, način hlađenja te odrediti senzore za temperaturu. Inducirani elektromotor odnosno asinkroni koji se parametrirao je spojen u zvijedu i ima hlađenje uz pomoć ventilatora.



Commissioning Wizard - (Online)

**Motor**  
Specification of motor type and motor data.

Motor configuration  
Enter motor data

Select motor type  
[1] Induction motor

Select the connection type for your motor and 87 Hz operation:  
Star  Motor 87 Hz operation

Please enter the following motor data:

Parameter	Parameter text	Value	Unit
p305[0]	Rated motor current	12.50	Arms
p307[0]	Rated motor power	5.50	kW
p311[0]	Rated motor speed	1455.0	rpm

The following motor data is pre-assigned and can be changed if required:

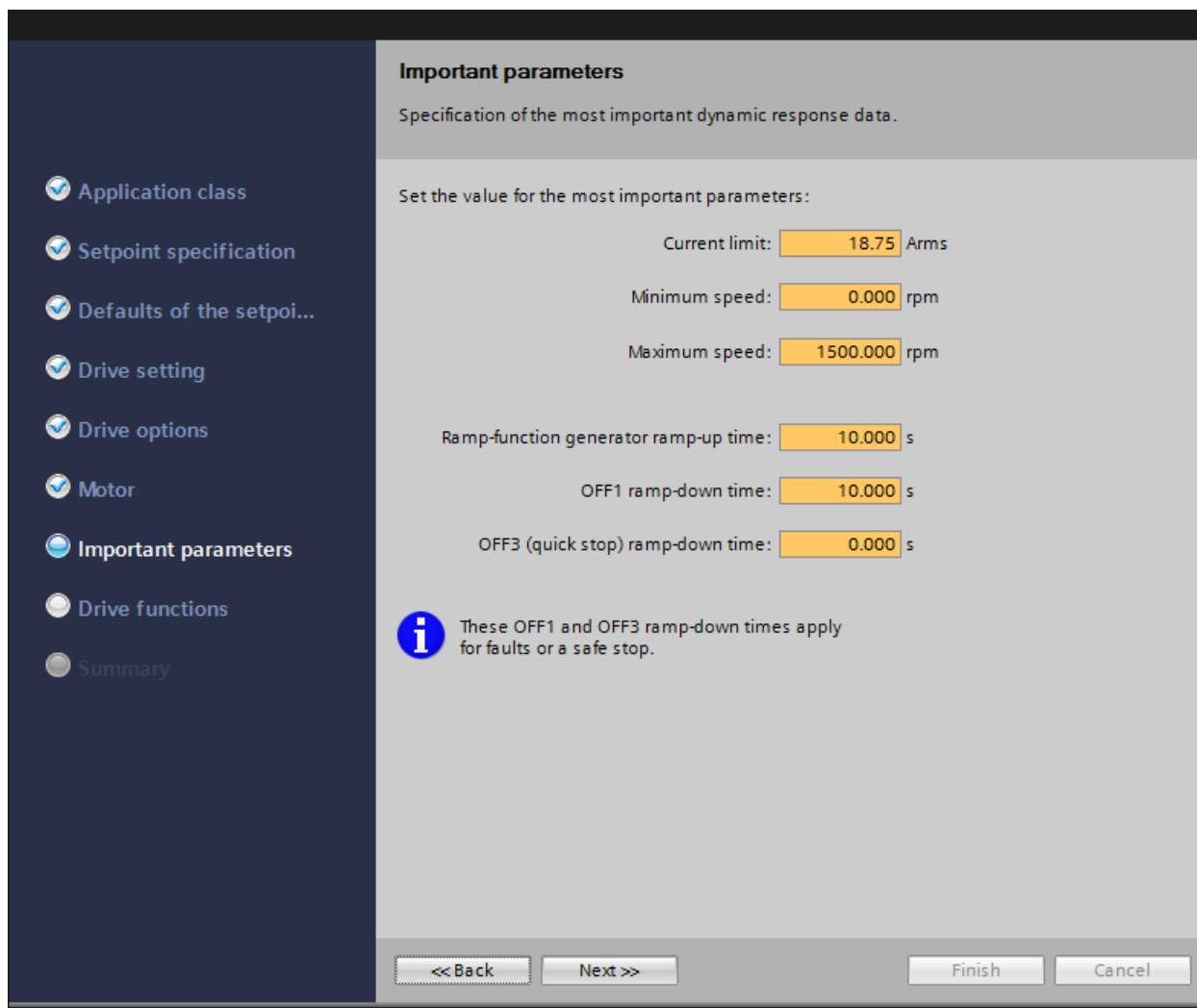
Parameter	Parameter text	Value	Unit
p304[0]	Rated motor voltage	400	Vrms
p310[0]	Rated motor frequency	50.00	Hz
p335[0]	Motor cooling type	[0] Natural ve...	

Temperature sensor:  
[0] No sensor

<< Back    Next >>    Finish    Cancel

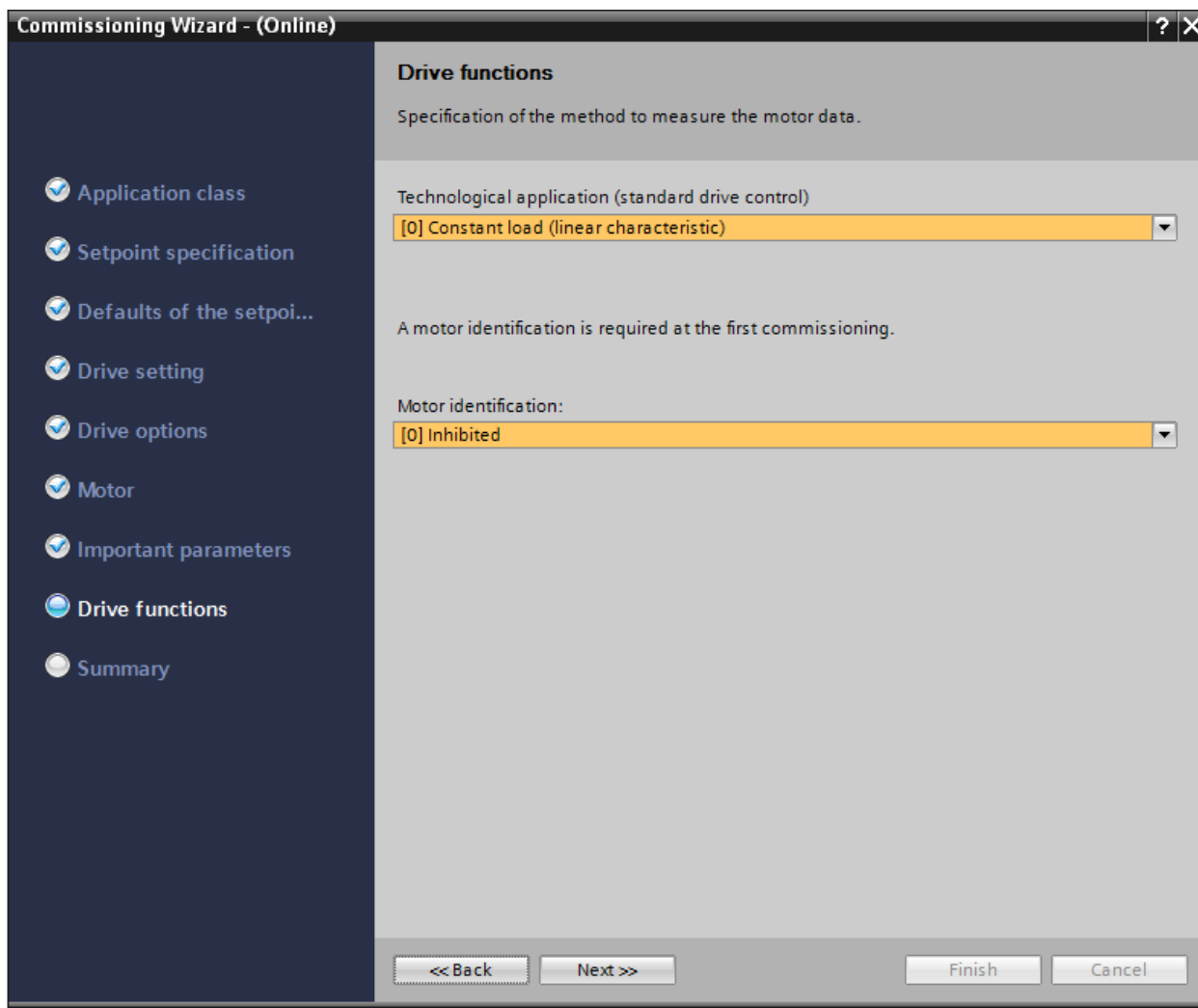
Sl. 4.7 Odabiranje vrste motora

U sedmom koraku prema slici 4.8. potrebno je odrediti parametre vezane uz vrtnju i sigurnost motora. Treba se odrediti: maksimalna struja, minimalna brzina, maksimalna brzina, vrijeme potrebno da pri paljenju dođe do referentne veličine, vrijeme potrebno da se ugasi potpuno te vrijeme potrebno da se ugasi zbog sigurnosnih razloga.



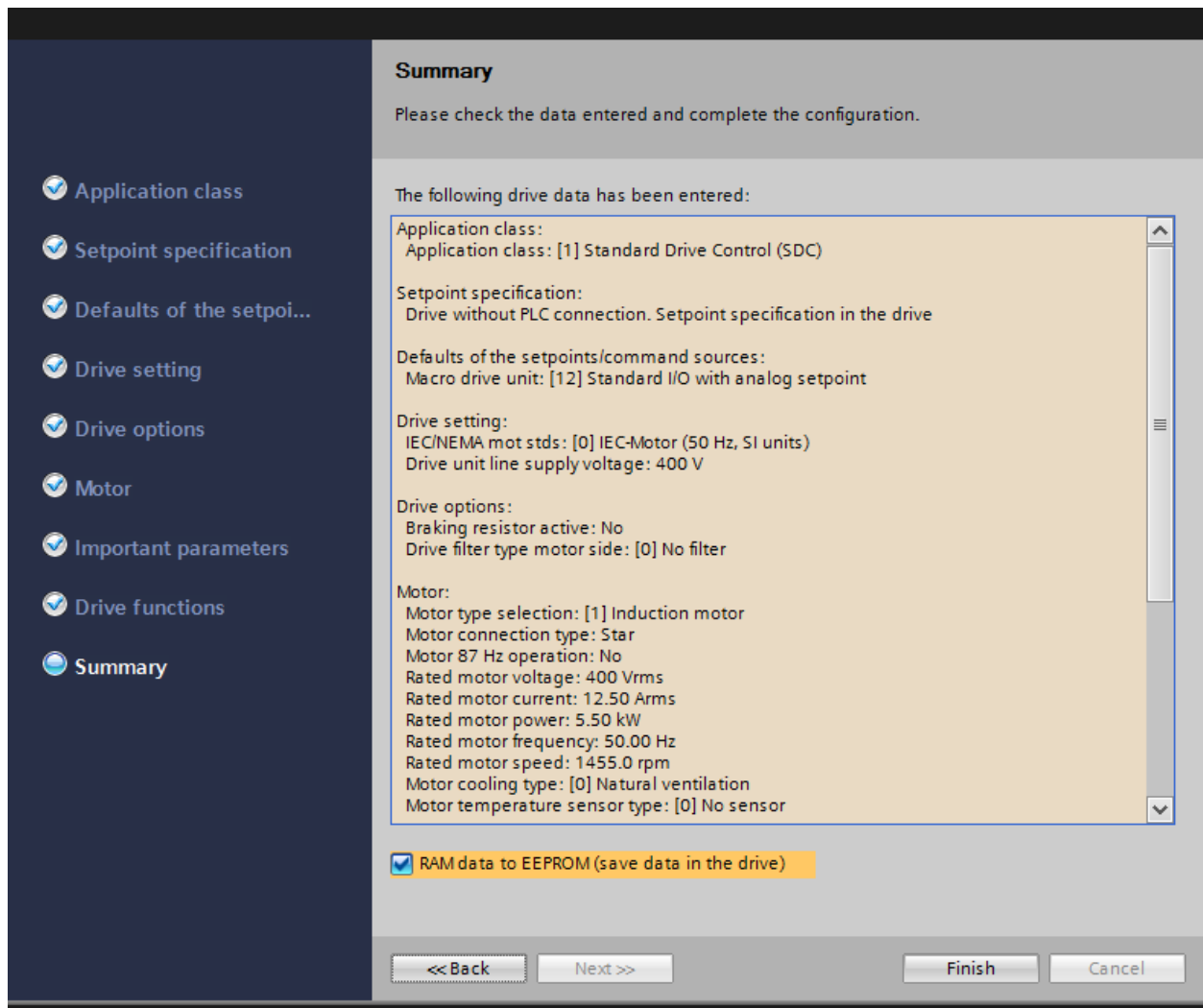
Sl. 4.8 Određivanje parametara

Osmi korak je korak prema slici 4.9. u kojemu se treba odrediti metoda skupljanja podataka motora te identificirati motor pri prvom puštanju u rad. Može se birati žele li se podaci skupljati linearnom ili paraboličnom karakteristikom. Linearna karakteristika predstavlja konstantno skupljanje dok parabolična ovisi o brzini motora. Pri parametriranju motor nije bio spojen stoga pod identifikaciju motora potrebno je staviti inhibited. Ne smije se staviti ništa drugo u ovom slučaju jer bi frekvencijski pretvarač poslao malo struje da dobije odziv i provjeri elektromotor, a pošto u tom trenutku motor nije bio spojen postojala je mogućnost kvara.



Sl. 4.9 Potvrda o trenutno spojenom elektromotoru

Deveti, ujedno i zadnji korak prema slici 4.10. je korak u kojemu je potrebno provjeriti do sada unesene podatke te prihvatiti spremanje podataka bez kojeg se ne može završiti parametrisanje.



Sl. 4.10 Potvrđivanje vrijednosti

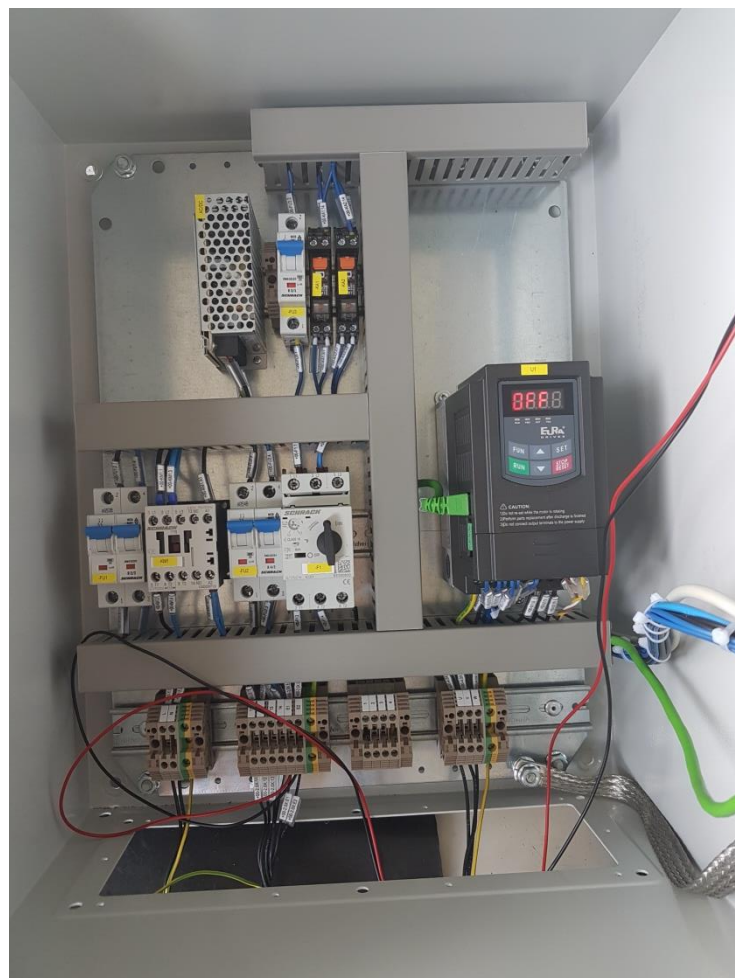
## 4.1. Primjer korištenja frekvencijskog pretvarača

Parametrirani frekvencijski pretvarač može se koristiti u mnoge svrhe. Ovisno o mjestu gdje će se koristiti, potrebno ga je malo izmijeniti te uz pomoć PLCa. Tvrtka TEO – Belišće je pokazala jedan od projekata na kojem trenutno rade. Radi se o stroju koji testira zemlju. Sastoji se od elektromotora povezanim na frekvencijski pretvarač i bubanj. Unutar bubnja stavlja se zemlja te se može promatrati čitav proces. Zasniiva se na centrifugalnoj sili. Taj se projekt radi za Građevinski Fakultet Osijek. Uz pomoć frekvencijskog pretvarača nadzire se brzina motora. Prema slici 4.11 se može vidjeti bubanj u kojem će se nalaziti zemlja.



**Sl. 4.11 Bujanj za testiranje zemlje**

Prema slici 4.12 vidi se razvodna kutija.



Sl. 4.12 Razvodna kutija

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu bilo je potrebno parametrirati frekvencijski pretvarač Siemens Sinamics G120C. Potrebna je velika teorijska podloga prije parametriranja jer je ovo prvi susret sa sličnim. Frekvencijski pretvarač kontrolira brzinu vrtnje elektromotora pa je zbog toga trebalo detaljnije objasniti elektromotore, vrste elektromotora, dijelove te način rada. Također je potrebna teorijska podloga za frekvencijske pretvarače prije parametriranja. Parametriranje se radilo uz sumentorstvo firme TEO – Belišće. Uz njihovu podršku i veliki broj literature uspješno je izvršeno parametriranje. Na kraju parametriranja dobiven je elektromotor koji je moguće upaliti i ugasiti postepeno te je ugrađeno i sigurnosno zaustavljanje odnosno brzo zaustavljanje. Navedeni parametrirani frekvencijski pretvarač moguće je koristiti u razne svrhe. Uz male dorade frekvencijski pretvarač koristi se u stroju koji testira svojstva zemlje pri gradnji. To je ujedno i projekt na kojem firma radi za Građevinski fakultet. Zapravo se frekvencijski pretvarač koristi gotovo u svim industrijama. Moguće je poboljšati parametriranje da se uvedu nove funkcije koje daju sigurnosne funkcije kao npr. bolje kontroliranje topline.

## LITERATURA

- [1] I. Mandić, V. Tomljenović, M. Pužar, Sinkroni i asinkroni električni strojevi, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, 2012.
- [2] Danfoss, Najvažnije o frekvencijskim pretvaračima, Graphis Zagreb, tiskano u Hrvatskoj, 2009
- [3] Siemens, Sinamics G120C List Manual, 2015.
- [4] Siemens, Sinamics G120C Inverter, 2011.
- [5] Siemens, Sinamics G120C Frequency inverter, 2011.
- [6] R. Wolf, Osnove električnih strojeva, Školska knjiga, Zagreb, 1985.



## SAŽETAK

Elektromotori bez frekvencijskih pretvarača nemaju gotovo nikakvih funkcija osim da se mogu uključiti i isključiti. Teško je kontrolirati brzinu elektromotora za određene načine rada. Treba se dobro analizirati da se mogu postaviti uvjeti po kojima će elektromotor raditi. Potrebno je imati dobru teorijsku podlogu o elektromotrima kao i o samim frekvencijskim pretvaračima. U završnom radu koristio se frekvencijski pretvarač Siemens Sinamics G120C. Priprema je bila potrebna, trajala je par mjeseci i sastojala se od učenja o elektromotorima i frekvencijskim pretvaračima. Nakon toga bilo je potrebno doći u firmu TEO – Belišće i uz njihovu pomoć postepeno parametrirati. Specifikacije elektromotora su prvo unesene u program te nakon toga je omogućeno paljenje i gašenje elektromotora. Također je omogućeno i postepeno paljenje (10 sekundi) i gašenje. Potrebno je bilo i omogućiti sigurnosno zaustavljanje. Završeno je parametriranje i bilo je potrebno vidjeti u praksi gdje se može koristiti s dodatnim funkcijama. Primjer koji je pokazan u firmi je stroj koji testira svojstva zemlje na kojoj će se praviti građevina.

Ključne riječi: Elektromotor, frekvencijski pretvarač, parametriranje.

## **ABSTRACT**

Electric motors without frequency converters have almost no additional features except being able to be turned on and off. Electric motors are not easy to be operated with within certain modes of operation. Preset conditions are to be set up upon the conduction of a thorough analysis. A core thing is to have sound theoretical background about electric motors and frequency dividers. For the purpose of this paper, Siemens Sinamics G120C was used. Preparations were necessary; they lasted for a few months and consisted of learning about electric motors and frequency dividers. The next step was to come to company TEO – Belišće and sequentially parameterize with their assistance. Entering the specifications of an electric motor in the program, ignition and extinguishing were enabled. Gradual ignition and extinguishing (10 seconds) were also enabled. Furthermore, providing a safety stop was of utmost importance. Parameterizing was finished and it was necessary to see where a frequency divider can be used with some additional functions. The example shown in the company was a machine which test properties of earth where a construction will be built.

Keywords: electric motor, frequency divider, parameterizing.

## **ŽIVOTOPIS**

Marko Pandža rođen 18. srpnja 1995. u Slavonskom Brodu gdje još uvijek živi. Završio je osnovnu školu A. Mihanović u Slavonskom Brodu, nakon toga upisuje gimanziju Matije Mesića, smjer opći. Tijekom srednjoškolskog obrazovanja radio je ljeti u firmi Primax. Nakon srednjoškolskog obrazovanja upisao je preddiplomski studij računarstva na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.