



ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

Uputstvo za rad sa pretvaračem

Sinamics S120

Autori:

Snežana Buzatov, student master studija

Dr Leposava Ristić, docent

Sadržaj:

1. Uvod	3
2. Program za rad sa Sinamics S120 frekventnim pretvaračem - <i>Starter</i>	5
2.1. Sadržaj programa <i>Starter</i>	5
3. Parametrizacija i puštanje u pogon.....	6
3.1. Kreiranje projekta za upravljačku jedinicu oznake CU310 PN	6
3.1.1. Uspostavljanje komunikacije sa upravljačkom jedinicom oznake PN (<i>Profinet</i>)	6
3.2. Parametrizacija pretvarača za rad sa asinhronim motorom.....	10
3.3. Učitavanje projekta u upravljačku jedinicu.....	18
3.4. Upotreba upravljačkog panela.....	19
3.5. Snimanje signala	22
4. Rampe	26
6. Dodatno podešenje zadate vrednosti - Setpoint addition.....	28
7. Zadavanje graničnih vrednosti za brzinu (<i>Speed limit</i>)	29
8. Ograničenje obrtnog momenta (<i>Torque limit</i>).....	31
9. Regulator brzine (<i>Speed controller</i>)	34
9.1. Filter brzine (<i>Speed setpoint filter</i>).....	35
10. Regulator struje (<i>Current controller</i>).....	37
10.1. Filter struje (<i>Current setpoint filter</i>).....	37
11. <i>Speed setpoint</i> - podešavanje zadate vrednosti za brzinu	39
12. Energetski pretvarač (<i>Power unit</i>)	40
13. Kraj rada	41

1. Uvod

Frekventni pretvarač *Siemens SINAMICS S120*, pretvarač namenjen za potrebe upravljanja asinhronim motorom i sinhronim motorom sa permanentnim magnetima, prikazan je na Slici 1.

Osnovne komponente (moduli) pretvarača *SINAMICS S120* su:

- upravljačka jedinica,
- ispravljačka jedinica (eng. **LM**, *Line Module*) i
- invertorska jedinica, za napajanje motora (eng. **MM**, *Motor Module*).



Slika 1. Sinamics S120 (upravljačka jedinica CU310 PN)

U energetskej jedinici se nalazi ispravljačka jedinica, invertorska jedinica i jednosmerno međukolo. Upravljačka jedinica omogućava tri osnovna načina upravljanja:

- upravljanje sa konstantnim odnosom U/f u otvorenoj petlji,
- servo upravljanje sa povratnom vezom, sa i bez enkodera,
- vektorsko upravljanje sa povratnom vezom, sa i bez enkodera.

Upravljačka jedinica obavlja sledeće funkcije:

- regulaciju pogona sa povratnom vezom (obuhvata: motor, inverter, enkoder),
- komunikaciju sa računarom,
- komunikaciju sa programskim paketom za puštanje u pogon (*Starter*),
- obradu ulaznih/izlaznih signala,
- obradu podataka sa dodatne pločice (eng. *option board*).

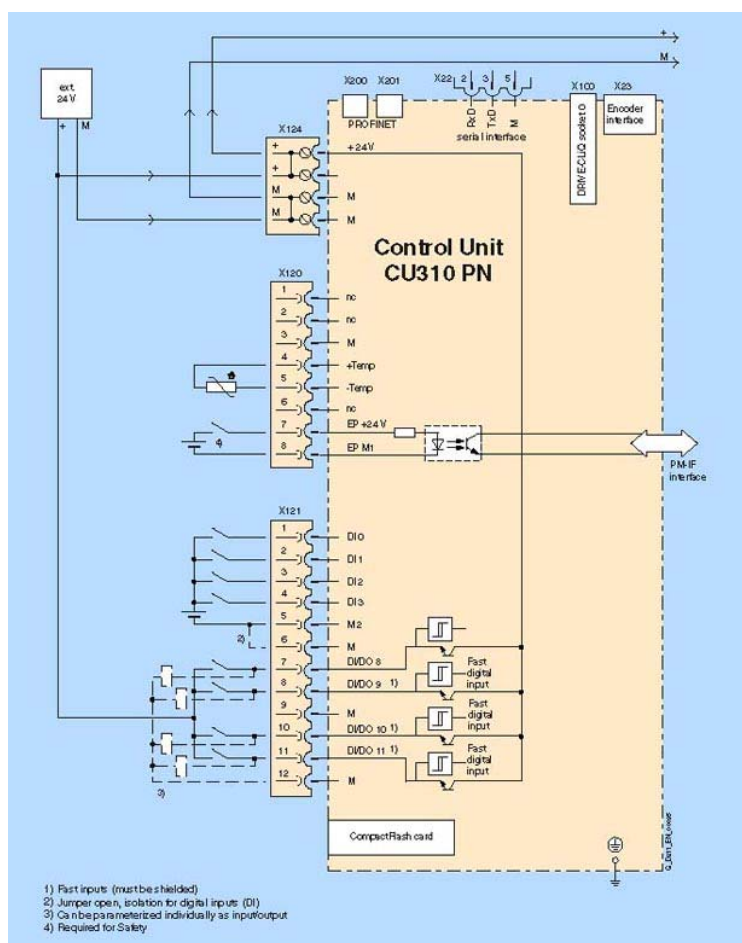
Parametrima upravljačke jedinice se pristupa isključivo putem računara i programa *Starter* koji se može naći na sajtu proizvođača (<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=10804985&subtype=133100&caller=view>).

Postoji više vrsta upravljačkih jedinica za frekventni pretvarač SINAMICS S120, kao što su CU310 DP, koji koristi *Profibus* (eng. **PRO**cess **FI**eld **BUS**) komunikaciju i CU310 PN, koji koristi *Profinet* (eng. **PRO**cess **FI**eld **NET**) komunikaciju.

Upravljačka jedinica sadrži sledeće:

- *DRIVE-CLiQ* interfejs za komunikaciju sa ostalim DRIVE-CLiQ uređajima,
- interfejs za komunikaciju sa energetsom jedinicom,
- interfejs za operatorski panel BOP20 (*Basic Operator Panel*),
- dva *Profinet* interfejsa (RJ45 konektor) ili *Profibus* interfejs (CU310 DP),
- jedan enkoderski ulaz,
- četiri digitalna ulaza,
- četiri digitalna ulaza/izlaza,
- jedan serijski RS232 interfejs,
- *CompactFlash* karticu na kojoj se nalaze parametri pretvarača i ugrađeni softver,
- priključak za napajanje elektronike 24 VDC,
- priključak za uzemljenje (PE).

Na Slici 2. je prikazan primer povezivanja priključaka upravljačke jedinice CU310 PN.



Slika 2. Povezivanje priključaka upravljačke jedinice

2. Program za rad sa Sinamics S120 frekventnim pretvaračem - *Starter*

Programski paket *Starter* se koristi za parametrizaciju i puštanje u pogon pretvarača Siemens iz serije *Micromaster* i *Sinamics*.

Osim puštanja u pogon, *Starter* se koristi i za:

- testiranje,
- optimizaciju parametara pretvarača i
- dijagnostiku.

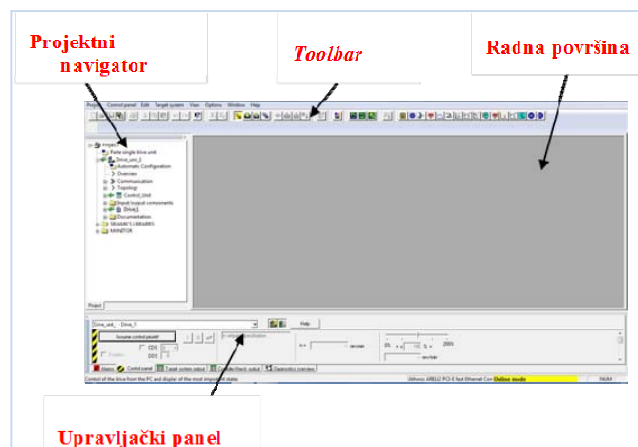
Važne funkcije *Startera* su:

- kopiranje podataka iz RAM memorije računara u ROM memoriju frekventnog pretvarača,
- učitavanje podataka iz računara u odredišni uređaj (*download*),
- učitavanje podataka iz odredišnog uređaja u računar (*upload*),
- puštanje u pogon i upravljanje pogonom,
- vraćanje na fabričko podešavanje,
- prikaz glavnih funkcija pretvarača u vidu ikonica u *Toolbar*-u (traka sa alatkama).

2.1. Sadržaj programa *Starter*

Starter, prikazan na Slici 3. sadrži:

- **Projektni navigator**; prikazuje elemente i objekte koji se mogu dodati u postojeći projekat.
- **Radnu površinu** za kreiranje projekta.
- **Control panel**, koji omogućava upravljanje pogonom.
- **Toolbar** - prikazuje ikonice koje služe za konfigurisanje pogona.
- **Ekspertna lista** , koja predstavlja prikaz svih parametara upravljačke jedinice i pogona.



Slika 3. Sadržaj programa *Starter*

3. Parametrizacija i puštanje u pogon

Prilikom puštanja u pogon pretvarača i motora, potrebno je izvršiti sledeće korake:

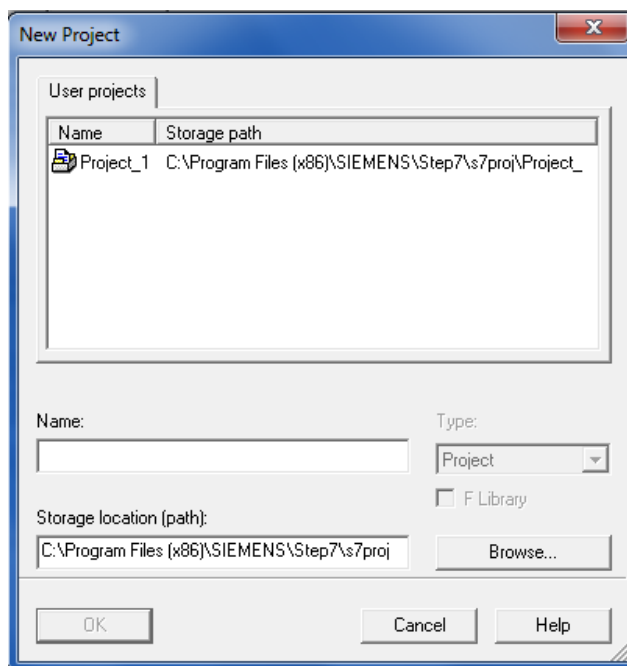
- napraviti projekat,
- automatski uneti i podesiti topologiju komponenata i konfiguraciju pogona,
- konfigurisati motore pogona i proveriti topologiju.

Pre pokretanja projekta *Online* potrebno je ispuniti sledeće pretpostavke:

- komponente pogona su spojene,
- pretvarač je uključen u skladu sa instrukcijama,
- *Profinet* komunikacija upravljačke jedinice je spojena sa računarom.

3.1. Kreiranje projekta za upravljačku jedinicu oznake CU310 PN

Nakon otvaranja *Startera* potrebno je kreirati projekat: odabrati *Project* → *New* (pojavljuje se novi prozor, Slika 4.). U novootvorenom prozoru potrebno je uneti ime projekta.

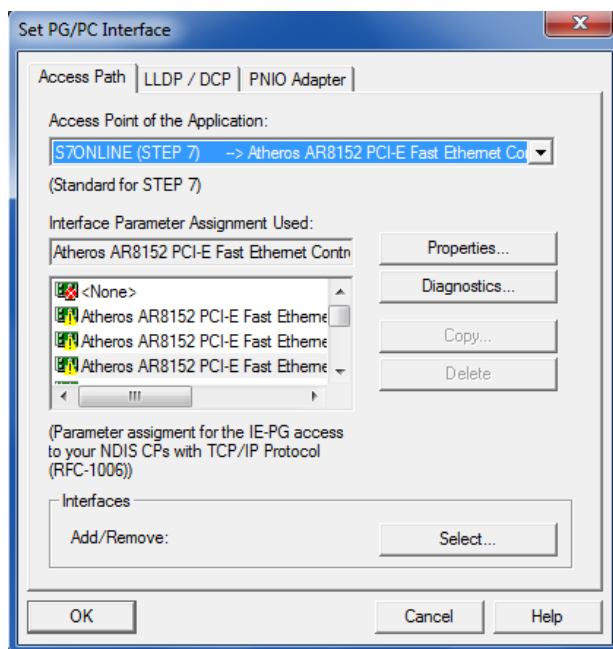


Slika 4. Kreiranje novog projekta

3.1.1. Uspostavljanje komunikacije sa upravljačkom jedinicom oznake PN (*Profinet*)

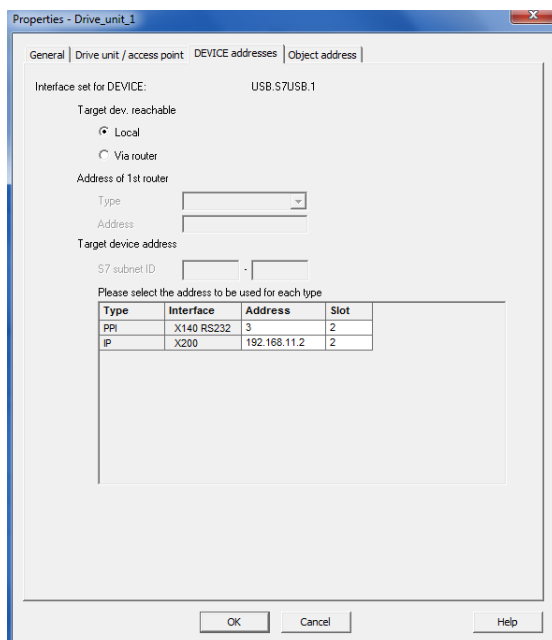
U programu *Starter* potrebno je uspostaviti *Profinet* komunikaciju: odabrati *Options* → *Set PG/PC interface* (pojavljuje se novi prozor, Slika 5.), pa je potrebno odabrati odgovarajuću

mrežnu karticu (u konkretnom primeru *Atheros AR8152 PCI-E Fast Ethernet Controller.TCPIP.Auto.1* <Active>), i potvrditi sa OK.



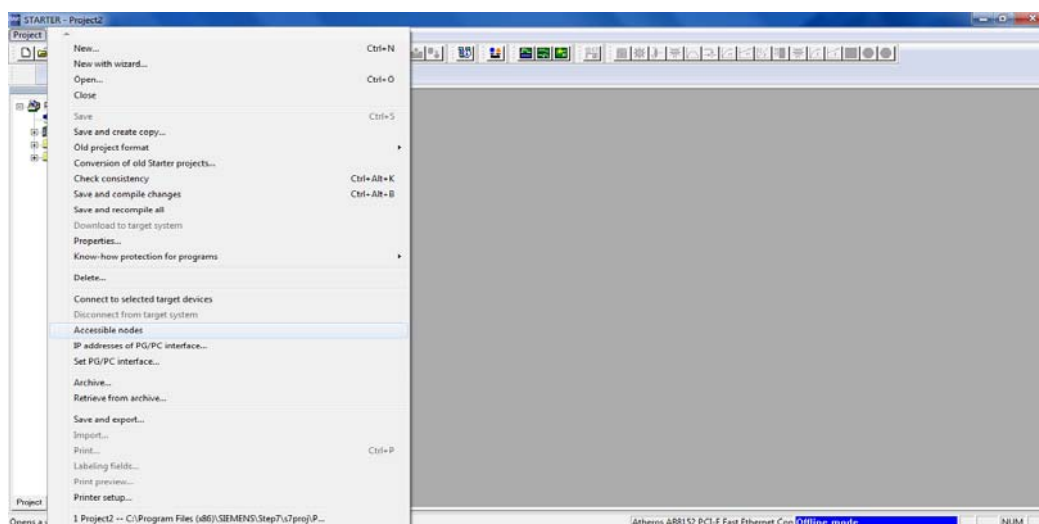
Slika 5. Uspostavljanje *Profinet* komunikacije

Desnim klikom na *Drive_unit_1* → *Properties* prelazi se na *DEVICE addresses* i unosi se odgovarajuća IP adresa (u konkretnom primeru 192.168.11.2), kao što je prikazano na Slici 6.



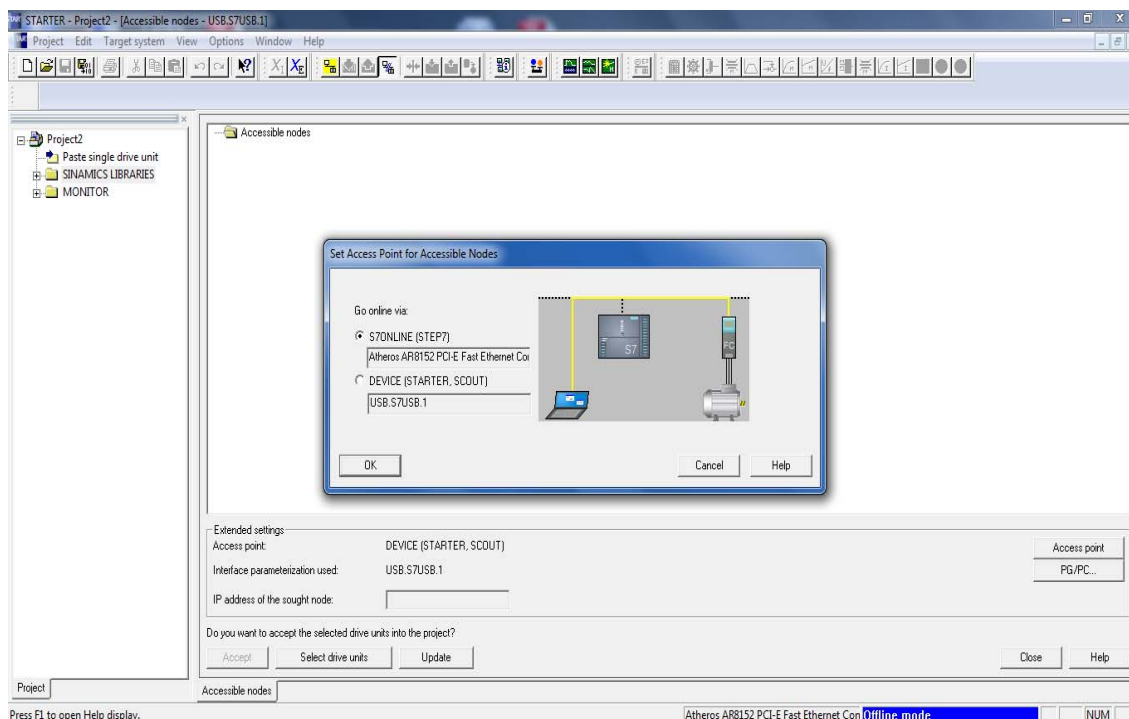
Slika 6. Podešavanje IP adrese

Nakon podešavanja *Profinet* komunikacije i IP adrese, potrebno je detektovati pretvarač na *Profinet* mreži, pa dodati upravljačku jedinicu pretvarača u kreirani projekat: odabrati *Project* → *Accessible nodes* kao što je prikazano na Slici 7. ili kliknuti na ikonicu: 



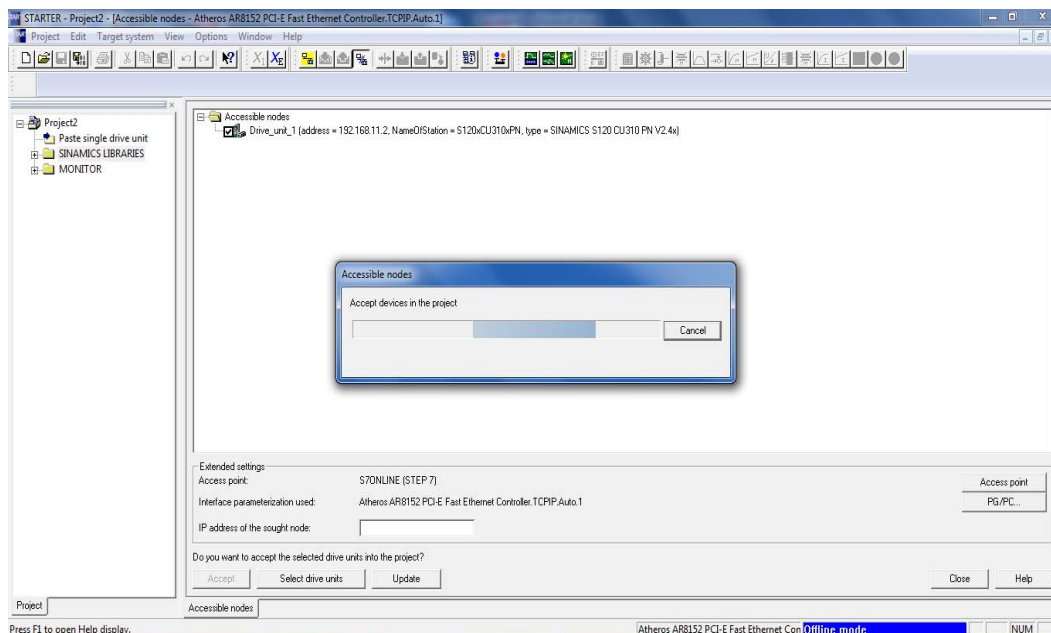
Slika 7. Način pokretanja *Accessible nodes*

Otvaraju se novi prozori, Slika 8. Ova akcija pokreće pretraživanje dostupnih čvorova na *Profinet* mreži, tj. uređaja koji imaju *Profinet* komunikaciju.



Slika 8. Pretraživanje dostupnih čvorova na mreži

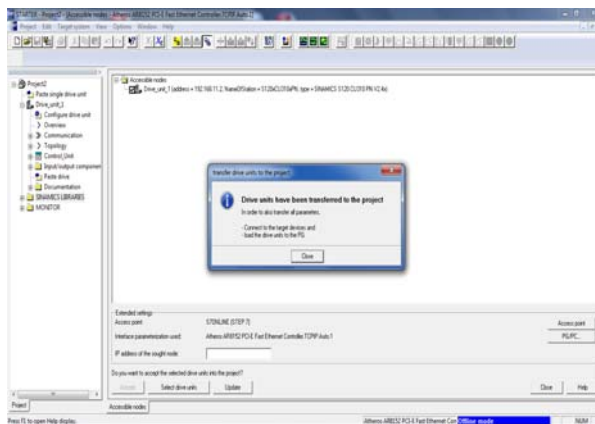
Nakon završetka pretraživanja u prozoru *Accessible nodes*, prikazaće se svi pronađeni čvorovi, Slika 9. Uređaji koje *Starter* može dodati u projekat (upravljačke jedinice pretvarača) se u prikazanom popisu mogu označiti i izborom opcije *Accept* i dodati u kreirani projekat. Postoje i uređaji koje *Starter* ne može dodati u kreirani projekat npr. PLC-ovi, koji se ne mogu označiti već je prikazana samo njihova IP adresa i ime na mreži.



Slika 9. Pretraživanje dostupnih čvorova na mreži

Na Profinet mreži svaki uređaj, pa tako i pretvarač, ima svoju IP adresu i svoje ime. Ime i IP adresa svih uređaja na mreži moraju biti različiti! U laboratoriju su pretvaračima podešene fiksne IP adrese oblika **192.168.xy.z**.

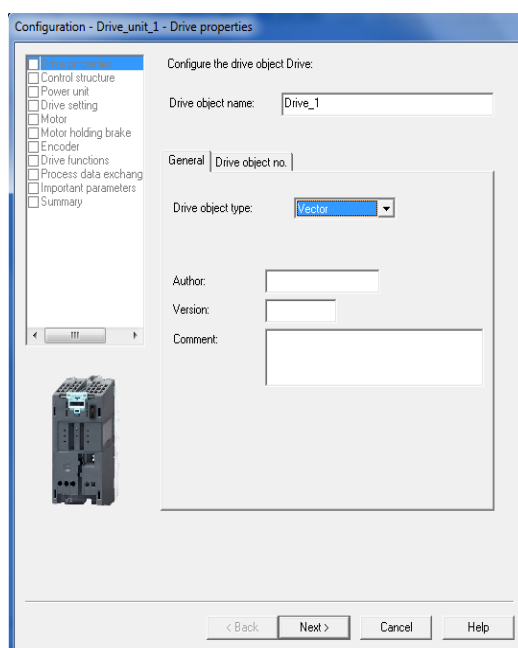
Posle odabira opcije *Accept*, pojavljuje se obaveštenje da je upravljačka jedinica uspešno dodata u projekat (Slika 10). Potrebno je zatvoriti prozor sa obaveštenjem i prozor sa dostupnim čvorovima, izborom opcije *Close*.



Slika 10. Dodavanje pretvarača u projekat

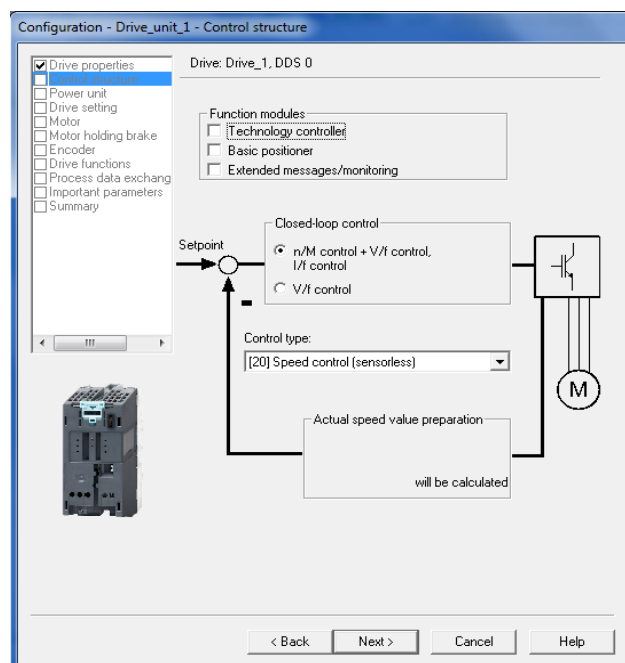
3.2. Parametrizacija pretvarača za rad sa asinhronim motorom

Posle uspostavljanja komunikacije između frekventnog pretvarača i računara u programskom paketu *Starter*, moguće je pristupiti parametrizaciji upravljačke jedinice pretvarača i asinhronog motora. Za početak postupka parametrizacije upravljačke jedinice pretvarača za rad sa asinhronim motorom, potrebno je u *offline* režimu rada na Slici 10. odabrati *Configure drive unit*, nakon čega se otvara prozor, prikazan na Slici 11. U prozoru prikazanom na Slici 11. potrebno je odabrati vrstu pogona. Za asinhroni motor, u konkretnom primeru, potrebno je odabrati *Vector*. Ako je potrebno, moguće je uneti i dodatne podatke, kao što su različiti komentari ili autori. Nakon toga, potrebno je pritisnuti *Next*, pri čemu se otvara prozor prikazan na Slici 12.

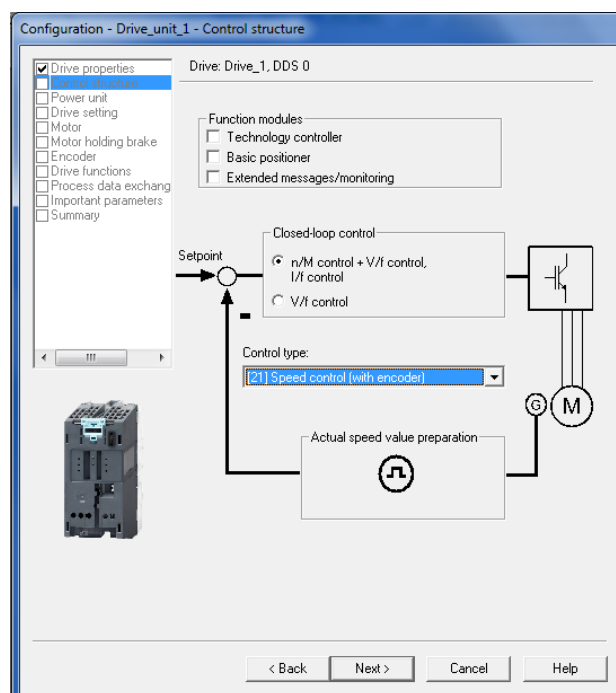


Slika 11. Definisanje imena pogona i odabir vrste pogona

Na Slici 12. i Slici 13. prikazana su dva načina upravljanja brzinom obrtanja. Na Slici 12. odabrana je metoda upravljanja brzinom obrtanja u zatvorenoj petlji bez enkodera *Speed control (encoderless)*. Na Slici 13. odabrana je metoda upravljanja brzinom obrtanja u zatvorenoj petlji sa enkoderom *Speed control (with encoder)*. U drugom slučaju, sa enkoderom, potrebno je podesiti i njegove parametre. Posle izbora načina upravljanja potrebno je pritisnuti *Next*.



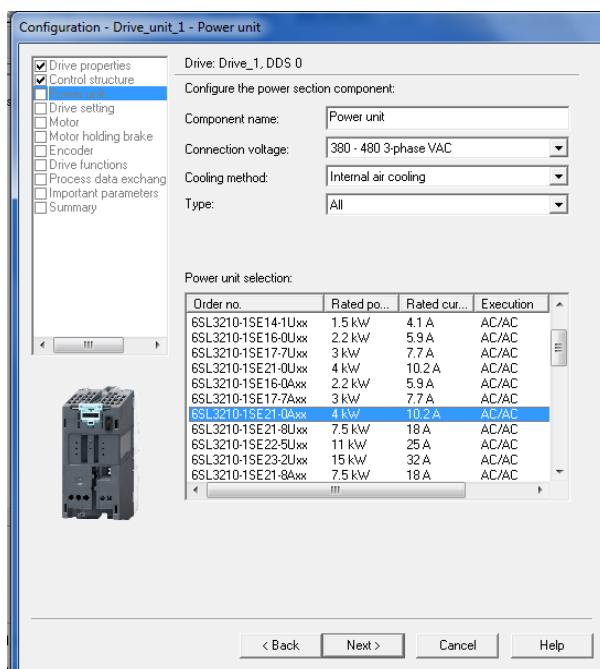
Slika 12. Biranje načina upravljanja bez enkodera



Slika 13. Biranje načina upravljanja sa enkoderom

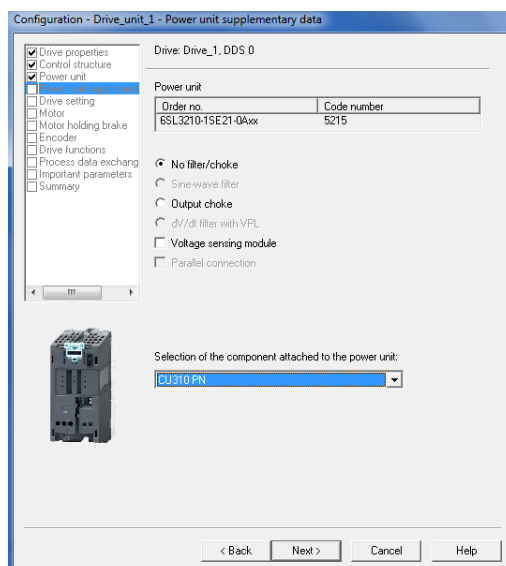
U sledećem koraku je u prikazanom prozoru potrebno odabrati parametre energetske jedinice, Slika 14. Pre toga je obavezno napraviti identifikaciju energetske jedinice i prepisati njene

podatke. Prema podacima sa natpisne pločice, bira se tip energetske jedinice i to prema serijskom broju, a zatim se odabere opcija *Next*.



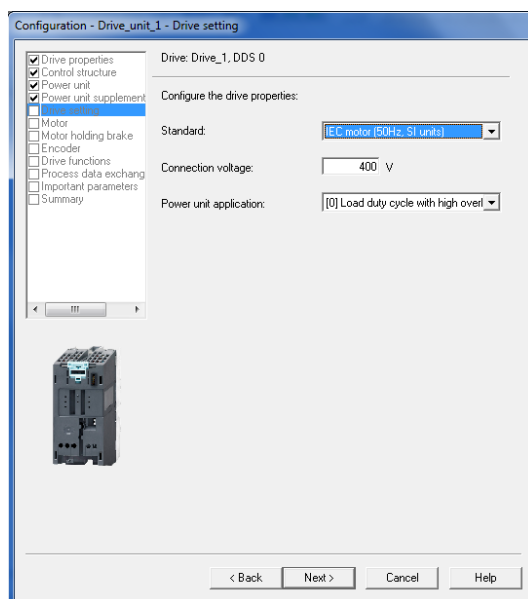
Slika 14. Parametri energetske jedinice

U prozoru koji sledi, a prikazan je na Slici 15, moguće je odabrati filtre, prigušnice i tip upravljačke jedinice spojene na energetska jedinicu. Kada na ulazu i izlazu energetske jedinice nije spojen filter, potrebno je odabrati opciju *No filter/choke* kao na Slici 15. i kliknuti *Next*. Detaljnije informacije o filtrima i parametrizaciji istih moguće je pronaći u dokumentu *Siemens Sinamics S120 Function Manual*.



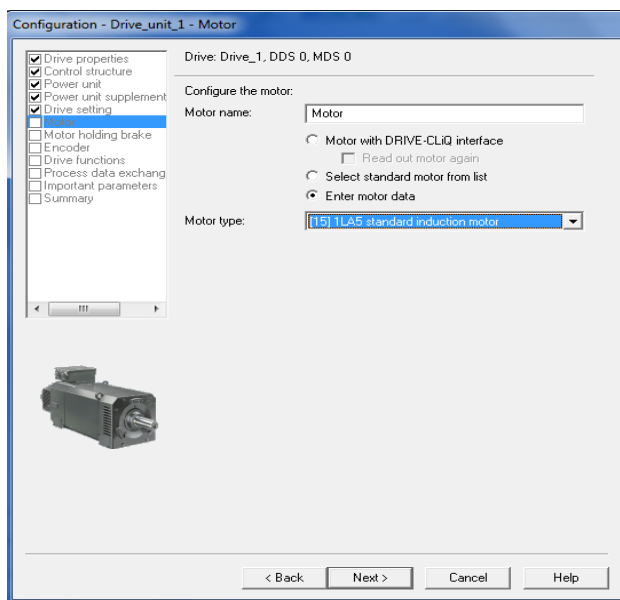
Slika 15. Dodatni podaci o filtrima, prigušnicama i upravljačkoj jedinici

Na Slici 16. potrebno je odabrati Evropski standard jedinica (IEC, SI), priključni napon pretvarača i način rada energetske jedinice, a zatim kliknuti na *Next*.



Slika 16. Standard jedinica, napon i način rada energetske jedinice

U prozoru na Slici 17. potrebno je odabrati tip asinhronog motora. Ovaj podatak se nalazi na natpisnoj pločici motora. U konkretnom slučaju, koristi se *Siemensov* asinhroni motor iz serije 1LA5. Odabir tipa motora treba potvrditi klikom na *Next*.



Slika 17. Biranje tipa motora

Potrebno je zatim za asinhroni motor uneti očitane nazivne podatke sa natpisne pločice motora, Slika 18. Pri unosu, potrebno je obratiti pažnju na to da li je motor spojen u trougao ili u zvezdu, a zatim potvrditi izbor klikom na *Next*.

Configuration - Drive_unit_1 - Motor data

Drive: Drive_1, DDS 0, MDS 0

Motor data, Induction motor (rotary):

Parameter	Parameter text	Value	Unit
p304[0]	Rated motor voltage	400	Vrms
p305[0]	Rated motor current	5.20	Arms
p307[0]	Rated motor power	2.20	kW
p308[0]	Rated motor power factor	0.750	
p310[0]	Rated motor frequency	50.00	Hz
p311[0]	Rated motor speed	1420.0	rev/min
p335[0]	Motor cooling type	bl fan	

☐ Do you want to enter the mechanical data?

☐ Do you want to enter the equivalent circuit diagram data?

< Back Next > Cancel Help

Slika 18. Parametri asinhronog motora

Frekventni pretvarač *Sinamics S120* ima mogućnost automatskog proračuna parametara asinhronog motora. Ukoliko se navedena funkcija želi koristiti, potrebno je na Slici 19. odabrati opciju *Complete calculation with equiv. circuit diagram data*.

Configuration - Drive_unit_1 - Calculation of the Motor/Controller Data

Drive: Drive_1, DDS 0, MDS 0

Calculation of the Motor/Controller Data

☐ No calculation

☐ Complete calculation without equiv. circuit diag. data

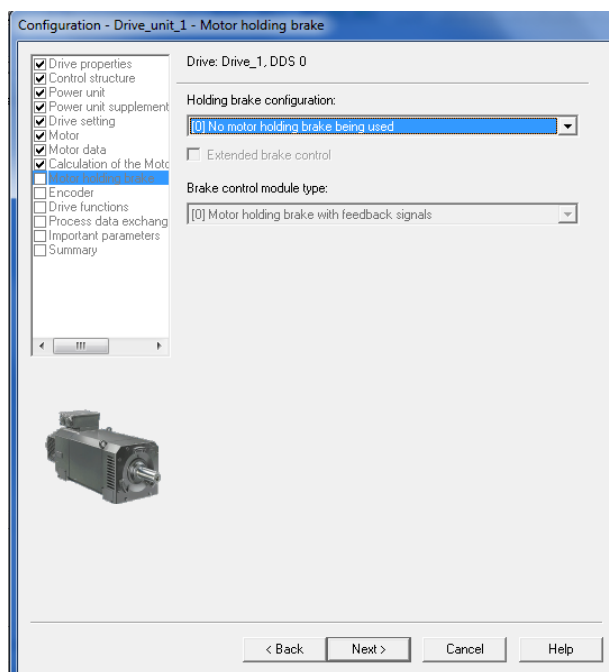
☒ Complete calculation with equiv. circuit diagram data

Note:
The basic settings of the current and speed control and limits as well as the ESB data are calculated from the entered type plate data.
[The type plate data must be complete.]
The calculation overwrites entered ESB data!
Input of the ESB data according to the data sheet is preferable to a calculation.

< Back Next > Cancel Help

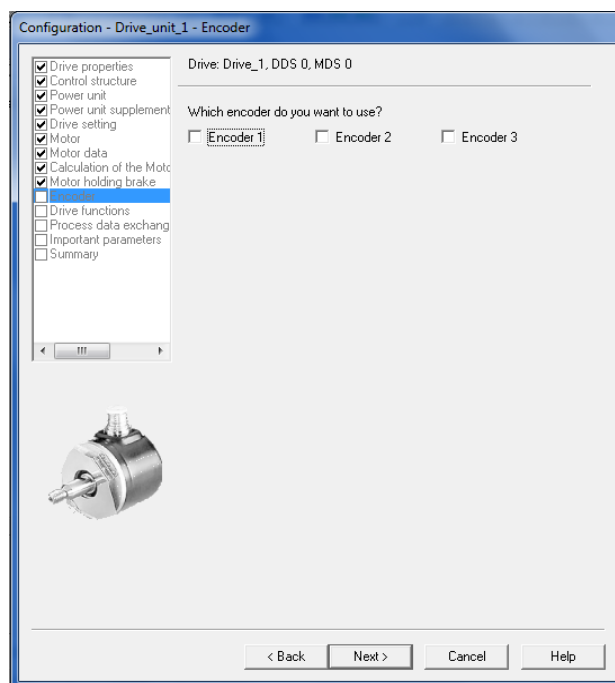
Slika 19. Proračun parametra asinhronog motora

U sledećem koraku je za konkretan slučaj potrebno odabrati da motor ne koristi spoljnu kočnicu i kliknuti *Next*, Slika 20.

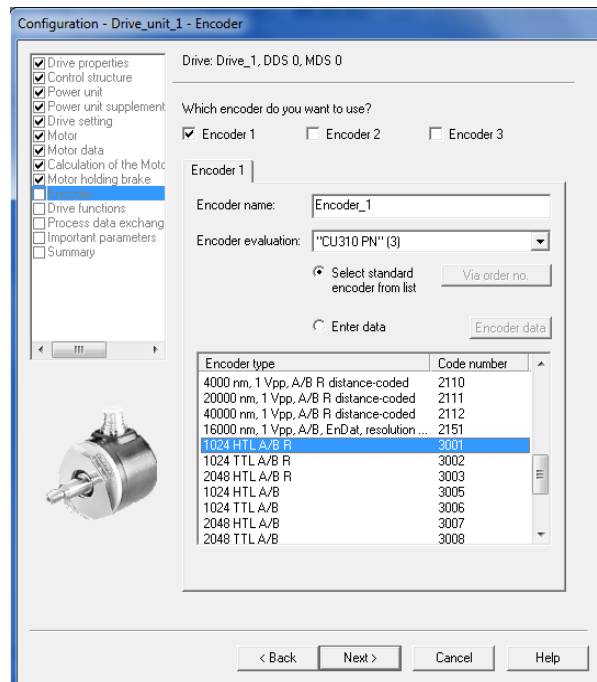


Slika 20. Podaci o kočnici motora

Ukoliko je odabrana struktura upravljanja bez enkodera, ne bira se enkoder, Slika 21. Ako je odabrana struktura upravljanja sa enkoderom, potrebno je definisati parametre enkodera, Slika 22. U konkretnom slučaju, potrebno je odabrati enkoder sa 1024 impulsa sa HTL logikom.



Slika 21. Izbor rada sa enkoderom



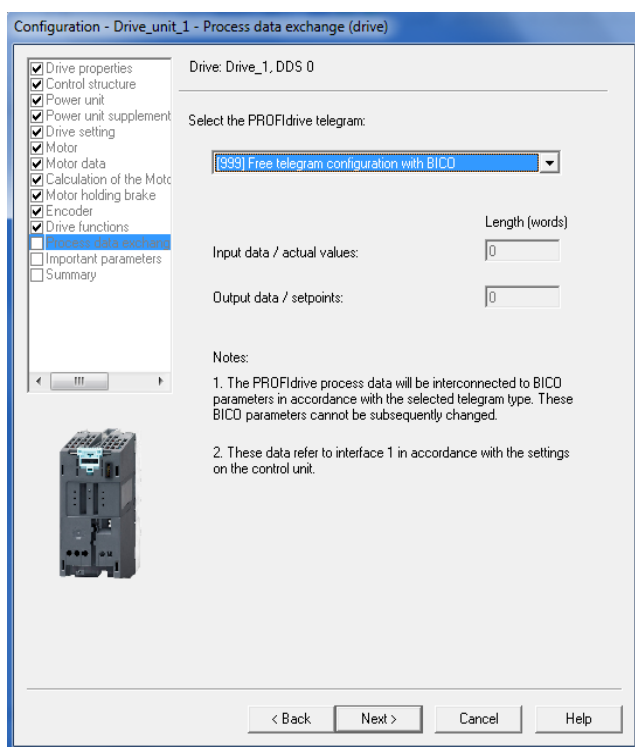
Slika 22. Biranje tipa enkodera

Frekventni pretvarač *Sinamics S120* ima mogućnost automatske identifikacije parametara, a navedenu funkciju je potrebno izvršiti prilikom prvog puštanja u pogon. Za vreme izvođenja ove automatske procedure, na upravljačkom panelu programa *Starter* se ne sme ništa dirati, dok se funkcija ne izvede do kraja. Na ekranu prikazanom na Slici 23. potrebno je odabrati opciju [2], *Motor data identification at standstill*. Izborom navedene opcije, određuju se parametri asinhronog motora.

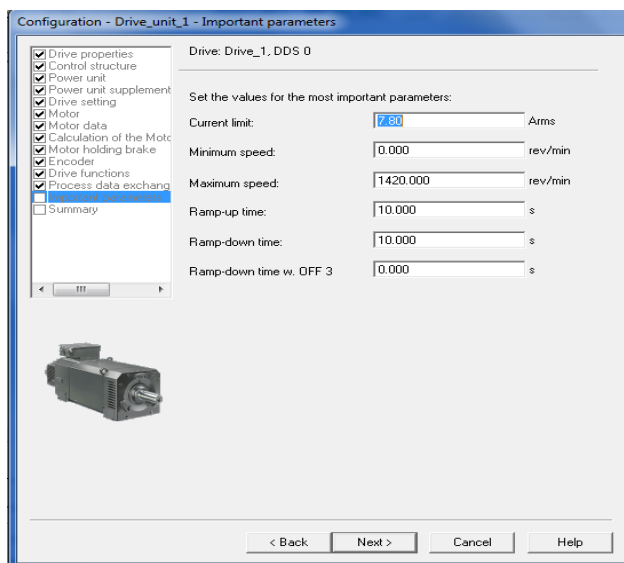


Slika 23. Identifikacija parametra motora

U konkretnom slučaju, pri izboru načina razmene podataka između računara i upravljačke jedinice pretvarača, potrebno je izabrati *Free telegram configuration with BICO*, kao na Slici 24. Nakon toga, treba kliknuti na opciju *Next* za otvaranje prozora za definisanje maksimalne vrednosti struje, minimalne i maksimalne brzine i za podešavanje brzine rampi pri zaletanju i pri zaustavljanju pogona, kao i za definisanje načina zaustavljanja u slučaju prinudnog zaustavljanja (OFF 3). Nakon unosa podataka, kao što je prikazano na Slici 25, treba kliknuti na opciju *Next*.

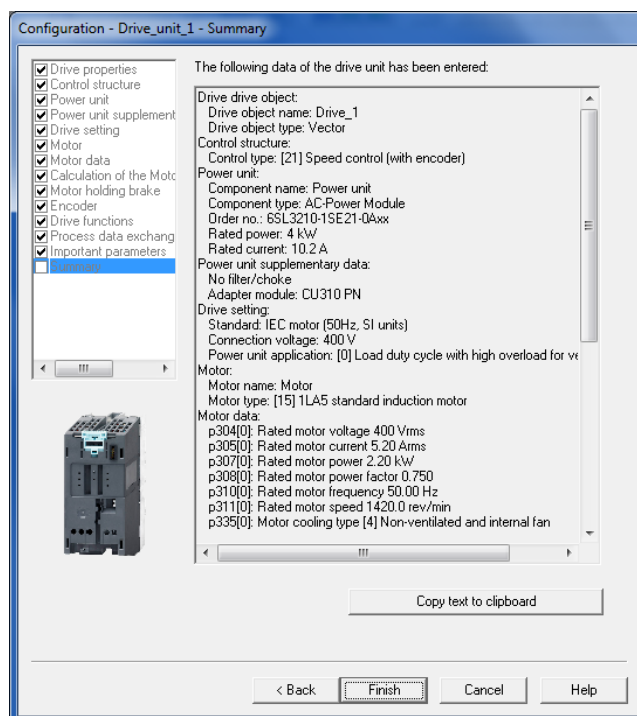


Slika 24. Biranje načina razmene podataka između računara i upravljačke jedinice



Slika 25. Ograničenje struje, podešavanje brzine i rampi pri zaletanj i pri zaustavljanju motora

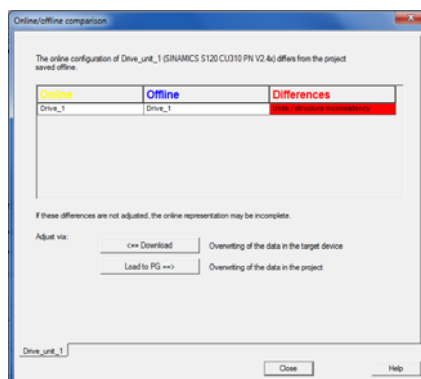
Tada se otvara prozor sa preglednom, sažetom strukturom pogona. Za uspešan završetak podešavanja, potrebno je odabrati *Finish*, kao što je prikazano na Slici 26.



Slika 26. Pregled definisane strukture pogona

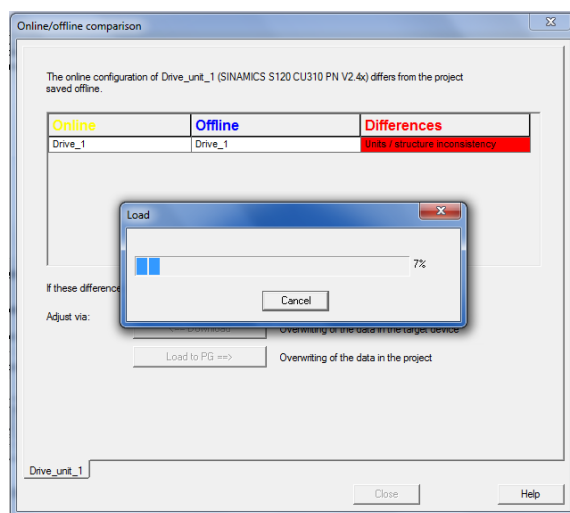
3.3. Učitavanje projekta u upravljačku jedinicu

Za puštanje pogona u rad potrebno je prebaciti se u *Online* način rada. Za prebacivanje u *Online* način rada, u traci sa alatcima na vrhu ekrana (*Toolbar*), potrebno je kliknuti žutu ikonicu: *Connect to target system*, . Uspostavljena je *Online* veza i izvršava se *Online/Offline* poređenje. *Online* režim rada, odnosi se na set parametara koji se nalazi u upravljačkoj jedinici pretvarača, a režim rada *Offline* - na projekat u *Starteru*. Ako se detektuje razlika, onda se ona i prikazuje na ekranu, kao što se može videti na Slici 27.



Slika 27. Upoređivanje *Online/Offline* režima rada

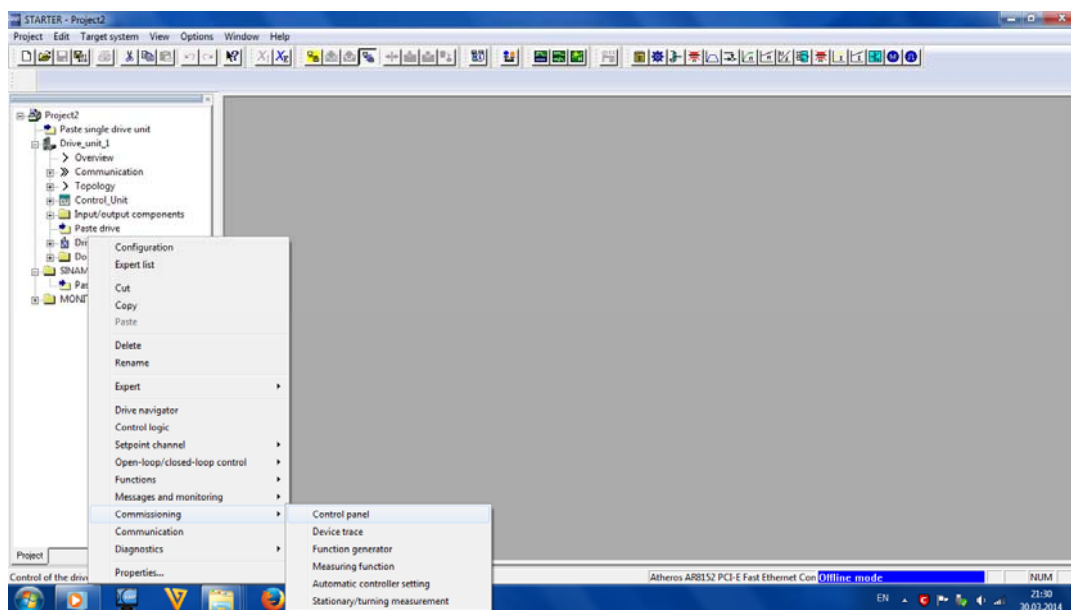
Projekat sada treba učitati u upravljačku jedinicu. Ako je potrebno da se trenutni projekat iz *STARTER*-a učitava u upravljačku jedinicu pretvarača treba kliknuti na *< == Download*. Kada program pita: „*Are you sure?*“, potrebno je kliknuti *Yes*. Program tada šalje projekat upravljačkoj jedinici, kao na Slici 28. Kada program pošalje obaveštenje da su podaci uspešno učitani u upravljačku jedinicu, potrebno je kliknuti *OK*. Ako je potrebno da se trenutni projekat učitava u *STARTER*, treba kliknuti *Load to PG == >*. Kada program pita *Are you sure?*, potrebno je kliknuti *Yes*. Program sada šalje projekat *Starteru*. Kada program obavesti da su podaci uspešno učitani u *Starter*, potrebno je kliknuti *OK*. Ukoliko više ne postoje razlike u *Online/Offline* dijaloškoj kućici, kliknuti *Close*.



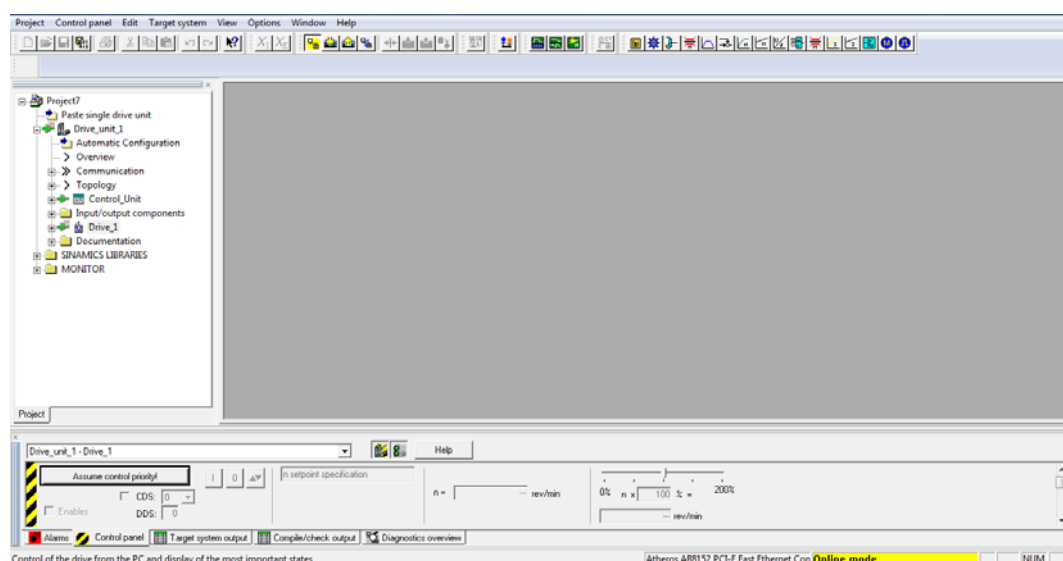
Slika 28. Slanje projekta upravljačkoj jedinici

3.4. Upotreba upravljačkog panela

Posle kreiranja projekta, uspostavljanja komunikacije i učitavanja projekta u upravljačku jedinicu (pretvarač), pojavljuje se zelena ikonica ispred upravljačke jedinice i ostalih podešenih komponenata u projektnom navigatoru. Ovim se signalizira da su projektni podaci u *Starteru* i upravljačkoj jedinici konzistentni. Upravljačka jedinica spremna je za pogon što je moguće ostvariti sa upravljačkog panela (*Control panel*). Za upotrebu upravljačkog panela *Starter*-a i pokretanje motora, potrebno je dvostruko kliknuti na *Control panel* u projektnom navigatoru pod stavkom *Drive_1→Commissioning* kao što je prikazano na Slici 29. Upravljački panel je prikazan u *Starteru* na dnu prozora, Slika 30.

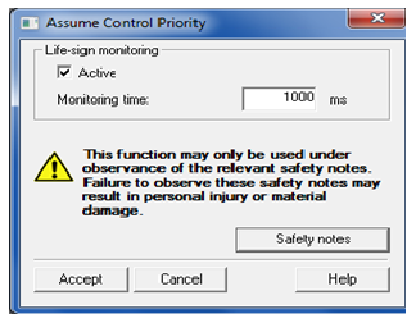


Slika 29. Pokretanje upravljačkog panela



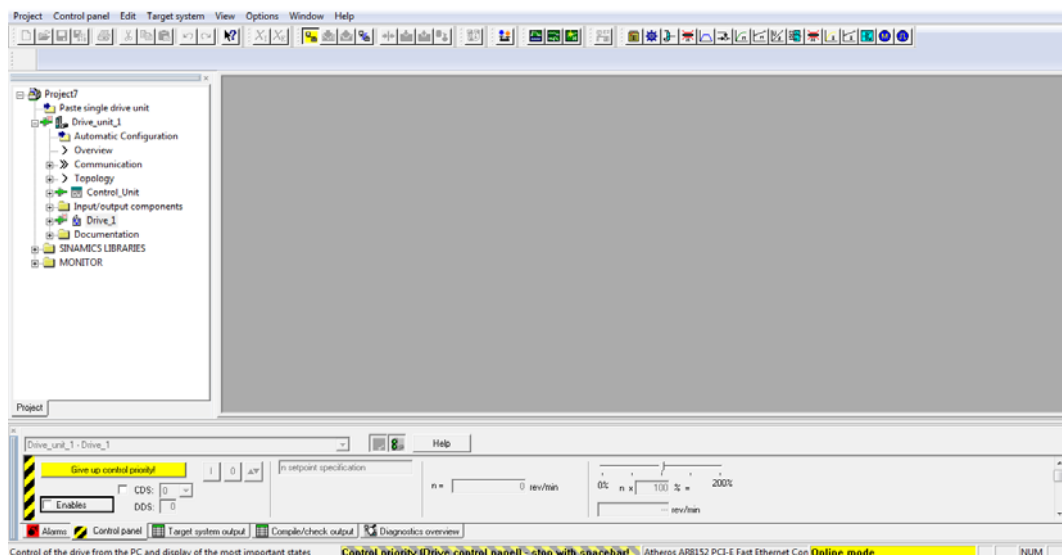
Slika 30. Upravljački panel

Za upotrebu upravljačkog panela potrebno je preuzeti prioritet upravljanja izborom *Assume control priority*. Potrebno je primetiti poruku koja se tada prikazuje u dijaloškom ekranu *Assume Control priority*, Slika 31. Moguće je uneti aplikacijsko nadzorno vreme, npr. 1000 ms. Dijaloški okvir za preuzimanje upravljačkog prioriteta potrebno je potvrditi klikom na *Accept*.



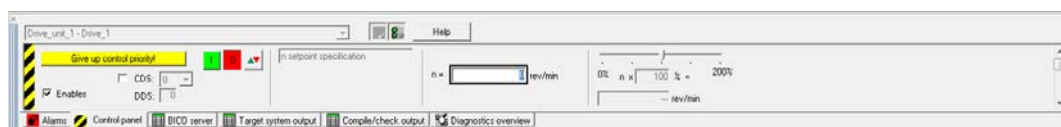
Slika 31. Aplikacijsko nadzorno vreme

Pošto je upravljački panel preuzeo prioritet upravljanja, pojavio se žuti natpis *Give up control priority*, Slika 32. Izborom date opcije moguće je vratiti prioritet upravljanja upravljačkoj jedinici pretvarača.



Slika 32. Preuzimanje prioriteta upravljanja

Za prikaz opcija za pokretanje motora, potrebno je kliknuti na *Enables*, kao što je prikazano na Slici 33.



Slika 33. Prikaz opcija za pokretanje motora

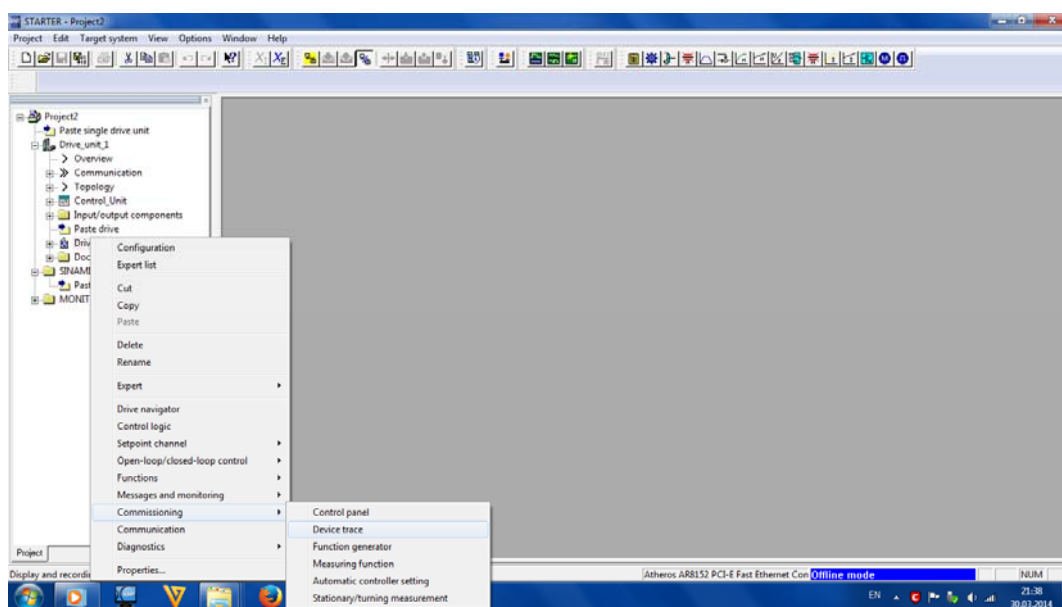
Pri prvom puštanju pogona u rad, obavezna je provera rutine za identifikaciju motora. Ukoliko je rutina odabrana u procesu parametrizacije pretvarača odabirom opcije *Drive on*, klikom na dugme:  rutina se pokreće, pa je potrebno pričekati dok se ista ne obavi i dok se pogon ne isključi.

Upisom referentne vrednosti za brzinu, motor se pokreće. Referentnu vrednost brzine treba unositi pažljivo s obzirom na nazivnu vrednost brzine, iako u programu postoji zaštita, odnosno

ograničenje maksimalne vrednosti brzine. Kada se klikne na *Drive off*, odnosno: 0 motor se zaustavlja. Takođe, moguće je izvesti brzo zaustavljanje (*fast stop*), pritiskom na *space* na tastaturi računara. Ukoliko se tokom pokretanja pojavi bilo kakav alarm, motor će stati, a na ekranu će se pojaviti upozorenje da je aktivan neki alarm. Lista aktivnih alarma otvara se klikom na *Alarm*. Ukoliko je neki alarm aktivan, nije moguće pokrenuti motor dok se taj alarm ne potvrdi (*Acknowledgment*) i deaktivira.

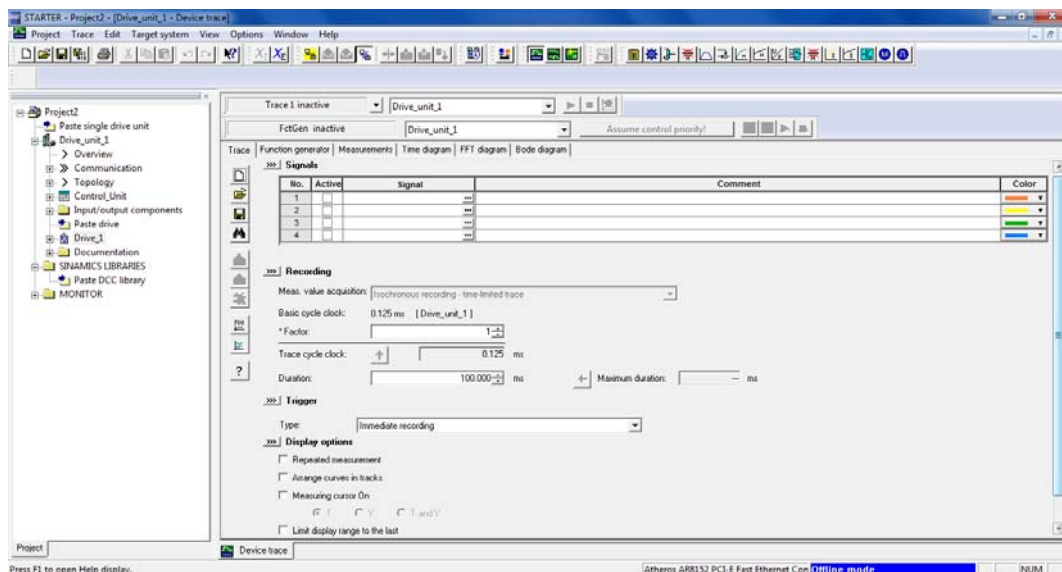
3.5. Snimanje signala

U programu *Starter*, moguće je obaviti snimanje signala i arhiviranje snimljenih vrednosti u format prikladan za dalje obrađivanje (.csv ili .xls). Odabirom *Drive_1*→*Commissioning*→*Trace* kao što je prikazano na Slici 34, ili klikom na ikonicu: . Otvara se prozor u kome se podešavaju postavke snimanja, Slika 35.

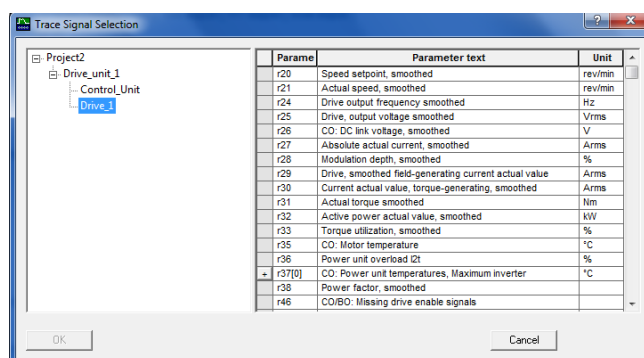


Slika 34. Pokretanje opcije snimanja izabranih veličina

U prozoru *Trace* potrebno je odabrati veličine koje želimo da snimimo. Klikom na ikonicu:  otvara se prozor za izbor veličina, odnosno signala, Slika 36. Potrebno je odabrati željeni signal i nakon toga kliknuti na *OK*.

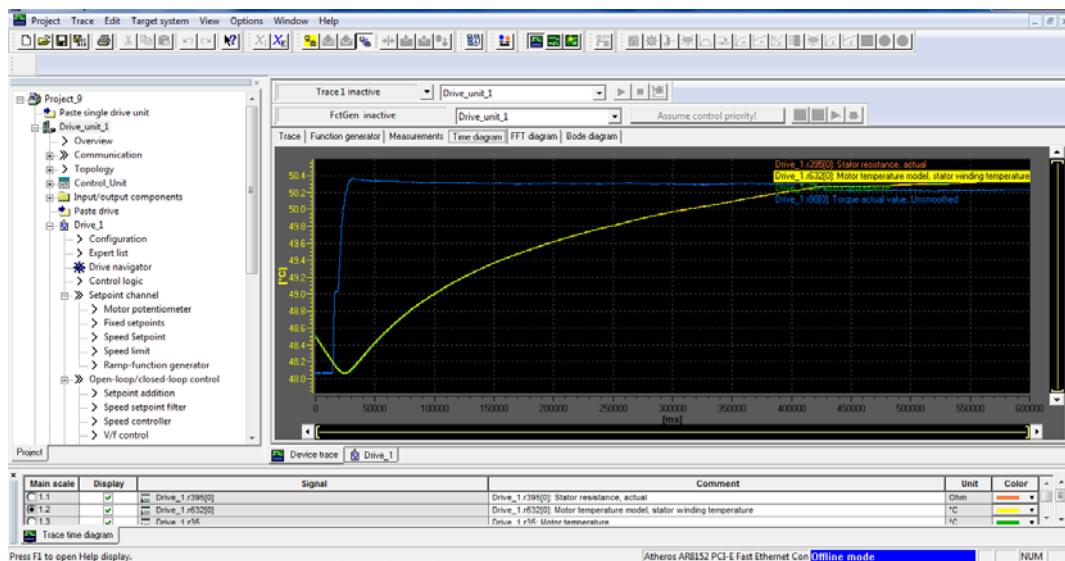


Slika 35. Prozor Trace

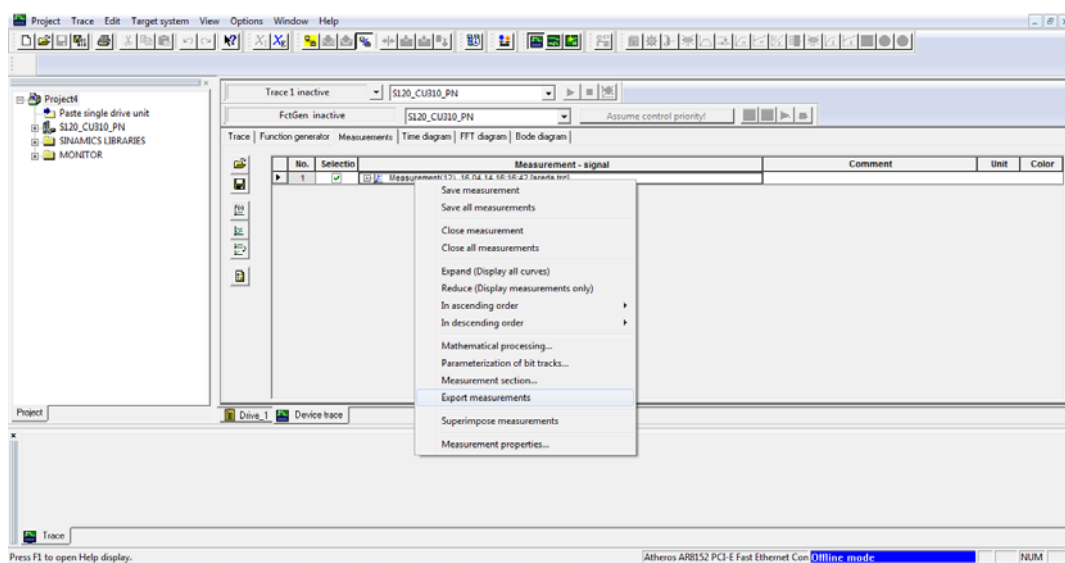


Slika 36. Lista signala koji se mogu snimati

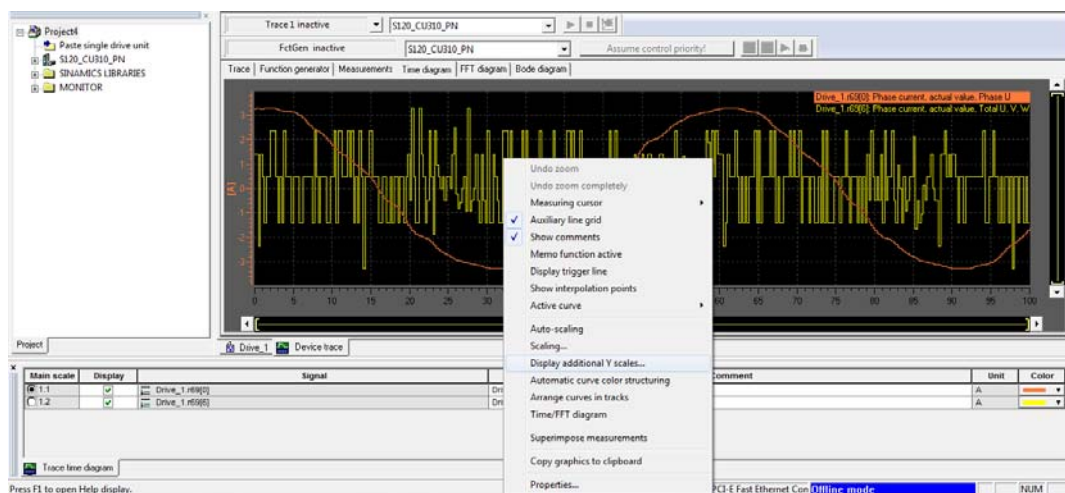
Posle izbora željenih veličina (signala) za snimanje, potrebno je kliknuti na ikonicu:  za snimanje. Snimane veličine mogu se posmatrati u prozoru *Time diagram*, Slika 37. U prozoru *Measurements* se prikazuju svi izmerni signali sa pregledom vremena snimanja. Ukoliko se desnim klikom miša na *Measurement (1)* odabere opcija *Export Measurements* (Slika 38.), merenja je moguće snimiti u .csv ili .xls formatu tj. moguće je od snimanih veličina napraviti *Excel* fajl u kojem je signal predstavljen preko brojnih vrednosti u zadatom vremenskom intervalu. Takođe je u *Trace* tj. *Time diagram*-u moguće podesiti i jedinice merenih signala na y osi preko *Display additional Y scales* kao što je prikazano na Slici 39. i Slici 40.



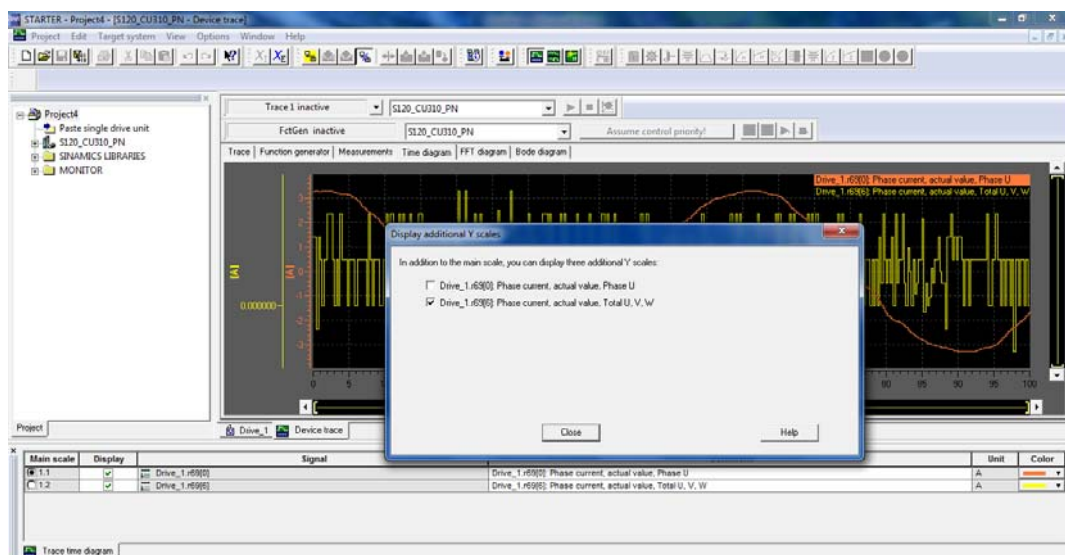
Slika 37. Time diagram



Slika 38. Prebacivanje snimanih signala u Excel fajl



Slika 39. Time diagram, podešavanje jedinica



Slika 40. Time diagram, podešavanje jedinica

Značenje pojedinih ikonica prikazano ja u Tabeli 1.

Tabela 1. Značenje ikonica u Trace-u:

<i>Ikonica:</i>	<i>Značenje:</i>
	Resetovanje zadatog signala. (Klikom na ovu ikonicu brišu se signali zadati preko parametara u Trace-u).
	Otvaranje kataloga. (Otvora se katalog sa sačuvanim ili unapred konfigurisanim podešavanjima signala).
	Snimanje kataloga. (Snimanje izabranih signala u katalog).
	Pronalaženje i zamena. (Preimenovanja signala u tabeli signala).
	Prenos skupa izabranih signala u Trace-u iz Startera u upravljačku jedinicu. (Starter mora da

	bude u <i>Online</i> modu).
	Prenos skupa izabranih signala iz upravljačke jedinice u <i>Starter</i> . (<i>Starter</i> mora da bude u <i>Online</i> modu).
	Brisanje skupa signala u upravljačkoj jedinici. (Klikom na datu ikonicu brišu se trenutni izbor signala u ciljnom uređaju).
	Matematička obrada. (Vrši se izabrana matematička obrada izmerenih signala).
	Klikom na ovu ikonicu predstavljaju se pojedinačni bitovi i prikazuju se na dijagramu.
	Pomoć. (Kliknite na ikonicu da bi se pojavio prozor za pomoć).

4. Rampe

Rampa se pokreće klikom na ikonicu  u *toolbar*-u.

Ramp-function generator predstavlja unapred definisani profil brzine, koji se definiše zadavanjem vrednosti parametara za vreme ubrzanja i vreme usporenja.

Ramp-up time (p1120); Na ovaj način se zadaje vreme za koje pogon treba da se zaleti do maksimalne brzine.

Ramp-down time (p1121); Na ovaj način se zadaje vreme za koje pogon treba da uspori od maksimalne brzine do mirovanja.

Maksimalna brzina p1082 se koristi kao referentna vrednost za izračunavanje rampe iz *Ramp-up time* i *Ramp-down time*. Posebno podesiva rampa se podešava preko p1135 za brzo zaustavljanje (OFF3 ramp down time), tj. za brzo kontrolisano usporavanje (prinudno zaustavljanje) kada se motor isključuje izborom opcije *Drive off*.

Postoje dve vrste *Ramp-function generator*-a, za generisanje osnovnih i složenih funkcija promene brzine u vremenu, pri zaletanju i pri zaustavljanju pogona:

1. *Basic ramp-function generator* za:
 - Generisanje rampe za ubrzanje i usporenje
 - Generisanje rampe za brzo zaustavljanje (opcija OFF3 u ekranu koji se dobija klikom na ikonicu  na radnoj površini)
 - Praćenje izabranih signala preko "*binector input*"
 - Postavljanje zadatih vrednosti za "*Ramp-function generator*"
2. *Extended ramp-function generator* služi za definisanje zaobljenja osnovnih funkcija promene brzine u vremenu pri zaletanju i pri zaustavljanju pogona.

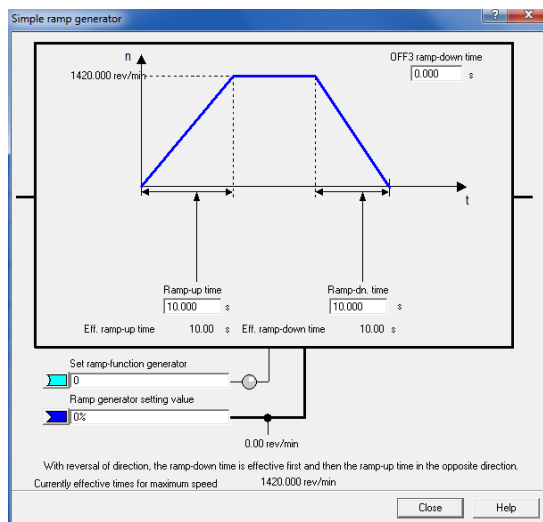
Parametri *basic ramp-function generator*-a:

1. *Ramp-up time* p1120
2. *Ramp-down time* p1121
3. OFF3 rampa za prinudno zaustavljanje
 - OFF3 ramp-down time p1135

Podešavanje *ramp-function generatora*:

- Podešavanje vrednosti *ramp-function generator* p1144
- Podešavanje signala *ramp-function generatora* p1143

Basic ramp-function generator za konkretan slučaj, prikazan je na Slici 41.



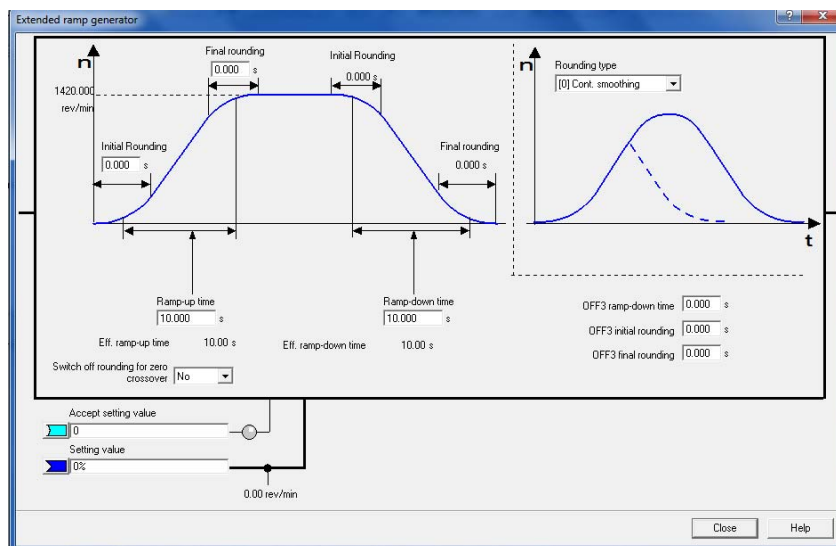
Slika 41. *Basic ramp-function generator*

Parametri *extended-ramp function generatora*:

- Ramp-up time T_{up} , p1120
- Ramp-down time T_{dn} , p1121
- Početno zaobljenje (Initial rounding IR p1130)
- Završno zaobljenje (Final rounding FR p1131)
- Tip zaobljenja (Rounding type p1134)
- Effective ramp-up time
 $T_{up_{eff}} = T_{up} + (IR/2 + FR/2)$
- Effective ramp-down time
 $T_{dn_{eff}} = T_{dn} + (IR/2 + FR/2)$
- OFF3 rampa za prinudno zaustavljanje
 - OFF3 ramp-down time p1135
 - OFF3 početno zaobljenje p1136
 - OFF3 završno zaobljenje p1137
- Podešavanje *ramp-function generatora*
 - Podešavanje vrednosti *ramp-function generator* p1144
 - Podešavanje signala *ramp-function generatora* p1143
- Podešavanje načina zaobljenja *ramp-function generator* p1134:
 - *Continuous smoothing* (p1134 = "0"); zaobljenje je uvek aktivno. Moguća je pojava preskoka. U slučaju promene zadate vrednosti, prvo se izvrši poslednje podešenje, pa se tek onda primeni nova zadata vrednost.

- *Discontinuous smoothing* (p1134 ="1"); Promenjena zadata vrednost se odmah primenjuje. Ovo sprečava preskok, mada može izazvati nagle promene brzine/ubrzanje (trzaj).
- Podešavanje *ramp-function generatora* - deaktiviranje zaobljenja na nuli preko p1151.

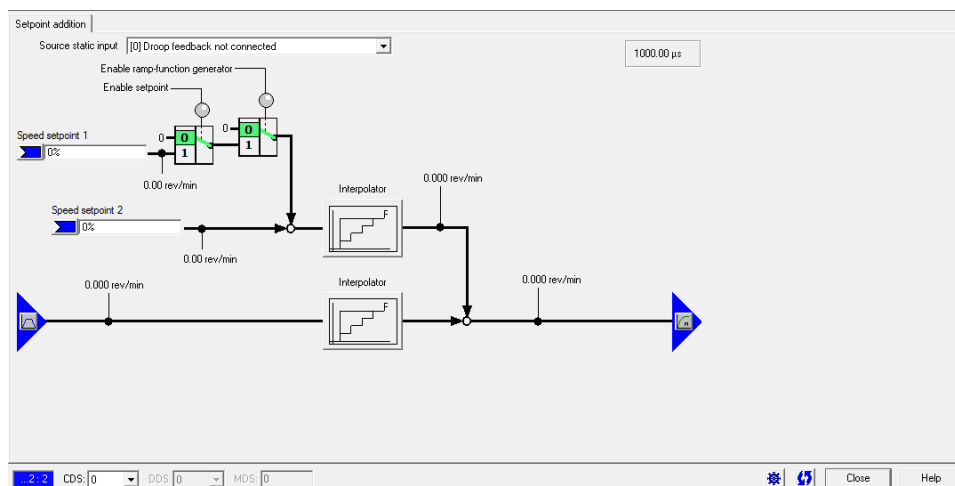
Podešenja *extended-ramp function generatora* prikazana su na Slici 42.



Slika 42. *Extended-ramp function generator*

6. Dodatno podešenje zadate vrednosti - Setpoint addition

Klikom na ikonicu:  dobija se Slika 43.



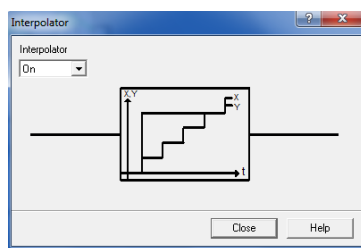
Slika 43. *Setpoint additon*

Dopunsko podešenje zadate vrednosti (*setpoint*) se može koristiti za unos korektivnih vrednosti koje su posledica dejstva upravljanja sa zatvorenom povratnom spregom na višem

upravljačkom nivou, pomoću dve varijable: *Speed setpoint 1* i *Speed setpoint 2* (*speed setpoint* se nalazi iza *ramp-function generator*-a u upravljačkoj strukturi).

Takođe je moguće aktivirati i *Droop* (p1492), čime se obezbeđuje da se zadata vrednost za brzinu (*speed setpoint*) proporcionalno smanji kada se momenat opterećenja poveća.

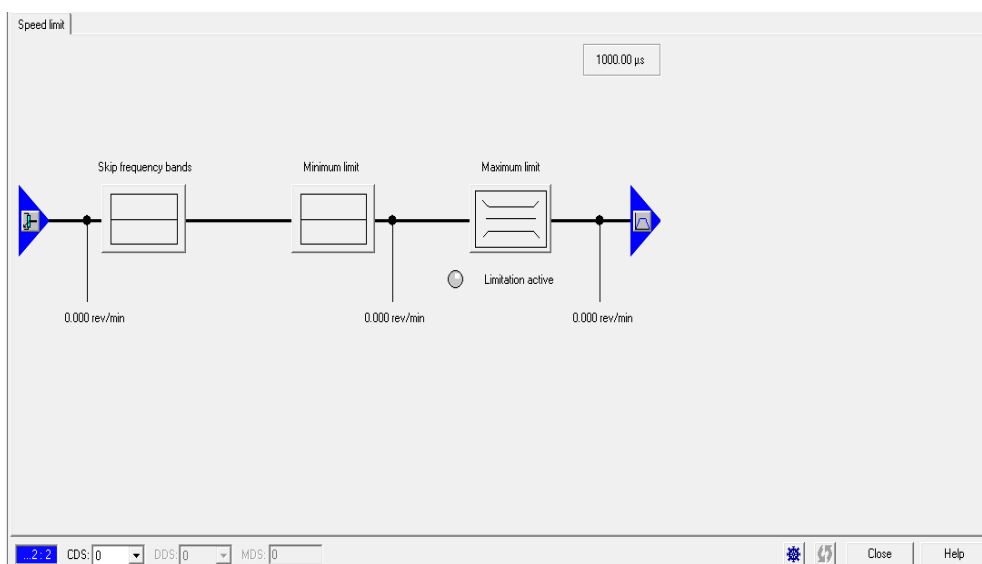
Klikom na: *Interpolator* na Slici 43. dobija se Slika 44. Uključenjem interpolatora finije se podešavaju zadate vrednosti za brzinu (*speed setpoint*), na izlazu iz *ramp-function generator*-a. Dejstvo interpolatora može biti dozvoljeno ili ne, podešavanjem kao na Slici 44.



Slika 44. Interpolator

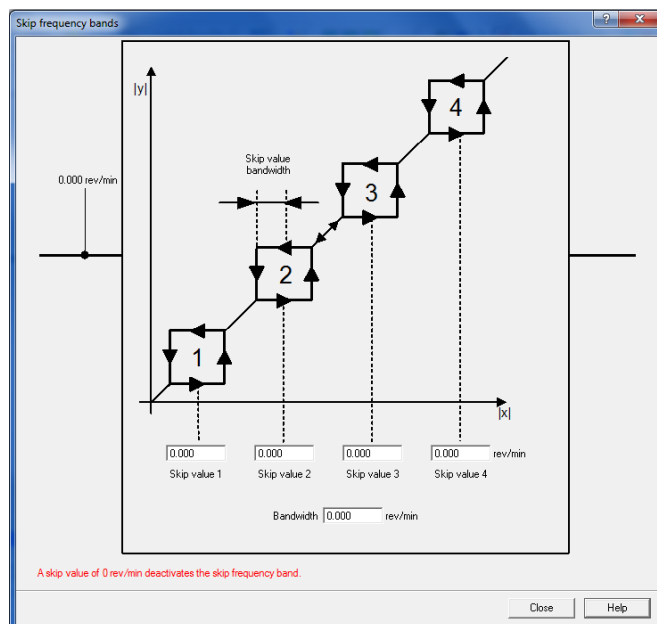
7. Zadavanje graničnih vrednosti za brzinu (*Speed limit*)

Pokreće se klikom na ikonicu , pri čemu se dobija ekran prikazan na Slici 45. U rasponu od 0 obrtaja do zadate brzine, pogon (motor, spojnice, vratila) može imati jednu ili više tačaka pri kojima dolazi do pojave rezonancije, koje dalje mogu dovesti do oscilacija u pogonu. *Skip frequency bands* može se koristiti za izbegavanje rada u oblasti rezonantnih frekvencija. Granične frekvencije mogu da se podeše preko parametara p1080 i p1082. Ova ograničenja se mogu menjati i tokom rada (promenom p1085 i p1088).



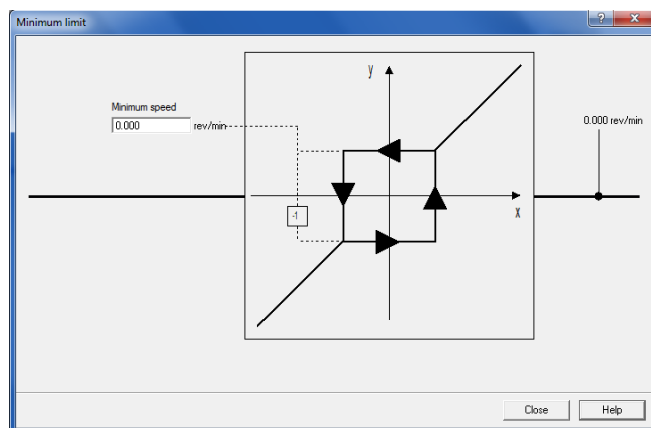
Slika 45. Zadavanje graničnih vrednosti za brzinu

Ukoliko se na Slici 45. klikne na *Skip frequency bands*, dobija se Slika 46. Preskočene vrednosti se koriste za sprečavanje efekta mehaničke rezonancije. Podešene brzine na Slici 46. su potisnute u definisanom graničnom opsegu (+/-). U ovom opsegu je nemoguća pojava stacionarnih radnih stanja.



Slika 46. *Skip frequency bands*

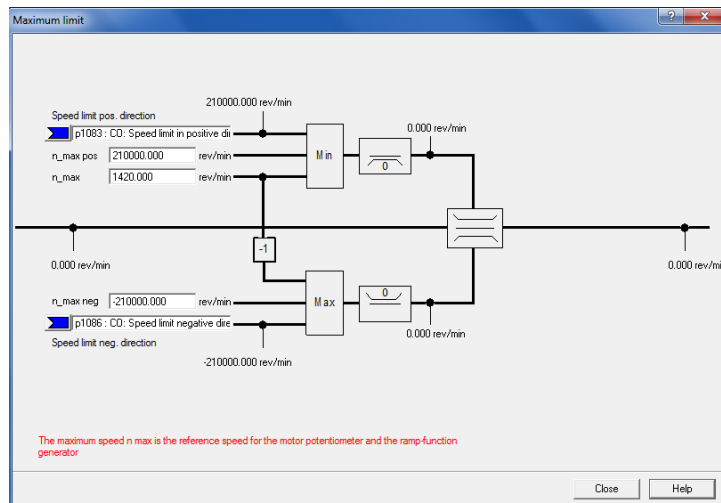
Klikom na *Minimum limit* na Slici 45. dobija se Slika 47. Ovde je moguće uneti najnižu minimalnu brzinu. Vrednost parametra važi za oba smeru okretanja motora. U posebnim slučajevima, motor može raditi ispod ove vrednosti (npr. pri reversu).



Slika 47. Minimalna granična vrednost za brzinu

Klikom na *Maximum limit* na Slici 45, dobija se Slika 48. Maksimalna granična vrednost za brzinu služi kao ulazni podatak za regulator brzine. Ovo je maksimalna vrednost brzine koju treba da ima motor. Promena ove vrednosti utiče na podešavanja regulatora brzine (*controller*) i *Ramp-function generatora*.

Postoje i druge varijante za ograničenje brzine, npr. mogu se podesiti različite vrednosti za maksimalnu brzinu pri različitim smerovima obrtanja. Vrednost $n_{\max \text{ pos}}$ (Slika 48.) uvek ima prioritet.



Slika 48. Maksimalna granična vrednost za brzinu

8. Ograničenje obrtnog momenta (*Torque limit*)

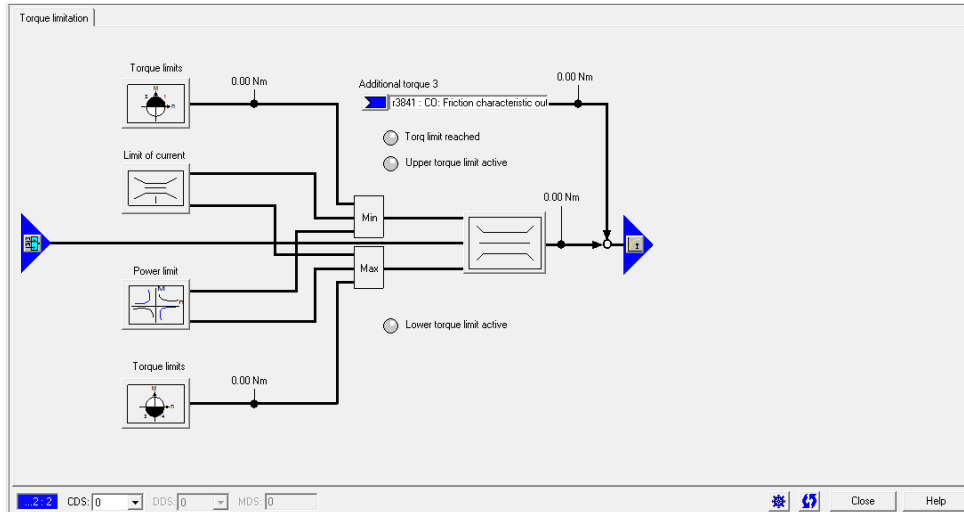
Moguće je ograničiti obrtni momenat pogona klikom na ikonicu  u *toolbar*-u, pri čemu se dobija Slika 49. Mogu se podesiti sledeća ograničenja:

- Gornja granica momenta - omogućava podešavanje gornje granične vrednosti momenta i ako je neophodno, može se zadati njegova skalirana vrednost u odnosu na nominalni.
- Granična vrednost struje - dozvoljava posmatranje granice stvarne struje. Kako ograničenje struje dodatno ograničava maksimalni obrtni moment koji motor može da razvije, ako se poveća granica obrtnog momenta, više obrtnog momenta će biti na raspolaganju samo u slučaju da veća struja može da proteče. Moguće je da će biti potrebno takođe prilagoditi granicu struje zahtevu za povećanim momentom.
- Granična vrednost snage - dozvoljava posmatranje struje motora i granice snage pri rekuperaciji. Ova vrednost određuje maksimalnu dozvoljenu snagu, pri čemu se mogu posmatrati različite granične vrednosti za snagu u motornom i generatorskom režimu rada.
- Donja granica momenta - omogućava da se zada donja granična vrednost obrtnog momenta i ako je neophodno može se zadati njegova skalirana vrednost u odnosu na nominalni momenat.

Važni su sledeći parametri:

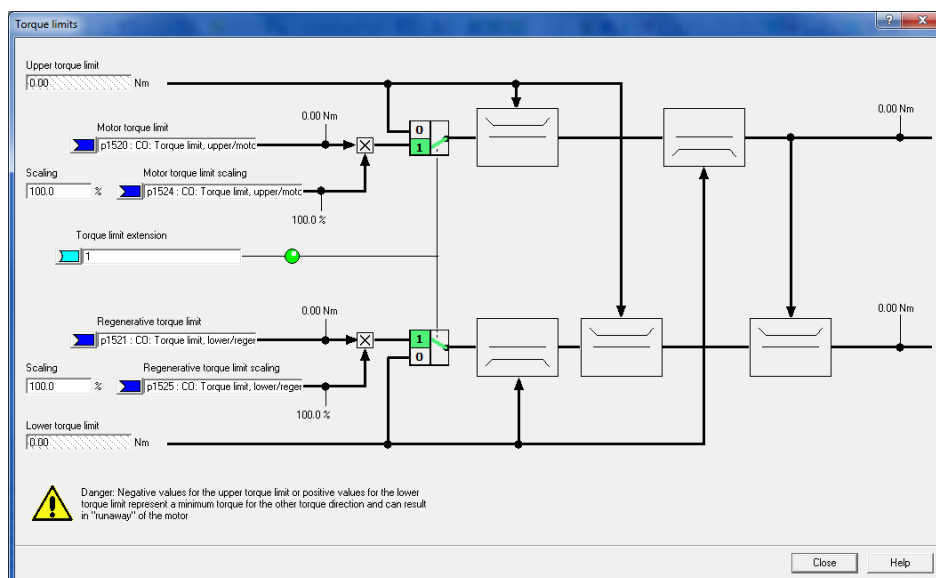
- p0640 Current limit
- p1520 CO: Torque limit, upper/motoring
- p1521 CO: Torque limit, lower/regenerative
- p1522 CI: Torque limit, upper/motoring
- p1523 CI: Torque limit, lower/regenerative
- p1524 CO: Torque limit, upper/motoring, scaling

- p1525 CO: Torque limit, lower/regenerative scaling
- p1530 Motor mode power limit
- p1531 Regenerative mode power limit



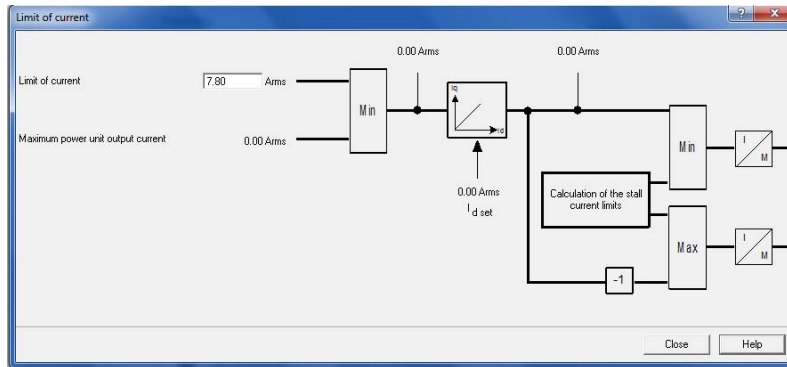
Slika 49. Ograničenje obrtnog momenta

Ukoliko se na Slici 49. odabere opcija *Torque limits*: , otvara se prozor za podešavanje gornje i donje granice momenta (*Upper/Lower torque limit*) (Slika 50.) gde je potrebno uneti maksimalni i minimalni dozvoljeni moment opterećenja mašine, ili nominalni moment i faktor skaliranja (*Scaling*).



Slika 50. Podešavanje gornje i donje granične vrednosti momenta

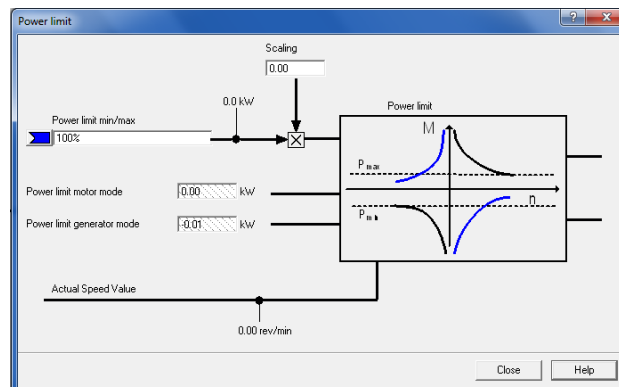
Ukoliko se na Slici 49. Klikne na *Limit of current* , dobiće se Slika 51. Istovremeno, *current limit* ograničava maksimalni raspoloživi moment, odnosno ako treba da se postigne veći obrtni moment, *current limit* takođe mora da se prilagodi.



Slika 51. Podešavanje granične vrednosti za struju

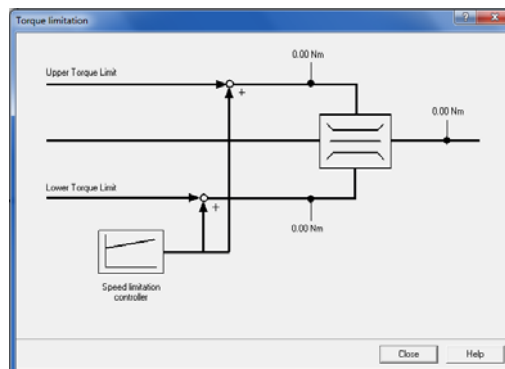
Klikom na *Power limit*:  na Slici 49. dobija se Slika 52. Ovde se prikazuje maksimalna moguće snaga.

- Granica snage motora je maksimalna snaga motora uzeta iz jednosmernog međukola (*DC link*).
- Granica snage pri rekuperativnom kočenju (regenerative) je maksimalna snaga, koja se u toku operacije kočenja, vraća nazad u jednosmerno međukolo (*DC link*).



Slika 52. Podešavanja granične vrednosti za snagu

Klikom na ikonicu  na Slici 49. dobija se Slika 53. Ovde se prikazuju parametri kojima se definišu granične vrednosti obrtnog momenta.

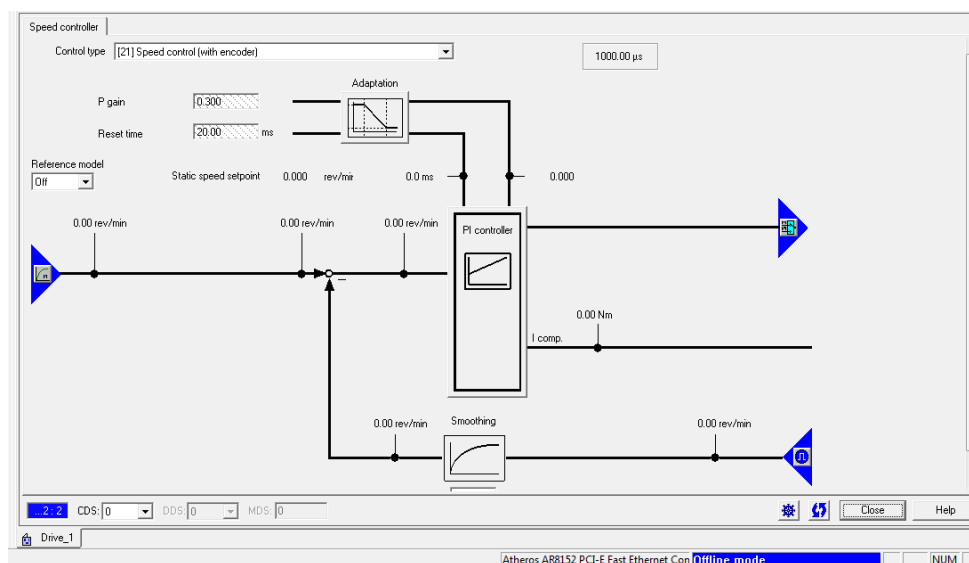


Slika 53. Definisanje graničnih vrednosti momenta

9. Regulator brzine (*Speed controller*)

Regulator brzine pokreće se klikom na ikonicom  u *toolbar*-u. Dobija se Slika 54. Upravljanje brzinom se može vršiti na dva načina: sa i bez enkodera (VC, SLVC). Regulator brzine u oba slučaja ima istu strukturu koja sadrži sledeće komponente:

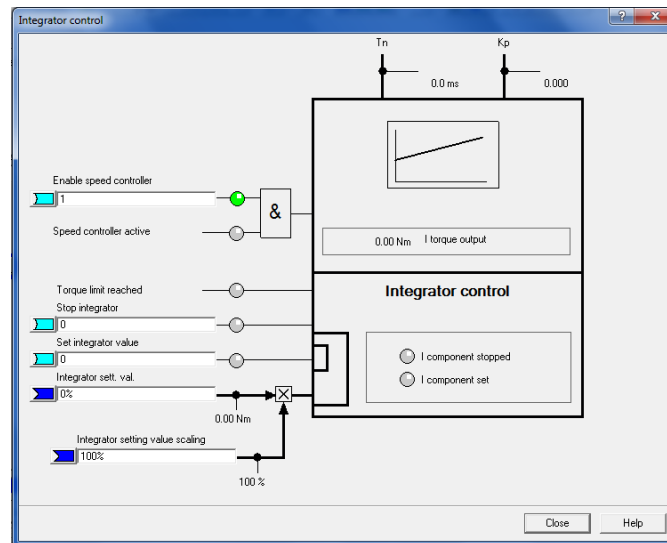
- PI regulator,
- Predpodešnje PI regulatora brzine (*precontrol*),
- Proporcionalno smanjenje zadate vrednosti za brzinu usled velikog porasta momenta opterećenja (*Droop*).



Slika 54. Podešavanje regulatora brzine

Moguće je sledeće:

- Prikazivanje pojačanje K_p (*P gain*) i vremenske konstante integralnog dejstva T_n .
- Može se definisati filtriranje, čime se ublažavaju oscilacije pri merenju brzine (*Smoothing*).
- Koristeći adaptaciju, za dve različite brzine (gornja i donja brzina adaptacije) definisati različite vrednosti za K_p (*P gain*) i vremensku konstantu integralnog dejstva (T_n).
- PI regulator brzine prikazan na Slici 55. deluje se na razliku između zadate i stvarne vrednosti za brzinu. Zajedno sa predefinisanom vrednošću za brzinu, brzinom *Precontrol*, ova vrednost zatim formira zadatu vrednost (*setpoint*) za obrtni momenat.



Slika 55. Podešavanja PI regulatora brzine

Ukoliko je definisana inercija opterećenja (t.j. celog pogona), parametri regulatora brzine (K_p , T_n) mogu se odrediti automatski ($p0340 = 4$). Parametri regulatora su definisani kao:

$$T_n = 4 \cdot T_s$$

$$K_p = 0.5 \cdot r0345 / T_s = 2 \cdot r0345 / T_n$$

Gde je T_s -ukupno vreme kašnjenja (sadrži $p1442$ i $p1452$), a $r0345$ – *Nominal motor starting time*.

Ukoliko se sa ovim podešavanjima pojave vibracije u pogonu, pojačanje K_p regulatora brzine se mora smanjiti ručno. Sledeće operacije treba primeniti u cilju dobijanja optimalnog odziva:

- Ako se K_p povećava, regulator postaje brži, mada se prebačaj smanjuje. Međutim, talasnost signala za brzinu se povećava, kao i i vibracije u petlji regulatora brzine.
- Ako se T_n smanji, regulator dodatno postaje brži i prebačaj se povećava.

Da bi se sprečile bilo kakve vibracije koje se posledica dejstva regulatora brzine, obično je samo potrebno da se poveća vreme (smoothing time) u $p1452$ za rad sa enkoderom ili $p1442$ za rad bez enkodera, ili smanjiti pojačanje regulatora.

Droop – (omogućen je preko parametra $p1492$), osigurava da se zadata vrednost za brzinu proporcionalno smanji, kada se moment opterećenja naglo poveća.

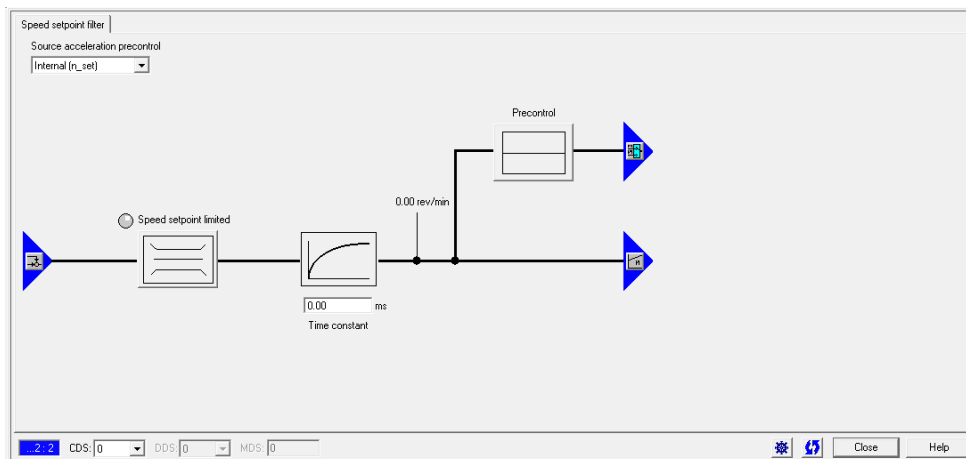
9.1. Filter brzine (*Speed setpoint filter*)

Filter brzine pokreće se klikom na ikonicu  u *Toolbar* - u. Pokretanjem gornje ikonice otvoriće se podešavanja prikazana na Slici 56. Filter brzine omogućava sledeće:

1. Unos vrednosti za vremensku konstantu $PT1$ filtra da bi se ublažila promena zadate vrednosti za brzinu u regulatoru brzine. Smanjenje ove vrednosti izaziva brži dinamički

odziv regulatora brzine, mada postoji opasnost pojave nestabilnosti, za suviše male vrednosti.

2. Ukoliko je potrebno, treba aktivirati *Precontrol* brzinu. Brzina *Precontrol* poboljšava odziv u petlji regulatora brzine, pri promeni zadate vrednosti brzine.

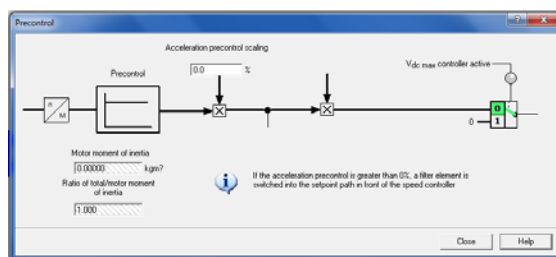


Slika 56. Podešavanja filtra brzine

Klikom na ikonicu *Precontrol* na Slici 56. otvoriće se podešavanja prikazana na Slici 57. Sa *Precontrol*, dodatna zadata vrednost za obrtni momenta (*setpoint*) se definiše nezavisno od regulatora brzine u toku procesa zaletanja (ubrzanja). *Precontrol* se koristi da rastereti regulator brzine u toku procesa zaletanja (ubrzanja). Obrtni moment setpointa, m_v se izračunava kao:

$$m_v = p1496 \cdot J \cdot \frac{dn}{dt} = p1496 \cdot p0341 \cdot p0342 \cdot \frac{dn}{dt}$$

Zadata vrednost za obrtni moment se prebacuje/pomoću predefinisane vrednosti u *Precontrol* direktno na regulator struje preko dodatnih pomoćnih varijabli koje se aktiviraju pomoću p1496. Moment inercije motora (p0341) se izračunava direktno prilikom puštanja u rad (p0340 = 1) ili na kraju, kada se odredi ceo skup parametara. Faktor p0341 između ukupnog momenta inercije J i momenta inercije motora, mora biti određen ručno ili primenom operacija koje se sprovode u cilju dobijanja optimalnog odziva brzine. Ubrzanje se izračunava iz razlike brzina u toku vremenskog intervala $t \left(\frac{dn}{dt} \right)$. Kada se primenjuju operacije u cilju optimizacije brzine, određuje se odnos ukupnog momenta inercije i momenta inercije motora (p0342), a predefinisana (*pre-control*) skalirana vrednost u toku zaletanja motora (p1496) se postavlja na 100%.



Slika 57. Podešavanja za *precontrol*

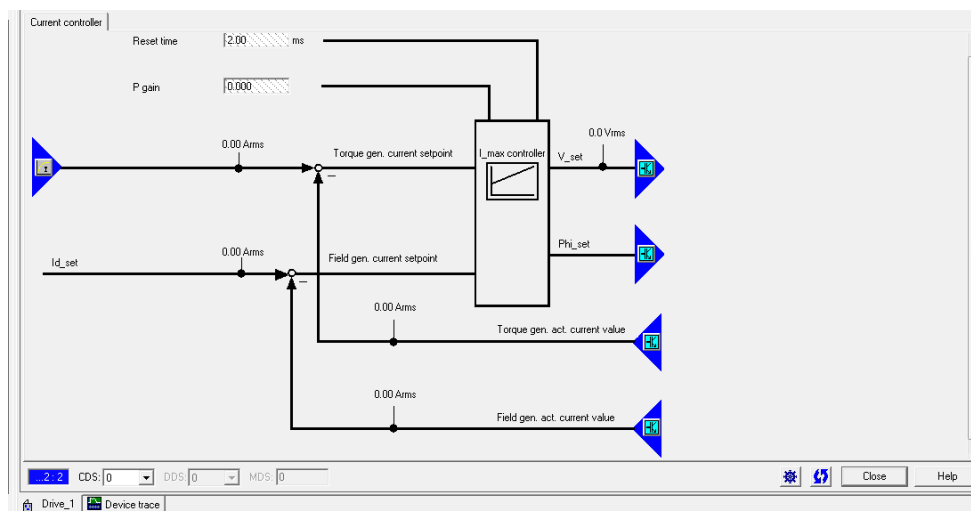
10. Regulator struje (*Current controller*)

Pokreće se klikom na ikonicu  na *toolbar*-u.

Nisu potrebna nikakva podešavanja za rad sa strujnim regulatorom prikazanim na Slici 58. Nakon inicijalnog startovanja, strujni regulator je dovoljno optimizovan za većinu aplikacija.

Podešavanja regulatora se mogu dodatno optimizovati za posebne slučajeve.

- *Reset time* se može se koristiti za podešavanje koliko brzo će se izvršavati integralna komponenta PI regulatora brzine. Manja vrednost znači brži odziv usled komponente integralnog dejstva. Ukoliko se unese "0", I komponenta PI regulatora će biti postavljena na "0".
- Pojačanje *P* dozvoljava primenu proporcionalnog pojačanja za niži opseg podešenja struje. Veća vrednost, znači brži odziv usled komponente integralnog dejstva.



Slika 58. Podešavanja regulatora struje

10.1. Filter struje (*Current setpoint filter*)

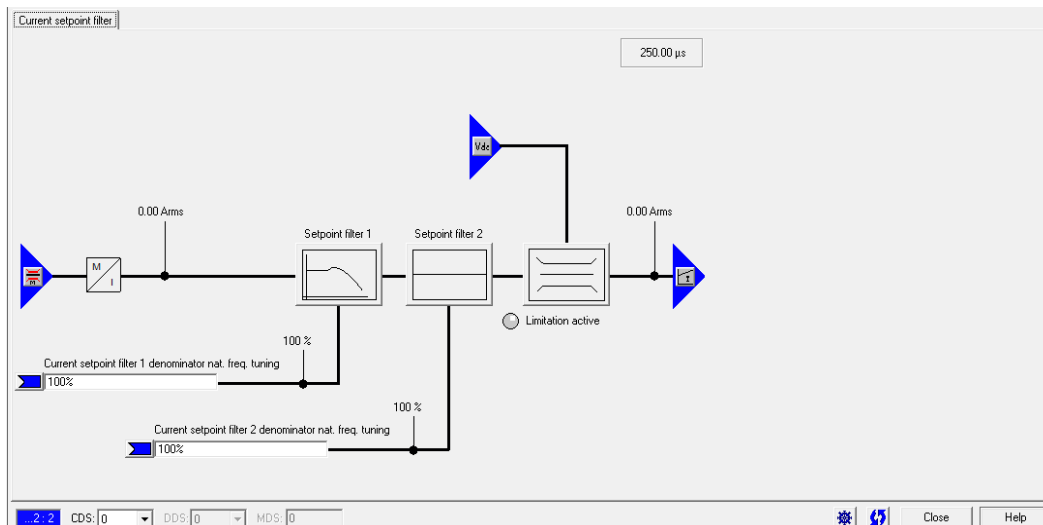
Pokreće se klikom na ikonicu:  u *Toolbar*-u, pri čemu se dobija Slika 59.

Zadate vrednosti struje za četiri filtra struje koja su povezana na red, mogu se definisati na sledeći način:

- *Low-pass 2nd order (PT2): -40dB/decade*
- *General 2nd order filter*

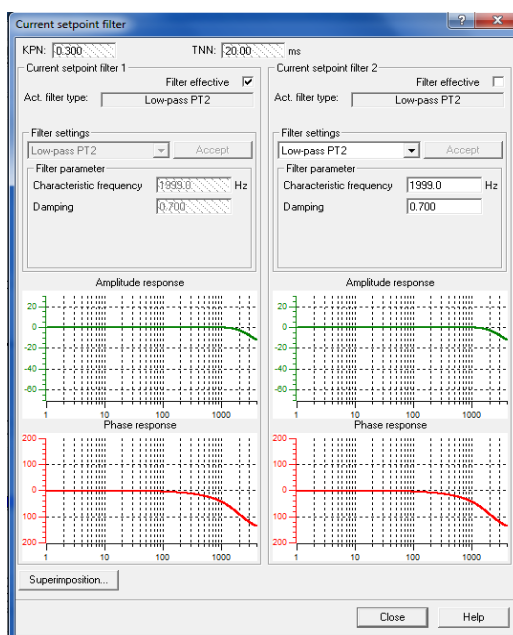
Starter konvertuje *band-stop* i *low-pass* smanjujući vrednost parametra u opštem filtru drugog reda (*General 2nd order filter*).

- *band-stop*
- *Low-pass* sa smanjenjem za konstantnu vrednost.



Slika 59. Podešavanja filtra struje

Klikom na *Setpoint filter 1* otvara se ekran, prikazan na Slici 60. Filteri se koriste za izbegavanje ili slabljenje određenog frekventnog opsega radi suzbijanje efekta rezonance. *Band-stop* i *Low-pass* filteri postoje radi suzbijanja frekvencija koje izazivaju smetnje. Ukoliko je potreban samo jedan filter, trebalo bi aktivirati filter 1 i deaktivirati filter 2, jer bi se inače vreme za potrebno za računanje, bespotrebno izgubilo.



Slika 60. Biranje filtra

Rad sa filtrima:

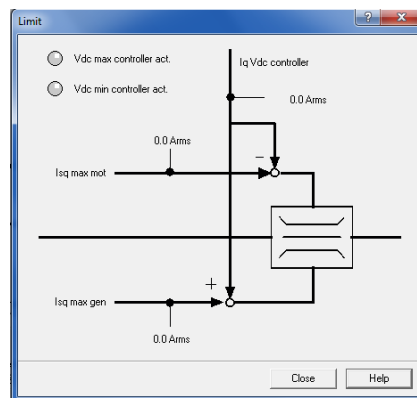
- Kliknite na opciju *Setpoint filter 1* da biste aktivirali filter.
- Izaberite filtre.
- Izaberite filter koji želite da koristite u *Filter settings*.

- Napravite potrebne postavke parametara (*Parameter help*).
- Kliknite *Accept* da koristite podešavanja filtra.

Korišćenje superpozicije:

- Kliknite *Superimposition* ako želite da se prikaže samo jedna karakteristična kriva filtra.
- Opcija ostaje aktivna.
- Kliknite ponovo na *Superimposition* ako želite da se karakteristična kriva prikazuje za svaki filter.
- U *superimposed view*, prikazuje se cela funkcija prenosa serijski povezanih filtera.

Klikom na ikonicu  na Slici 59. dobija se Slika 61. Regulator brzine pretvara različite granice u jedan rezultujući maksimalni i minimalni obrtni moment - generisanjem odgovarajuće struje. Pored toga, i gornja i donja granica regulatora napona u jednosmernom međukolu V_{dc} , mogu da budu uključene u granične vrednosti. To će u ovom konkretnom slučaju biti prikazano samo ako je aktivan regulator napona u jednosmernom međukolu V_{dc} (samo u *Online* modu).



Slika 61. Gornja i donja granica struje u jednosmernom međukolu

11. *Speed setpoint* - podešavanje zadate vrednosti za brzinu

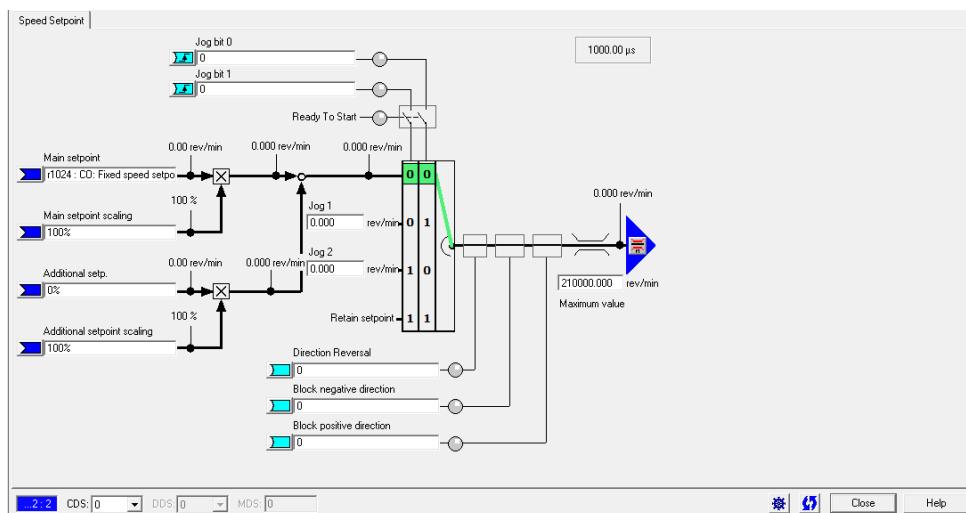
Pokreće se klikom na ikonicu  u *Toolbar* - u. Dobija se Slika 62. Potrebno je navesti izvor zadate vrednosti za brzinu. To može biti ili potenciometar (povezan preko digitalnih ulaza) ili vrednost dobijena preko komunikacionog protokola (*Profibus* ili *Profinet*).

Glavna zadata vrednosti za brzinu se odnosi na onu vrednost koja je izazvala pokretanje mašine (*actual machine run*).

Moguće je blokiranje smera obrtanja, ako je dozvoljen samo jedan smer obrtanja za mašinu.

Moguće je skokovito promeniti glavnu zadatu vrednost za brzinu (*main setpoint*) pomoću opcije *jog*, preko *Jog Bit 0* i *Jog Bit 1*.

Jog režim odnosi se na rad pogona sa nekom unapred zadatom fiksnom vrednošću za brzinu, sve dok je odgovarajući *jog bit* aktivan. Ova funkcija omogućava, na primer, kretanje pogona do željene pozicije bez obzira na posledice.

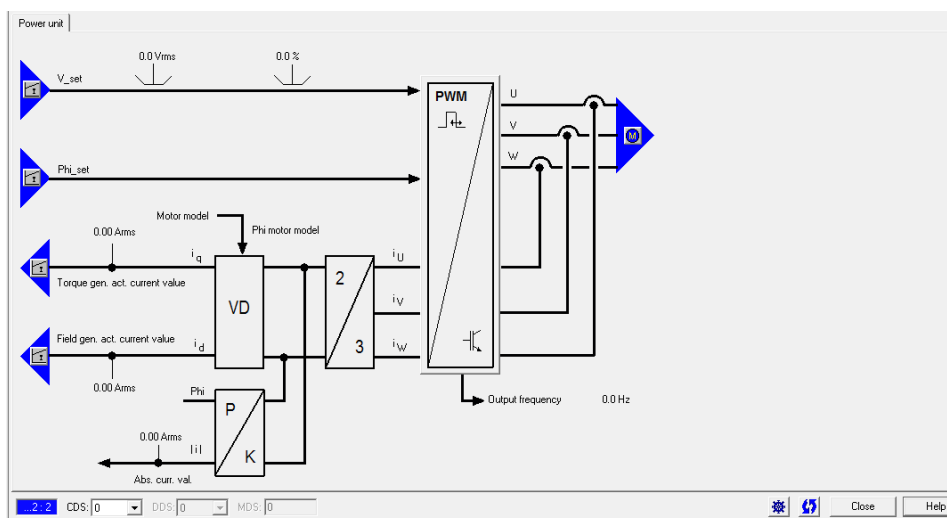


Slika 62. Podešavanje zadate vrednosti za brzinu

12. Energetski pretvarač (*Power unit*)

Klikom na ikonicu  u *Toolbar*-u dobija se Slika 63. Ovde su prikazane informacije o energetskej jedinici. Grafički su prikazane promene struje ili napona u okviru energetske jedinice, tj. u okviru pretvarača.

Moguće je uneti vrednosti za radne veličine energetske jedinice i prikazati efektivne vrednosti faznih struja pri PWM- u (impulsno širinska modulacija).

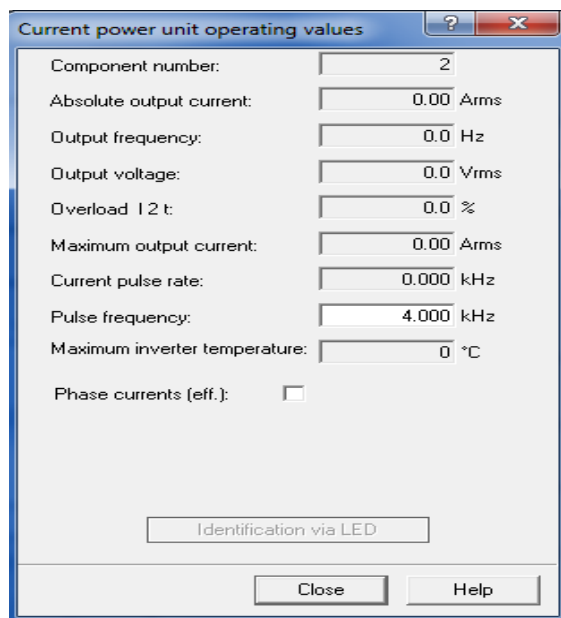


Slika 63. Prikaz informacija o energetskej jedinici



Klikom na ikonicu na Slici 63. otvara se Slika 64. Ovde se prikazuju trenutne vrednosti radnih veličina energetske jedinice.

- Moguće je aktiviranje/deaktiviranje ekrana sa efektivnim vrednostima za fazne struje.
- Moguća je promena učestanosti preko parametra p1800 iz ekspertne liste. Parametar pretvarača je prethodno podešen na nominalnu vrednost pri inicijalnom puštanju u rad.
- Identifikacija preko *LED (Online režim)*. Moguća je identifikacija rada energetske jedinice, uključanje/isključenje, preko *LED*. Ovo omogućava lokalizaciju energetske jedinice.
- Paralelno povezivanje energetskih jedinica.
- Ukoliko su energetske jedinice povezane paralelno, podaci za različite energetske jedinice će biti prikazani jedni pored drugih.



Slika 64. Prikaz trenutnih vrednosti radnih veličina energetske jedinice

13. Kraj rada

Da bi se završio rad, potrebno je vratiti prioritet upravljačkoj jedinici u svrhu prekida upravljanja računarom. Na upravljačkom panelu je potrebno:

- obvezno odabrati *Drive off:*
- ukloniti štikliranje sa *Enables*,
- odabrati opciju *Give up control priority*.

Posle toga se pojavljuje prozor *Return control priority* i potrebno je odabrati *Yes*. Sistem se još uvek nalazi u *Online* modu rada. Klikom na ikonicu *Disconnect target system:* *Starter* je potrebno postaviti u *Offline* režim rada.