



UNIVERZITET U SARAJEVU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU
UMREŽENI SISTEMI UPRAVLJANJA

Upravljanje asinhornim motorom u otvorenoj sprezi pomoću CAN mreže

SEMINARSKI RAD

Studenti:

Zerina Jašarspahić

Salko Vladavić

Profesor:

Red. prof. dr Jasmin Velagić

Asistent:

Adnan Osmanović, MoE - dipl.el.ing

Sarajevo, juni 2024. godine

Sažetak

U ovom seminarskom radu je obrađena tema upravljanja asinhronim motorom pomoću programabilnog logičkog kontrolera i frekventnog pretvarača. Za komunikaciju između frekventnog pretvarača *Altivar 71* i PLC-a *Modicon M241* je korišten *CAN* mreža. Softverska implementacija projekta izvršena je u programskom alatu *SoMachine*. U radu su data pojašnjenja rada motora i frekventnog pretvarača, te je detaljno objašnjen *CANopen* komunikacijski protokol.

Ključne riječi: Asinhroni motor, PLC *Modicon M241*, frekventni pretvarač *Altivar 71*, programski alat *SoMachine*, *CAN* mreža, *CANopen* komunikacijski protokol

Abstract

In this seminar paper, the topic of controlling asynchronous motor by using a programmable logic controller and a frequency converter is discussed. The *CAN* network was used for communication between the frequency converter *Altivar 71* and the PLC *Modicon M241*. The software implementation of the project was done in the software tool *SoMachine*. The paper provides explanations of the operation of the motor and the frequency converter, and the *CANopen* communication protocol is explained in detail.

Keywords: Asynchronous motor, PLC *Modicon M241*, Frequency converter *Altivar 71*, software tool *SoMachine*, *CAN* network, *CANopen* communication protocol

Sadržaj

Popis slika	3
1 Uvod	1
2 Korišteni hardver i softver	2
2.1 Asinhroni motor	2
2.1.1 Konstrukcija asinhronog motora	2
2.1.2 Princip rada asinhronog motora	3
2.2 Softverski alat <i>SoMachine</i>	5
2.3 Programabilni logički kontroler (PLC)	6
2.4 Frekventni pretvarač	8
3 CAN mreža	10
3.1 Mehanizam razmjene poruka preko <i>CAN</i> mreže	10
3.2 <i>CANopen</i> komunikacijski protokol	11
3.3 Mehanizam detekcije greške pri komunikaciji <i>CAN</i> mrežom	11
3.4 Fizičko povezivanje PLC-a i frekventnog pretvarača pomoću <i>CAN</i> kabla	12
3.5 Konfiguracija <i>CAN</i> mreže na frekventnom pretvaraču <i>Altivar 71</i>	13
3.6 Konfiguracija <i>CAN</i> mreže u <i>SoMachine</i> -u	15
4 Softversko rješenje	18
4.1 Predstavljanje rješenja	18
4.2 Analiza rješenja	18
5 Zaključak	20
Literatura	21

Popis slika

2.1.1 Osnovni dijelovi asinhronog motora [1]	3
2.1.2 Polje indukovano jednom fazom [1]	4
2.1.3 Polje indukovano s dvije faze [1]	4
2.1.4 Polje indukovano s tri faze [1]	4
2.3.1 Modicon M241 [2]	7
2.4.1 Osnovne komponente frekventnog pretvarača [1]	8
2.4.2 Frekventni pretvarač <i>Altivar 71</i> [3]	9
3.4.1 Spajanje jednog kraja CAN kabla na CAN port PLC-a	13
3.6.1 Postupak dodavanja novog uređaja unutar <i>CAN_I</i> foldera	15
3.6.2 Prozor za dodavanje <i>CANopen Performance</i> uređaja	15
3.6.3 Postupak prilagođavanja <i>Baudrate</i> parametra postavkama frekventnog pretvarača	16
3.6.4 Postupak dodavanja novog uređaja unutar <i>CANopen_Performance</i> foldera	16
3.6.5 Prozor za dodavanje <i>Altivar 71</i> uređaja	17
3.6.6 Prozor za podešavanje adrese uređaja <i>Altivar 71</i>	17
4.1.1 Program korišten za upravljanje asinhronog motora	18

Poglavlje 1

Uvod

Tema ovog seminarskog rada jeste upravljanje asinhornim motorom u otvorenoj sprezi pomoću PLC-a *Modicon M241* i frekventnog pretvarača *Altivar 71*. Navedeni frekventni pretvarač komunicira s PLC-om pomoću *CAN* mreže. Softverska implementacija je izvršena u programskom alatu *SoMachine*, pri čemu je cilj da se omogući rotiranje asinhornog motora u željenom smjeru i željenom brzinom.

Upravljački sistem čine:

- PLC *Modicon M241*
- Frekventni pretvarač *Altivar 71*
- Asinhroni motor

Iz programskog alata *SoMachine* se zadaje referentna brzina vrtnje i željeni smjer. PLC zahtijeva vanjski izvor napona od 24 VDC. Zadana brzina i smjer se u vidu upravljačkih signala šalju sa PLC na frekventni pretvarač pomoću *CAN* mreže. PLC i frekventni pretvarač su povezani *CAN* kablom. Frekventni pretvarač također zahtijeva vanjski izvor napajanja. Na frekventnom pretvaraču su spojene sve tri faze asinhronog motora, pomoću kojih je omogućeno upravljanje brzinom i smjerom vrtnje motora.

Poglavlje 2

Korišteni hardver i softver

U ovom poglavlju su date informacije o hardveru i softveru koji su korišteni za rješavanje postavljenog problema.

2.1 Asinhroni motor

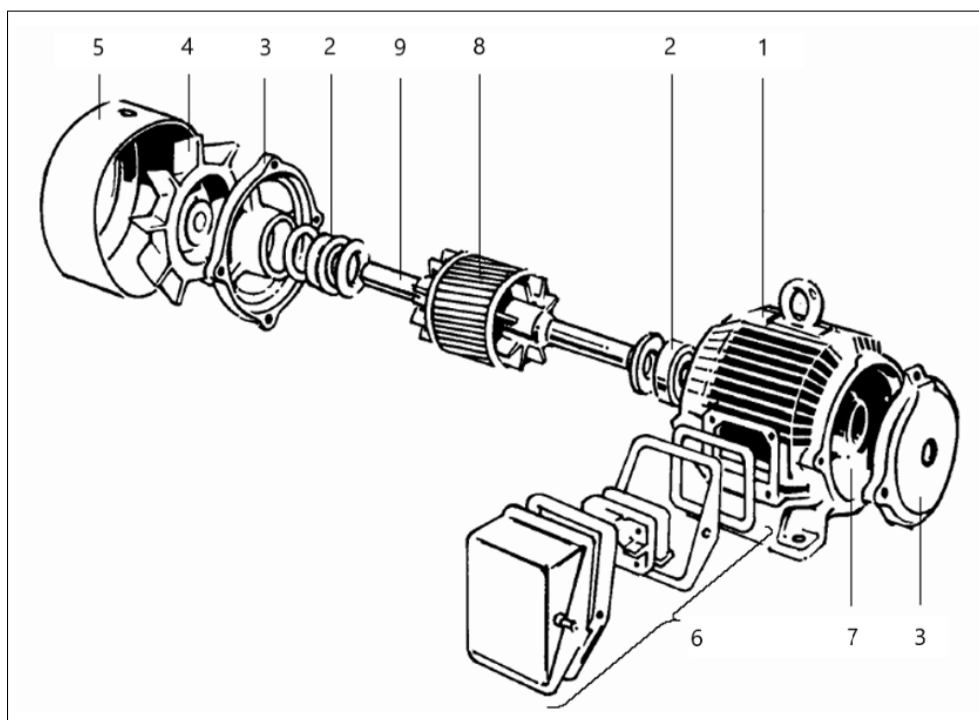
Asinhroni motori su najrasprostranjenija vrsta motora. Naime, ovi motori pripadaju u podskupinu trofaznih motora čija se brzina kretanja ne podudara sa brzinom obrtnog magnetnog polja. U nastavku će biti dato detaljnije objašnjenje konstrukcije i principa rada navedenog motora. [1]

2.1.1 Konstrukcija asinhronog motora

Asinhroni motor se sastoji od dva glavna dijela, a to su stator i rotor. Stator je nepokretni dio motora koji se izrađuje od feromagnetnog materijala u obliku limova između kojih se nalazi izolacija, poredanih na način da formiraju šupalj valjak. Uzduž valjka, na unutarnjoj strani, nalaze se utori u koje se stavljaju namotaji za sve tri faze. Ovakva konstrukcija se vrši kako bi se smanjili gubici usljed histereze i vrtložnih struja. Unutar njegovog kućišta smještena su ležišta koja nose bočni poklopci. Na ležišta se oslanja rotor montiran na vratilo motora. Pored toga, u kućištu se nalazi i ventilator za hlađenje motora zajedno sa svojim zaštitnim poklopcem. Na kućište je pričvršćena i priključna kutija. S druge strane, rotor je pokretni dio motora koji se izrađuje od međusobno izoliranih željeznih limova u obliku valjka, a u uzdužnom smjeru, sa vanjske strane valjka, nalaze se utori za smještanje rotorskog namotaja. Na slici 2.1.1 prikazani su osnovni dijelovi asinhronog motora, pri čemu je ispod dato detaljnije objašnjenje navedenih oznaka: [1]

1. Kućište statora
2. Ležište za rotor
3. Bočni poklopci
4. Ventilator

5. Poklopac ventilatora
6. Priključna kutija
7. Magnetno jezgro
8. Rotor
9. Vratilo



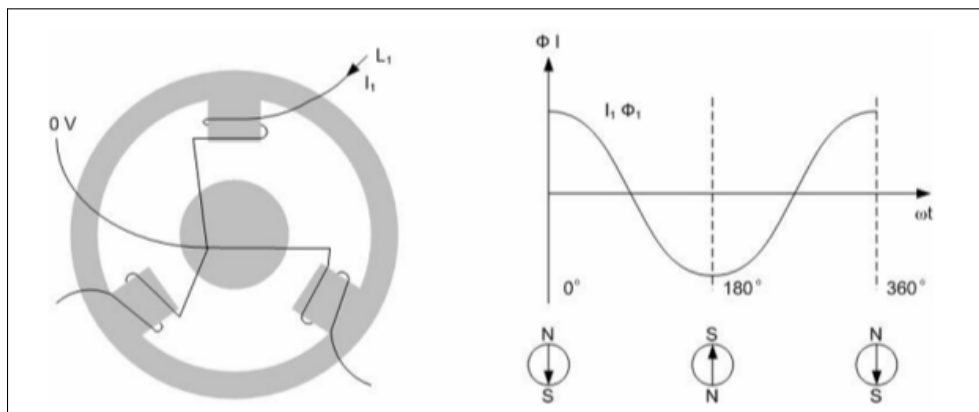
Slika 2.1.1: Osnovni dijelovi asinhronog motora [1]

Postoje dvije izvedbe asinhronih motora, a to su kavezni asinhroni motor i klizno-kolutni asinhroni motor. Kavezni asinhroni motor ima rotorski namot izveden od štapova bakra, aluminijuma ili bronz, koji su sa obje strane prstenima kratko spojeni i liči na kavez. S druge strane, klizno-kolutni asinhroni motor ima rotorske namotaje izvedene kao i statorske, odnosno od svitka koji su spojeni na tri koluta po kojima klize četkice koje služe za spajanje na rotorske otpornike. [1]

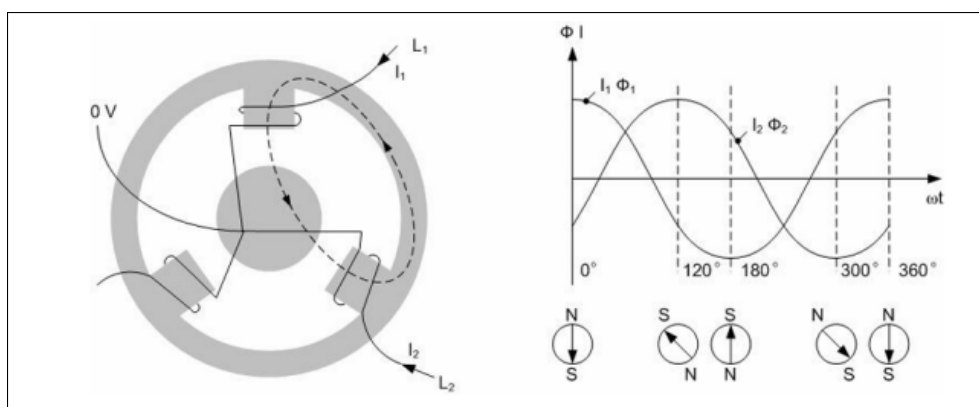
2.1.2 Princip rada asinhornog motora

Nakon priključivanja jednofaznog namotaja statora na napajanje, zbog prisustva magnetne jezgre, indukuje se magnetno polje. Polje ima fiksni položaj u odnosu na stator, ali se njegov smjer mijenja s promjenom predznaka struje u namotajima, što je prikazano na slici 2.1.2. Brzina kojom se smjer polja mijenja određena je frekvencijom napona napajanja. Priključivanjem dvofaznog namotaja statora na napajanje, formiraju se dva magnetna polja čiji su maksimumi

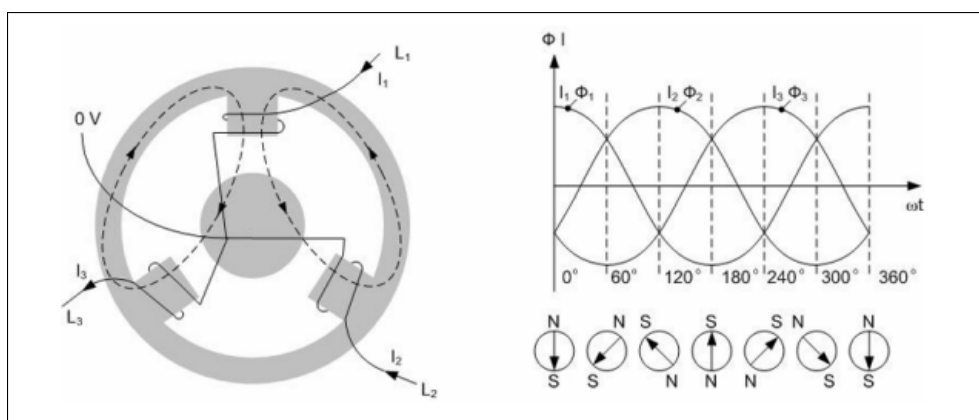
vremenski pomjereni. Ovo uzrokuje kretanje polja u odnosu na stator, ali je ono izrazito nesimetrično, što je prikazano na slici 2.1.3. Priključivanjem trofaznog namotaja na napajanje, generišu se tri magnetna polja, međusobno pomjerena za 120° , što uzrokuje simetrično kretanje magnetnog polja, što je prikazano na slici 2.1.4. [1]



Slika 2.1.2: Polje indukovano jednom fazom [1]



Slika 2.1.3: Polje indukovano s dvije faze [1]



Slika 2.1.4: Polje indukovano s tri faze [1]

Amplituda polja je konstantna i 1,5 puta je veća od amplitude polja koje se indukuje jednom fazom. Brzina kretanja magnetnog polja (n) zavisi od broja parova polova (p) i od frekvencije napona napajanja (f). Za trofazno magnetno polje brzina obrtanja se može odrediti na osnovu izraza: [1]

$$n = \frac{f \cdot 60}{p} \left[\frac{1}{min} \right] \quad (2.1.1)$$

Kada se rotorski namotaji nađu u obrtnom magnetnom polju indukcije B , fluks magnetnih polova prolazi kroz njih i indukuje struju (I_w), te na šipke rotora počinje djelovati elektromagnetna sila (F). Ova sila zavisi od magnetne indukcije (B), indukovane struje (I_w) i dužine šipke (l), odnosno: [1]

$$\vec{F} = I_w(\vec{l} \times \vec{B}) \quad (2.1.2)$$

Pri promjeni smjera magnetnog polja promijenit će se i smjer indukovane struje, te će sila koja djeluje na šipke uvijek imati isti smjer i pokretati rotor. Kako je brzina obrtnog magnetnog polja veća od brzine motora, klizanje motora se definiše kao razlika ove dvije brzine. Kada se sve navedeno uzme u obzir može se zaključiti da se promjena brzine vrtnje motora može mijenjati na tri načina: [1]

- promjenom broja parova polova,
- promjenom klizanja motora ili
- promjenom frekvencije napona napajanja, što se može vršiti pomoću frekventnih pretvarača.

2.2 Softverski alat *SoMachine*

SoMachine je softverski alat namijenjen za razvoj, nadgledanje i upravljanje automatskim procesima, prvenstveno u industrijskoj automatici. Ovaj programski alat razvila je francuska firma *Schneider Electric* za potrebe programiranja programabilnih logičkih kontrolera, kraće PLC-ova.

SoMachine podržava sljedeće platforme:

- Logičke kontrolere : Modicon M238, Modicon M241, Modicon M258,
- Kontrolere pokreta: Modicon LMC 058,
- HMI kontrolere: XBT GC, XBT GT/GK CANopen,
- Integrirane upravljačke kartice: Altivar IMC,

- HMI module: Small Panels Magelis STO/STU, Advanced Panels Magelis GH/GK/GT, Optimum Advanced Panels Magelis GTO

Navedeni alat korisnicima omogućava nekoliko načina programiranja:

- Ljestvičarski dijagram (LD),
- Funkcionalni blok dijagram (FBD),
- Struktuirani tekst (ST),
- Sekvencijalni funkcijski dijagram (SFC),
- Instrukcijska lista (IL)

Ispod su navedene neke od osnovnih karakteristika ovog alata:

- Jednostavan za upotrebu: Navigacija unutar SoMachine je intuitivna i vrlo vizualna. Radni prostor je pojednostavljen, tako da sadrži samo ono što je potrebno i relevantno za trenutni zadatak, bez ikakvih suvišnih informacija.
- Nekoliko načina programiranja: Unutar *SoMachine*-a korisnik može zadatak isprogramirati na jedan ili više načina, pri čemu je omogućeno programiranje velikog spektra kontrolera i modula.
- *SoMachine* je profesionalno i učinkovito softversko rješenje koje se integrira *Vijeo designer* za potrebe upravljanja procesom pomoću HMI modula.
- Pouzdano povezivanje s uređajima: *SoMachine* se s hardverskim uređajima može povezati putem Ethernet-a ili neke od serijskih veza.
- Dodatke funkcionalnosti za kontrolere: *SoMachine* sadrži i veliki broj biblioteka, funkcija i funkcijskih blokova što olakšava i ubrzava programiranje kontrolera. Također, ovaj programski alat podržava multitasking, grafičko praćenje varijabli, simulaciju procesa i jednostavno debugiranje koda.
- Dodatne funkcionalnosti za HMI module: U *SoMachine*-u su implementirane i grafičke biblioteke koje sadrže veliki broj 2D i 3D objekata. Također, sadržani su i jednostavni objekti za crtanje (linije, elipse, pravougaonici i slično), te unaprijed konfigurisani objekti (prekidači, tasteri, grafikoni i slično). Također, alat *SoMachine* pruža podršku za multi-medijske datoteke: png, jpg, bmp, wav i emf. [4]

2.3 Programabilni logički kontroler (PLC)

Programabilni logički kontroler (kraće PLC) je uređaj na kojem se izvršavaju upravljački algoritmi. Danas su jako popularni, pri čemu su najviše zastupljeni u industriji.

Osnovni dijelovi PLC - a su:

- CPU - upravlja načinima logičkog donošenja odluka i komunikacijom sa drugim uređajima,

- memorija:
 1. RAM - pohranjuje programe, brojače, ulaze i izlaze, tajmere i sl.
 2. ROM - operativni sistem koji se ne može mijenjati
- napajanje istosmjernim naponom 24 V,
- ulazi i izlazi (I/O),

Postoje dvije izvedbe PLC - ova:

- kompaktni - sve se nalazi u istom kućištu, CPU, memorija, I/O moduli, pa imaju ograničene primjene,
- modularni - Modularni PLC-ovi se mogu zasebno konfigurirati. Moduli koji se traže za praktičnu primjenu neovisno od digitalnih ulazno/izlaznih modula koji mogu npr. uključiti analogne, pozicionirane i komunikacijske module - se ulažu u rekeve, stalke kućišta, gdje se individualni moduli povezuju putem sabirničkog sistema. Ovaj način oblikovanja je poznat kao serijska tehnologija.

U ovom seminarskom radu korišten je PLC *TM241CEC24T* koji pripada *Modicon M241* seriji, čiji je proizvođač *Schneider Electric*. Napajanje ovog PLC - a je standardnih 24 VDC, te posjeduje 24 I/O modula. Također, navedeni PLC omogućava serijsku, *Ethernet* ili *CAN* mrežnu komunikaciju. Na slici 2.3.1. prikazan je izgled korištenog PLC - a. [5]



Slika 2.3.1: Modicon M241 [2]

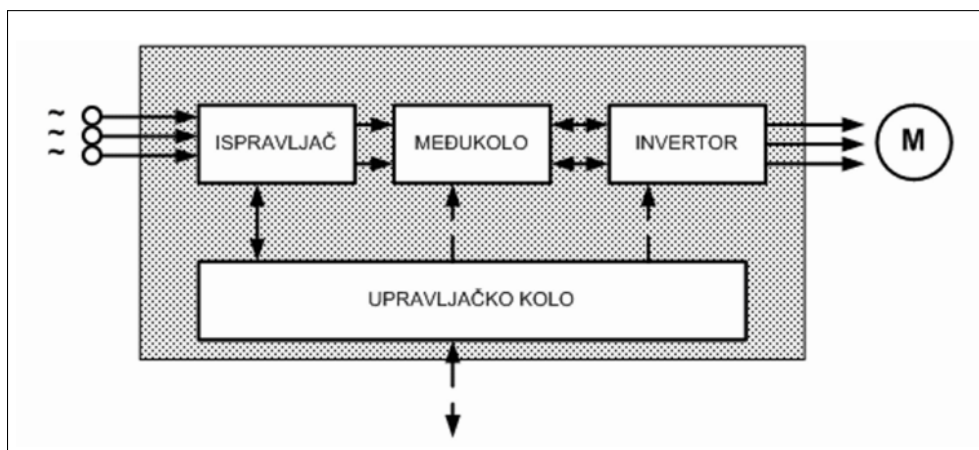
2.4 Frekventni pretvarač

Da bi se moglo upravljati brzinom vrtnje asinhronog motora neophodno je koristiti frekventni pretvarač. Frekventni pretvarači su elektronički uređaji koji služe za pretvaranje naizmjeničnog monofaznog napona konstantne vrijednosti i frekvencije u trofazni napon promjenjive vrijednosti i frekvencije, tako da omogućuju kontinuirano upravljanje brzinom vrtnje izmjeničnih motora. Princip rada se zasniva na činjenici da je brzina vrtnje asinhronog motora proporcionalna frekvenciji napona koji se dovodi na stezaljke motora. Dije se na direktne pretvarače i pretvarače sa međukolom. Pretvarači s međukolom su bolji izbor od direktnih kada je u pitanju upravljanje strujom, prigušivanje viših harmonika i raspon izlaznih frekvencija, dok su direktni pretvarači jeftiniji i samim tim pogodniji za primjene koje ne zahtijevaju visok nivo izvedbe. [1]

Frekventni pretvarač čine četiri osnovne komponente: [1]

- ispravljač,
- međukolo,
- inverter i
- upravljačko kolo.

Pobrojane komponente frekventnog pretvarača su prikazane na slici 2.4.1.



Slika 2.4.1: Osnovne komponente frekventnog pretvarača [1]

Ispravljač je komponenta direktno povezana sa naizmjeničnim izvorom napajanja i pretvara ga u pulsirajući istosmjerni napon. Postoje dva tipa ispravljača, i to nekontrolisani i kontrolisani. Nekontrolisani ispravljač radi na principu dioda koja propuštaju samo jednu poluperiodu faza signala, dok su u kontrolisanim ispravljačima diode zamijenjene tiristorima koji posjeduju i upravljački izvod, što omogućava promjenu vrijednosti ispravljenog napona. [1]

Međukola mogu imati tri različite funkcije: [1]

- vršenje konverzije napona sa kontrolisanog ispravljača u istosmjernu struju promjenjive amplitude,
- vršenje konverzije napona sa kontrolisanog ispravljača u istosmjerni napon promjenjive amplitude i
- vršenje konverzije napona sa nekontrolisanog ispravljača u istosmjerni napon fiksne amplitude.

Invertor je komponenta koja vrši finalnu prilagodbu upravljačkog napona. Osnovne komponente su kontrolisani poluprovodnici postavljeni u parovima na tri grane kola. Poluprovodnici se kontrolišu pomoću signala sa upravljačkog kola, te na različite načine formiraju upravljački signal (najčešće amplitudnom ili širinskom modulacijom). [1]

U ovom seminarskom radu korišten je *Altivar 71*, uređaj koji je pogodan za upravljanje sinhronim i asinhronim motorima, i koji podržava komunikaciju pomoću *CAN* mreže. Navedeni frekventni pretvarač je prikazan na slici 2.4.2.



Slika 2.4.2: Frekventni pretvarač *Altivar 71* [3]

Poglavlje 3

CAN mreža

Za komunikaciju između PLC-a i frekventnog pretvarača korištena je CAN mreža. U ovom poglavlju bit će opisan način rada navedene mreže, kao i protokol koji koristi. Također, bit će objašnjen i način konfiguracije spomenute mreže na frekventnom pretvaraču *Altivar 71* i u *SoMachine*-u.

CAN (engl. *Controller Area Network*) je mreža velike brzine prenosa podataka namijenjena za povezivanje pametnih uređaja. Za prenos podataka pomoću CAN mreže neophodne su tri žice: CAN High, CAN Low i GND. Zbog mnoštva dobrih karakteristika i jednostavne implementacije, vrlo brzo je ova mreža našla primjenu u mnogim automatizovanim industrijskim sistemima. Neke od prednosti koje ova mreža posjeduje u odnosu na ostale su [6]:

- jednostavnost - uređaji koji bi se inače međusobno povezivali pomoću analognih i digitalnih ulaza i izlaza se spajaju na jednu sabirnicu, što znatno olakšava ožičavanje sistema,
- pouzdanost - mreža posjeduje veliki broj mehanizama za detekciju grešaka pri prenosu podataka,
- efikasnost - poruke visokog prioriteta imaju prednost bez ometanja prenosa ostalih podataka,
- robusnost - otpornost na smetnje iz okoline i elektromagnetna djelovanja i
- niska cijena - posljedica pojednostavljenog ožičavanja sistema.

3.1 Mehanizam razmjene poruka preko CAN mreže

CAN mreža koristi broadcast tip komunikacije, što znači da u komunikaciji ne postoje master i slave čvorovi, nego se poruka dijeli između svih učesnika u komunikaciji, koji na osnovu njenog identifikatora procjenjuju kome je bila upućena. Identifikator definira i prioritet poruke koji određuje redoslijed slanja poruka ukoliko više čvorova pokušava istovremeno poslati poruku. Naravno, u ovom slučaju se prednost daje poruci s višim prioritetom. Svaka stanica CAN mreže posjeduje komunikacijski interfejs (primopredajnik) za obradu odlaznih i dolaznih poruka. Odlazne poruke je, prije slanja, potrebno spakovati u odgovarajući okvir koji nalaže CAN protokol

i dodijeliti im odgovarajući identifikator, dok je dolazne potrebno filtrirati na osnovu identifikatora, te iz njihovog okvira izvući podatke koji nose informaciju koju je trebalo prenijeti. Osim toga, CAN primopredajnici vrše i kontrolu greške pri prenosu poruke. Većina novijih mikroročunara posjeduje CAN regulatore kako bi se mogli povezivati direktno na CAN mrežu. [6]

3.2 CANopen komunikacijski protokol

CANopen protokol je standardizirani protokol koji je najčešće korišten u industrijskim sistemima unutar kojih se komunikacija vrši pomoću CAN mreže. Okvir podataka koji se prenose CANopen protokolom posjeduje sljedeće dijelove: [6]

- **START bit** - početak okvira poruke,
- **identifikator**
- **RTR bit** - služi za definiranje tipa podataka,
- **DATA** - 8-bitni podatak,
- **CRC** - polje za kontrolu ispravnosti poruke,
- **ACC biti** - potvrda o prijemu poruke i
- **END biti** - kraj okvira poruke.

3.3 Mehanizam detekcije greške pri komunikaciji CAN mrežom

CAN mreža obezbjeđuje veliki broj mehanizama za detekciju greške pri prenosu informacije, što je čini izrazito pouzdanom mrežom. Testiranje poruka na greške može se vršiti na nivou cijele poruke ili na nivou pojedinačnih bitova. Za detekciju grešaka na nivou poruke su predviđeni sljedeći mehanizmi:

- ciklično redundantno kodiranje (engl. *Cyclic Redundant Coding* - *CRC*) - na predajnoj strani se na osnovu poruke izračunava 16-bitna vrijednost koja se smješta u CRC polje i upoređuje sa rezultatom na prijemnoj strani,
- provjera formata poruke - testiranje vrijednosti fiksnih bitovnih pozicija u primljenoj poruci i
- potvrda (engl. *Acknowledgement* - *ACK*) - sve stanice potvrđuju prijem poruke.

Mehanizmi koje vrši testiranje na nivou pojedinačnih bita su:

- nadzor - svaka stanica koja šalje poruku istovremeno prati i stanje na mreži na osnovu kojeg može utvrditi neslaganje poslanog i primljenog sadržaja i
- umetanje bitova - testira kodiranje pojedinačnih bitova NRZ kodom (engl. *Non Return to Zero - NRZ*)

Ukoliko jedna stanica pomoću nekog od navedenih mehanizama detektuje grešku, ona šalje *error flag* koji indicira ostalim stanicama da trebaju odbaciti poruku. Na ovaj način se održava konzistentnost podataka u sistemu. Poruku mogu primiti svi čvorovi, u slučaju da je poslana bez greške i da će svi primaoci dobiti iste informacije, ili je, u suprotnom, neće primiti nijedan. Nakon što je prenos poruke prekinut, predajna stanica poruku šalje ponovo. Također, kako otkaz neke od stanica ne bi blokirao prenos poruka unutar cijelog sistema, svaka stanica vodi evidenciju o tipovima i učestalosti detektovanih grešaka, na osnovu čega nekada sama može zaključiti da je došlo do kvara i isključiti se sa mreže. [6]

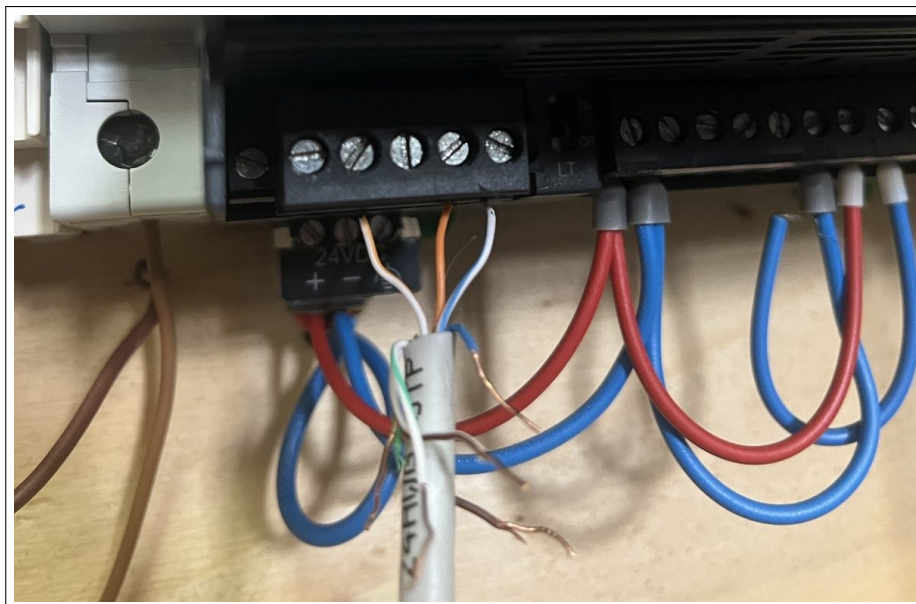
3.4 Fizičko povezivanje PLC-a i frekventnog pretvarača pomoću CAN kabla

Prije svega, da bi PLC i frekventni pretvarač mogli komunicirati pomoću CAN mreže, potrebno je izvršiti njihovo povezivanje putem odgovarajućeg CAN kabla. Jedan kraj CAN kabla se povezuje s CAN portom na frekventnom pretvaraču, dok se drugi kraj CAN kabla povezuje s CAN portom na PLC-u. Tipični CAN portovi na PLC-u imaju nekoliko fizičkih pinova koji omogućavaju povezivanje na CAN mrežu: [7]

- **CAN_H (CAN High)** - viša linija diferencijalnog signalnog para,
- **CAN_L (CAN Low)** - niža linija diferencijalnog signalnog para,
- **GND** - uzemljenje i
- **Shield** - opcionalni pin koji služi za zaštitu od elektromagnetnih smetnji.

Način ožičavanja je prikazan na slici 3.4.1, pri čemu je objašnjenje dato ispod:

- bijelo-narandžasta žica - spojena na pin 2 koji predstavlja CAN_H,
- narandžasta žica - spojena na pin 4 koji predstavlja CAN_L i
- bijelo-plava žica - spojena na pin 5 koji predstavlja GND.



Slika 3.4.1: Spajanje jednog kraja CAN kabla na CAN port PLC-a

3.5 Konfiguracija CAN mreže na frekventnom pretvaraču *Altivar 71*

Da bi komunikacija između PLC-a i frekventnog pretvarača *Altivar 71* pomoću CAN mreže bila moguća, potrebno je izvršiti konfiguraciju navedene mreže na korištenom frekventnom pretvaraču. Prethodno navedeno je moguće izvesti na dva načina:

- podešenje kroz softverski alat za korišteni frekventni pretvarač i
- podešenje direktno na frekventnom pretvaraču.

Na samom početku, najbolje je vratiti frekventni pretvarač na fabričke postavke, što se može učiniti prateći sljedeće korake:

Drive menu → Factory setting → Parameter group list → All → ESC

Za upravljanje uređajem pomoću CAN mreže potrebno je prvo odabrati *CANopen* protokol i *Separate* profil rada, što se može učiniti na sljedeći način:

Drive menu → Command → Profile → Separate
ESC → Cmd channel 1 → CANopen
ESC → Ref. 1 channel → CANopen
ESC → Ref. 2 channel → No

Separate način rada odnosi se na način upravljanja pogonom gdje se referentne vrijednosti (npr. brzina) i komandne naredbe (npr. pokretanje, zaustavljanje) šalju putem dva odvojena kanala. Ovaj način je koristan u situacijama gdje se želi precizno kontrolirati različiti aspekti rada pogona, posebno kod korištenja CAN mreže.

Također, potrebno je odabrati i brzinu prenosa podataka između PLC-a i frekventnog pretvarača, kao i adresu frekventnog pretvarača. U ovom seminarskom radu korištena je brzina prenosa od 125 kbps, a korištena adresa frekventnog pretvarača je 2. Prethodno navedeno moguće se postići prateći sljedeće korake:

Drive menu → Communication → CANopen → CANopen address → 2
ESC → CANopen bit rate → 125 kbps

Treba napomenuti da prilikom konfiguracije CAN mreže u programskom alatu *SoMachine*, brzina prenosa podataka, kao i adresa frekventnog pretvarača treba da odgovaraju vrijednostima podešenim prilikom konfiguracije CAN mreže na frekventnom pretvaraču. [8]

Za ispravno upravljanje brzinom i smjerom asinhronog motora, potrebno je unutar frekventnog pretvarača podesiti osnovne parametre korištenog asinhronog motora, kao što su nominalan napon, nominalna struja i nominalna snaga. Za podešavanje spomenutih parametara potrebno je izvršiti sljedeće:

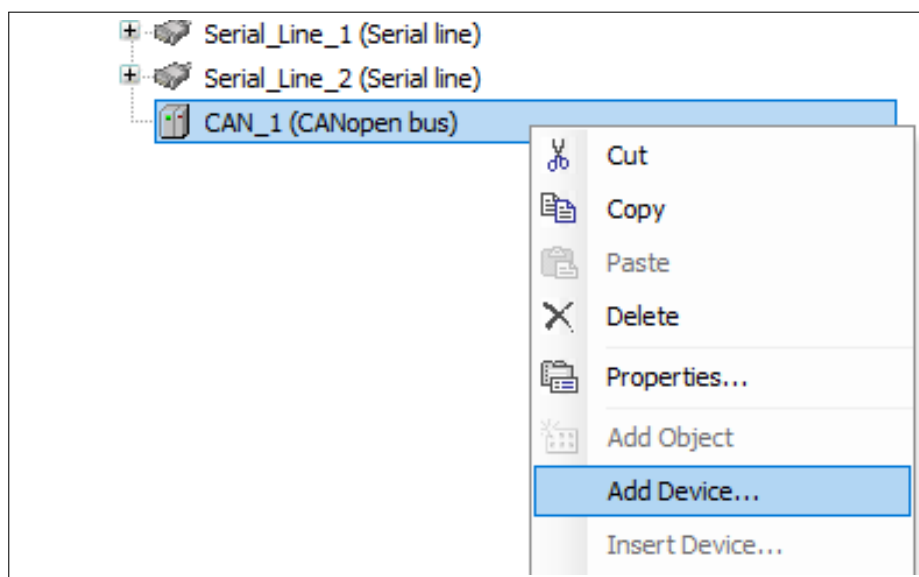
Drive menu → Simply start → Rated Motor Power → 0.37 kW
ESC → Rated motor voltage → 220 V
ESC → Rated motor current → 2.0 A
ESC → Rated Motor frequency → 50.0 Hz
ESC → Rated motor speed → 1400 rpm
ESC → Max frequency → 60.0 Hz

Ukoliko je sve pravilno konfigurisano, na ekranu frekventnog pretvarača treba da stoji oznaka *RDY*, što znači da je *Altivar 71* spreman za korištenje. Nakon što se izvršila konfiguracija CAN mreže unutar frekventnog pretvarača, potrebno je izvršiti i konfiguraciju navedene mreže unutar programskog alata *SoMachine*, što je objašnjeno u sljedećem potpoglavlju.

3.6 Konfiguracija CAN mreže u SoMachine-u

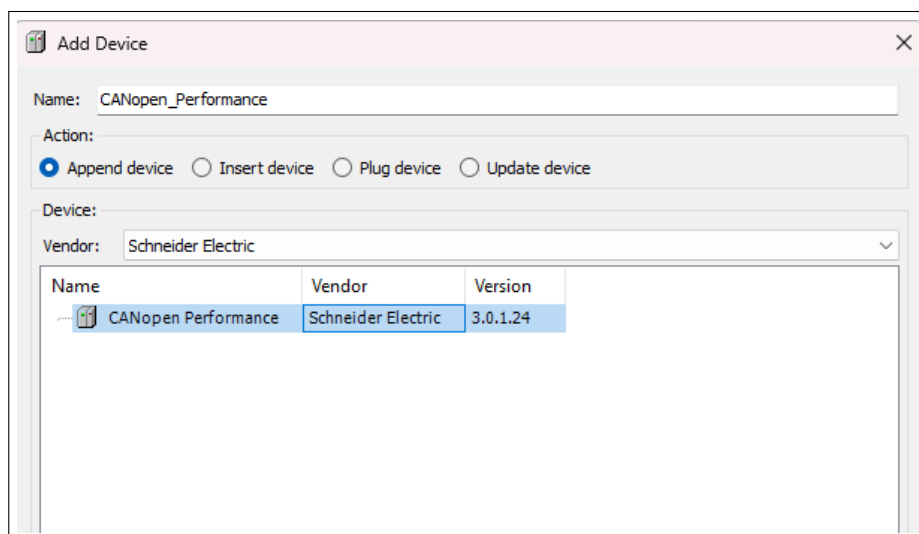
Da bi se mogla uspostaviti komunikacija između PLC-a i frekventnog pretvarača potrebno je, pored konfiguracije frekventnog pretvarača, izvršiti konfiguraciju i PLC-a. Konfiguracija PLC-a se vrši korz programski alat *SoMachine*.

Prije svega, potrebno je unutar *Device Tree* menija izvršiti desni klik na *CAN_1* folder i u meniju koji se pojavljuje odabrati *Add Device* opciju, što je prikazano na slici 3.6.1.



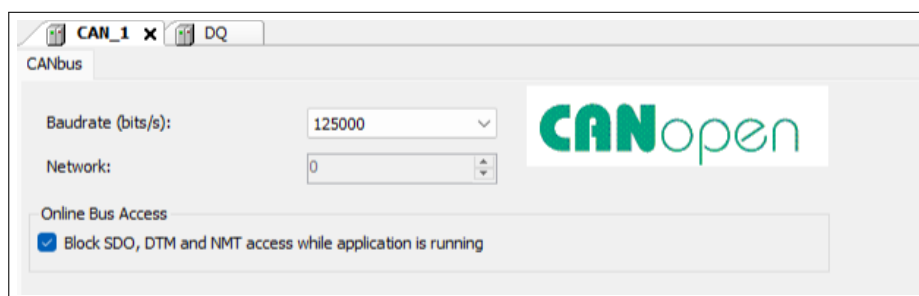
Slika 3.6.1: Postupak dodavanja novog uređaja unutar *CAN_1* foldera

Nakon toga pojavljuje se prozor, prikazan na slici 3.6.2, unutar kojeg je potrebno odabrati *CANopen Performance* uređaj.



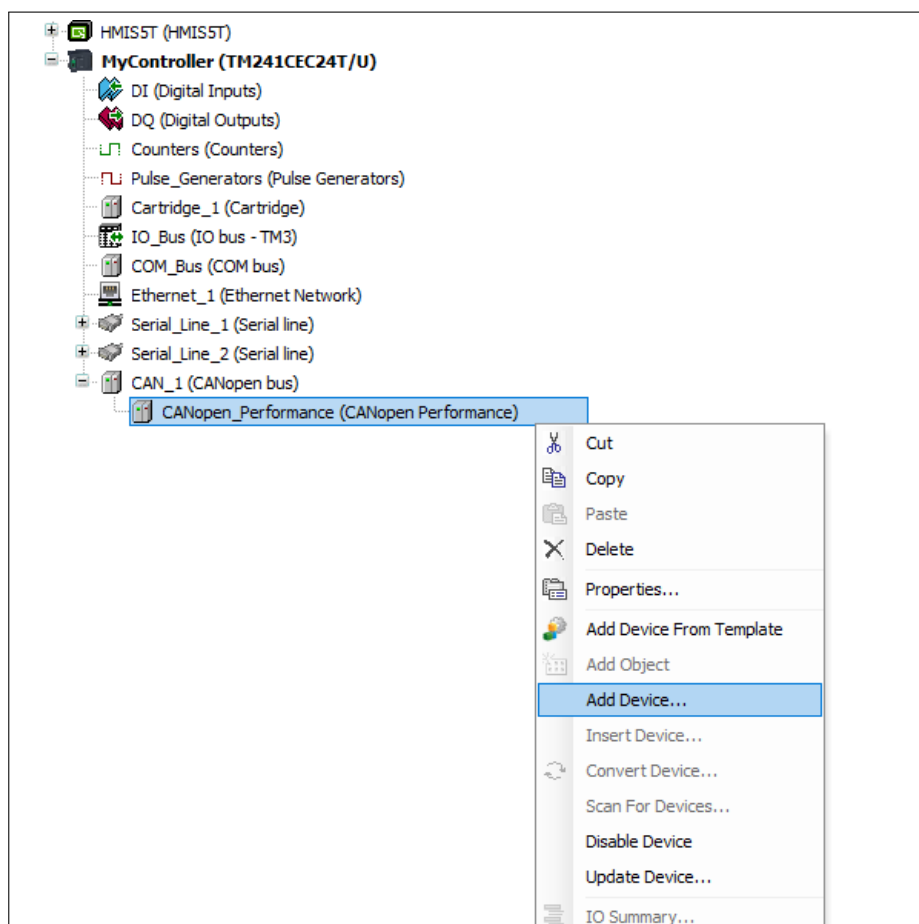
Slika 3.6.2: Prozor za dodavanje *CANopen Performance* uređaja

Kako bi se postavke unutar *SoMachine*-a uskladile sa postavkama frekventnog pretvarača, unutar *CAN_1* prozora je za *Baudrate* vrijednost potrebno odabrati 125000. Prethodno navedeno je prikazano na slici 3.6.3.



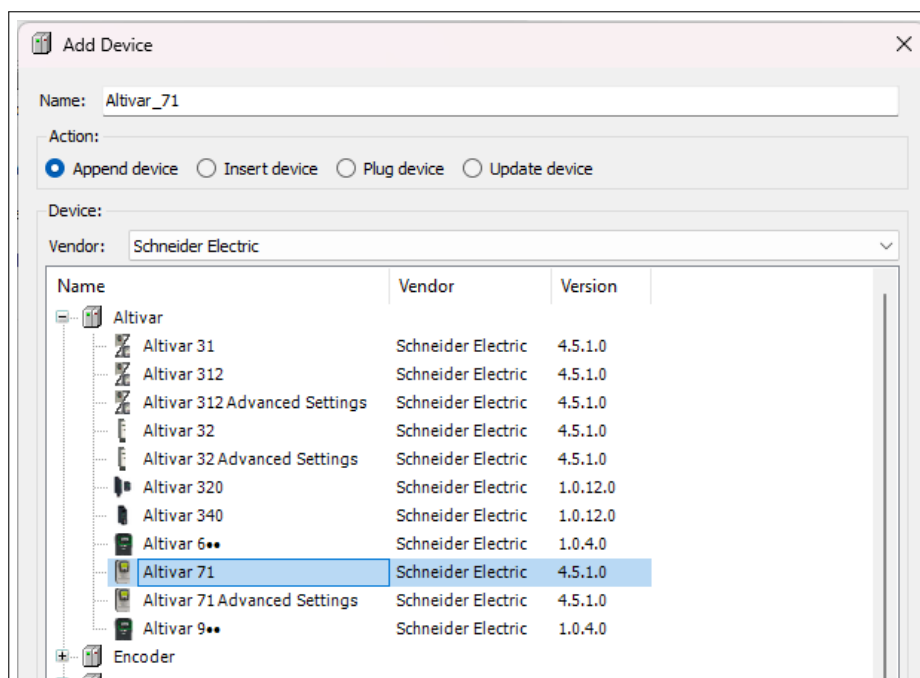
Slika 3.6.3: Postupak prilagođavanja *Baudrate* parametra postavkama frekventnog pretvarača

Nakon izvršavanja prethodno navedenih naredbi, unutar *CAN_1* foldera se pojavljuje *CANopen_Performance* objekat. Desnim klikom na ovaj objekat, otvara se meni u kojem je potrebno odabrati opciju *Add Device*, što je prikazano na slici 3.6.4.



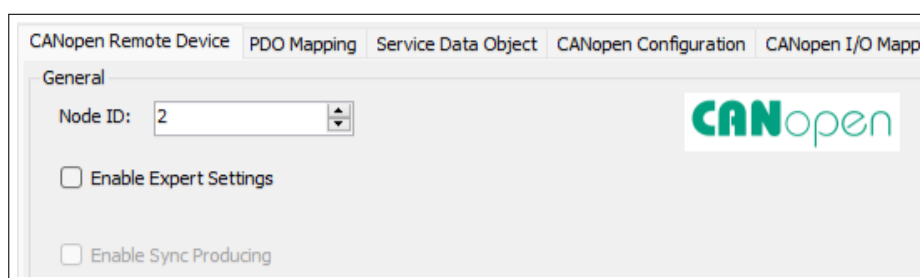
Slika 3.6.4: Postupak dodavanja novog uređaja unutar *CANopen_Performance* foldera

Nakon što je izabrana opcija *Add Device*, otvara se prozor kao na slici 3.6.5, gdje se vrši izbor frekventnog pretvarača, u ovom slučaju *Altivar 71*.



Slika 3.6.5: Prozor za dodavanje *Altivar 71* uređaja

Nakon što je izabran uređaj *Altivar 71*, unutar prozora *CANopen Remote Device* potrebno je u polju *Node ID* postaviti adresu frekventnog pretvarača, što je prikazano na slici 3.6.6.



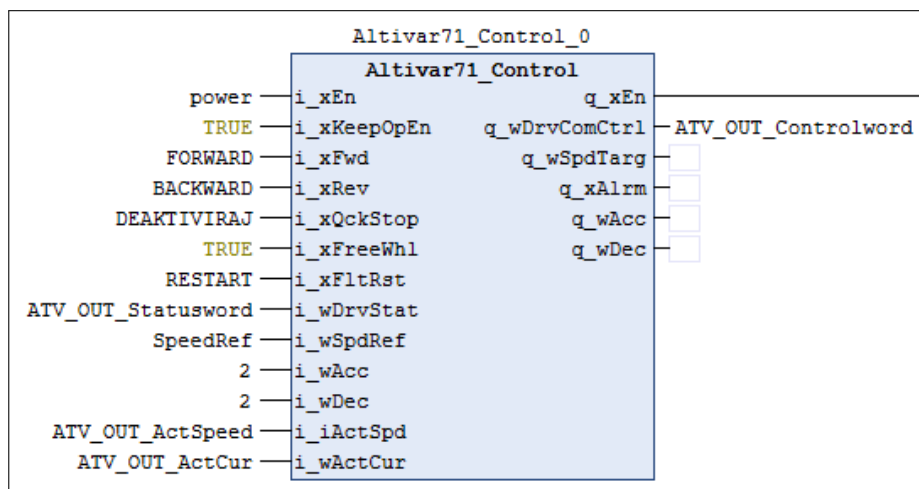
Slika 3.6.6: Prozor za podešavanje adrese uređaja *Altivar 71*

Poglavlje 4

Softversko rješenje

4.1 Predstavljanje rješenja

Nakon uspješnog povezivanja sheme, te podešavanja parametara *CANOpen* mreže, moguće je pristupiti rješavanju predstavljenog zadatka upravljanja asinhronim motorom. Zahvaljujući opsežnim bibliotekama koje nudi *SoMachine*, cjelokupni zadatak se može riješiti korištenjem jednog funkcijskog bloka pod nazivom *Altivar71_Control*. Zbog kompaktnosti i jednostavnosti, za metodu programiranja odabran je FBD (Function Block Diagram). Ovo je grafički jezik programiranja koji pokazuje relacije povezanosti ulaza i izlaza i bogat je raznim funkcijama, zbog čega je i odabran. Na slici 4.1.1 prikazano je programsko rješenje.



Slika 4.1.1: Program korišten za upravljanje asinhronog motora

4.2 Analiza rješenja

Shvatanje funkcijskog bloka *Altivar71_Control* podrazumijeva i potpuno razumijevanje načina rada programa. Shodno tome, pojasnit će se pojedinačne komponente ovog bloka. Lista parametara kao i popratni komentari se mogu naći u tabeli 4.2.1.

Naziv ulaza/izlaza	Tip podatka	Inicijalna vrijednost	Komentar
i_xEn	BOOL	FALSE	Aktivira/Deaktivira funkcijski blok
i_xKeepOpEn	BOOL	FALSE	Održava motor u stanju 'Operacija Omogućena' ako nema komande
i_xFwd	BOOL	FALSE	Komanda pokretanja naprijed
i_xRev	BOOL	FALSE	Komanda pokretanja unazad
i_xQckStop	BOOL	FALSE	Komanda quick stop
i_xFreeWhl	BOOL	FALSE	Free Wheel Stop komanda
i_xFltRst	BOOL	FALSE	Reset grešaka na uzlaznu ivicu
i_wDrvStat	WORD	0	Statusna riječ (CANopen Object 6041 / sub index 00)
i_wSpdRef	WORD	0	Ciljana brzina motora
i_wAcc	WORD		Parametar akceleracije motora
i_wDec	WORD		Parametar deakceleracije motora
i_iActSpd	INT	0	Stvarna brzina motora (CANopen Object 2002 / sub index 03; brzina izražena u RPM)
i_wActCur	WORD	16#FFFF	Stvarna struja motora (CANopen Object 2002 / sub index 05; struja izražena u 0.1 A)
q_xEn	BOOL	FALSE	Odobri izlaz
q_wDrvComCtrl	WORD		Kontrolna riječ motoru (CANopen Object 6040 / sub index 00)
q_wSpdTarg	WORD		Ciljana brzina pogona (CANopen Object 6042 / sub index 00; brzina izražena u RPM)
q_xAlrm	BOOL	FALSE	Izlazni alarm
q_wAcc	WORD		Parametar akceleracije pogona
q_wDec	WORD		Parametar deakceleracije pogona

Tabela 4.2.1: Parametri funkcijskog bloka (prefiks i_ označava ulaze, dok prefiks q_ predstavlja izlaze)

Dokumentacija nudi korake koje je potrebno sprovesti da bi se obezbjedilo očekivano ponašanje funkcijskog bloka, te će se isti predstaviti:

- Povezati statusnu riječ i kontrolnu riječ sa PDO (Process Data Objects) : i_wDrvStat mapirati u PDO iz drivera ka kontroleru (Transmit PDO) i q_wDrvComCtrl mapirati u PDO iz kontrolera ka driveru (Receive PDO)
- Povezati povratnu brzinu (i_iActSpd) i stvarnu struju (i_wActCur) sa PDO od drivera ka kontroleru (Transmit PDO)
- Otkloniti Free Wheel komandu: i_xFreeWhl postaviti na TRUE
- Otkloniti Quick Stop komandu : i_xQckStop na TRUE
- Omogućiti funkcijski blok : i_xEn postaviti na TRUE;
- Odabrati, da li će driver ostati operaciono omogućen ako nema aktivacijske komande: i_xKeepOpEn postaviti na TRUE
- Postaviti ciljanu brzinu: i_wSpdRef na vrijednost različitu od nule
- Zatim, aktivirati Forward ili Reverse komandu: i_xFwd ili i_xRev postaviti na TRUE

Nakon što su sprovedeni ovi koraci može se pristupiti povezivanju PLC-a sa motorom i inicijalizaciji upravljačkog režima U nastavku pojasnit će se parametri koji su obezbjedili sigurno funkcionisanje sistema, a zanemarit će se parametri koji se nisu upotrijebili. Pokretanjem programa potrebno je varijablu power postaviti na TRUE kako bi se aktivirao funkcijski blok. Nakon toga se aktivira bilo FORWARD bilo BACKWARD varijabla postavljenjem jedne ili druge na TRUE. Promjenom varijable SpeedRef zadaje se broj obrtaja koji se želi postići i time se motor počinje obrtati. Referentnu brzinu je moguće mijenjati u toku rada motora. Parametri i_wAcc i i_wDec su upravljaju veličinom akceleracije i usporavanja, te su za zadani primjer podešeni na vrijednost 2. Sistem se zaustavlja postavljanjem vrijednosti varijable DEAKTIVIRAJ na TRUE.

Poglavlje 5

Zaključak

U ovom seminarskom radu je predstavljeno upravljanje brzinom asinhronog motora pomoću frekventnog pretvarača. Spomenuti pretvarač komunicira s PLC-om preko *CAN* mreže. Da bi se ostvarila komunikacija između frekventnog pretvarača i PLC putem *CAN* mreže, potrebno je izvršiti njihovo povezivanje pomoću odgovarajućeg *CAN* kabla, a zatim je potrebno izvršiti konfiguraciju *CAN* mreže unutar frekventnog pretvarača i programskog alata *SoMachine*-a. Također, referenta brzina vrtnje i smjer se zadaju iz već spomenutog programskog alata. PLC koji je korišten za ovaj seminarski rad pripada seriji *Modicon M241*, čiji je proizvođač *Schneider Electric*. Također, korišten je frekventni pretvarač *Altivar 71* od istog proizvođača. Treba napomenuti da se navedeni način upravljanja brzinom asinhronog motora veoma često koristi u praksi, dok *CAN* mreža zbog svojih prednosti predstavlja odlično komunikacijsko sredstvo za rješavanje postavljenog problema.

Literatura

- [1] Frekventni regulatori, dostupno na: https://mehatronik.com/PDF/frekventni_reg_brosura.pdf
- [2] Enrgtech. Schneider electric modicon m241 plc cpu mini usb interface, 128000 steps program capacity, 14 inputs, 10 outputs, 24 v, dostupno na: <https://www.enrgtech.co.uk/product/plcs-programmable-logic-controllers/ET13796325/TM241CEC24T>
- [3] IndiaMART. Schneider altivar 71 ac drives, dostupno na: <https://www.indiamart.com/neutekpower-system/ac-drives.html>
- [4] Electric, S. Somachine software suite, dostupno na: <https://www.farnell.com/datasheets/1793039.pdf>
- [5] Electric, S. Tm251mese, dostupno na: <https://www.se.com/ww/en/product/TM251MESE/logic-controller-modicon-m251-2x-ethernet/>
- [6] Industrijske komunikacijske mreže. Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, dostupno na: <https://c2.etf.unsa.ba/mod/resource/view.php?id=81578>
- [7] Electric, S. (2019) Can port, dostupno na: https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/en/m241hw/m241hw/LMC258-HW-Communication_Services/LMC258-HW-Communication_Services-2.htm
- [8] Electric, S. (2019) Performance canopen m258 (system user guide for somachine v3.0), dostupno na: <https://docs.rs-online.com/ebc0/A700000009960639.pdf>