

Didaktičko učilo za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom

Vargić, Mihael

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:313799>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**DIDAKTIČKO UČILO ZA UPRAVLJANJE
SERVOMOTOROM I ASINKRONIM MOTOROM**

Završni rad br. 13/MEH/2022

Mihael Vargić

Bjelovar, prosinac 2022.



Veleučilište u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Student: **Mihael Vargić**

JMBAG: **0314021158**

Naslov rada (tema): **Didaktičko učilo za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Elektrotehnika**

Grana: **Automatizacija i robotika**

Mentor: **dr.sc. Zoran Vrhovski**

zvanje: **profesor visoke škole**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

- 1. Goran Benkek, struč. spec. ing. el., predsjednik**
- 2. dr. sc. Zoran Vrhovski, mentor**
- 3. Danijel Radočaj, mag. inž. meh., član**

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 13/MEH/2022

U sklopu završnog rada potrebno je:

1. Istražiti i opisati primjenu PLC uređaja Modicon TM262M15MESS8T u industrijskom internetu stvari
2. Konfigurirati i opisati upravljački sustav Lexium LXM32MU45M2 te pretvarač frekvencije ATV 320 za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom
3. Izraditi i opisati korisničko sučelje HMI uređaja za interakciju korisnika s upravljačkim sustavom Lexium LXM32MU45M2, pretvaračem frekvencije ATV 320 i PLC uređajem Modicon TM262M15MESS8T
4. Predložiti i opisati arhitekturu sustava automatizacije zasnovanu na Ethernet komunikaciji koja uključuje HMI uređaj, PLC uređaj Modicon TM262M15MESS8T, upravljački sustav Lexium i pretvarač frekvencije ATV 320
5. Izraditi i opisati program PLC uređaja Modicon TM262M15MESS8T za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom
6. Izraditi i opisati didaktičko učilo za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom

Datum: 28.09.2022. godine

Mentor: **dr. sc. Zoran Vrhovski**



Zahvala

Zahvaljujem se svim profesorima na stručnom studiju Mehatronike na prenesenom korisnom znanju iz svih kolegija, osobito mentoru dr. sc. Zoranu Vrhovskom na korisnim savjetima prilikom izrade završnog rada.

Također, zahvalan sam svojoj obitelji koja mi je omogućila školovanje na Veleučilištu u Bjelovaru te na njihovoj podršci i savjetima bez kojih ne bi uspio dovršiti studiji.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Servomotor i servo driver	2
2.1 Servomotor BSH0551T12A2A	2
2.2 Servo driver LXM32MU45M2	4
2.3 Konfiguriranje servo drivera Lexium 32M	8
3. Pretvarač frekvencije i asinkroni motor	14
3.1 Elektromotor KONČAR-MES	14
3.2 Pretvarač frekvencije Altivar ATV320U02M2C	15
3.3 Konfiguriranje pretvarač frekvencije ATV320U02M2C	18
4. Konfiguriranje i programiranje PLC-a M262	22
4.1 PLC Modicon M262	22
4.2 Programsko razvojno okruženje Machine Expert	26
4.3 Konfiguriranje PLC-a M262	27
5. HMI	34
5.1 HMI Easy Harmony ET6 HMIET6700	34
5.2 Korisničko sučelje za HMIET6700	36
6. Opis didaktičkog učila za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom	41
6.1 Opis arhitekture sustava automatizacije zasnovan na Ethernet komunikaciji	41
6.2 PLC Modicom M262 TM262M15MESS8T	42
6.3 Altivar ATV320U02M2C	42
6.4 Lexium LXM32MU45M2	42
6.5 HMI Easy Harmony ET6 HMIET6700	42
6.6 Napajanje ABL1RPM24100	42
6.7 Tipkala i sklopke	43
6.8 Potencijometar	45
6.9 Signalni semafor	45
6.10 Didaktičko učilo	46
7. ZAKLJUČAK	47
8. LITERATURA	48
9. OZNAKE I KRATICE	50
10. SAŽETAK	51
11. ABSTRACT	52
12. PRILOZI	53

1. Uvod

Današnja sve veća konkurentnost u industriji zahtijeva visokokvalitetne i najdosljednije proizvode s konkurentnom cijenom. Kako bi odgovorili na ovaj izazov, brojne industrije razmatraju različite nove dizajne proizvoda i integrirane proizvodne tehnike paralelno s korištenjem automatiziranih uređaja. Jedan od značajnih i utjecajnih poteza za rješavanje gore navedenog izazova je industrijska automatizacija. Industrijska automatizacija omogućuje povećanje kvalitete proizvoda, pouzdanosti i stope proizvodnje uz istovremeno smanjenje troškova proizvodnje i dizajna usvajanjem novih, inovativnih i integriranih tehnologija i usluga.

Automatizacija ide korak dalje od mehanizacije koja koristi određeni mehanizam strojeva uz pomoć ljudskih operatera za obavljanje zadatka. Mehanizacija je ručno upravljanje zadatkom pomoću pogonskih strojeva koji ovisi o donošenju ljudskih odluka. S druge strane, automatizacija zamjenjuje ljudsko sudjelovanje upotrebom logičnih programskih naredbi i snažnih strojeva [1], [2], [3].

U ovom radu opisan je sustav automatizacije za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom. Za izradu rada korištena je nova oprema proizvođača Schneider Electric koja je opisana u narednim poglavljima. U drugom poglavlju je prikazan servomehanizam koji se sastoji od servomotora i servo drivera te je objašnjen proces konfiguriranja servo drivera. Treće poglavlje prikazuje pretvarač frekvencije te je objašnjen proces konfiguriranja pretvarač frekvencije. Četvrto poglavlje obuhvaća korišteni PLC te njegovo konfiguriranje i programiranje. Peto poglavlje opisuje HMI i korisničko sučelje za upravljanje servo driverom i pretvaračem frekvencije. U šestom poglavlju su opisani arhitektura sustava automatizacije te didaktičko učilo. Sedmo poglavlje daje zaključak završnog rada.

2. Servomotor i servo driver

Servomehanizam je uređaj ili sustav čija se pozicija automatski prilagođava ulaznoj koja je promjenjiva i unaprijed nepoznata. Zadaća servomehanizma je da njegov upravljački krug vrlo precizno i brzo nadgleda promjenu referentnih veličina i da prilagođava izlaz ulaznoj vrijednosti. Servomehanizmi mogu biti pneumatski, hidraulični, električni i kombinirani. Servomehanizam u završnom radu sačinjen je od servomotora BSH0551T12A2A koji je upravljan pomoću servo drivera LXM32MU45M2.

2.1 Servomotor BSH0551T12A2A

Za izradu završnog rada korišten je AC sinkroni servomotor kataloškog broja BSH0551T12A2A prikazan na slici 2.1.



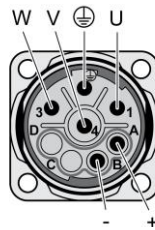
Slika 2.1: Servomotor BSH0551T12A2A

Značajke servomotora BSH0551T12A2A koji je upravljan servo driverom LXM32MU45M2 [4] su:

- Nazivni napon: 480 V
- Broj faza: 3
- Nazivna struja: 1.4 A
- Najveća dozvoljena struja: 5.4 A
- Nazivna snaga: 300 W
- Najveći okretni moment: 1.4 Nm
- Nazivni okretni moment: 0.45 Nm
- Nazivna brzina vrtnje: 6000 okr/min


- Najveća brzina vrtnje: 9000 okr/min
- Inercija rotora: 0.059 kg.cm²
- Masa: 1.20 kg
- Integrirani enkored SinCos.

Različiti tipovi motora koriste različite priključke za spajanje faza motora. Primjerice motori serije BSH0551 upotrebljavaju priključak M23 prikazan na slici 2.2. Također, enkoderski priključci su različiti na motorima iz drugih serija. Enkoder i servo driver povezani su s priključkom M23 koji je prikazan na slici 2.3. U tablici 2.1 prikazana je uloga pinova priključka M23 za motor.



Slika 2.2: Priključak M23 za motor [4]

Oznake na slici 2.2 imaju sljedeća značenja:

- U označava fazu motora U
- V označava fazu motora V
- W označava fazu motora W
- + označava napajanje kočnice motora 24V (ako je ugrađena)
- - označava pin za referentni potencijal kočnice (ako je ugrađena)
- Simbol  označava uzemljenje.



Slika 2.3: Priključak M23 za enkoder [4]

Tablica 2.1: Oznake na priključku M23 za enkoder

PIN	Signal	Značenje
1	PTC	Temperaturni senzor
2	PTC	Temperaturni senzor
4	REFSIN_OUT	Referentni pin za sinusni signal, 2,5V
5	REFCOS_OUT	Referentni pin za kosinusni signal, 2,5V
6	DATA+	Primanje i slanje podataka
7	DATA-	Primanje i slanje podataka, invertirano
8	SIN_OUT	Sinusni signal
9	COS_OUT	Kosinusni signal
10	ENC+10V	Napajanje enkodera 7-12 V
11	ENC_0V	Referentni pin za enkoder
	SHLD	Kućište priključka

Kao odgovor na zahtjeve po pitanju brzine i preciznosti dizajnirani su sinkroni AC servomotori s permanentnim rotorskim magnetom. Njihova mogućnost velikih preopterećenja momenata skupa s malim momentom inercije uspoređujući s drugim AC servomotorima, osigurava veliku akceleraciju, smanjenu potrošnju energije i probleme zagrijavanja motora. Magnetsko polje rotorskih permanentnih magneta u kombinaciji sa sinusoidalnom trofaznom strujom kao pobuda za stator rezultiraju dobivanjem okretnog momenta. Položaj rotorske osovine se prati pomoću enkodera koji je ugrađen u svaki servomotor te se na taj način se usklađuje položaj rotora s pobudom statorskih namotaja. Od mirovanja do maksimalne brzine motori s permanentnim magnetima isporučuju konstantan moment.

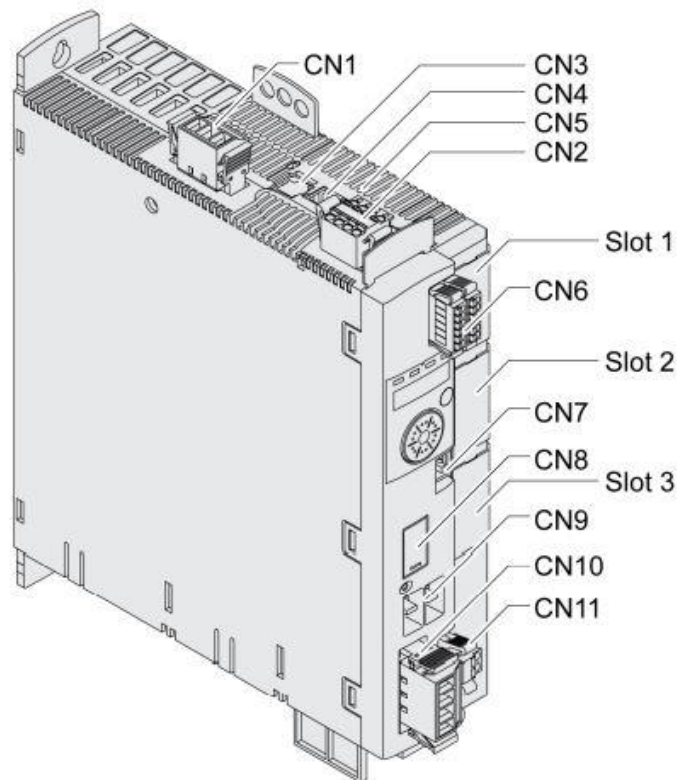
2.2 Servo driver LXM32MU45M2

Servo driver Lexium 32M kataloškog broja LXM32MU45M2 korišten je za izradu završnog rada, prikazan na slici 2.4.



Slika 2.4: Servo driver LXM32MU45M2 [5]

Servo driveri iz serije Lexium 32 razlikuje četiri uređaja: Lexium 32A, Lexium 32C, Lexium 32M i Lexium 32S. Upotrebljavaju se za upravljanje AC sinkronim servomotorima serije BMH i BSH. BMH serija motora zbog svog većeg okretnog momenta u odnosu na BSH seriju motora upotrebljava se na mjestima gdje su velika opterećenja, dok se BSH serija motora upotrebljava na mjestima malih opterećenja. Slika 2.5 prikazuje priključke za servo driver Lexium 32M.



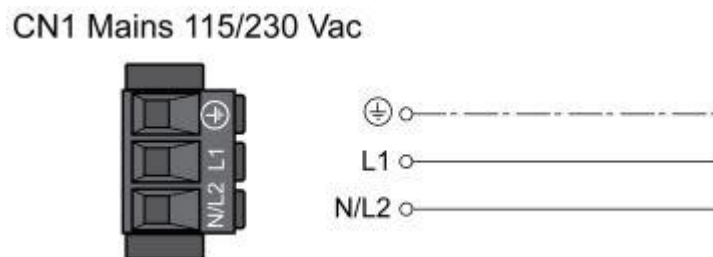
Slika 2.5: Priključci servo drivera Lexium 32M [5]

Priključci servo drivera Lexiuma 32M imaju sljedeće značenje [5]:

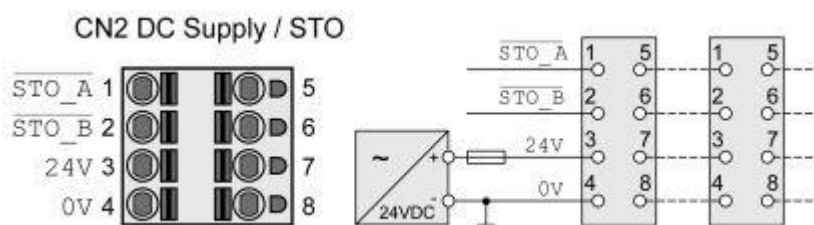
- CN1 priključak za napajanje servo *drivera* 230 VAC
- CN2 priključak za napajanje iznosa 24 VDC servo drivera i sigurnosne funkcije STO (engl. *Safe Torque Off*)
- CN3 priključak za povezivanje enkodera motora
- CN4 prikazuje PTO (engl. *Pulse Train Output*) izlazni priključak
- CN5 prikazuje PTI (engl. *Pulse Train Input*) ulazni priključak
- CN6 prikazuje mjesto za povezivanje analognih ulaza, digitalnih izlaza i digitalnih ulaza
- CN7 priključak za povezivanje na *Modbus* protokol

- CN8 mjesto za povezivanje vanjskog otpornika za kočenje
- CN9 izlaz istosmjernog napajanja
- CN10 priključak za povezivanje faza motora
- CN11 priključak za povezivanje kočnice motora
- Slot 1 utor za sigurnosni modul
- Slot 2 utor za modul enkodera (*encoder 2*)
- Slot 3 utor za *Fieldbus* module.

Na slici 2.6 može se vidjeti priključak CN1 koji služi za napajanje LXM32M. Na priključak CN1 dovedeno je izmjenično napajanje iznosa 230 V. Slika 2.7 prikazuje priključak CN2 na koji je dovedeno istosmjerno napajanje iznosa 24 VDC koje služi za napajanje logičkih sklopova Lexiuma. Napon iznosa 24 VDC potrebno je dovesti na priključke STO_A i STO_B koji se najčešće povezuje na gljivasto tipkalo za zaustavljanje u nuždi [5].

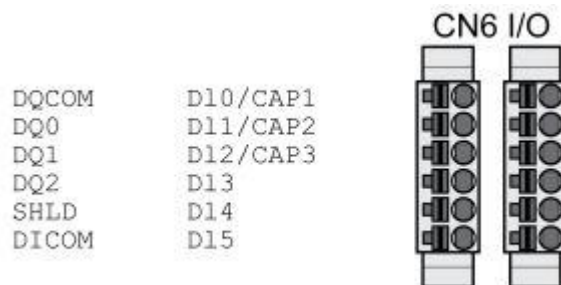


Slika 2.6: CN1 priključak [5]



Slika 2.7: CN2 priključak [5]

Slika 2.8 prikazuje priključak CN6 na kojemu se nalaze digitalni ulazi i izlazi. Na LXM32M je moguće povezati tri digitalna izlaza i šest digitalnih ulaza. U tablici 2.2 opisano je značenje svakog pina s CN6 priključka.



Slika 2.8: CN6 priključak [5]

Tablica 2.2: Značenje svakog pina sa CN6 priključka

Signal	Značenje
SHLD	Pin za zaštitu od smetnji (spojiti na GND)
DICOM	Referentni pin za digitalne ulaze (DI0 – DI5)
DQCOM	Referentni pin za digitalne izlaze (DQ0 – DQ2)
DQ0	Digitalni izlaz 0
DQ1	Digitalni izlaz 1
DQ2	Digitalni izlaz 2
DI0	Digitalni ulaz 0
DI1	Digitalni ulaz 1
DI2	Digitalni ulaz 2
DI3	Digitalni ulaz 3
DI4	Digitalni ulaz 4
DI5	Digitalni ulaz 5

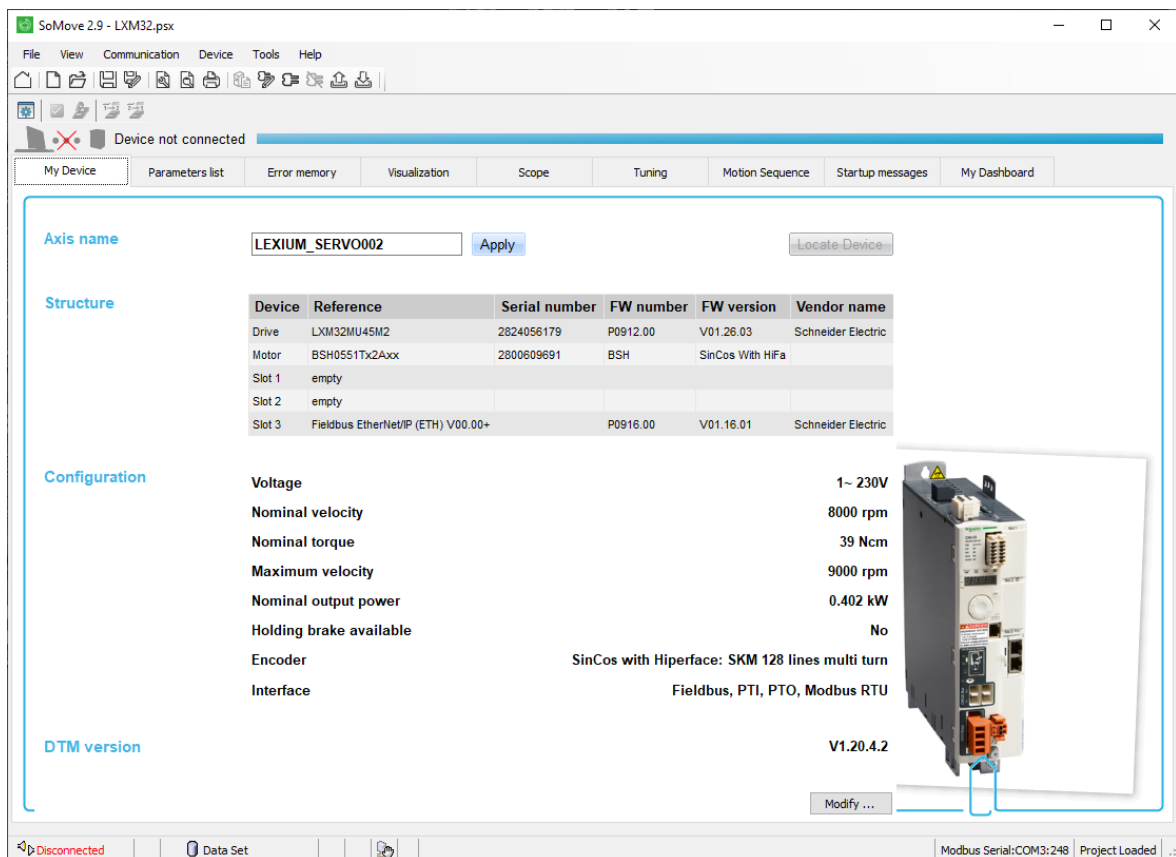
Kako bi servo driver mogao komunicirati putem *EtherNetIP* komunikacije, ugrađen je *Modbus TCP-EtherNet/IP* modul na mjesto slot 3 koje je namijenjeno za *fieldbus* module. Na slici 2.9 je prikazan *Modbus TCP-EtherNet/IP* modul.



Slika 2.9: Modbus TCP-EtherNet/IP modul [6]

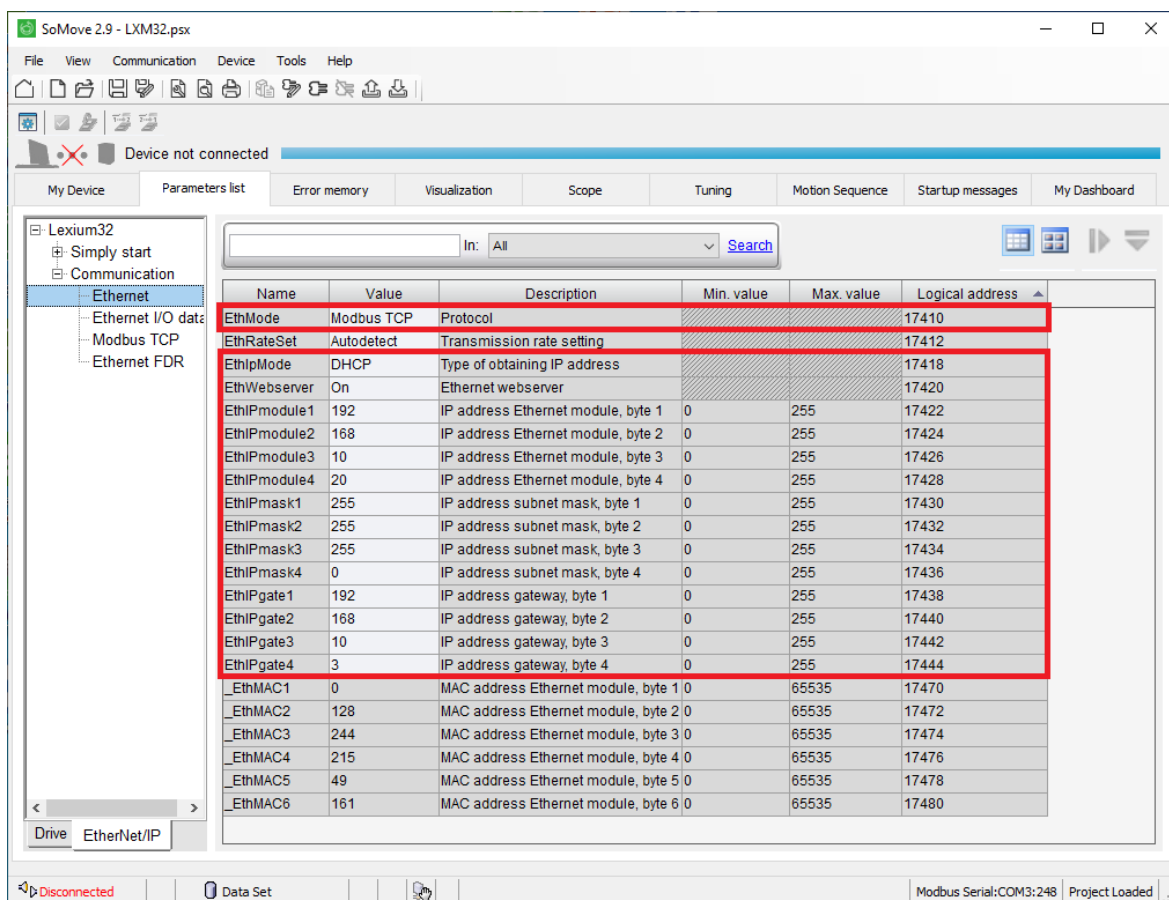
2.3 Konfiguriranje servo drivera Lexium 32M

Servo driver Lexium 32M konfiguriran je pomoću programskog alata *SoMove* koji je detaljno opisan u završnom radu [7] i *Machine Expert V2.0* koji će biti nešto detaljnije opisan u četvrtom poglavlju. Konfiguriranje bilo kojeg servo drivera ili pretvarača frekvencije proizvođača *Schneider Electric* omogućuje programski alat *SoMove*. Mogućnosti kao prikazivanje kodova grešaka i upozorenja, upravljanje servomotorom ili asinkronim motorom, prikaz trenutnog stanja digitalnih ulaza i izlaza, itd. omogućeno je pomoću programskog alata *SoMove*. Kako bi se povezalo računalo sa servo driverom, potrebno je koristiti pretvarač USB na RS485 te priključak RJ45 spojiti na priključak CN7. Računalo sa servo driverom komunicira pomoću *Modbus RTU* protokola. Nakon povezivanja sa servo driverom otvara se početni zaslon na kojemu su prikazani osnovni podaci o uređajima kataloških brojeva *LXM32MU45M2* i *BSH0551T12A2A* (slika 2.10). Odabirom kartice *Parameters list* pristupa se parametrima servo drivera.



Slika 2.10: Početni zaslon izrađenog projekta za servo driver LXM32M

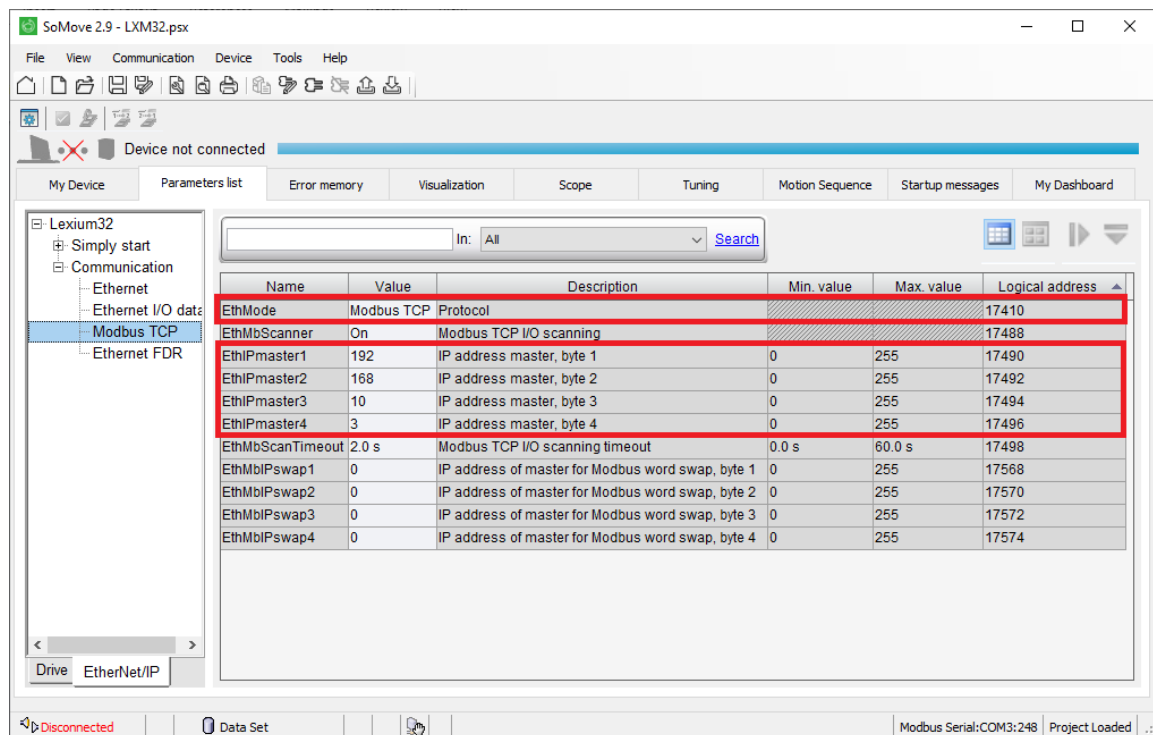
Na kartici *Parameter list* potrebno je odabrati karticu *EtherNet/IP*, proširiti *Communication* te odabrati *Ethernet*. Potrebno je promijeniti sljedeće parametre (slika 2.11) kako bi se dodijelila IP adresa servo driveru. Parametar *EthMode* potrebno je namjestiti na *Modbus TCP* protokol. U parametre *EthIPmodule1*, *EthIPmodule2*, *EthIPmodule3* i *EthIPmodule4* potrebno je unijeti željenu IP adresu servo drivera. Definirana maska pod mreže unosi se u parametre *EthIPmask1*, *EthIPmask2*, *EthIPmask3* i *EthIPmask4*. U parametre *EthIPgate1*, *EthIPgate2*, *EthIPgate3* i *EthIPgate4* unesena je dodijeljena IP adresa *ethernet* porta PLC-a.



Slika 2.11: Postavljanje parametara IP adrese uređaja LXM32M u izborniku Ethernet

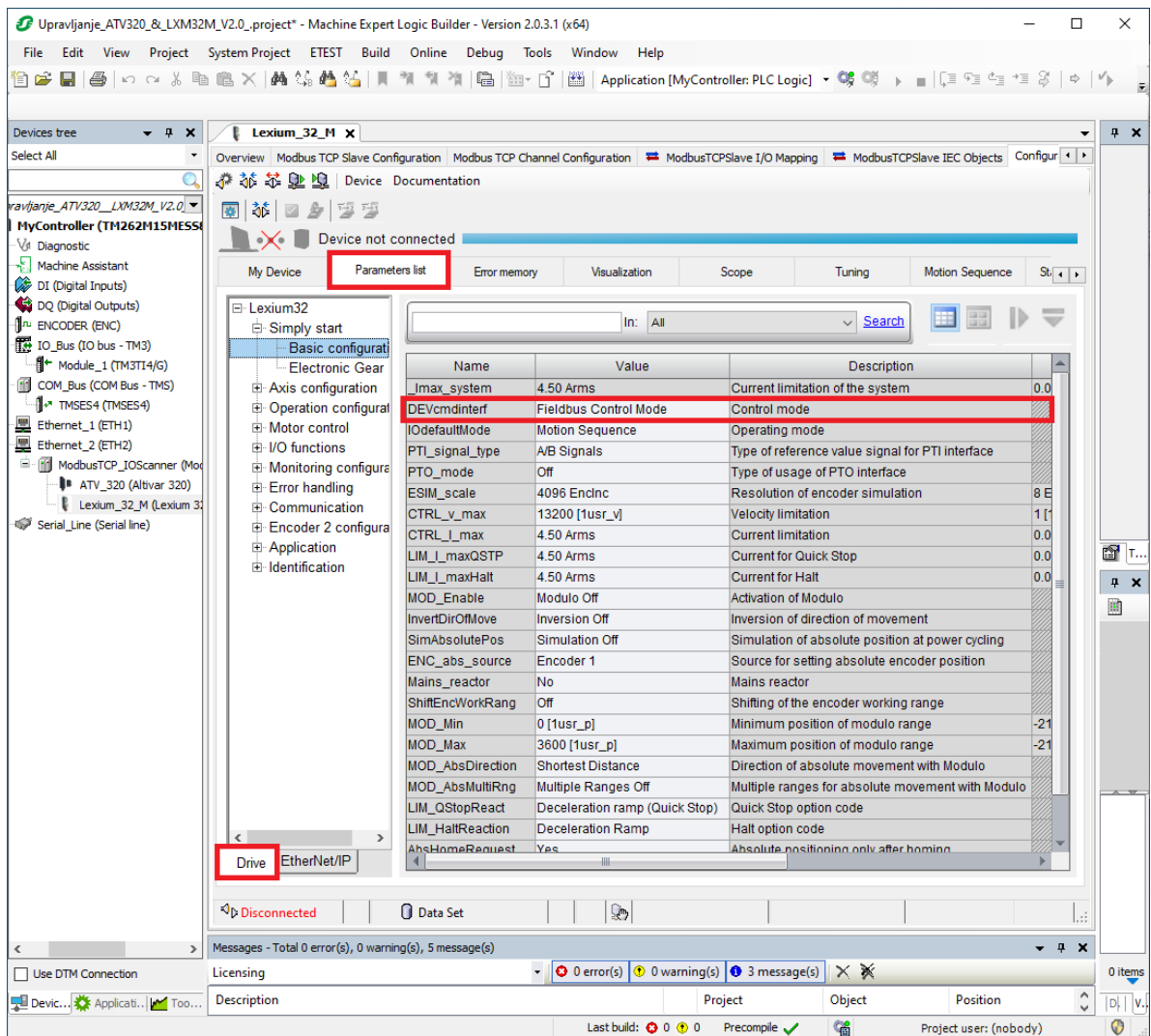
U proširenom izborniku *Communication*, odabire se izbornik *Modbus TCP* te se parametru *EthMode* dodjeljuje protokol *Modbus TCP*. Nakon toga se upiše IP adresa *master* uređaja, odnosno uređaja koji će upravljati servo driverom u parametre *EthIPmaster1*, *EthIPmaster2*, *EthIPmaster3* i *EthIPmaster4* (slika 2.12).

Nakon uspješne provjere dostupnosti (engl. *ping*) IP adrese servo drivera pomoću *Command Prompt* alata operativnog sustava *Windows*, sljedeći je korak pokretanje programa *Machine Expert V2.0* i izrada projekta pomoću kojega će se upravljati servo driverom. Ovaj korak je detaljnije opisan u petom poglavlju. Promjene parametara potrebnih za upravljanje LXM32M bit će prikazane kroz program *Machine Expert V2.0* koji nudi mogućnost upravljanja i promjene parametara na isti način kao *SoMove* samo putem *Ethernet* komunikacije.



Slika 2.12: Postavljanje parametara protokola i IP adrese master uređaja u izborniku *Modbus TCP*

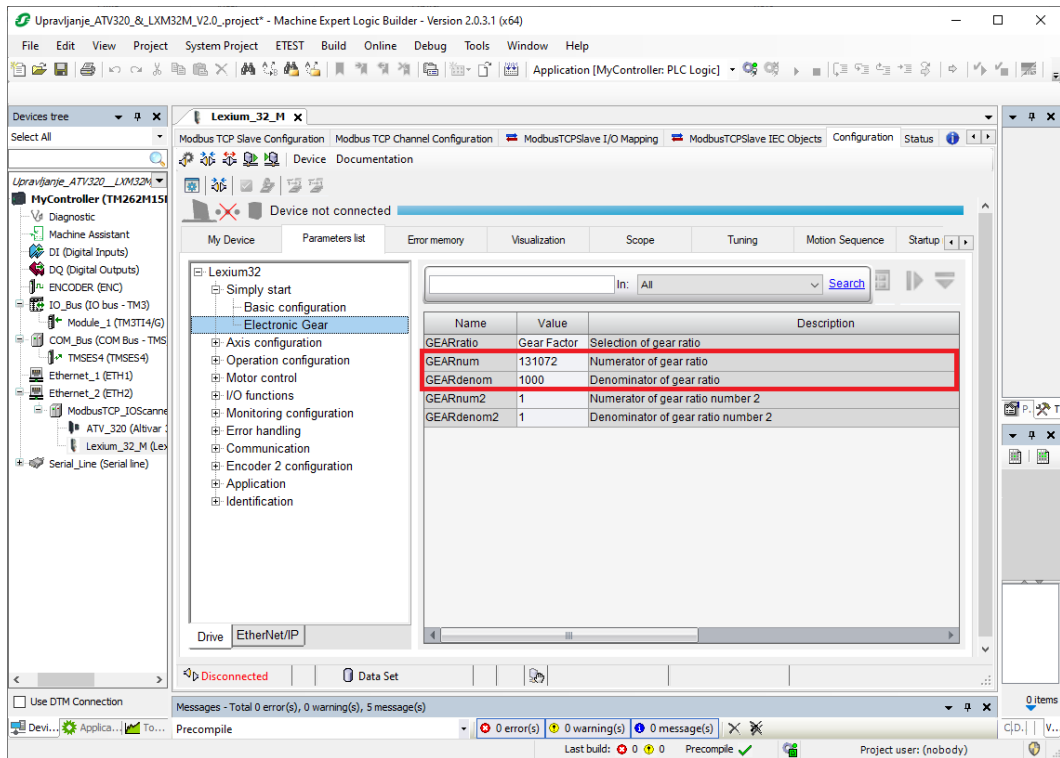
Koristeći karticu *Parameters list* na kojoj je odabrana kartica *Drive*, izbornik *Simply start* je proširen i odabran podizbornik *Basic configuration* u kojem je parametar *Control Mode* postavljen u skočnom izborniku na *Fieldbus Control Mode* kao što je prikazano na slici 2.13.



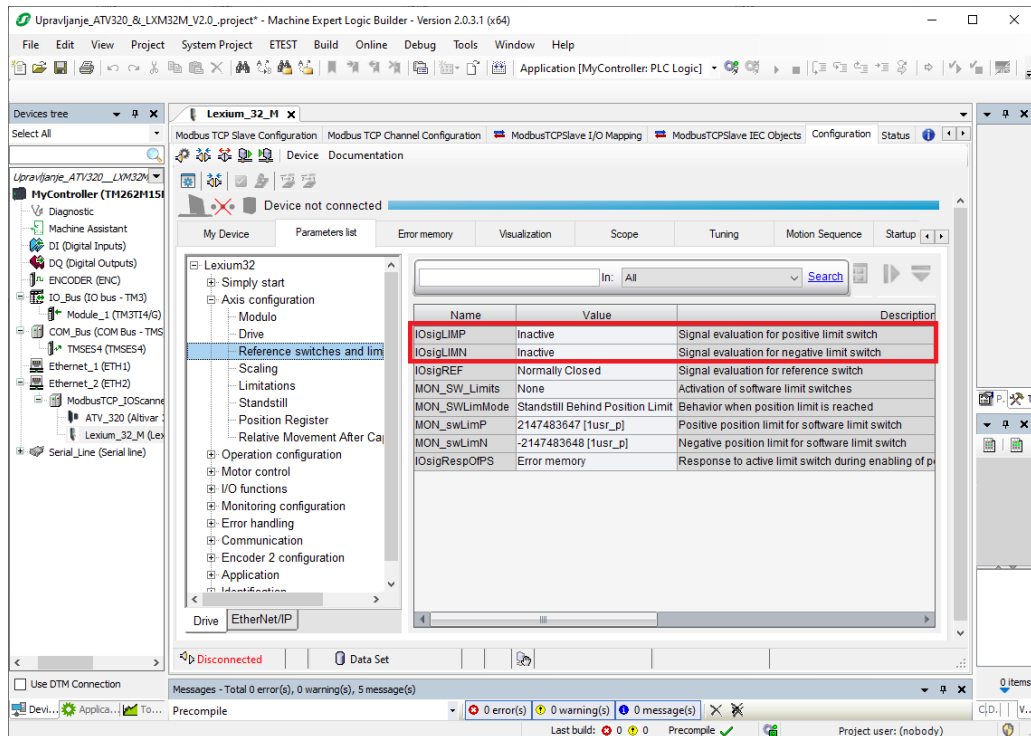
Slika 2.13: Postavljanje parametara Control moda u izborniku Basic configuration

U kartici *Parameters list* odabire se kartica *Drive* te se proširuje izbornik *Simply start*, odlazi se u *Electronic Gear* i mijenjaju se parametri *GEARnum* i *GEARdenom*. *GEARnum* označava broj impulsa koji se generiraju enkoderom koji je ugrađen u servomotor nakon napravljenog jednog okretaja rotora. *GEARdenom* označava koliko će impulsa biti potrebno dovesti na servo driver kako bi servomotor napravio jedan okretaj (slika 2.14).

Na slici 2.15 vidljiv je prošireni izbornik *Axis configuration* i odabir izbornika *Reference switches and limit switches* te promjena parametara *IOSigLIMP* i *IOSigLIMN* u vrijednost *Inactive* budući da krajnji prekidači nisu korišteni.

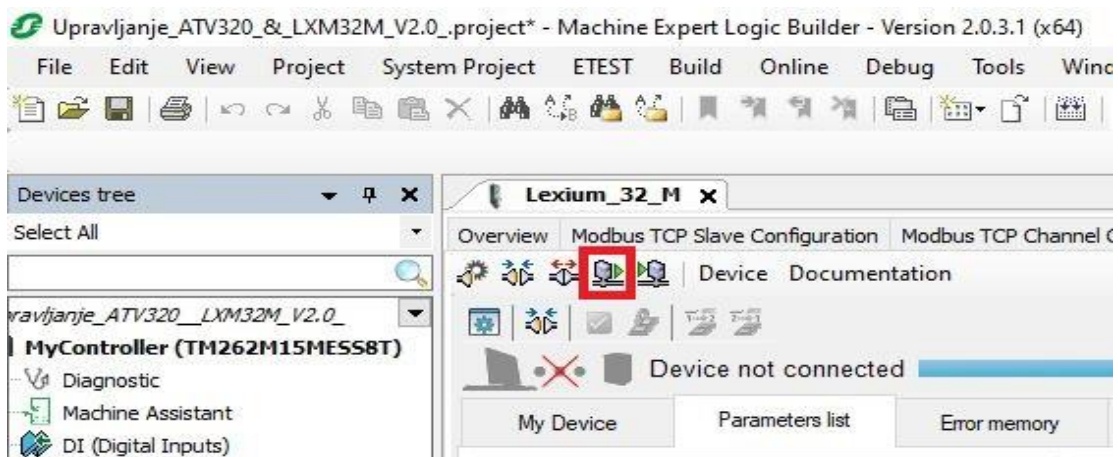


Slika 2.14: Postavljanje parametara GEARnum i GEARdenom u izborniku Electronic Gear

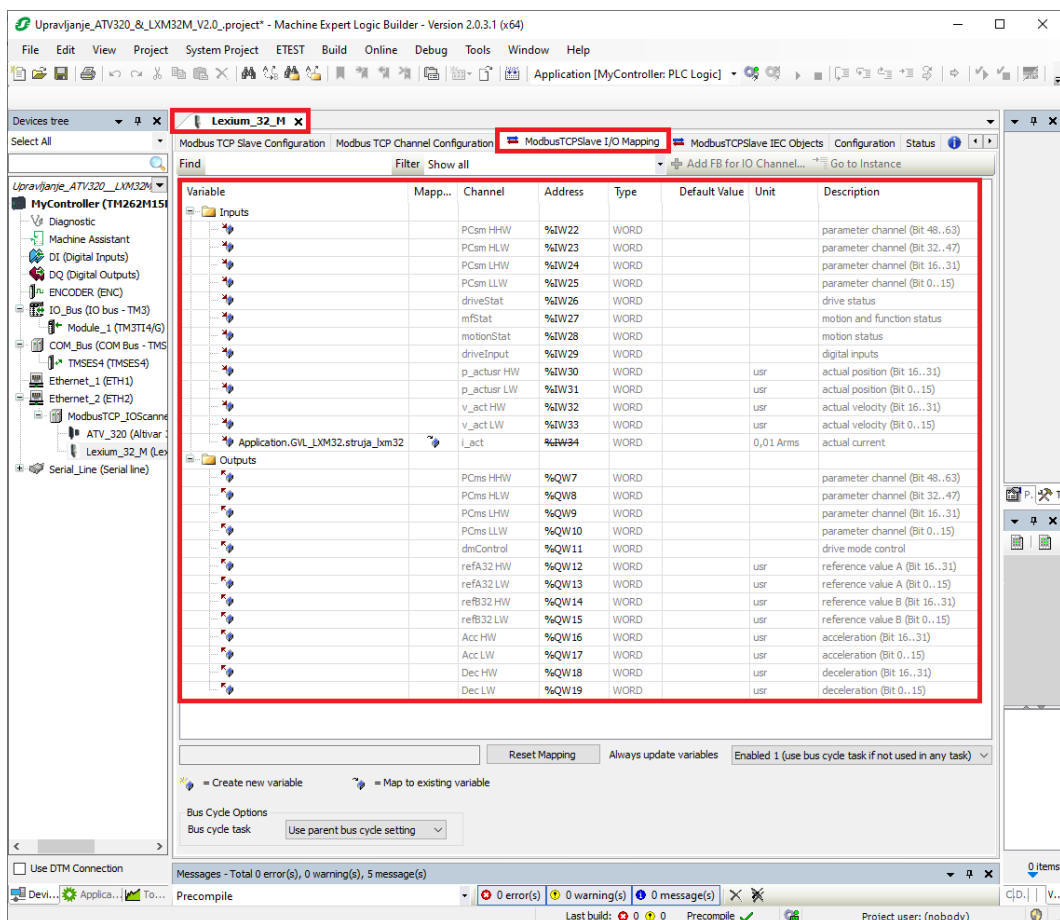


Slika 2.15: Postavljane parametara za krajnje prekidače u izborniku Reference switches and limit switches

Na kraju je potrebno spremi promjene na servo driver klikom na *Upload* kako je prikazano na slici 2.16. Za prikaz vrijednosti kao što su struja ili brzina vrtnje motora potrebno je odabrati karticu *ModbusTCPSlave I/O Mapping* te tamo dodijeliti ime varijable u već predviđena mjesta u tablici za prikaz struje, brzine itd. Slika 2.17 prikazuje karticu *ModbusTCPSlave I/O Mapping*.



Slika 2.16: Tipka Upload u programskom alatu Machine Expert V2.0



Slika 2.17: Prikaz ModbusTCPSlave I/O Mapping

3. Pretvarač frekvencije i asinkroni motor

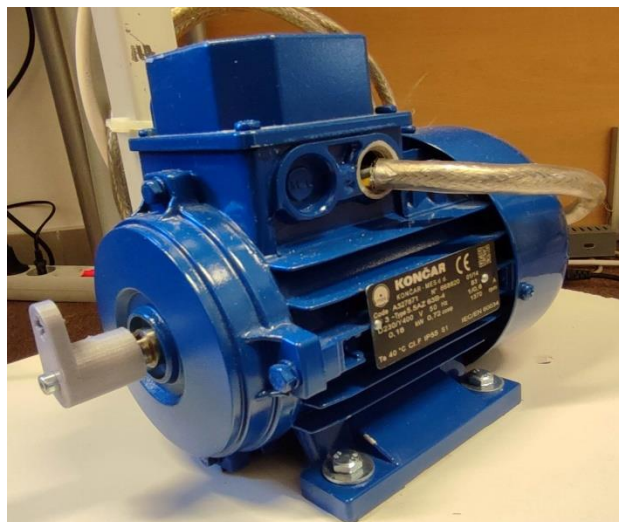
Pretvarač frekvencije je električni uređaj koji pretvara napon jedne frekvencije u napon druge frekvencije. Uzimajući u obzir načine pokretanja elektromotora, pretvarači frekvencije su jedni od skupljih rješenja, ali jedini nude mogućnost efikasne regulacije brzine asinkronog elektromotora. Pretvarač frekvencije obično se koriste za regulaciju brzine motora koji se koriste za pogon pumpi i ventilatora.

3.1 Elektromotor KONČAR-MES

U ovom završnom radu korišten je trofazni asinkroni elektromotor proizvođača „Končar-Mes“, oznake 5.5AZ 63B-4, prikazan na slici 3.1. Ovakvi motori zatvorene izvedbe i hlađenja vlastitim ventilatorom imaju široku primjenu u proizvodnim i procesnim aktivnostima u industriji. Namotaji asinkronog elektromotora spojeni su trokut.

Karakteristike korištenog elektromotora su:

- Snaga: 0.18 kW
- Broj faza: 3
- Broj okretaja: 1370 okr/min
- Frekvencija: 50 Hz.



Slika 3.1: Trofazni asinkroni elektromotor Končar-Mes

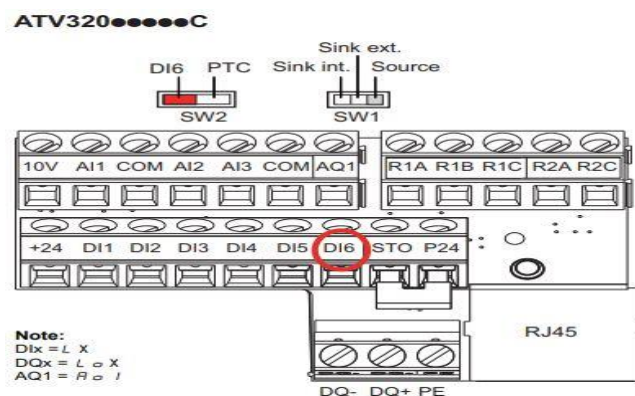
3.2 Pretvarač frekvencije Altivar ATV320U02M2C

Za pokretanje trofaznog asinkronog elektromotora korišten je pretvarač frekvencije ATV320U02M2C prikazan na slici 3.2. Na ATV320 doveden je napon iznosa 230VAC. Korišteni pretvarač frekvencije je namijenjen za pokretanje elektromotora do 0.18 kW / 0.25 ks. Robusni dizajn omogućuje rad u teškim uvjetima okoline, primjerice na temperaturama okoline do 60°C bez potrebe za dodatnim hlađenjem. ATV320 prikladan je za upravljanje gdje je potrebno precizno namještanje okretnog momenta, brzine i frekvencije [8].



Slika 3.2: Pretvarač frekvencije ATV320U02M2C [8]

Na slici 3.3 prikazani su ulazi i izlazi za pretvarač frekvencije ATV320U02M2C (skraćeno ATV320). Digitalni ulazi i relejni izlazi izvučeni su na kartice radi lakšeg spajanja zbog ugrađene *Modbus TCP-EtherNet/IP modula* za komunikaciju koja onemogućuje otvaranje zaštitnih vrata pretvarača frekvencije kada je spojena.

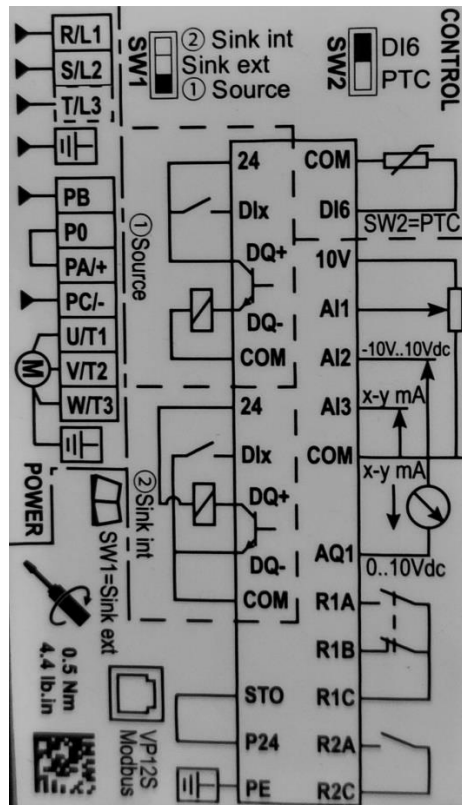


Slika 3.3: Prikaz ulaza i izlaza na pretvaraču frekvencije ATV320U02M2C [8]

Pretvarač frekvencije ATV320 ima tri analogna ulaza i jedan analogni izlaz te dva referentna priključka (COM). Nadalje, pretvarač frekvencije ATV320 ima šest digitalnih ulaza i priključak za serijsku komunikaciju. U tablici 3.1 opisana su značenja pojedinih ulaza i izlaza. Na slici 3.4 nalazi se shema analognih/digitalnih ulaza i izlaza i relejnih izlaza.

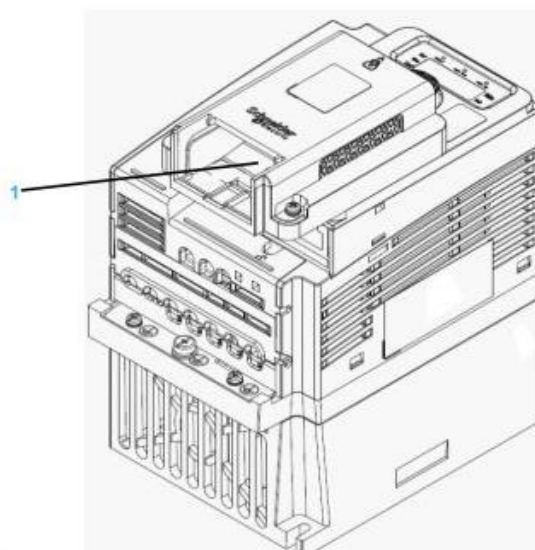
Tablica 3.1: Značenje oznaka slike 3.3

Signal	Značenje
10V	Napajanje od 10V za analogne ulaze
AI1	Analogni ulaz 1
COM	Referentni pin za analogne ulaze
AI2	Analogni ulaz 2
AI3	Analogni ulaz 3
COM	Referentni pin za analogne ulaze
AQ1	Analogni izlaz 1
R1A	Relej 1 - Normalno otvoreni kontakt
R1B	Relej 1 - Normalno zatvoreni kontakt
R1C	Relej 1 - Zajednički kontakt
R2A	Relej 2 - Normalno otvoreni kontakt
R2C	Relej 2 - Zajednički kontakt
24V	Napajanje od 24V za digitalne ulaze
DI1	Digitalni ulaz 1
DI2	Digitalni ulaz 2
DI3	Digitalni ulaz 3
DI4	Digitalni ulaz 4
DI5	Digitalni ulaz 5
DI6	Digitalni ulaz 6
STO	<i>Safe torque off ulaz</i>
DQ-	Digitalni izlaz
DQ+	Digitalni izlaz
PE	<i>Protective Earth</i>



Slika 3.4: Shema ulaza i izlaza pretvarača frekvencije ATV320

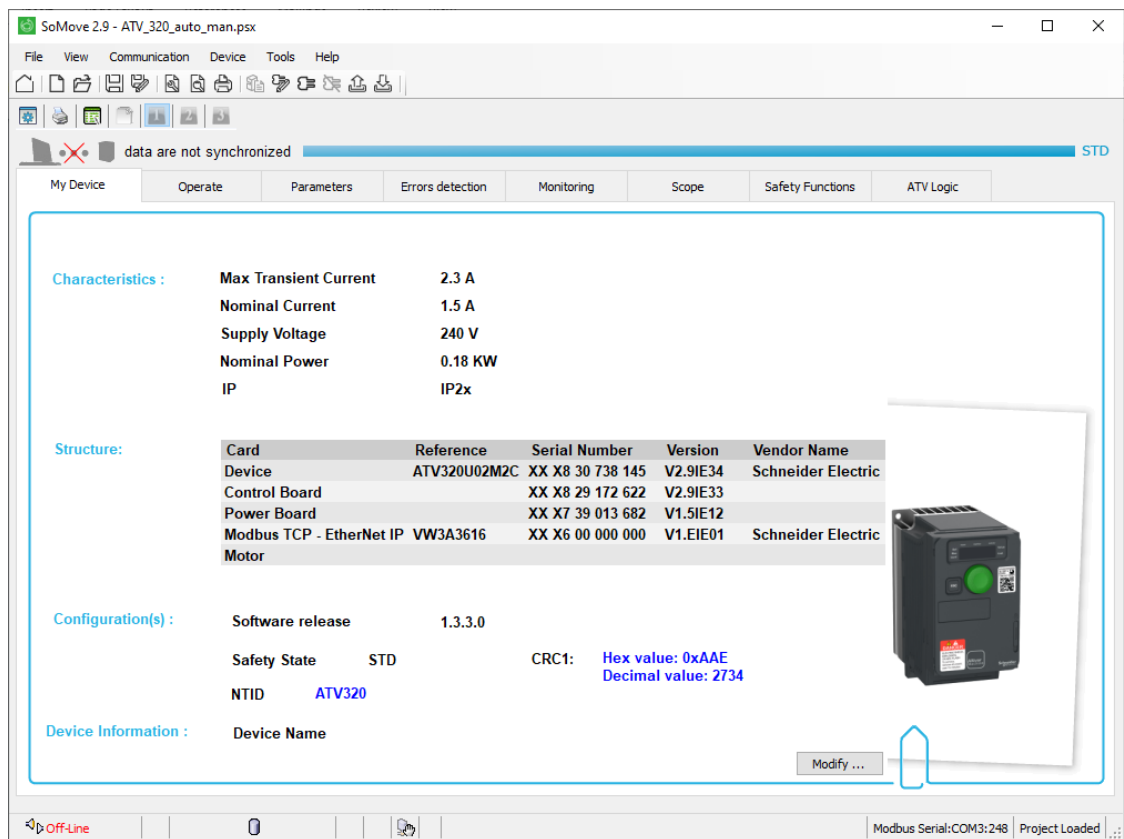
Za uspostavu komunikacije između pretvarača frekvencije ATV320 i PLC-a ugrađen je modul *Modbus TCP-EtherNet/IP*. Modul je smješten s prednje strane pretvarača frekvencije ATV320 kao što je prikazano na slici 3.5



Slika 3.5: Smještaj Modbus TCP-EtherNet/IP modula na pretvaraču frekvencije ATV320 [8]

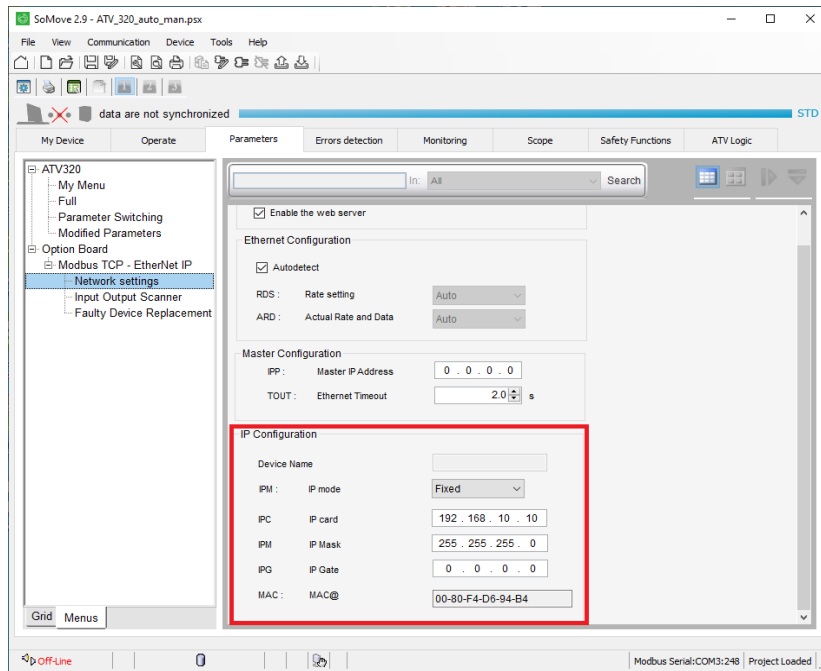
3.3 Konfiguriranje pretvarač frekvencije ATV320U02M2C

Za konfiguriranje pretvarača frekvencije korišten je kao i u prošlom poglavlju programski alat *SoMove* i *Machine Expert V2.0* koji je detaljnije opisan u četvrtom poglavlju. Konfiguriranje bilo kojega pretvarač frekvencije proizvođača *Schneider Electric* moguće je uz pomoć programskog alata *SoMove*. Slijedeći postupak iz završnog rada [7] preskočeni su početni koraci te je na slici 3.6 prikazan početni zaslon izrađenog projekta za pretvarač frekvencije ATV320.



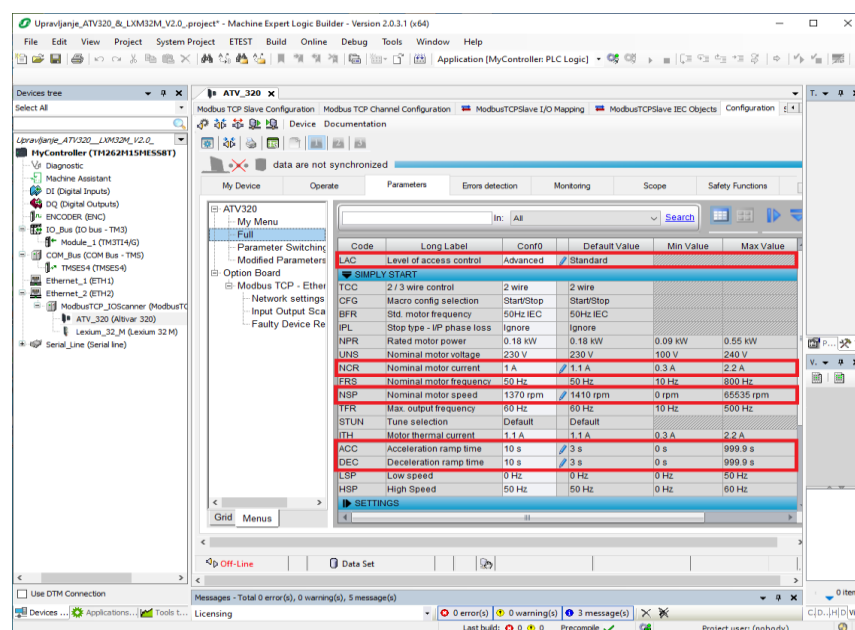
Slika 3.6: Početni zaslon izrađenog projekta za pretvarač frekvencije ATV320

Na početnom zaslonu nalaze se osnovni podatci ATV320. Kako bi se pristupilo dodjeljivanju IP adrese uređaju potrebno je odabrati karticu *Parameters*. Neophodno je proširiti izbornike *Option Bord* i izbornik *Modbus TCP – EtherNet IP*, odabrati *Network settings* i unijeti željenu IP adresu za pretvarač frekvencije u *IP Configuration* (slika 3.7).



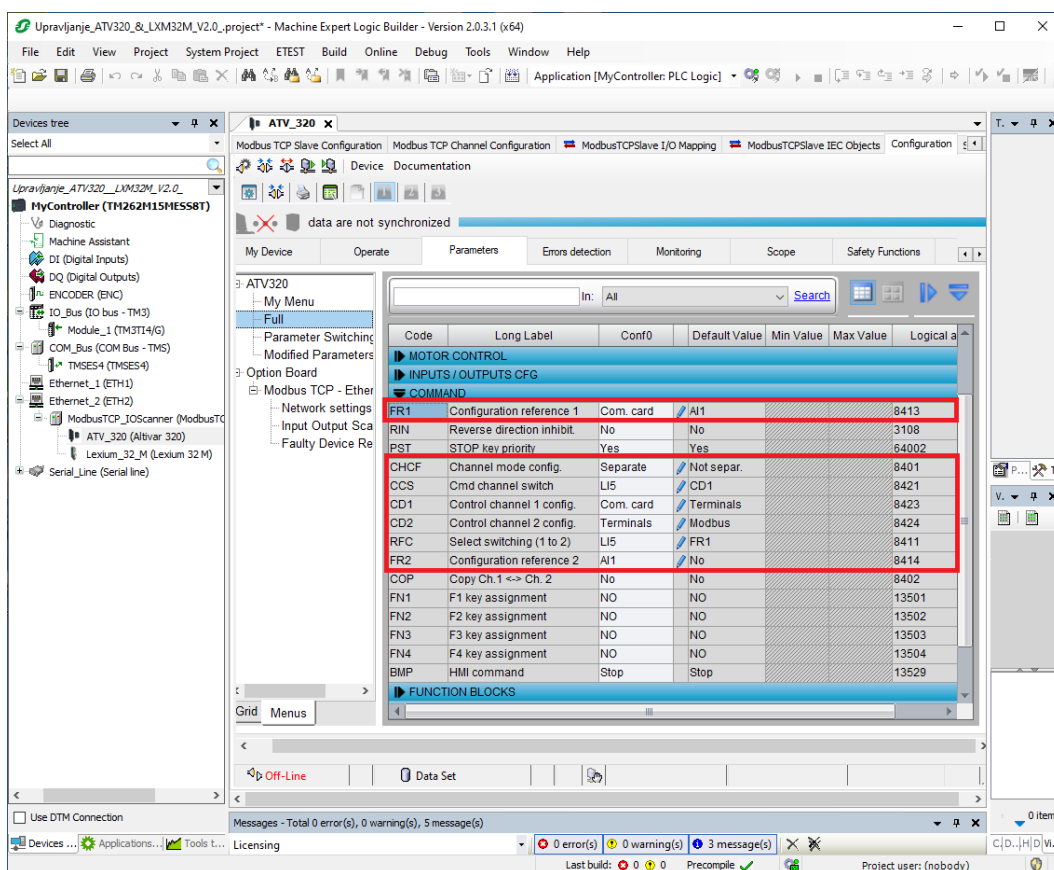
Slika 3.7: Prikaz mjesta unosa IP adrese pretvarač frekvencije ATV320

Nakon uspješne provjere dostupnosti pretvarača frekvencije ATV320, potrebno je pokrenuti *Machine Expert V2.0* preko kojeg će se konfigurirati ručni način rada. Proširivanjem izbornika *ATV320* i odabira izbornika *Full* proširuje se izbornik *Simply Start* i dolazi do provjere jesu li automatski promijenjeni parametri vezani uz asinkroni motor. Na slici 3.8 vidljivi su promijenjeni parametri koji u svom retku imaju plavu olovku označavajući vrijednosti koje su drugačije od početnih.



Slika 3.8: Promijenjeni parametri u kartici Parameters vezani uz korišteni asinkroni motor

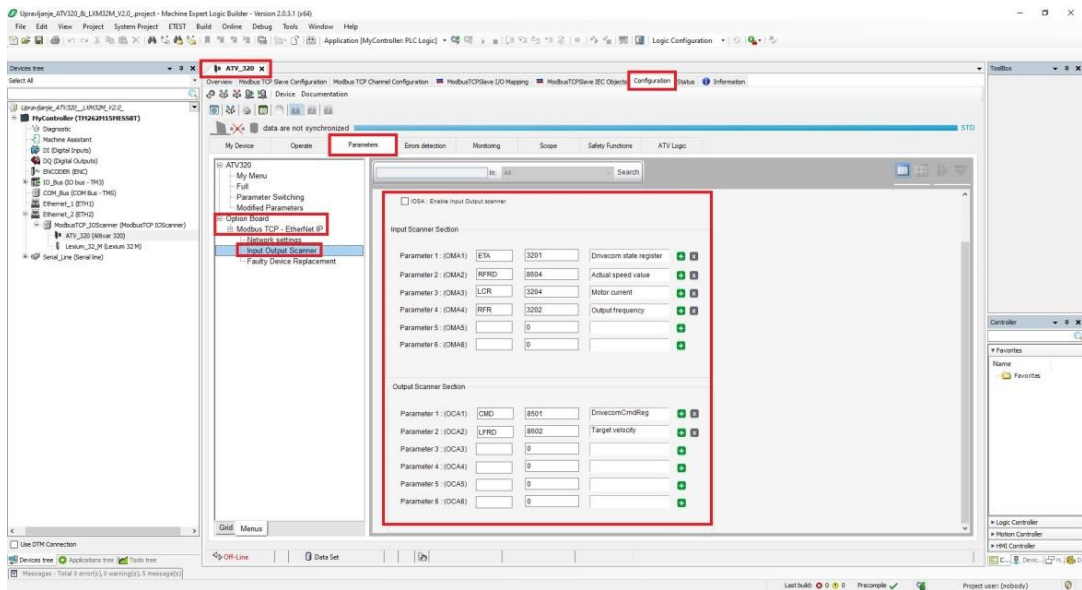
Kako bi se omogućilo ručno upravljanje koje je u početnim postavkama namješteno na 2 wire, potrebno je u već proširenom izborniku *Full* proširiti izbornik *Command* i napraviti sljedeće izmjene. U parametru *Configuration reference 1* potrebno je namjestiti na *Com. Card (communication card)* te parametar *Channel mode config.* namjestiti u skočnom izborniku na *Separate*. Nakon toga se izmjenjuje parametar *Cmd channel switch* i namješta se na LI5 te dolazi do promjene sljedećeg parametra *Control channel 1 config.* na *Com. Card*. *Control channel 2 config.* je potrebno namjestiti u skočnom izborniku na *Terminals*. Posljednja dva parametra za izmjenu su *Select switching (1 to 2)* koji mora biti namješten na logički ulaz LI5 i parametar *Configuration reference 2* koji mora biti postavljen na AI1. Na slici 3.9 su prikazani promijenjeni parametri za ručno upravljanje koristeći *2 wire control*.



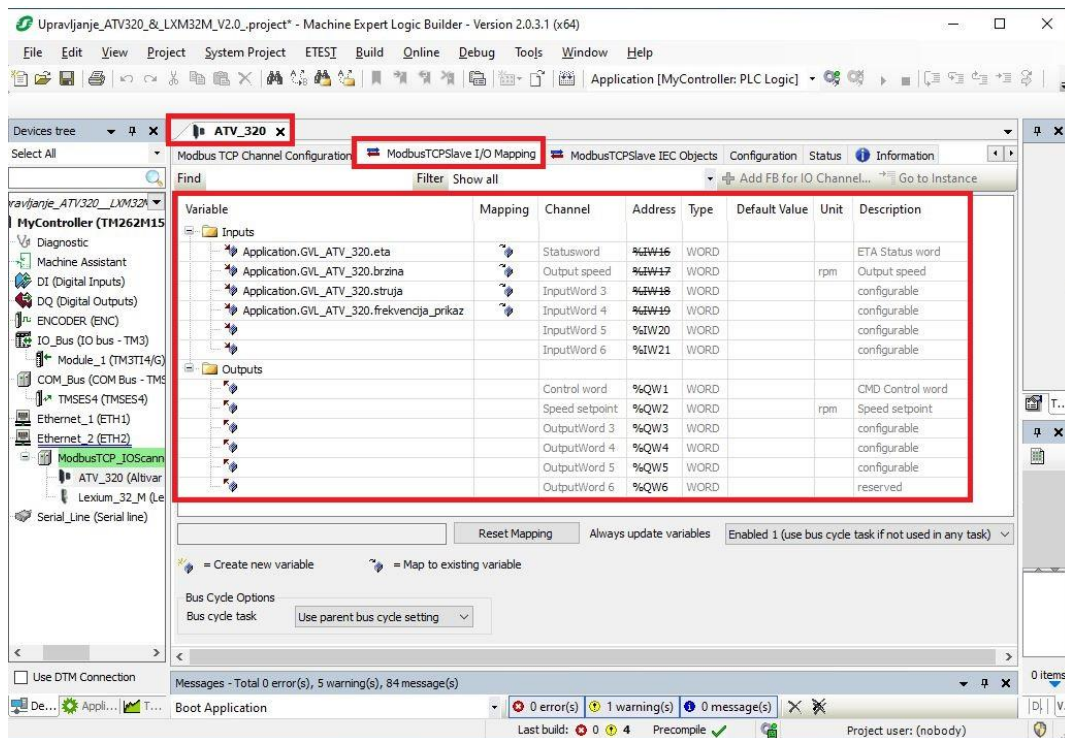
Slika 3.9: Promijenjeni parametri za ručno upravljanje pretvaračem frekvencije ATV320

Izbornik *Input Output Scanner* nalazi se u proširenom izborniku *Optional Board* i *Modbus TCP-EtherNet IP*. U izbornik *Input Output Scanner* možemo dodavati parametre u *Input Scanner Section* i *Output Scanner Section*. Nakon dodavanja parametara potrebno je omogućiti IOSA koja zaključava popis odabranih parametara. Na slici 3.10 prikazan je

Input Output Scanner i dodani parametri, a na slici 3.11 prikazani su ulazi i izlazi pretvarača frekvencije ATV 320.



Slika 3.10: Dodavanje parametara u Input Output Scanner



Slika 3.11: Prikaz ulaza i izlaza Modbus TCP Slave I/O Mapping

4. Konfiguriranje i programiranje PLC-a M262

U današnje vrijeme veliki je oslonac na automatizirane strojeve za obavljanje mnogih poslova od proizvodnje električne energije do tkanja tkanine. Tehnologijom automatizacije omogućeno je postizanje novih razina kvalitete proizvodnje i inovacija.

Trenutačna razina kvalitete ne bi bila moguća bez uređaja poput PLC-a (engl. *Programmable Logic Controller*) ili programibilnog logičkog kontrolera. PLC je vrsta računala koje može primiti podatke putem svojih ulaza i slati podatke putem svojih izlaza. U osnovi posao programibilnog logičkog kontrolera je kontrolirati funkcije sustava pomoću unutarnje logike koja je programirana u njemu. PLC na temelju primljenih podataka na svojim ulazima i načina na koji je programiran odlučuje hoće ili neće promijeniti svoje izlaze. PLC izlazi mogu kontrolirati veliki broj različite opreme i radnji kao što su motori, svjetla, rasklopni uređaji, sigurnosna isključivanja itd.

Razvojem industrije dolazi se do novih potreba i rješenja. Jedno od novih rješenja je IIoT (engl. *industrial internet of things*). IIoT je mreža inteligentnih uređaja povezanih u sustave koji prate, prikupljaju, razmjenjuju i analiziraju podatke. On je značajan za dovođenje više automatizacije i samonadzora u industrijske strojeve, pomažući u poboljšanju učinkovitosti.

4.1 PLC Modicon M262

Dolaskom nove industrijske revolucije 4.0 *Schneider Electric* odlučio je napraviti PLC koji u sebi ima ugrađenu *Cloud* protokole kao MQTT, HTTP, JSON, OPC UA (klijent/poslužitelj) i enkripciju (TLS). Modicon M262 prikazan na slici 4.1 idealno je rješenje za industrijsko upravljanje procesima u mnogim područjima kao primjena kod rukovanja hranom i pićem te kod pakiranja i dizanja. Koristan je kod rješenja za automatizaciju i digitalizaciju proizvođačima strojeva za brži i fleksibilniji razvoj novih strojeva i linija te primjena kod strojeva koji zahtijevaju ugrađenu vezu IIoT ili šifriranu komunikaciju.

PLC Modicon M262 programira se pomoću programskog alata *Machine Expert*. Pruža mogućnost uporabe sata u stvarnom vremenu RTC (engl. *Real Time Clock*). RTC sustav pamti stvarni datum i vrijeme. Ako nestane napajanja za praćenje datuma i vremena, koristi se baterija koja je smještena u PLC [10].

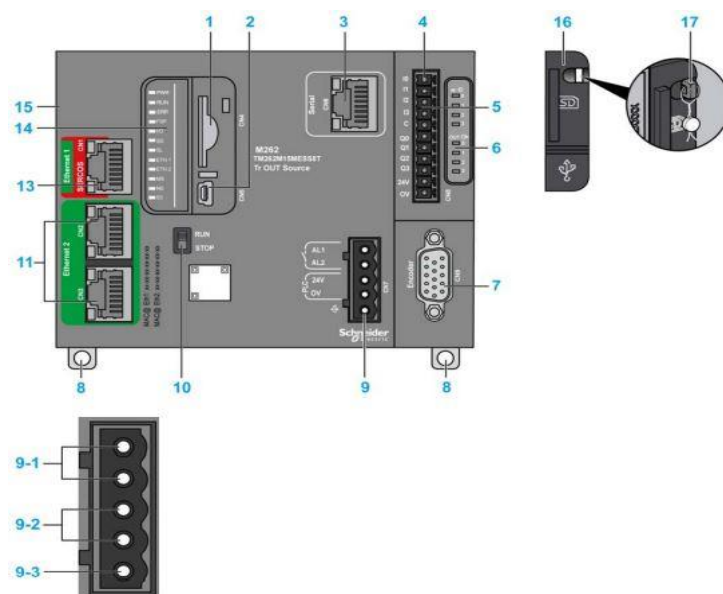


Slika 4.1: Prikaz PLC Modicon M262 kataložnog broja TM262M15MESS8T [10]

Neke od specifikacija PLC-a kataložnog broja TM262M15MESS8T su [10]:

- 4 brza digitalna ulaza (*Sink/Source*, 24 VDC, 8.1 mA)
- 4 brza digitalna izlaza (*Source*, 24 VDC, 50 to 200 mA, 3 μ s)
- 2 *Ethernet* porta: *Ethernet 1* ima 1 priključak, *Ethernet 2* ima 2 priključka
- 1 serijski port (RS232 ili RS485)
- 1 SUB-D 15 priključak za enkoder
- USB *type mini B*
- Napon napajanja iznosa 24 VDC
- Potrošnja energije 82 W
- Dostupno RAM 192 MB
- Dimenzije 125x100x90 mm
- Montira se na DIN šinu.

Na slici 4.2 prikazan je PLC Modicon 262 kataložnog broja TM262M15MESS8T. Značenje brojeva sa slike 4.2 nalaze se u tablici 4.1 [10].



Slika 4.2: Prikaz komponenti PLC-a TM262M15MESS8T

Tablica 4.1: Značenje oznaka slike 4.2

Broj	Značenje
1	Mjesto za SD karticu
2	USB mini-B port
3	Serijski port za RS232 ili RS485
4	Prikazuje ulaze/izlaze PLC-a
5	Predstavlja konektor za TM3 modul
6	Statusne LED diode ulaza/izlaza
7	Priključak za enkoder
8	Osigurač PLC-a za DIN šinu
9-1	Priključak za alarmni relej
9-2	24 VDC napajanje PLC-a
9-3	GND
10	Prikazuje Run/Stop prekidač
11	Dva porta Ethernet 2
13	Jedan port Ethernet 1
14	Statusne LED diode
15	Predstavlja konektore za TMS module
16	Zaštita za SD karticu i USB mini-B port
17	Kuka za zaključavanje zaštite

Na slici 4.3 prikazane su statusne LED diode koje su pojašnjene u tablici 4.2



Slika 4.3: Statusne LED diode PLC-a Modicon M262 [10]

Tablica 4.2: Značenje kratica slike 4.3

Kratica	Značenje
PWR	Uključenost napajanja
RUN	Rad ili zastoj PLC-a
ERR	Pogreška PLC-a
FSP	Prisilno zaustavljanje
I/O	I/O pogreška
SD	SD kartica pristup
SL	Serijska komunikacija
ETH.1	Status Ethernet porta 1
ETH.2	Status Ethernet porta 2
MS	Status kontrolera EtherNet/IP
NS	Status mreže EtherNet/IP
S3	Sercos 3 master status

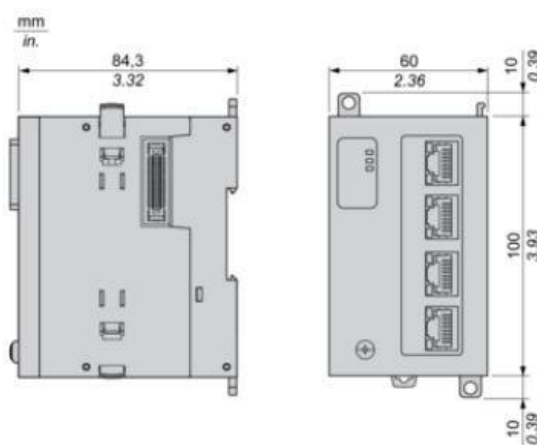
Modicon M262 se može ugraditi horizontalno ili vertikalno. Preporučeno je ugraditi PLC horizontalno te modul TMS postaviti na lijevu stranu, a TM3 module na desnu. Kod vertikalne ugradnje modul TM3 mora biti montiran iznad PLC-a, dok TMS moduli nalaze se ispod PLC-a. Prilikom ugradnje PLC-a M262 potrebno je obratiti pozornost na ostale uređaje koji se nalaze u blizini kako njihova toplina ne bi utjecala na rad PLC-a. Isto tako, je bitno obratiti pozornost na smještaj kanalice u kojima se nalaze žice kako bi se izbjegle elektromagnetske smetnje između PLC-a i žica u kanatici.

Kako bi PLC M262 mogao komunicirati s uređajima ATV320, LXM32M i HMI putem Etherneteta potrebno je bilo ugraditi TMSES4 modul za komunikaciju koji je prikazan na slici 4.4.



Slika 4.4: Prikaz TMSES4 modula [11]

Modul TMSES4 se ugrađuje s lijeve strane PLC-a na DIN šinu te ga je potrebno spojiti na uzemljenje. Ugrađeni modul ima Ethernet s četiri porta. Modul nudi komunikacijske usluge Ethernet/IP adapter, DHCP klijent, IEC VAR ACCESS, Modbus TCP server, SNMP klijent /server, FTP klijent /server, SQL klijent, slanje i primanje emaila s PLC-a bazirano na TCP/UDP biblioteci, Web server, OPC UA server, DNS klijent server, MQTT, SNTP i TLS. Dimenzije TMSES4 modula su prikazane na slici 4.5.



Slika 4.5: Dimenzije TMSES4 modula [11]

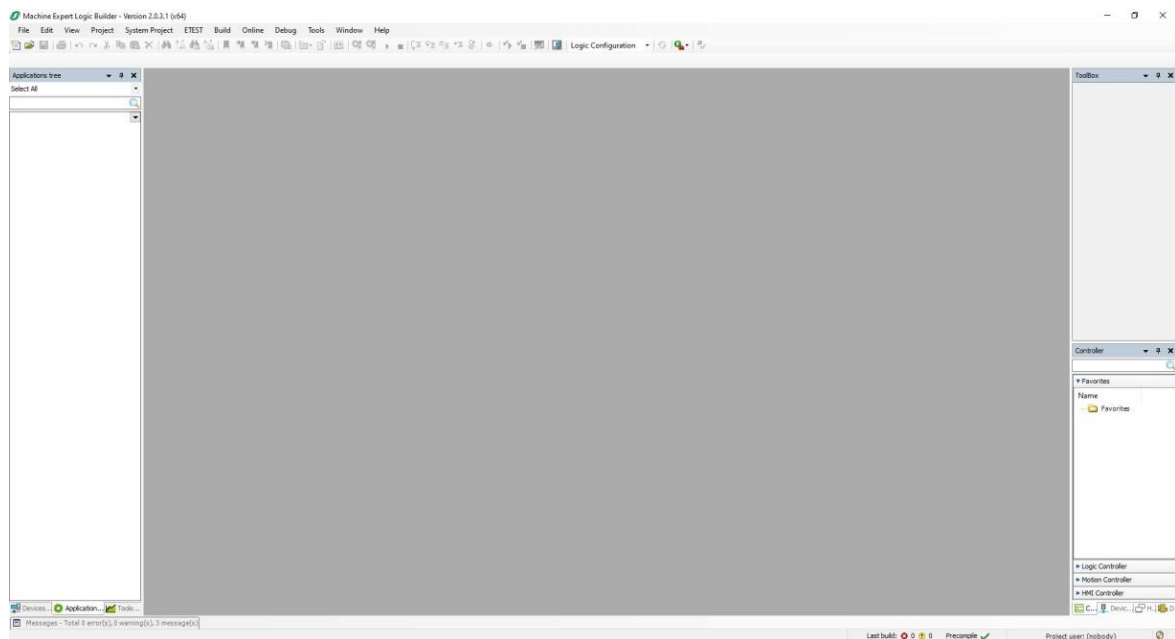
4.2 Programsko razvojno okruženje Machine Expert

Razvojem i napretkom PLC-a dolazi do zahtjeva za poboljšanjem programskog dijela. Novo programsko razvojno okruženje *Schneider Electrica* koje polako zamjenjuje *SoMachine* je *EcoStruxure Machine Expert*. *Machine Expert* nudi mogućnost programiranja servo drivera, HMI uređaja Magelis (XBTGH, GK, GTO, GTU, GTUX), logičkih kontrolera Modicon (M241, M251, M262) i drugih. Ovo programsko okruženje

izrađeno je prema standardu IEC 61131-3. Podržani programski jezici su: ljestvičasti dijagram (engl. *Ladder Diagram*), funkcijski blok dijagram (engl. *Function Block Diagram*), strukturirani tekst (engl. *Structured Text*), sekvencijalni funkcijski dijagram (engl. *Sequential Function Chart*) i neprekidni funkcijski dijagram (engl. *Continuous Function Chart*) [13].

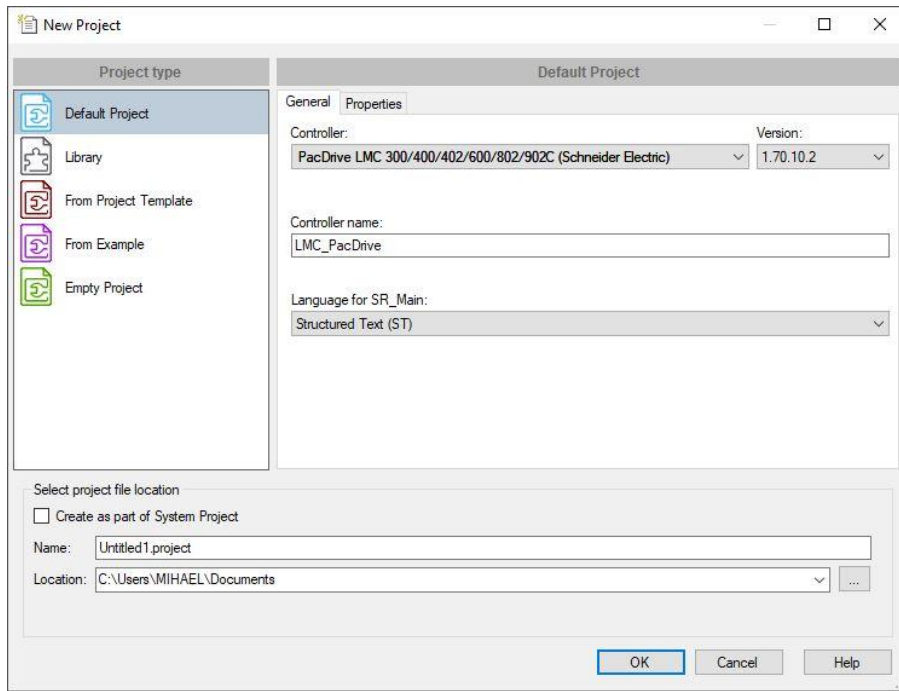
4.3 Konfiguriranje PLC-a M262

Pokretanjem *Machine Experta* dolazi do pojave početnog zaslona prikazanog na slici 4.6. Odabirom novog projekta ponuđene su mogućnosti izrade projekta i biblioteka prikazanih na slici 4.7, a odabirom *Empty project* unosi se ime projekta i mjesto na kojemu se projekt pohranjuje.

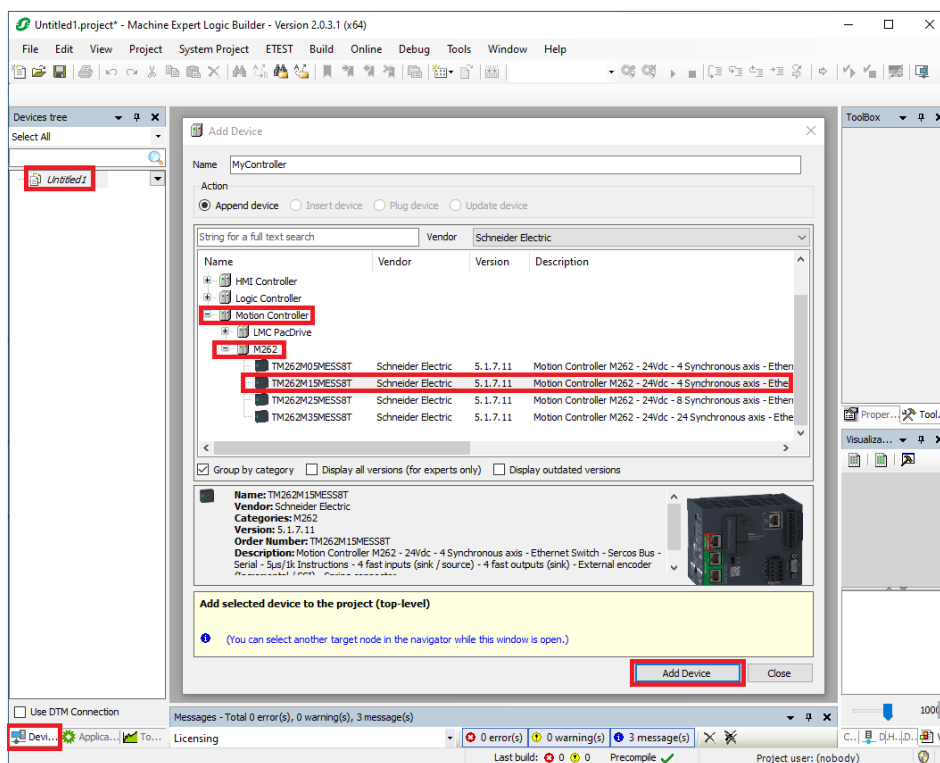


Slika 4.6: Početni zaslon *Machine Experta*

Kada je uspješno kreiran projekt, potrebno je dodati PLC, a u ovom završnom radu korišten je Modicon M262 kataloškog broja TM262M15MESS8T. PLC se dodaje sljedećim koracima. Odlaskom na karticu *Device tree* i desnim klikom miša na ime projekta (u ovom slučaju klikom miša na *Untitled 1*) odabire se opcija *Add device*. Nakon toga se otvara prozor u kojem se proširuju dva izbornika *Motion controller* i *M262* te se odabire kataloški broj PLC-a pritiskom na tipku *Add Device* kao što je prikazano na slici 4.8.



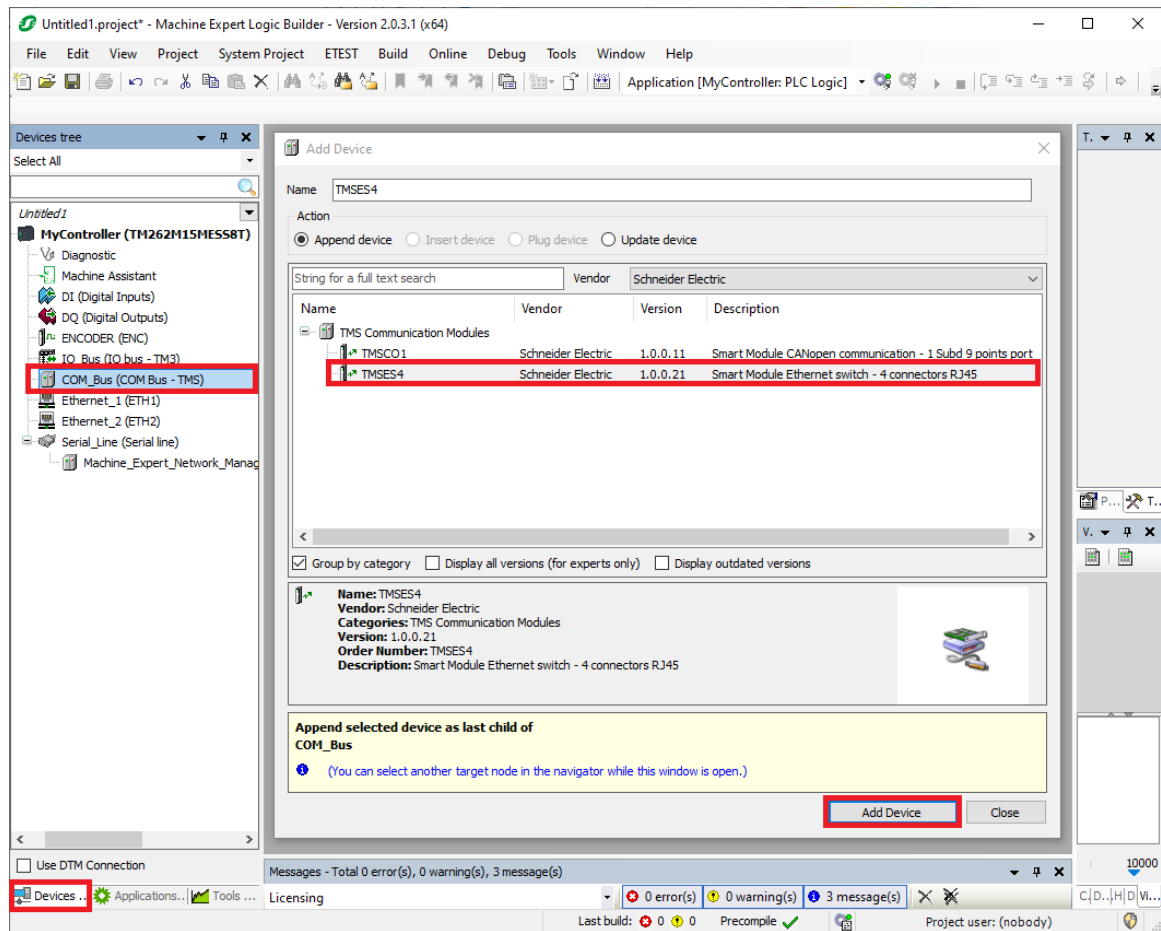
Slika 4.7: Stvaranje novog projekta u Machine Expertu



Slika 4.8: Dodavanje PLC-a TM262M15MESS8T u Machine Expertu

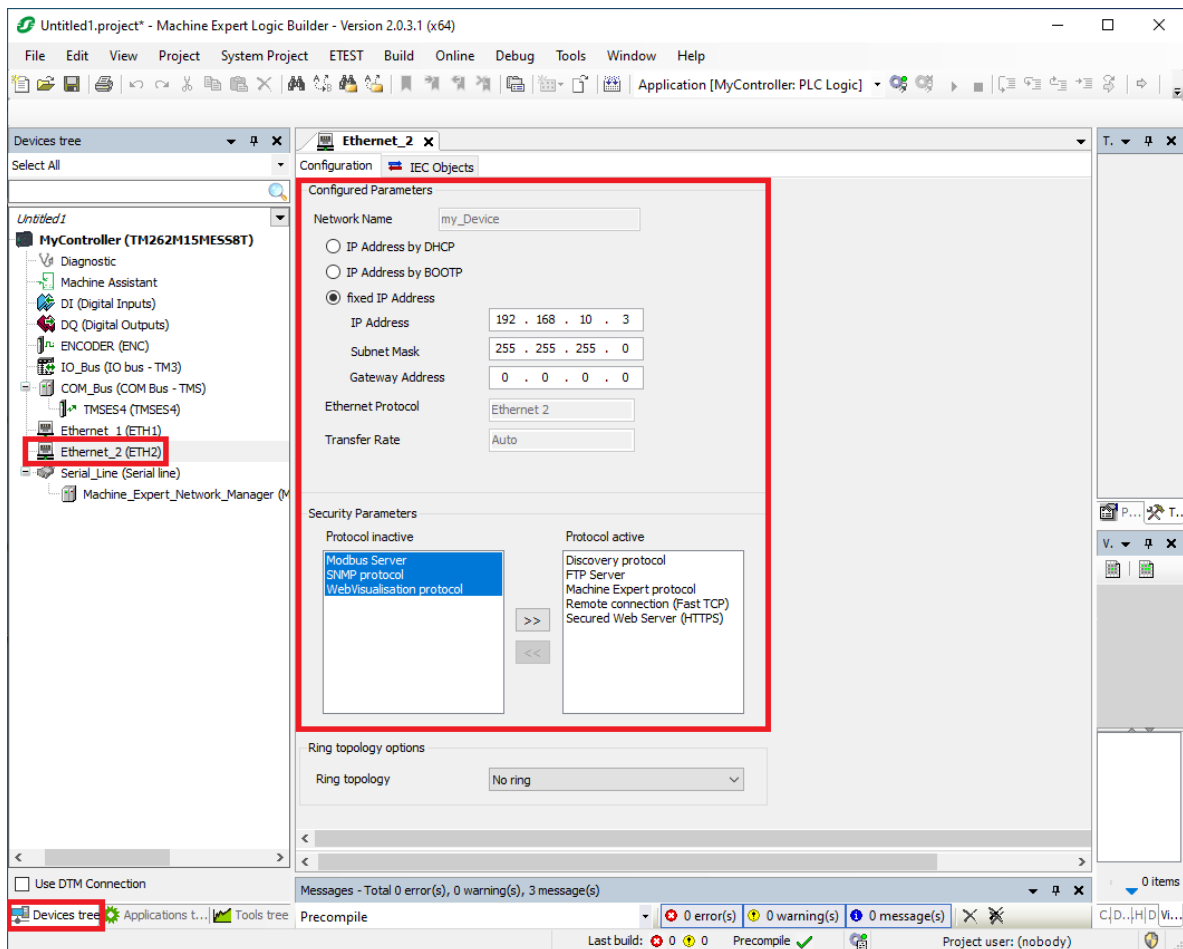
Nakon dodavanja PLC-a potrebno je zatvoriti prozor *Add Device* i dodati spojene module. U završnom radu korišten je modul TMSSES4 koji je dodan u kartici *Device tree*. Desnim klikom na *COM_Bus (Com Bus - TMS)* pojavljuje se prozor i odabire se *Add Device*.

unutar novootvorenog prozora odabire se potrebni modul, u ovom slučaju TMSES4 te pritiskom na tipku Add Device zatvoren je prozor kao što je vidljivo na slici 4.9.



Slika 4.9: Dodavanje TMSES4 modula u Machine Expertu

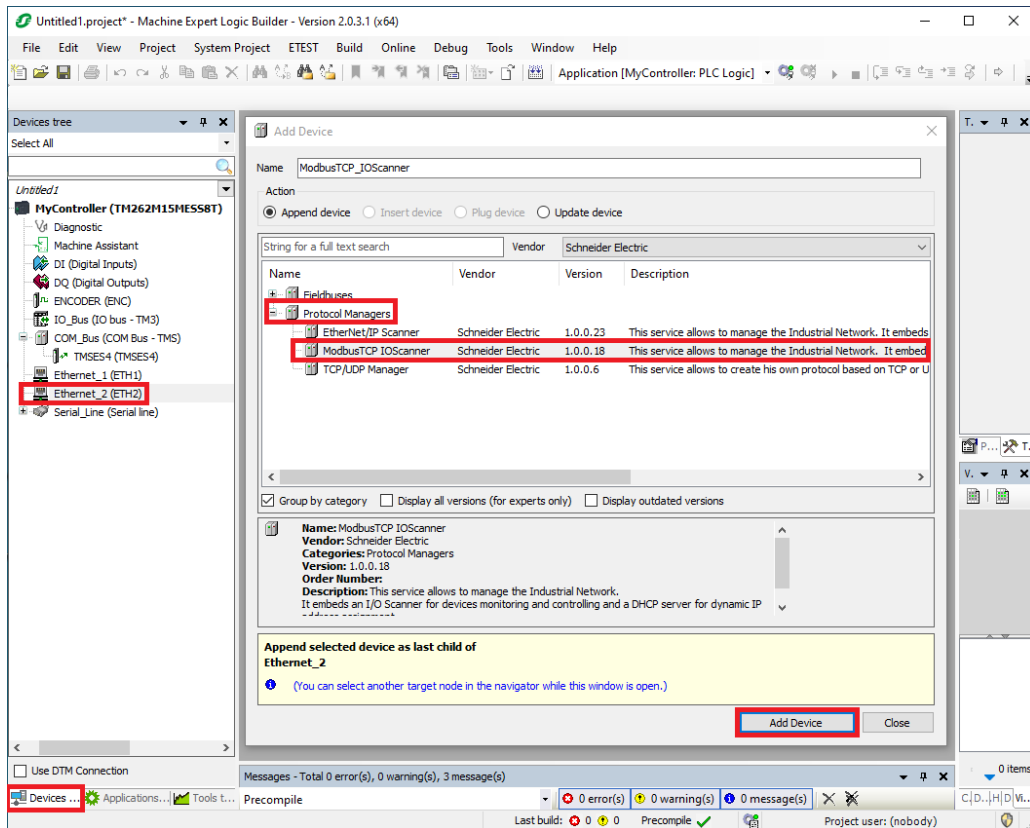
Dvoklikom na Ethernet_2 (ETH2) otvara se kartica Ethernet_2 gdje je dodijeljena IP adresa Ethernet 2 portu u kojem su aktivirani protokoli za komunikaciju u *Security Parametersu* označavajući neaktivirane protokole nakon kojih se pritišće gumb >>. Slika 4.10 prikazuje dodjeljivanje IP adrese i aktivaciju protokola.



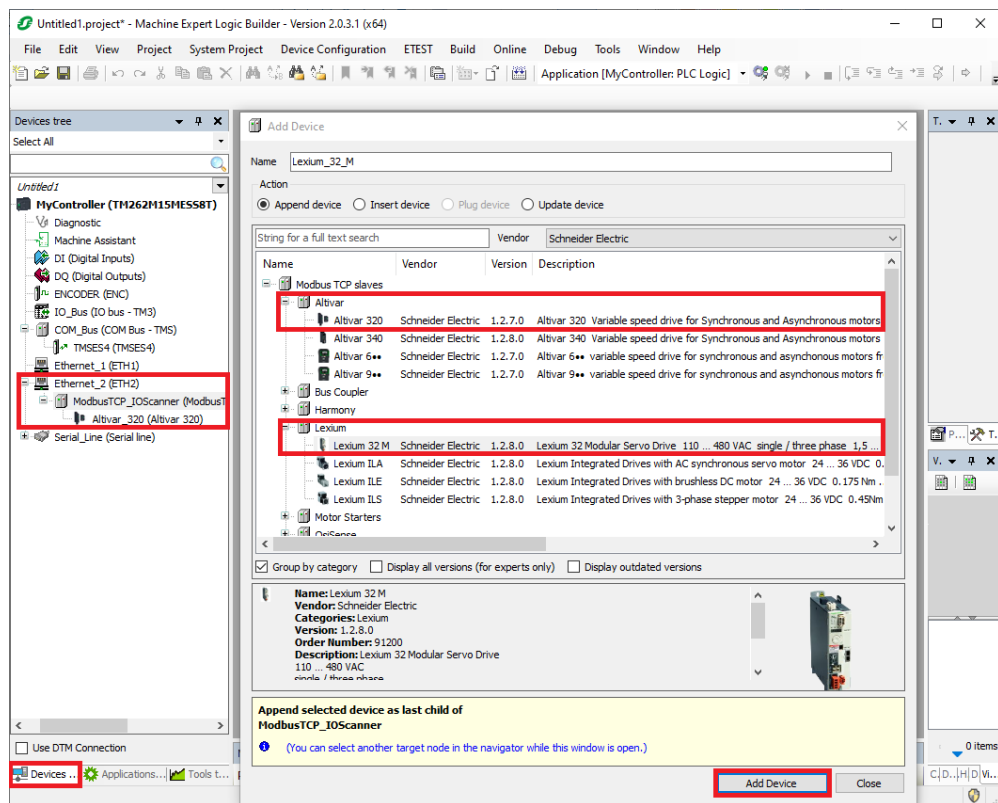
Slika 4.10: Dodjeljivanje IP adrese i aktivaciju protokola u Ethernet 2

Nakon toga desnim klikom miša na Ethernet_2 (ETH2) odabire se opcija *Add Device*, proširuje se izbornik *Protocol Managers* i odabire se *Modbus TCP IOScanner* u prozoru *Add Devic*. Na slici 4.11 vidljivo je dodavanje *Modbus TCP IOScanner* na Ethernet_2 (ETH2).

Nakon uspješnog dodavanja *Modbus TCP IOScannera* potrebno je dodati korišteni Altivar 320 i Lexium 32 M. Dodavanje uređaja odvija se na sljedeći način. Desnim klikom miša na *Modbus TCP IOScannera* koji se nalazi ispod Ethernet_2 (ETH2) u *Device tree* pojavljuje se prozor u kojem se odabire opcija *Add Device*. U novootvorenom prozoru proširuje se izbornik Altivar te se odabire Altivar 320 i proširuje izbornik Lexium u kojemu se odabire Lexium 32 M. Uređaji se dodaju jedan po jedan i nakon toga se zatvara prozor. Na slici 4.12 prikazan je dodani Altivar 320 i Lexium 32 M.

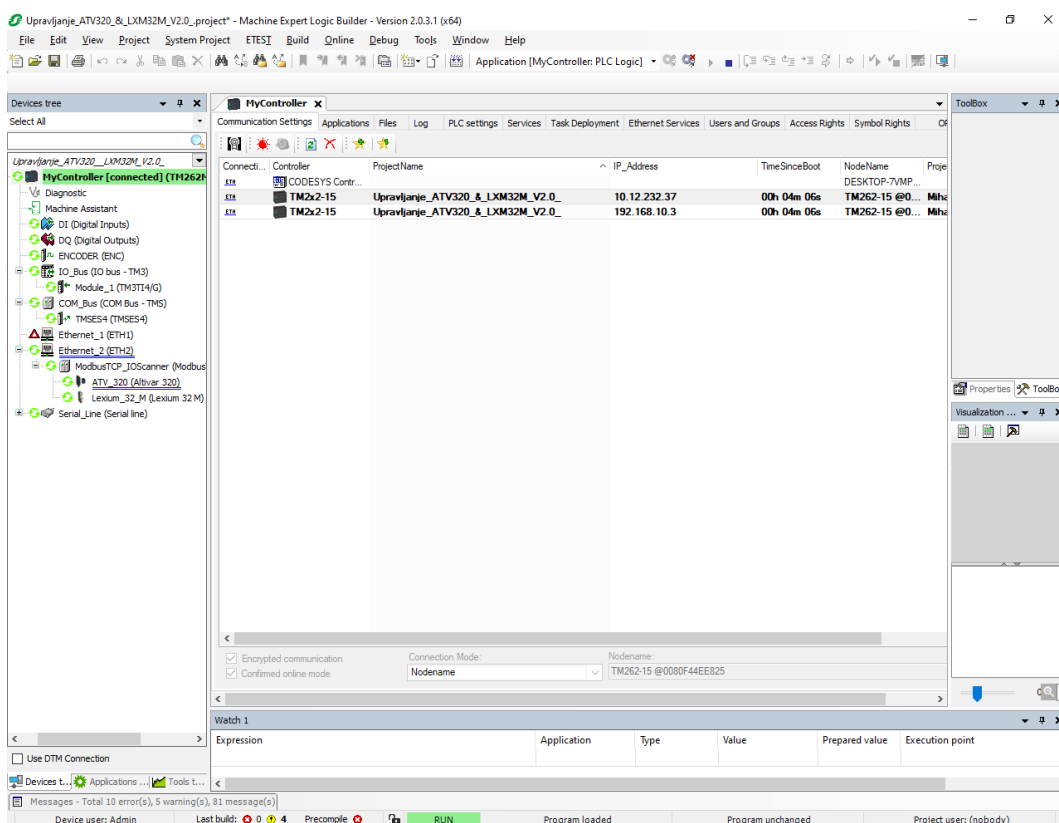


Slika 4.11: Dodavanje Modbus TCP IOScanner na Ethernet_2 (ETH2)



Slika 4.12: Dodavanje pretvarača frekvencije Altivar 320 i servo drivera Lexiuma 32 M

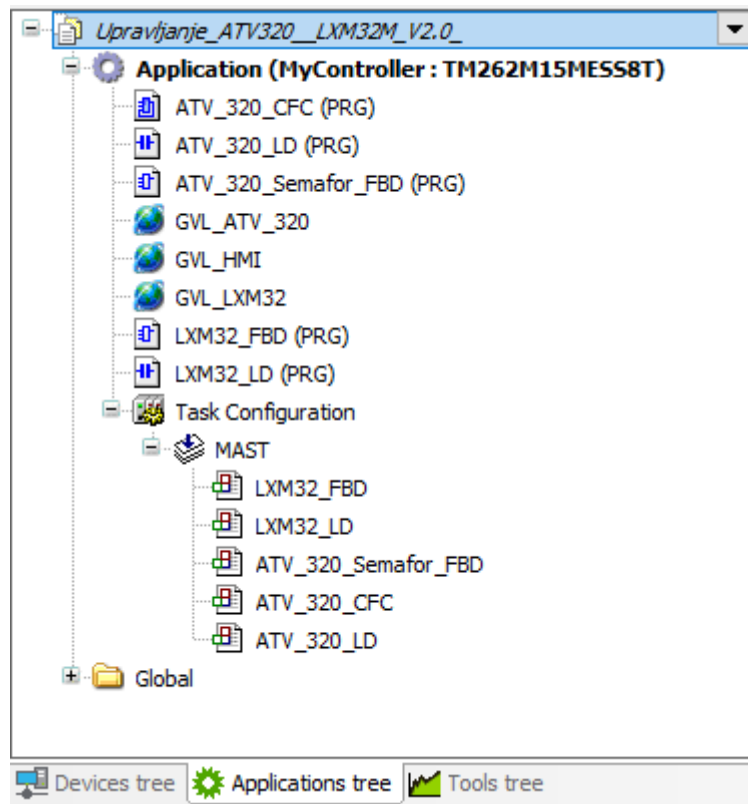
Klikom na gumb *Login* dolazi do povezivanja s PLC-om te se u kartici *Device tree* vide obilježja u obliku zelenog kruga ako je sve u redu. U slučaju grešaka pojavljuje se crveni trokut. Na slici 4.13 prikazan je prozor *Machine Experta* u pogledu *Online*. Mogućnost izrade novog programa, stvaranja globalnih varijabli i definiranja ulaza i izlaza sličan je kao i u programu *SoMachine*.



Slika 4.13: Prikaz prozora *Machine Experta* u *Online* pogledu

Program za upravljanje ATV320 i LXM32M izrađen je u nekoliko programskih jezika. Za upravljanje Altivarom korištena su tri programska jezika FBD, CFC i LD koja su vidljiva na slici 4.14. U ljestvičastom dijagramu je isprogramirano pomicanje vrijednosti globalnih varijabli ATV320 u globalne varijable HMI uređaja i obrnuto koji služe za unos i prikaz podataka. Za upravljanje semaforom koji prikazuje stanje Altivara i elektromotora korišten je funkcijski blok dijagram u kojemu je isprogramirano uključivanje zelenog svjetla kada se elektor motor okreće, žuto svjetlo nam daje do znanja da je pretvarač frekvencije spreman za izvršavanje naredbi dok crveno svjetlo javlja greške. Pokretanje ATV 320 isprogramirano je u neprekidnom funkcijskom dijagramu koristeći gotovi blok za

upravljanje koji prima vrijednosti varijabli s HMI uređaja. Kao i u *SoMachinu* programe je potrebno ubaciti u zadatak *Mast*.



Slika 4.14: Programi za upravljanje pretvaračem frekvencije ATV 320 i servo driverom LXM 32 M

Upravljanje LXM32M napravljeno je pomoću dva programska jezika LD, FBD. U ljestvičastom dijagramu isprogramirano je pomicanje vrijednosti globalnih varijabli LXM 32M u globalne varijable HMI uređaja i obrnuto koje služe za unos i prikaz podataka. Pokretanje servomotora isprogramirano je u funkcijskom blok dijagramu gdje su korišteni GIPLC.MC blokovi za upravljanje. GIPLC.MC blokovi nude različite mogućnosti poput resetiranja, zaustavljanja, očitavanja trenutne pozicije i brzine itd. Kako bi blokovi znali kojim uređajem upravljati na svaki blok je dovedeno ime servo drivera.

5. HMI

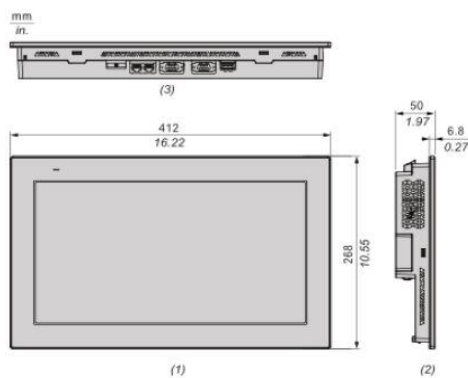
HMI (engl. *Human Machine Interface*) je uređaj koji komunicira sa PLC-om kako bi dobio i prikazao informacije koje korisnici mogu vidjeti. HMI zasloni mogu se koristiti za nadzor i praćenje ili za izvođenje složenijih operacija poput uključanja i isključenja strojeva, povećanja brzine proizvodnje ovisno o njihovom implementiranju. HMI-i se koristi za optimizaciju industrijskog procesa digitalizacijom i centralizacijom podataka za radnika. Koristeći HMI, operateri mogu vidjeti važne informacije prikazane u grafikonima ili digitalnim nadzornim pločama, pregledavati i upravljati alarmima te se povezati sa SCADA i MES sustavima, sve putem jedne konzole. HMI omogućuje prikaz informacija u stvarnom vremenu i time smanjuje probleme uzrokovane nedostatkom informacija ili ljudskom greškom.

5.1 HMI Easy Harmony ET6 HMIET6700

U završnom radu je korišten uređaj HMIET6700 prikazan na slici 5.1. Ovaj HMI uređaj pripada seriji *Easy Harmony* ET6. Korišteni model HMI uređaja ima Ethernet priključak te se na taj način ostvaruje komunikacija s PLC-om. Iznos dijagonale ovog HMI sučelje je 15,6 inča (39.6 cm) sa 16 milijuna boja i rezolucijom od 1366 x 768 piksela. Ima 800 MHz ARM Cortex-A8 CPU, 256 MB kao systemska i aplikacijska memorija, 128 KB trajne memorije. Za napajanje koristi napon iznosa 24 VDC. Ovaj HMI ET6 ima Ethernet priključak, COM1 (RS-232C), COM2 (RS-422/485), 1x USB 2.0 tipa A i 1x USB 2.0 Micro-B priključak. Na slici 5.2 prikazane su dimenzije HMI uređaja 412 mm (širina) x 268 mm (visina) x 50 mm (dubina) i teži 2,52 kg [15].



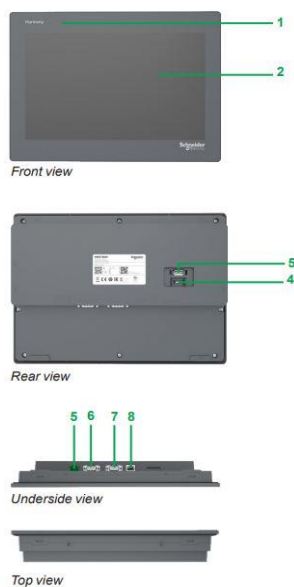
Slika 5.1: Prikaz HMI uređaja HMIET6700 [15]



- (1): Front
 (2): Left
 (3): Bottom

Slika 5.2: Dimenzije uređaja HMIET6700 [15]

Na slici 5.3 vidljivi su priključci koji su označeni brojevima. Ispod slike nalazi se tablica 5.1 s objašnjenjem o kojim se priključcima radi.



Slika 5.3: Prikaz priključaka uređaja HMIET6700 [15]

Tablica 5.1: Značenje oznaka slike 5.3

Broj	Značenje
1	Led on/off
2	LCD na dodir
3	USB type A
4	USB micro-B
5	24 V DC napajanje
6	Com 2: 9 pinski SUB-D priključak (RS422 ili RS485)
7	Com 1: 9 pinski SUB-D priključak (RS232C)
8	Ethernet priključak

LED dioda koja se nalazi na prednjoj strani HMI uređaja prikazuje signale koji se nalaze u tablici 5.2, a tablica 5.3 prikazuje signale ledica Ethernet porta.

Tablica 5.2: Značenje LED diode na HMI-u za prikaz stanja

Boja	Indikator	Značenje
Zelena	ON	Pokrenuto korisničko sučelje
Narančasta	ON	Pokretanje korisničkog sučelja
Crvena	ON	Napajanje je uključeno
-	-	Napajanje je isključeno

Tablica 5.3: Značenje LED diode Ethernet porta za prikaz stanja

Boja	Indikator	Značenje
Zelena (Link)	ON	Prijenos podataka je dostupan
	OFF	Nije povezano ili greška
Zelena (Active)	Blica	Dolazi do prijenos podataka
	ON	Nema prijenosa podataka

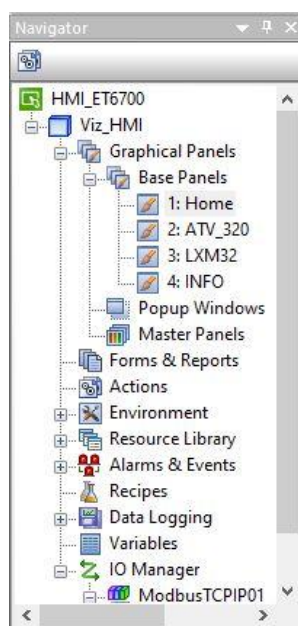
5.2 Korisničko sučelje za HMIET6700

Programski alat *Vijeo Designer* bio je korišten za izradu korisničkog sučelja koje se prikazuje na uređaju HMIET6700. U završnom radu [7] vrlo je detaljno opisana izrada korisničkog sučelja, stoga su prikazane važne informacije vezane za izradu ovog završnog rada.

Na slici 5.4 prikazane su deklarirane varijable na HMI-u, a na slici 5.5 vidljivi su paneli koji se nalaze na korisničkom sučelju. Na četiri panela je raspoređene korisničko sučelje koje će u narednim stranicama biti opisano.

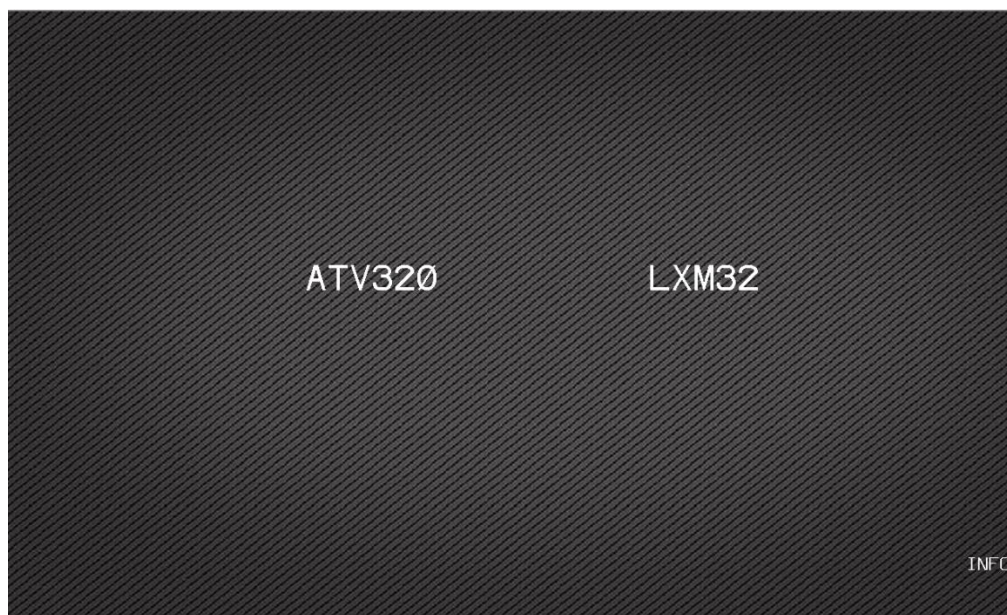
	Name	Data Type	Data Source	Scan Group	Device Address	Alarm Group	Logging Group
1	actual_position_lxm32	DINT	External	ModbusEquipment01	%MW88	Disabled	None
2	actual_velocity_lxm32	DINT	External	ModbusEquipment01	%MW90	Disabled	None
3	brzina	UINT	External	ModbusEquipment01	%MW11	Disabled	None
4	distance_relative_lxm32	DINT	External	ModbusEquipment01	%MW84	Disabled	None
5	Enable	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW0:X0	Disabled	None
6	eta	UINT	External	ModbusEquipment01	%MW10	Disabled	None
7	FaultReset	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW0:X4	Disabled	None
8	Forward	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW0:X5	Disabled	None
9	FreeWheel	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW0:X3	Disabled	None
10	frekvencija_prikaz	UINT	External	ModbusEquipment01	%MW16	Disabled	None
11	home_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X6	Disabled	None
12	KeepOnEn	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW0:X1	Disabled	None
13	motor_error_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X7	Disabled	None
14	move_absolute_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X5	Disabled	None
15	move_relative_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X4	Disabled	None
16	move_velocity_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X3	Disabled	None
17	position_absolute_lxm32	DINT	External	ModbusEquipment01	%MW86	Disabled	None
18	power_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X0	Disabled	None
19	QuickStop	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW0:X2	Disabled	None
20	reset_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X2	Disabled	None
21	Reverse	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW0:X6	Disabled	None
22	setpoint	UINT	External	ModbusEquipment01	%MW14	Disabled	None
23	state_acceleration_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X6	Disabled	None
24	state_constant_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X5	Disabled	None
25	state_deceleration_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X7	Disabled	None
26	status_countinuous_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X4	Disabled	None
27	status_disable_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X0	Disabled	None
28	status_discrete_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X3	Disabled	None
29	status_standstill_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X2	Disabled	None
30	status_stopping_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW51:X1	Disabled	None
31	stop_lxm32	BOOL	External	ModbusEquipment01	%MW50:X1	Disabled	None
32	struja	UINT	External	ModbusEquipment01	%MW15	Disabled	None
33	struja_lxm32	UINT	External	ModbusEquipment01	%MW40	Disabled	None
34	velocity_lxm32	DINT	External	ModbusEquipment01	%MW82	Disabled	None

Slika 5.4: Varijable koje su deklarirane na HMI uređaju



Slika 5.5: Paneli na HMI uređaju

Prilikom pokretanja HMI uređaja prikazuje se panel Home koji je prikazan na slici 5.6. Na panelu se nalaze tri gumba. Pritiskom na gumb ATV320 otvara se panel ATV_320 gdje se nalaze funkcije vezane uz pretvarač frekvencije. Gumb LXM32 otvara panel LXM32 gdje se nalaze funkcije vezane uz servo driver. Pritiskom na gumb INFO odlazi se na panel INFO gdje su smještene informacije vezane uz izradu završnog rada.

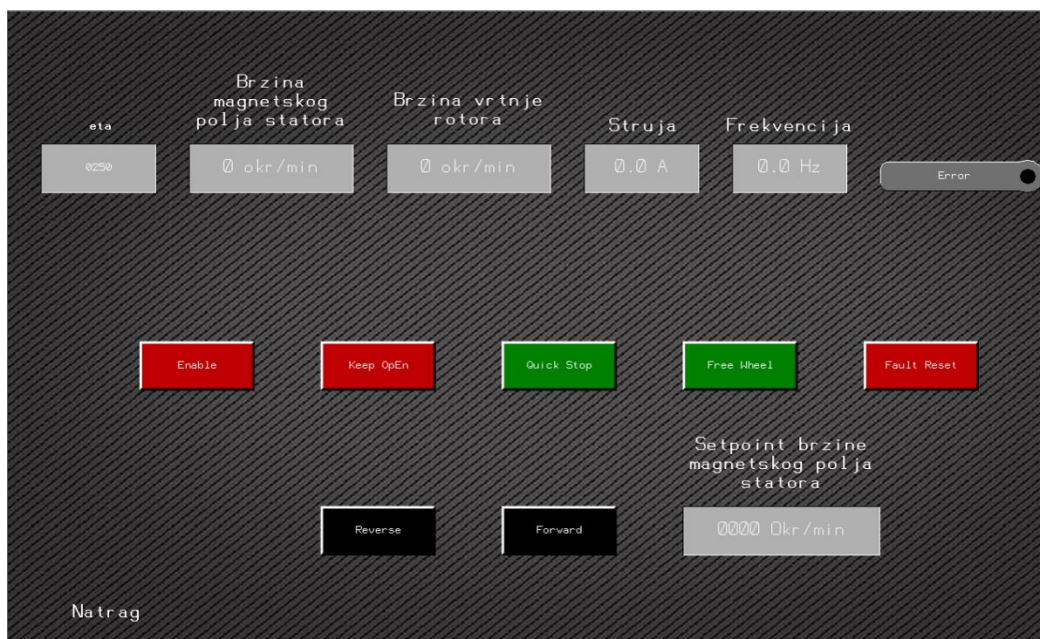


Slika 5.6: Prikaz panela Home

Slika 5.7 prikazuje panel ATV_320 na kojemu se nalaze informacije o brzini, struji, frekvenciji i lampica koja treperi kada dođe do pogreške. Na panelu se nalaze gumbi koji služe za upravljanje pretvaračem frekvencije te mjesto za upis željene brzine vrtnje. U tablici 5.4 prikazani su nazivi gumba i njihove radnje.

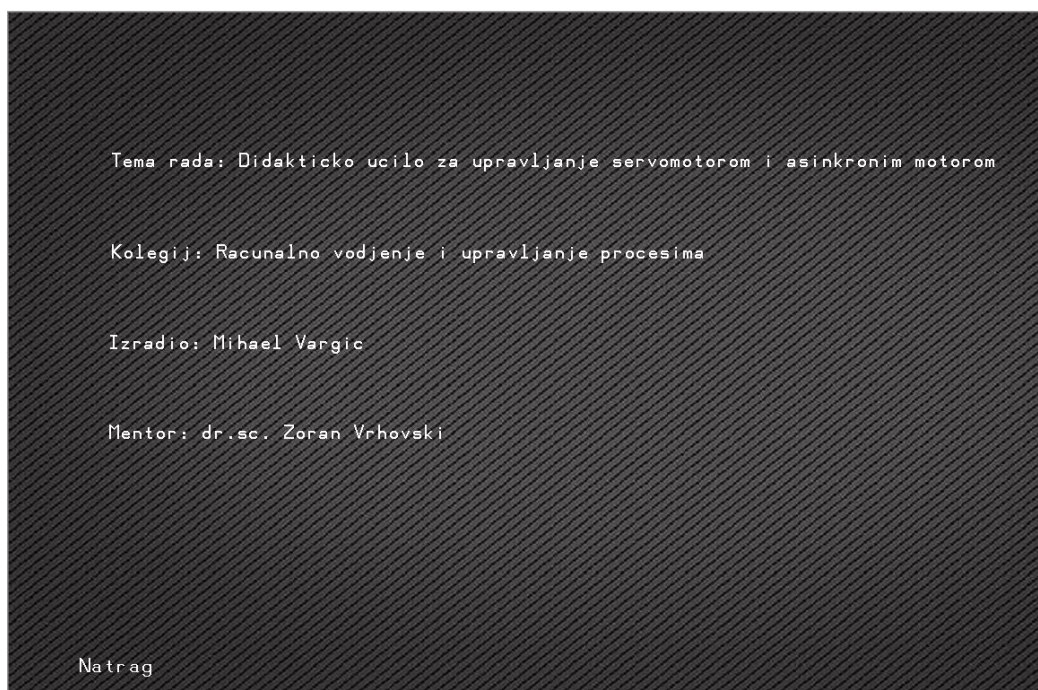
Tablica 5.4: Gumbi na panelu ATV_320

Gumb	Komentar
Enable	Omogućiti <i>Control_ATV</i> blok za upravljanje
KeepOpEn	Omogućiti napajanje elektromotora
Quick Stop	Naredba pretvaraču frekvencije za hitno zaustavljanje
Free Wheel	Naredba pretvarač frekvencije za zaustavljanje
Fault reset	Resetira greške na rastući brid
Forward	Naredba za upravljanje smjerom vrtnje u smjeru kazaljke na satu
Reverse	Naredba za upravljanje smjerom vrtnje u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu
Setpoint	Unos željene brzine



Slika 5.7: Prikaz panela ATV_320

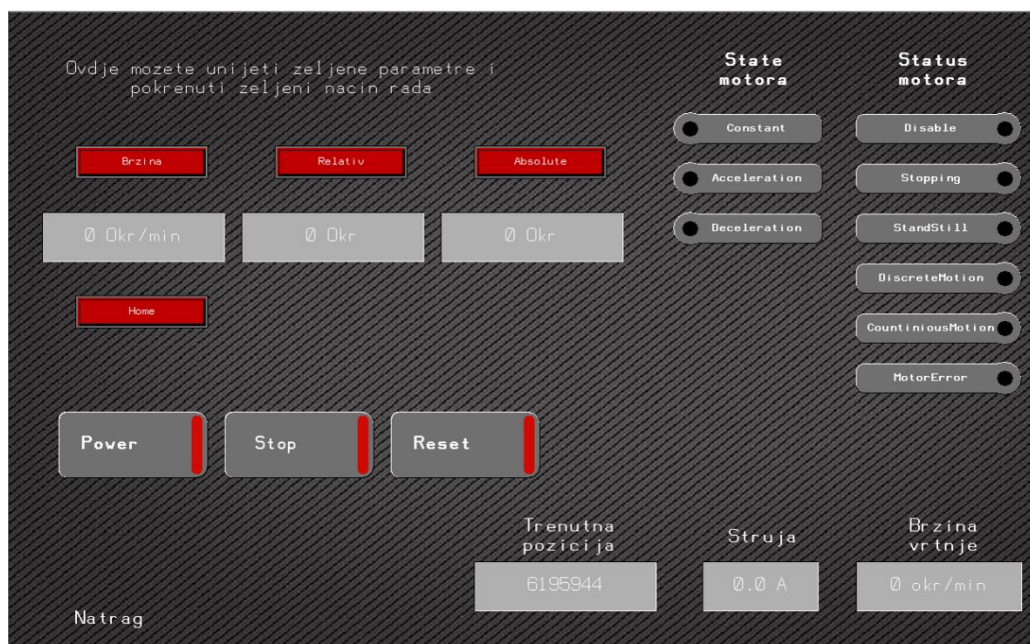
Panel INFO koji je prikazan na slici 5.8 prikazuje osnovne informacije o završnom radu.



Slika 5.8: Prikaz panela INFO

Pritiskom na gumb LXM32 odlazi se na panel LXM32 koji služi za upravljanje servo driverom. Tamo su vidljive informacije o brzini vrtnje, struji, trenutnoj poziciji, stanje

motora, statusu motora. Isto tako moguće je upravljanje sa servo driverom pomoću gumba i skočnog prozora za unos varijabli. Slika 5.9 prikazuje panel za upravljanjem LXM32M.



Slika 5.9: Prikaz panela LXM32

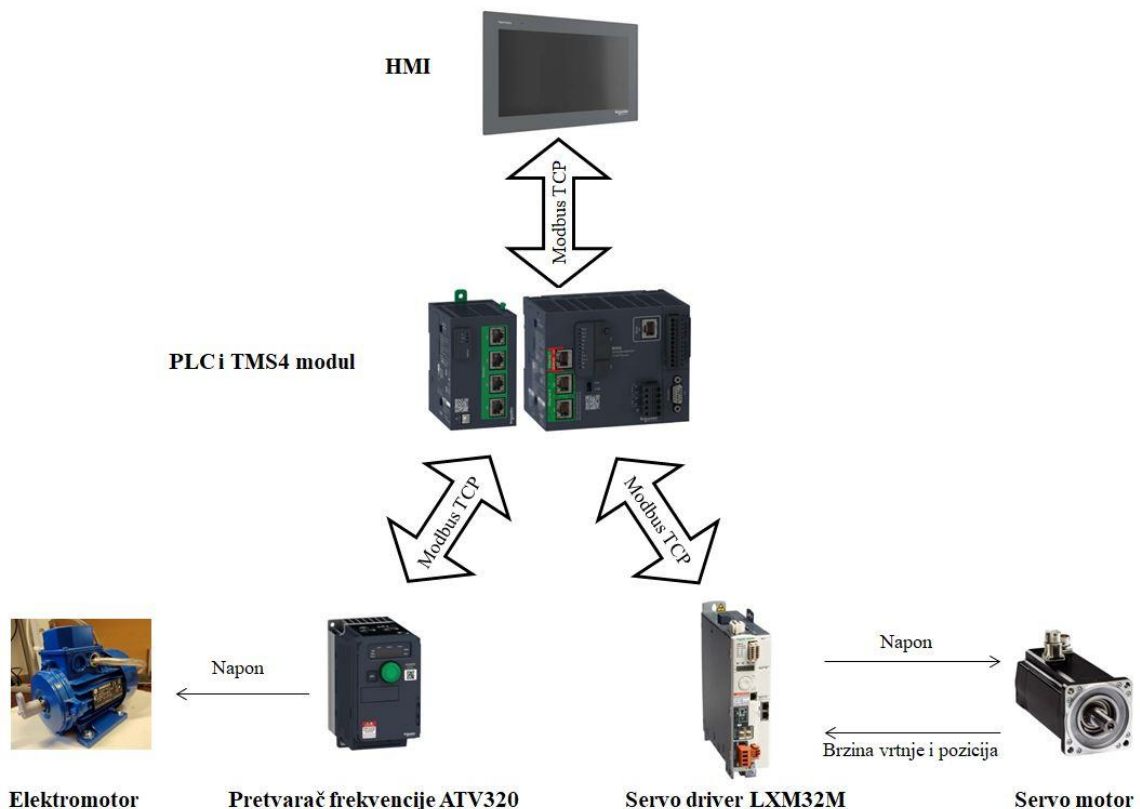
6. Opis didaktičkog učila za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom

Izrađeno didaktičko učilo odnosi se na automatizaciju, gdje je prikazano upravljanje uređajima putem Etherneta kojeg srećemo u industriji. Ovo didaktičko učilo izrađeno je od uređaja proizvođača *Schneider Electric*. Upravljanje servo driverom i pretvaračem frekvencije moguće je putem HMI uređaja. Upravljanje pretvaračem frekvencije ATV320 je moguće i ručno putem tipkala, sklopki i potenciometra.

6.1 Opis arhitekture sustava automatizacije zasnovan na Ethernet komunikaciji

Arhitekturu sustava automatizacije u ovom završnom radu čine HMI uređaj, PLC uređaj TM262M15MESS8T, upravljački sustav Lexium i pretvarač frekvencije ATV 320. Slika 6.1 prikazuje arhitekturu sustava automatizacije zasnovanu na *Ethernet* komunikaciji.

HMI uređaj je povezan sa PLC-om M262 putem *Modbus TCP* protokola, a korisniku omogućuje upravljanje pretvaračem frekvencije ATV 320 i servo driverom LXM32M. PLC uređaj Modicon M262 povezan je sa pretvaračem frekvencije ATV 320 i servo driverom LXM32M putem *Modbus TCP* protokola.



Slika 6.1: Prikaz arhitekture sustava automatizacije zasnovan na Ethernet komunikaciji

6.2 PLC Modicom M262 TM262M15MESS8T

Za upravljanje Altivarom i LXM32M korišten je PLC Modicom M262 TM262M15MESS8T. Korišteni PLC je opisan u petom poglavlju.

6.3 Altivar ATV320U02M2C

Upravljanje asinkronim elektromotorom ostvareno je pomoću pretvarača frekvencije Altivara kataložkog broja ATV320U02M2C, koje je opisano u trećem poglavlju.

6.4 Lexium LXM32MU45M2

Servomotor kataložkog broja BSH0551T12A2A upravljan je pomoću servo driva kataložkog broja LXM32MU45M2, koji je opisan u drugom poglavlju.

6.5 HMI Easy Harmony ET6 HMIET6700

Upravljanje pretvaračem frekvencije i servo driverom moguće je putem HMI uređaja. U didaktičkom učilu korišten je HMI uređaj HMIET6700 koji je opisan u šestom poglavlju.

6.6 Napajanje ABL1RPM24100

Za napajanje PLC-a, HMI uređaja i logičkih sklopova servo drivera korišteno je napajanje proizvođača *Schneider Electric* prikazano na slici 6.1. Na napajanje ABL1RPM24100 može biti doveden napon u iznosu od 100 do 120 VAC ili od 200 do 240 VAC, a na izlazu dobivamo nazivnu izlaznu struju iznosa do 10 A pri naponu iznosa 24 VDC i nazivnu snagu iznosa od 240 W. Idealan je za opskrbu istosmjernim naponom opreme za automatizaciju dizajniranu zbog primjene u industriji. Dimenzije napajanja ABL1RPM24100 prikazane su na slici 6.2, gdje je stranica a duljine 194 mm, stranica L duljine 200 mm, dok stranica P iznosi 65 mm [9].



Slika 6.2: Prikaz napajanja ABL1RPM24100

6.7 Tipkala i sklopke

Razlika između sklopke i tipkala je u tome što tipkalo trenutno zadržava stanje kada je pritisnuto, a sklopka trajno zadržava stanje sve dok se ne prebaci u drugi položaj. Slika 6.3 prikazuje kontakte tipkala EL02-BE 101 (NO) i EL02-BE 102 (NC) proizvođača Elmark koji su korišteni u završnom radu. Kontakti tipkala posjeduju IP20 zaštitu. Također je korišteno tipkalo proizvođača *Schneider Electric* oznake ZBE-101.



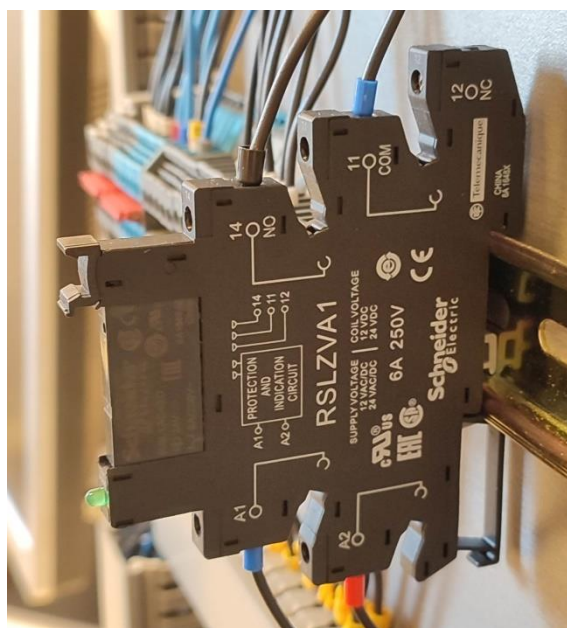
Slika 6.3: Kontakti tipkala proizvođača Elmark [16]

Tipkala i sklopke spojeni su na ulaze ATV320 koji omogućuju upravljanje Altivarom u ručnom načinu rada. Na slici 6.4 prikazana je ploča za ručno upravljanje pretvarač frekvencije.



Slika 6.4: Ploča za ručno upravljanje pretvarača frekvencije ATV320

Sklopka AUTO/MAN spojena je na pretvarač frekvencije ATV320 i na relejnu karticu koja prosljeđuje signal na PLC. Relejna kartica proizvođača *Schneider Electric* prikazana je na slici 6.5. PLC M262 i pretvarač frekvencije ATV320 nemaju zajedničku referentnu točku i zbog toga PLC M262 ne može očitati na svom ulazu kada je sklopka aktivirana. Kada je sklopka AUTO/MAN u položaju MAN dovodi se napon iznosa 24 VDC na digitalni ulaz 1 pretvarača frekvencije ATV320. Također, aktivira se relejna kartica koja digitalni ulaz PLC-a postavlja u stanje logičke jedinice što ima za posljedicu paljenje žutog svijetla na signalnom semaforu.



Slika 6.5: Relejna kartica RSLZVA1

6.8 Potenciometar

Promjenjivom otporniku, to jest potenciometru otpor se može ručno mijenjati zakretom osovine ili pomicanjem klizača. Sastoji se od tri priključnice od kojih su dvije spojene na svaki kraj otpornog elementa, a treća je takozvani klizač, čijim se pomicanjem mijenja otpor između klizača i druge dvije priključnice [17]. U završnom radu korišten je potenciometar proizvođača *Eaton* oznake M22-R10K nazivne vrijednosti 10 k Ω prikazan na slici 6.6 [18].



Slika 6.6: Potenciometar M22-R10K [18]

6.9 Signalni semafor

U završnom radu korišten je signalni semafor koji pomoću svjetlosti pokazuje radni status pretvarača frekvencije ATV320 i elektromotora. Signalni semafori koriste se u industriji kako bi prikazali radni status na većim udaljenostima. Postoji širok raspon izvedbi za primjenu u industriji. Na slici 6.7 prikazan je korišteni semafor proizvođača *Schrack* koji posjeduje IP65 zaštitu.



Slika 6.7: Signalni semafor

6.10 Didaktičko učilo

Slika 6.8 prikazuje didaktičko učilo na kojemu se nalazi već opisani elementi kao asinkroni elektromotor, servomotor, servo driver, pretvarač frekvencije, napajanje, PLC, HMI, relejna kartica, potencijometar, tipkala i sklopke. U literaturi [19] možete pronaći link na video didaktičkog učila u radu.



Slika 6.8: Didaktičko učilo za upravljanje asinkronim motorom i servomotorom

7. ZAKLJUČAK

U završnom radu opisano je novo programsko okruženje *Machine Expert* koje je u nekim dijelovima slično programskom okruženju *SoMachine*. Ono se može koristiti za programiranje i konfiguriranje PLC-a, servo drivera, pretvarač frekvencije koji se primjenjuju u industriji. Također je opisan korišteni PLC Modicon M262 kataloškog broja TM262M15MESS8T koji ide u korak sa industrijom 4.0. Kao i LXM32MU45M2, ATV320U02M2C koji imaju ugrađenu komunikacijsku karticu za Ethernet i HMIET6700 koji već ima ugrađeni priključak za Ethernet. Komunikacija uređaja putem Etherneta podiže industriju na novu razinu te ju na taj način unaprjeđuje i poboljšava. U programskom okruženju *Vijeo Designer* napravljeno je korisničko sučelje za upravljanje ATV320 i LXM32M. Za ručno upravljanje ATV320 izrađena je kontrolna ploča na 3D printeru na koju su smješteni tipkala, sklopke i potencijometar. Cilj ovoga rada bila je izrada didaktičkog učila koristeći novu modernu opremu kako bi se studentima mehatronike prikazala slika stvarnog modernog industrijskog pogona. Zaključno, svi dijelovi sustava su testirani i rade ispravno.

8. LITERATURA

- [1] <https://www.electricaltechnology.org/2015/09/what-is-industrial-automation.html> (7.11.2022.)
- [2] <https://www.techtarget.com/whatis/definition/industrial-automation> (7.11.2022.)
- [3] <https://www.machinemetrics.com/blog/industrial-automation> (7.11.2022.)
- [4] Servo motor BSH0551T12A2A datasheet. Raspoloživo na:
<https://www.se.com/ww/en/product/BSH0551T12A2A/ac-servo-motor-bsh-0-5-n-m-8000-rpm-keyed-shaft-without-brake-ip50/> (12.9.2022.)
- [5] Servo driver LXM32MU45M2 datasheet. Raspoloživo na:
<https://www.se.com/ww/en/product/LXM32MU45M2/motion-servo-drive-lexium-32-single-phase-supply-voltage-115-230-v-0-15-0-3-kw/> (14.9.2022.)
- [6] EthernetTCP/IPmodul: <https://www.999schneider.com/schneider-electric-vw3a3616> (7.11.2022.)
- [7] Alen Markesina, Napredna arhitektura sustava automatizacije za upravljanje servomotorom, završni rad, Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:144:669301> (8.11.2022.)
- [8] Pretvarač frekvencije ATV320U02M2C datasheet. Raspoloživo na:
<https://www.se.com/ww/en/product/ATV320U02M2C/variable-speed-drive-altivar-machine-atv320-0-18-kw-200-240-v-1-phase-compact/> (8.11.2022.)
- [9] Napajanje ABL1RPM24100 datasheet. Raspoloživo na:
<https://www.se.com/ww/en/product/ABL1RPM24100/regulated-smmps-single-phase-100-240-v-input-24-v-output-240-w/> (9.11.2022.)
- [10] PLC Modicon M262 TM262M15MESS8T datasheet. Raspoloživo na:
<https://www.se.com/ww/en/product/TM262M15MESS8T/motion-controller-m262-5ns-instruction-ethernet-sercos/> (10.11.2022.)
- [11] TMSES 4 modul za komunikaciju. Raspoloživo na:
<https://www.se.com/ww/en/product/TMSES4/smart-communication-module-modicon-m262-ethernet-4-rj45/> (10.11.2022.)
- [12] EcoStruxure Machine Expert. Raspoloživo na: <https://www.se.com/ww/en/product-range/2226-ecostruxure-machine-expert-somachine/#overview> (10.11.2022.)

- [13] EcoStruxure Machine Expert. Raspoloživo na: <https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V2.0/en/SoGloRef/index.htm#t=SoGloRef%2FD-SE-0080407.html> (10.11.2022.)
- [14] Konfiguracija računala za EcoStruxure Machine Expert. Raspoloživo na: <https://www.se.com/ww/en/faqs/FA402639/> (10.11.2022.)
- [15] HMI Easy Harmony ET6 HMIET6700. Raspoloživo na: <https://www.se.com/sg/en/product/HMIET6700/15-wide-screen-touch-panel-16m-colors-com-x-2-eth-x-1-usb-host-device-rtc-dc24v/> (11.11.2022.)
- [16] Pomoćni kontakti proizvođača Elmark. Raspoloživo na: <https://hr.elmarkstore.eu/pomo%C4%8Dni-kontakti-el02-be-101-1no-zeleni-product18246> (12.11.2022.)
- [17] Benkek G. Predavanje o elektroničkim komponentama iz predmeta Projektiranje i proizvodnja elektroničkih uređaja. Bjelovar: Veleučilište u Bjelovaru; 2021. Raspoloživo na: <https://moodle.srce.hr/2021-2022/course/view.php?id=103922#section-1> (4.12.2022.)
- [18] Potenciometar proizvođača Eaton oznake M22-R10K. Raspoloživo na: <https://www.ilecsys.co.uk/eaton-control-gear/eaton/rmq-titan-m22/m22-r10k> (12.11.2022.)
- [19] Link na video didaktičkog učila u radu: Raspoloživo na: <https://youtu.be/tknIxHcgMOU> (23.11.2022.)

9. OZNAKE I KRATICE

A - (engl. Ampere) Amper

AC - (engl. Alternating Current) Izmjenična struj

AI - (engl. Analog Input) Analogni ulaz

BMH - sinkroni AC servomotori s srednjim momentom inercije

BSH - sinkroni AC servomotori s niskim momentom inercije

CFC - (engl. Continuous Function Chart) Neprekidni funkcijski dijagram

COM - (engl. Common) Zajednički priključak

DC - (engl. Direct current) Istosmjerna struja

DI - (engl. Digital Input) Digitalni ulaz

DQ - (engl. Digital Output) Digitalni izlaz

FBD - (engl. Function Block Diagram) Funkcijski blok dijagram

HMI - (engl. Human Machine Interface) Uređaj za interakciju korisnika s automatiziranim sustavom

I - (engl. Input) Ulaz

in - (engl. Inch) Inč

IP - (engl. Internet Protocol) Internet protokol

itd. - i tako dalje

LD - (engl. Ladder Diagram) Ljestvičastom dijagramu

LED - (engl. Light Emitting Diode) Svjetleća dioda

mm - (engl. Millimetre) Milimetar

Nm - (engl. Newton-metre) Njutnmetar

okr – okret

okr/min - okretaja u minut

PLC - (engl. Programmable Logic Controller) Programibilni logički kontroler

POU - (engl. Program Organization Unit) Programska organizacijska jedinica

RTU - (engl. Remote Terminal Unit) Udaljena terminalna jedinica

Q - (engl. Output) Izlaz

SFC - (engl. Sequential Function Chart) Sekvencijalni funkcijski dijagram

TCP - (engl. Transmission Control Protocol) Protokol za kontrolu prijenosa podatka

V - (engl. Voltage) Napon

W - (engl. Watt) Vat

10. SAŽETAK

Naslov: Didaktičko učilo za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom

Sustav automatizacije za upravljanje servomotorom i asinkronim motorom čine BSH servo motor, servo *driver* LXM 32M, Končar-Mes asinkroni elektor motor, pretvarač frekvencije ATV320, PLC Modicon M262, HMIET6700, napajanje ABL1RPM24100. Servo motor BSH upravljan je pomoću servo *driver* LXM32M koji je konfiguriran pomoću programskog alata SoMove i Machine Expert. Pomoću istih programskih alata konfiguriran je i Altivar ATV320 kojega možemo upravljati i ručno putem tipkala, sklopki i potenciometra. Korisničko sučelje na HMIET6700 izrađeno je u Vijeo Designeru i služi za upravljanje servo *drivom* i Altivarom. Svi uređaji komuniciraju putem Etherneta te na taj način imamo moderan sustav automatizacije koji možemo susresti u industriji 4.0. Didaktičko učilo izrađeno je i opisano sa gore navedenom opremom kako bi studenti mehatronike lakše naučili rukovati industrijskom opremom.

Ključne riječi: Modicon M262, Lexium 32M, pretvarač frekvencije ATV320, HMI, Machine Expert,

11. ABSTRACT

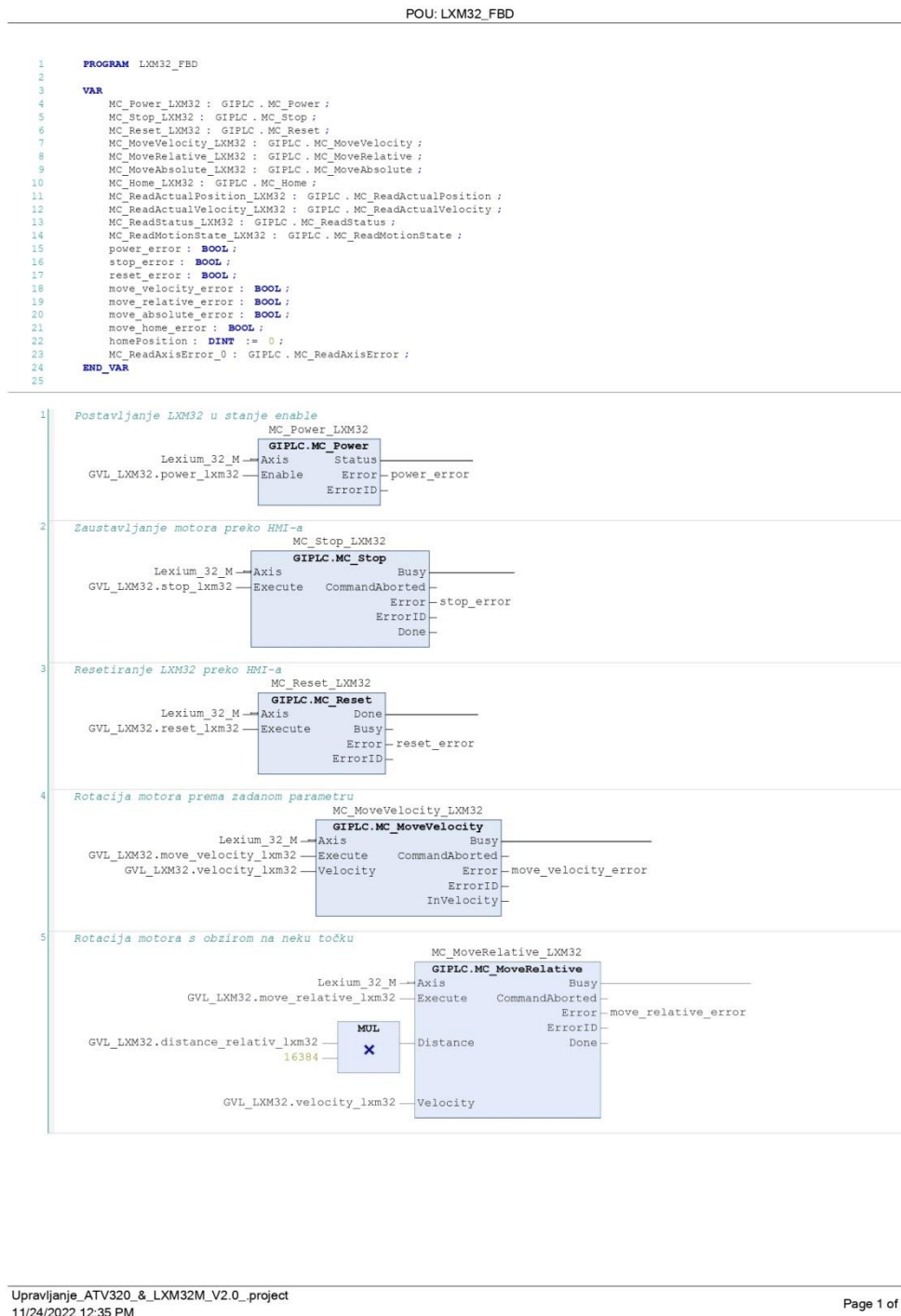
Title: Didactic Teaching Tool for Servo Motor Control and Asynchronous Motor Control

The automation system for controlling the servo motor and asynchronous motor consists of BSH servo motor, servo drive LXM 32M, Končar-Mes asynchronous elector motor, frequency converter ATV320, PLC Modicon M262, HMIET6700, power supply ABL1RPM24100. The BSH servo motor is controlled by the LXM32M servo drive, which is configured using the SoMove and Machine Expert software tools. Altivar ATV320 is also configured using the same software tools, which can also be controlled manually using buttons, switches and potentiometers. The user interface on the HMIET6700 was created in Vijeo Designer and serves to control the servo drive and Altivar. All devices communicate via Ethernet, and in this way we have a modern automation system that we can meet in industry 4.0. The didactic study was made and described with the above-mentioned equipment so that mechatronics students can more easily learn to operate industrial equipment.

Keywords: Modicon M262, Lexium 32M, frequency converter, ATV320, HMI, Machine Expert

12. PRILOZI

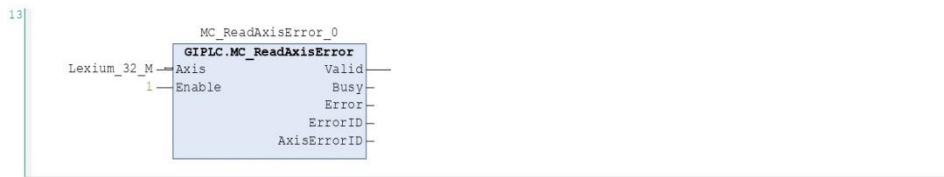
Na slikama 12.1 do 12.3 prikazan je POU (engl. *Program Organization Unit*) naziva LXM32M_FBD.



Slika 12.1: Prikaz prve stranice POU LXM32M_FBD



Slika 12.2: Prikaz druge stranice POU LXM32M_FBD

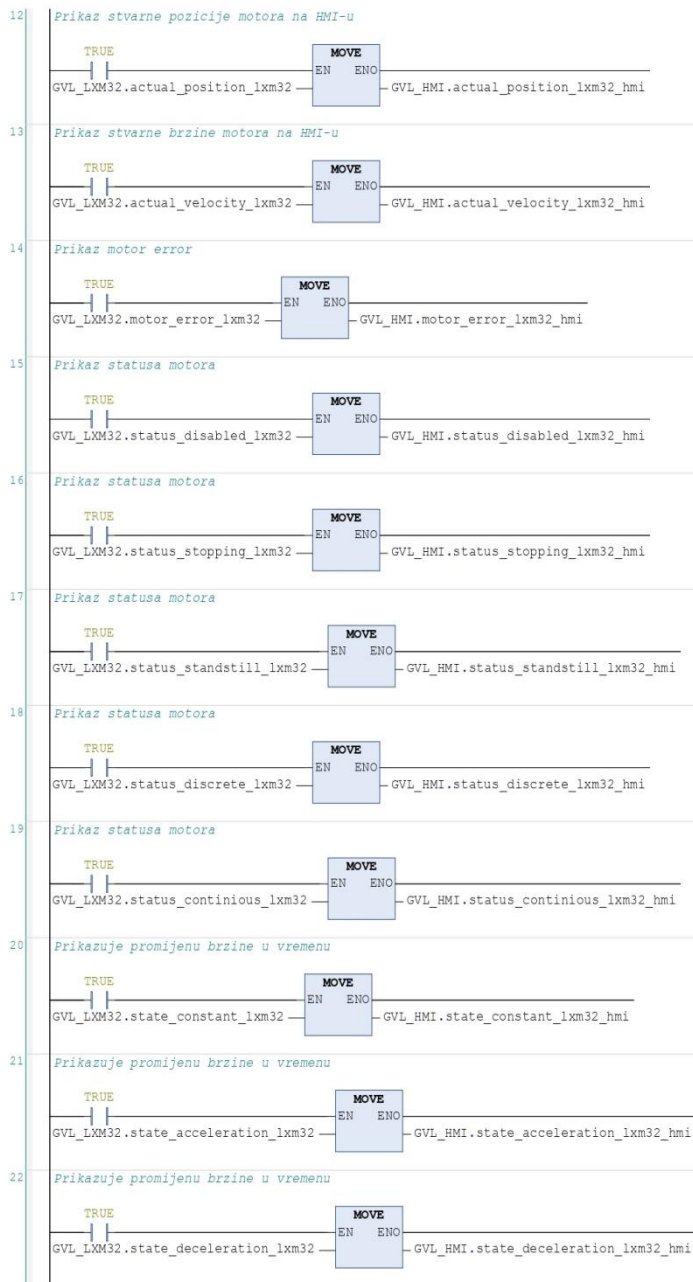


Slika 12.3: Prikaz treće stranice POU LXM32M_FBD

Slike 12.4. i 12.5 prikazuju POU naziva LXM32M_LD.



Slika 12.4: Prikaz prve stranice POU LXM32M_LD

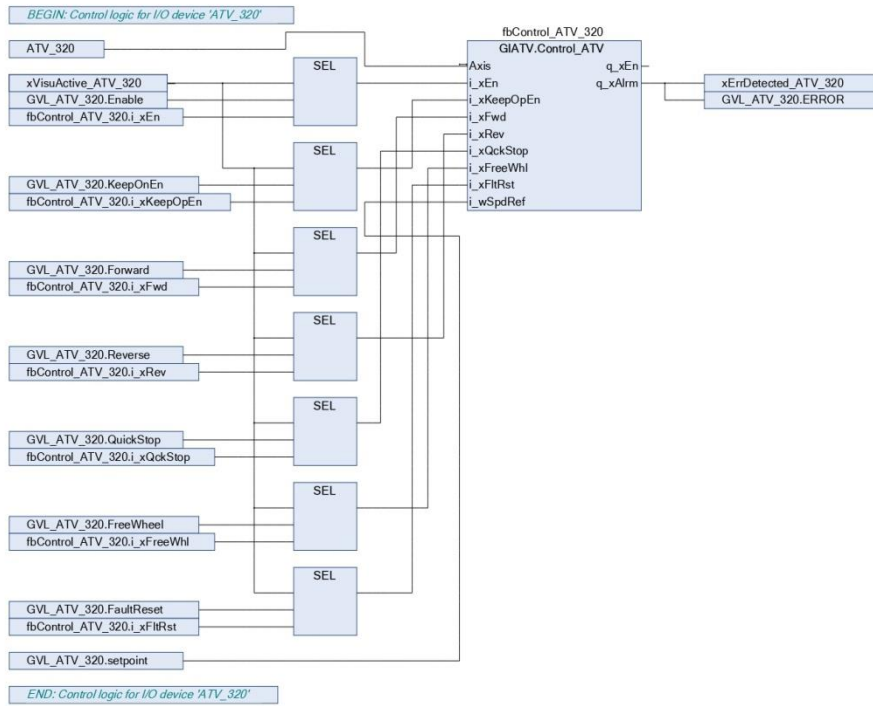


Slika 12.5: Prikaz druge stranice POU LXM32_LD

Na slikama 12.6 i 12.7 prikazan je POU naziva ATV_320_CFC.

```
POU: ATV_320_CFC  
  
1 PROGRAM ATV_320_CFC  
2 VAR  
3 // Function block for I/O device 'ATV_320'  
4 fbControl_ATV_320 : GIATV . Control_ATV ;  
5 xVisuActive_ATV_320 : BOOL ;  
6 xCmdEn_ATV_320 : BOOL ;  
7 xCmdKeepOpEn_ATV_320 : BOOL ;  
8 xCmdFwd_ATV_320 : BOOL ;  
9 xCmdRev_ATV_320 : BOOL ;  
10 xCmdQckStop_ATV_320 : BOOL := TRUE ;  
11 xCmdFreeWhl_ATV_320 : BOOL := TRUE ;  
12 xCmdFltRst_ATV_320 : BOOL ;  
13 wSpdRef_ATV_320 : WORD ;  
14 xErrDetected_ATV_320 : BOOL ;  
15 iActualVelo_ATV_320 : INT ;  
16 END_VAR  
17
```

Slika 12.6: Prikaz prve stranice POU ATV_320_CFC



Slika 12.7: Prikaz druge stranice POU ATV_320_CFC

Slike 12.8 i 12.9 prikazuju POU naziva ATV_320_LD.



Slika 12.8: Prikaz prve stranice POU ATV_320_LD



Slika 12.9: Prikaz druge stranice POU ATV_320_LD


Na slici 12.10 nalazi se POU naziva ATV_320_Semafor_FBD.



Slika 12.10: Prikaz POU ATV_320_Semafor_FBD

IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, 5.12.2022.	Mihael Vargić	

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

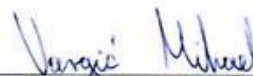
Mihael Vargić

ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 5.12.2022.



potpis studenta/ice