



Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу

Назив студијског програма: Рачунарска техника и софтверско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Рачунарски подржано мерење и управљање

Број индекса: 567/2015

Јован М. Ковачевић

**УПРАВЉАЊЕ ЕЛЕКТРОМОТОРНИХ ПОГОНА
У ИНДУСТРИЈСКОЈ АУТОМАТИЗАЦИЈИ**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану

1. Проф. др Милан Матијевић-ментор

Датум одбране: _____

2. _____

3. _____

Посебну захвалност дугујем мом ментору проф.др Милану Матијевићу пре свега на избору ове занимљиве теме, а затим на конкретним саветима,показаном стрпљењу и огромној подршци коју ми је пружио током мог студирања.

Велику захвалност дугујем и Милошу Божићу, асистенту ФТН Чачак, који је љубазно омогућио коришћење практикума у лабораторијске макете за контакторску опрему и индустријску електонику ЕМ погона, у лабораторији за ЕМП, ФТН Чачак.

Посебно се захваљује својим родитељима и пријатељима на подршци и разумевању.

Задатак дипломског рада

Савремена софтверска подршка и техничка средства аутоматике у управљању савремених електромоторних погона су предмет овога рада. На располагању је тренажер за управљање електромоторних програма фирми SchneiderElectricBeograd и EnelValjevo који садржи PLC контролер, тач панел, серво драјвер са серво мотором, фреквентни регулатор са асинхроним мотором, и неопходну пратећу опрему. У дипломском раду студент треба да опише употребу наведених средстава индустријске аутоматике кроз осмишљени сет апликација или кроз само једну инжењерску апликацију употребе електромоторних погона. Студент треба да опише основне функционално техничке карактеристике коришћених уређаја, принципе њиховог повезивања и програмирања, као и могућности примене у индустрији (у најкраћем). Посебно треба коментарисати могућност употребе опреме различитих произвођача у функцији једне индустријске апликације.

Препоручена литература

- [1] Документација фирме ЕНЕЛ ДОО Ваљево <http://www.enelva.rs>
- [2] Андрија Јестровић, *Пројектовање SCADA апликације и система заснованог на раду четири једносмерна и асинхрона мотора*, Мастер рад, ФИН Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2017
- [3] Слободан Вукосавић, *Електричне машине*, Електротехнички факултет, Универзитет Београду, 2010 https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/udzbenici/knjiga_elektricne_masine.pdf
- [4] Садржај портала предмета Индустријски рачунарски системи
<http://moodle.mfkg.rs/course/view.php?id=228>

Крагујевац, 2019.

ментор:

проф. др Милан С. Матијевић

Садржај:

Резиме рада	5
1. Увод	6
2. Програмабилни логички контролери	8
3. Асинхрони мотор	11
4. Серво мотор и енкодер	14
5. Коришћена опрема	16
5.1 Опис система	16
5.2 PLC Modicon M241	16
5.3 Карактеристике ПЛЦ-а M241	17
5.4 Фреквентни регулатор	20
5.5 Серво драјвер	22
5.6 Асинхрони мотор	24
5.7 Серво мотор	24
5.8 Аутоматски осигурачи	26
5.9 Тастери	28
5.10 Сигналне лампице	29
5.11 Прекидачи	29
5.12 HMI Magelis STU 855	30
5.13 Напајање	31
5.14 Ethernet switch	31
6. Програм за управљање асинхроног и серво мотора	33
6.1 SoMachine развојно окружење	33
6.2 Креирање пројекта	35
6.3 Дефинисање улаза и излаза програма	40
6.4 Детекција грешке	42
6.5 Очитавање Real Time Clock-a	43
6.6 Енкодер	44
6.7 Покретање серво мотора	45
6.8 JOG режим серво мотора	45
6.9 Померај серво мотора	47
6.10 Моментни режим серво мотора	48

6.11 Покретање асинхроног мотора.....	49
6.12 JOG режим асинхроном мотора	50
6.13 Покретање асинхроног мотора фиксном брзином	51
6.14 Режим позиционирања асинхроног мотора	52
7.Програмирање <i>HMI</i> уређаја	54
8.Закључак	58
9.Додаци	59
10.Литература	64

УПРАВЉАЊЕ ЕЛЕКТРОМОТОРНИХ ПОГОНА У ИНДУСТРИЈСКОЈ АУТОМАТИЗАЦИЈИ

Резиме рада

Овај дипломски рад описује управљање електромоторних погона у индустријској аутоматизацији. На примеру тренажера фирме Енел Ваљево који садржи ПЛЦ контролер, тач панел, серво драјвер са серво мотором, фреквентни регулатор са асинхроним мотором, описане су функционалне карактеристике ових уређаја, њихово међусобно повезивање и програмирање ПЛЦ-а у софтверском пакету *SoMachine*. Рад је писан стилем туторијала, тако да може бити коришћен у образовне сврхе целоживотног учења.

Кључне речи: Индустријска аутоматизација, ПЛЦ контролер, фреквентни регулатор, асинхронни мотор, серво мотор, серво драјвер, *SoMachine*, Енел Ваљево

CONTROL OF ELECTRICAL MOTORS IN INDUSTRIAL AUTOMATIZATION

Abstract:

This thesis describes the management of electrical motors in industrial automation. In the example of an Enel Valjevo trainer, who contains PLC controller, touch panel, servo drive with servo motor, frequency controller, asynchronous motor, the functional characteristic of these, their interconnection and PLC programming in the *SoMachine* software package are described. The paper is written in a tutorial style, so it can be used for educational lifelong learning purposes.

Key words: Industrial automation, PLC controller, frequency controller, asynchronous motor, servo motor, servo drive, *SoMachine* Enel Valjevo

1. Увод

Предмет овог дипломског рада јесте управљање електромоторних погона у индустријској аутоматизацији. Под појмом управљање подразумева се скуп различитих деловања на неки систем да би се оставрио неки циљ. Велики број фабрика користи аутоматизоване системе без којих се данас не може замислити производни процес. Аутоматизацијом процеса производње постиже се висока продуктивност и квалитет производа са великом уштедом времена и новца него раније. Предности аутоматизације биле су и мања потрошња енергије као и самих сировина.

Развој рачунарске технологије и појава микроконтролера доводи до праве револуције у примени рачунара у системима за аутоматизацију. Крајем 70-тих година развијен је специјализовани дигитални рачунарски управљачки систем који је био оптимизован за брзу обраду релејних логичких функција, и пројектован тако да може да издржи рад у сложеним индустријским условима. Звао се Modicon 084 (енг. **MODularDigitalCONTROLer** - модуларни дигитални контролер) и представљао је први уређај које би смо ми данас називали програмаблним логичким контролером, односно, ПЛЦ-ом. Први ПЛЦ контролери били су једноставни за управљање који су се користили као замена за застарелу релејну технику. Али такви ПЛЦ контролери нису могли да управљају сложенијим процесима, па су тадашњи произвођачи морали да уводе бројна побољшања и функционална унапређења.

Савремени ПЛЦ контролери имају могућност обављања веома сложених процеса управљања. Управљање електромоторних погона је у данашње време од изузетне важности у самом процесу производње. Крајем 70-тих година хидраулични и пнеуматски извршни органи замењени су електричним погонима. Данас је готово незамисливо управљати процесом производње без електромоторних погона.

У дипломском раду је описано управљање електромоторних погона, конкретно асинхроног и серво мотора, помоћу ПЛЦ-а у софтверском пакету *SoMachine*. Коришћен је тренажер који је израдила фирма Енел из Ваљева. На тренажеру се налази ПЛЦ који је производ фирме *SchneiderElectric*, серво драјвер са серво мотором, фреквентни регулатор са асинхроним мотором, и остала неопходна пратећа опрема. Кроз сет апликација и задатака биће објашњена примена електромоторних погона у индустрији.



Слика 1 – Тренажер за управљање електромоторних погона фирме Енел из Ваљева

2. Програмабилни логички контролери

Програмабилни логички контролер (енг. *Programmable Logic Controller*) или скраћено ПЛЦ је дигитални електронски уређај који се користи за аутоматизацију индустријских постројења. Заснован на микропроцесору, ПЛЦ је у могућности да обавља бројне типове управљачких функција које су различитог нивоа сложености. Сам уређај поседује програмабилну меморију за смештање инструкција којима се реализују функције као што су логичке и аритметичке операције, а све са циљем да се управља различитим уређајима. Индустријски рачунар, како се још назива, направљен је тако да је отпоран на механичке сметње, електромагнетне утицаје, као и на влагу и температуру. Ради се о рачунару изузетно робустне конструкције на услове окружења и нестанка напајања. На пример, посленестанканапајања, и поновног прикључења на напајање, ПЛЦ нормално наставља са радом.



Слика 2 – Програмабилни логички уређај [1]

Крајем 60-тих година, свим индустријским погонима се управљало помоћу релејне технике. Компанија *Bedford Associates* је 1968. године конструисала први ПЛЦ који је био специјализовани дигитални рачунарски управљачки систем и који је могао да врши брзу обраду релејних логичких функција. Име које је носио било је *Modicon 084* (енг. **Modular Digital Controller**). Пужао је могућности лаког програмирања или репрограмирања без икакве хардверске измене, био је малих димензија, и цена је била знатно мања од тадашње релејне технике.

Архитектура ПЛЦ-а састоји се из следећих делова:

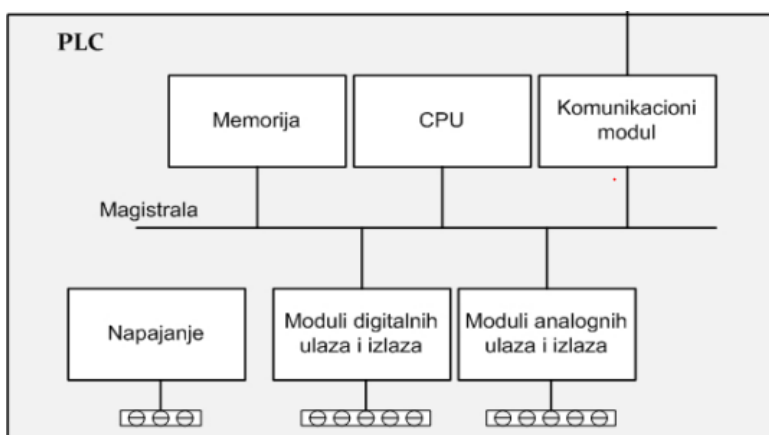
- Процеосор
- Напајање

-Улазни интерфејс

-Изразни интерфејс

-Комуникациони интерфејс

Процеор управља радом свих компоненти ПЛЦ-а. У оквиру процесора се налази и меморија ПЛЦ-а у којој се чува програм и остали подаци неопходни за његов рад. Процесор такође брине о комуникацији, међусобној повезаности осталих делова контролера, извршавању програма, управљањем меморијом као и надгледањем улаза и излаза. Преко улаза ПЛЦ-а, прихватају се подаци и смештају се у меморију. Најчешћи улази у ПЛЦ су разне врсте прекидача, тастера или сензора, или неке аналогне компоненте.



Слика 3 – Архитектура ПЛЦ-а[2]

Изрази контролера служе за повезивање са уређајима којима се управља. Могу да буду дигитални или аналогни. Комуникациони интерфејс служи за остваривање комуникације између ПЛЦ-а и неког уређаја, рецимо другог ПЛЦ-а, рачунара или операторског панела. За ту комуникацију постоје многи протоколи као што су *Modbus*, *EtherNet/IP (Industrial Protocol)*, *PROFINET* и други. Неки од ПЛЦ-а имају могућност за додавање нових модула у циљу проширења улаза или излаза.

ПЛЦ поукључењу непрекидно понавља циклусе (скен циклусе) очитавља улаза, извршавања програма, и ажурирања излаза (слика 4). Процесор током једног скен циклуса пролази кроз пет фаза и то: очитивање улаза, извршавање програма, комуникација, провера и одржавање и уписивање података на излаз ПЛЦ-а.

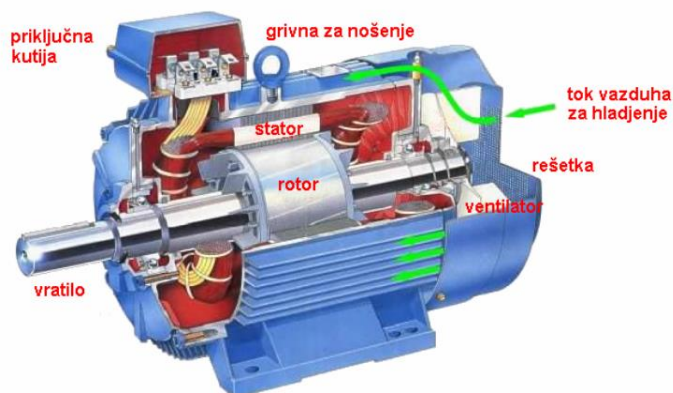


Слика 4 – Скен циклус[2]

У току фазе читавања улаза, процесор читава стања улазних линија и уписује их у подручје меморије за које су предвиђени. Путемулаза ПЛЦ-усе саопштавају команде са тастера и информације са сензора. Ако се на улаз ПЛЦ-а доведе дигитални улаз (мисли се на улаз који има две вредности: укључено-искључено, 1-0, тј. сигнал који се идентификује у опсегу "укључено-искључено"), онда се одговарајућем биту у меморији додељује логичка нула или јединица у зависности од тога шта је на улазу. Процесор извршава програм, тако што извршава наредбу по наредбу. Приликом извршења програмске наредбе потребни подаци се узимају из меморије. У фази комуникације процесор врши размену података са осталим уређајима који су са њим повезани. У сваком скен циклусу врши се и провера оперативног система, меморије и статуса улаза и излаза. Последња фаза скен циклуса јесте уписивање података на излаз ПЛЦ-а. Уписивањем података на излаз врши се реализација одређених функција [2].

3. Асинхрони мотор

Наизменични електрични мотори су врста електричних машина који имају велику примену и могу се поделити у две групе а то су, асинхроне и синхроне моторе. Код асинхронних мотора, као што и сам назив каже не постоји синхронизација тј. брзина обртања ротора и брзина обртања магнетног поља нису синхронизоване, док се код синхронних мотора та брзина поклапа. У овом раду је описан само асинхрони мотор. Постоје неколико врста асинхронних мотора али је принцип рада код свих готово исти. Ови мотори се највише користе у индустрији јер су веома поуздани, нису превише скупи и не захтевају неко одржавање.



Слика 6 – Пресек асинхроног мотора [3]

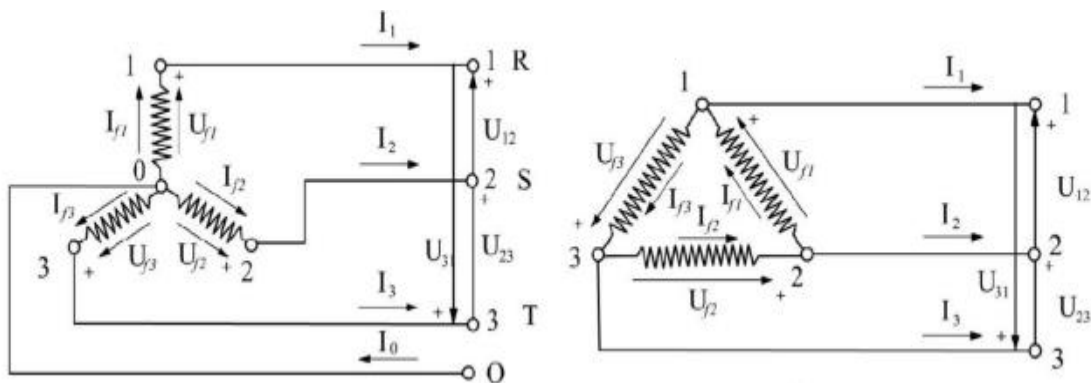
На слици 6 приказан је један асинхронни мотор. Мотор се састоји од два главна дела, а то су статор који је непокретни део и ротор који је покретни. Статор је део који се прикључује на електричну мрежу и има облик шупљег ваљка који је састављен од феромагнетних лимова између којих се поставља изолација. Са унутрашње стране статора налазе се аксијални жлебови за смештај намотаја статора. Намотаји статора напајају се наизменичном струјом и фазно су померени за $2\pi/3$. Намотаји могу бити везани у звезду или у троугао. Фазни намотаји и језгро статора производе магнетни флуks. Након прикључивања фазних намотаја на напајање индукује се магнетно поље. Позиција магнетног поља у односу на статор је фиксна али је променљивог смера. Брзина смера зависи од фреквенције напона којим се мотор напаја.

Ротор је као и статор направљен од феромагнетних лимова са жлебовима и има облик ваљка. Постоје две типа ротора: ротор са клизним прстеновима и краткоспојени ротор.

Разлика је у намотајима који постоје у жлебовима. Ротор са клизним прстеновима има намотаје од жице смештене у жлебове и за сваку фазу постоји по један клизни прстен на који се прикључују намотаји. Код краткоспојеног ротора у жлебове су уливане шипке од бакра или алуминијума чији су почеци спојени једним, а крајеви другим проводним прстеном.

Кућиште мотора састоји се од шупљег цилиндра који представља главни део, док се са спољашње стране налазе ребра која повећавају површину хлађења. У прикључној кутији са стране налазе се изводи за напајање, док се са задње стране кућишта налази вентилатор за хлађење мотора.

Када кроз намотаје статора протичу трофазне наизменичне струје које стварају магнетно поље, ротор мотора се тада обрће неком брзином. Као што је речено, намотаји могу бити везани у звезду или троугао. Везивање у звезду представља везивање крајева сва три проводника у једну тачку, а остали крајеви су слободни. Слободни крајеви се називају фазе, а проводници фазни проводници. Тачка у којој су спојени проводници назива се звездиште или нулта тачка и карактерише је то да је збир свих струја у њој једнак нули. Зато се за ту тачку не везује проводник, а уколико се то дешава онда је он повезан са уземљењем и представља нулти проводник. Везивање у троугао постиже се спајањем краја једног и почетка другог проводника све док се не формира троугао. Овакав начин везивања се ређе користи јер нема могућност уземљења по једног краја сваког намотаја.



Слика 7- Везивање трофазног система у звезду(лево) и троугао (десно) [4]

На слици 7 приказано је везивање трофазног система у звезду односно троугао. На слици су означени фазни напон и фазна струја, линијски напон и линијска струја. Фазни напони и струје су напони и струје појединих фаза и означавају се са U_f, I_f . Линијски напони су напони између фаза док линијске струје су струје у проводницима слободних крајева. Код везивања у звезду фазни напони су напони између фазе и нултог проводника (уземљења), а линијски напони представљају разлику фазних напона две посматране фазе. Фазне и линијске струје су једнаке, а збир фазних напона једнак је нули. Веза проводника у троугао има карактеристике да су фазни и линијски напони једнаки, а линијске струје су једнаке разлици фазних, према правилу о збиру струја у чвору електричне мреже [4].

4. Серво мотор и енкодер

Серво мотори су ротациони актуатори који се користе у процима где је потребно управљати угаоном позицијом, брзином или убрзањем. Основна функција сервосистема је да његов излаз брзо и прецизно прати промене излаза. Некада се назива и пратећи јер је име изведено из латинске речи *servus* што у преводу значи онај који служи. Сервосистем функционише на тај начин што се стално мери излазна величина и помоћу повратне спреге упоређује са улазном величином, дејствујући тако да грешку која настаје упоређивањем сведе на нулу [5].

Серво мотори се састоје од одговарајућег мотора у комбинацији са неким сензором који даје информацију о позицији. Обртни момент добија се као резултат синусоидалне трофазне струјне побуде статора у комбинацији са магнетним пољем роторских магнета.



Слика 8– Серво мотор[6]

Да би се побуда статорских намотаја могла ускладити са положајем ротора серво мотори имају енкодер који прати положај роторске осовине. Енкодер су уређаји који служе за мерење угла окретања и који угаоно померање претварају у низ импулса. Импулси се представљају низом нула и јединица, односно бинарним кодом. Постоје инкрементални и апсолутни енкодери, док према начину читавања битова моги бити контактни или неконтактни.

Апсолутни енкодер има диск који се састоји од више концентричних прстенова, при чему сваки следећи, полазећи од центра ка ободу, има два пута више сегмената. На прстеновима постоје провидни и тамни сегменти при чему су размаци на сваком прстену другачији. Извор светлости осветљава диск и тако се детектује вредност угла. Са друге стране налази се фото детектор који детектује постојање светлости и који даје напон на свом излазу уколико се осветли. Када се појави напон од 2.5V значи да постоји светло и логичко стање је 1 док је у супротном нула. На тај начин се добија бинарни код који представља измерени угао.

Инкрементални енкодер садржи прстен са прорезима кроз који пролази светлост и на тај начин се добија бинарни код који представља угао померања. Пошто инкрементални енкодер генерише само један импулс по померају, довољан је један диск са прорезима. Као и апсолутни енкодер, инкрементални енкодер има фото детектор и извор светлости. Ако је на диску рецимо K прореза, онда су угаоно померени за $\alpha = \frac{360}{K}$ и ако је енкодер измерио p импулса онде се угао добија као $p * \alpha$ [7].



Слика 9 – Приказ апсолутног (лево) и инкременталног(десно) енкодера[7]

5. Коришћена опрема

5.1 Опис система

При изради дипломског рада коришћен је као што је већ споменуто тренажер фирме Енел из Ваљева. У наставку биће описане све компоненте овог тренажера. Тренинг макета се састоји од 3 дела: пулт са опремом, командни пулт и постоље са моторима. На пулту са опремом налази се ПЛЦ контролер, фреквентни регулатор, серво драјв, *ethernet switch*, главни прекидач, напајање и осигурачи. На командном пулту налази се *touchscreen*, тастери, преклопке, сигналне лампице и свестоп пречурка. На постоље са моторима налазе се асинхрони и серво мотор.

5.2 PLC ModiconM241

Логички контролер *Modicon M241* који је производ фирме *SchneiderElectric* дизајниран је за машине веома високих перформасни које поседују функције контролу положаја и брзине. Предност оваквих логичких контролера јесте једноставно програмирање помоћу апликације *SoMachine* и њених функцијских блокова [8].



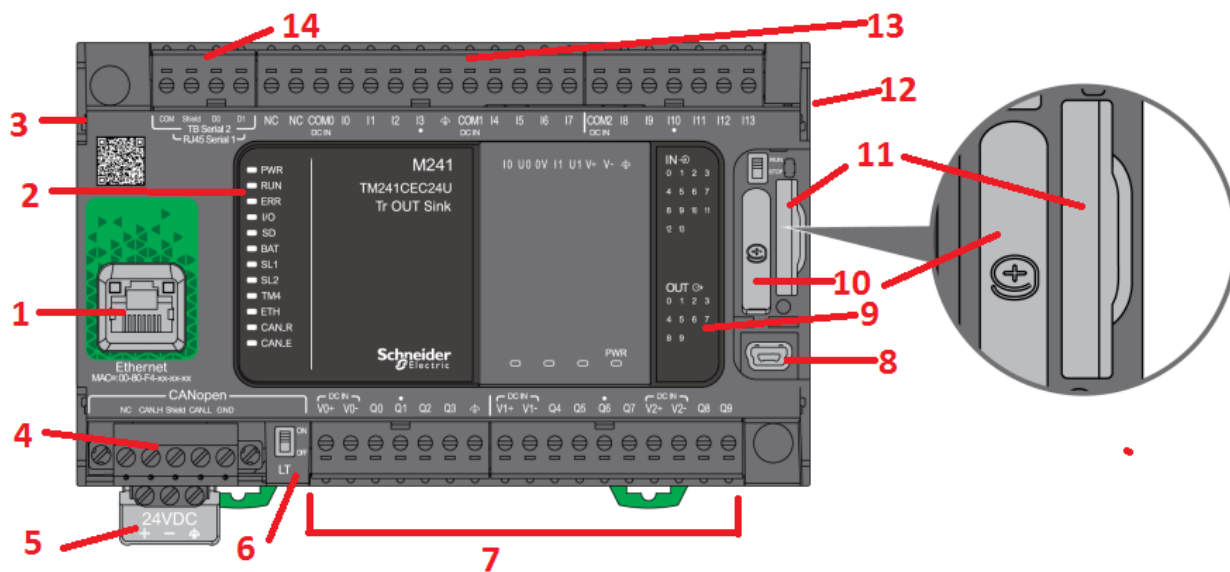
Слика 10 - PLCModiconM241[9]

5.3 Карактеристике ПЛЦ-а M241

Овај контролер у себи поседује двојезгарни процесор (енг. *DualCore*) са 22 наносекунде по једној инструкцији. Димензије овог кућишта су 150x95x90 мм и да би се овај уређај напајао потребно је на његов улаз довести 24V. У контролеру се налазе две врсте меморије и то радна меморија (енг. *Random-access memory* — „меморија са случајним приступом“) која је величине 64MB и флеш меморија величине 128MB која се користи у случају нестанка напајања. Такође овај контролер има могућност проширења меморије преко меморијске картице до 32GB. Са десне стране ПЛЦ-а налази се хардверски изведен прекидач који служи за покретање или заустављање извршења програма. Сат у реалном времену (енг. *RTC- RealTimeClock*) који се налази у овом уређају омогућава праћење тачног времена и рад у реалном времену. Уколико дође до престанка напајања батерија која се налази са десне стране омогућава праћење времена.

PLCModiconM241 поседује 24 улазно/излазних портова:

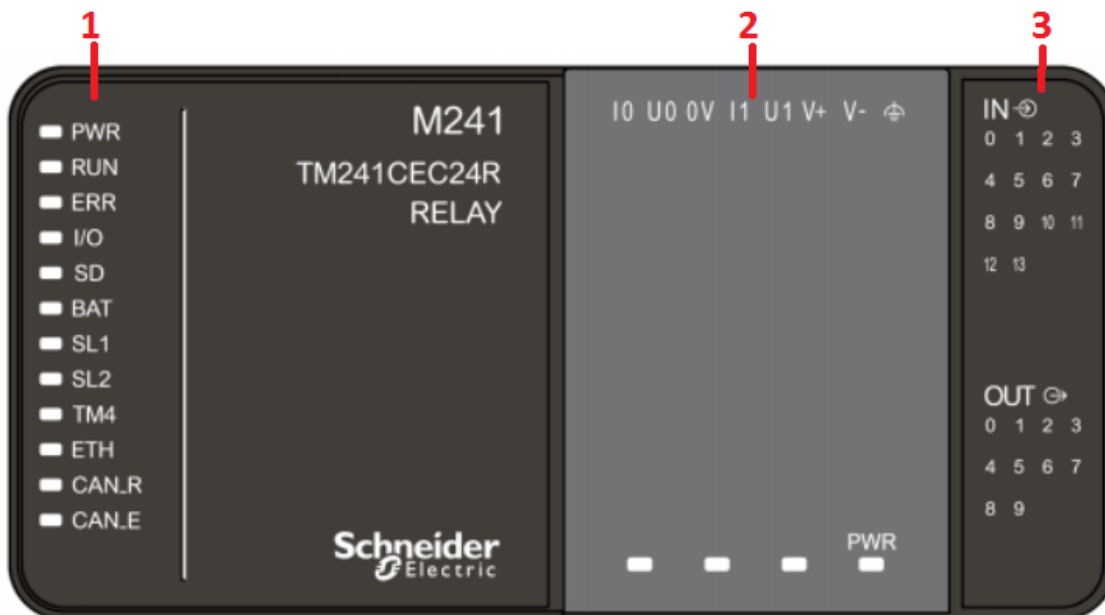
- 14 улаза - од чега су 8 брзих улаза и 6 обичних улаза
- 10 излаза – 6 релејних излаза и 4 брза излаза за *PWM (PulseWidth-Modulation)*



Слика 11 - *PLC Modicon M241*[9]

На слици 11 је приказан ПЛЦ *Modicon M241*. Бројеви на слици имају следеће значења:[9]

1. Порт за етернет (енг. *ethernet*) комуникацију (RJ45)
2. Статусне лед диоде
3. Конектор за ТМ4 модул
4. Порт за *CanOpen* комуникацију
5. Напајање ПЛЦ-а
6. Прекидач за *CanOpen* комуникацију
7. Транзисторски и релејни улази
8. **USB (Universal Serial Bus)** порт
9. Лед диоде – приказ стања улаза и излаза
10. Држач за батерију
11. Меморијска картица
12. Конектор за ТМ2 и ТМ3 модул
13. Улази ПЛЦ-а
14. Серијски порт (RJ45)



Слика 12 –Статусне лед диоде[9]

На слици 12 приказане су статусне лед диоде контролера и то:

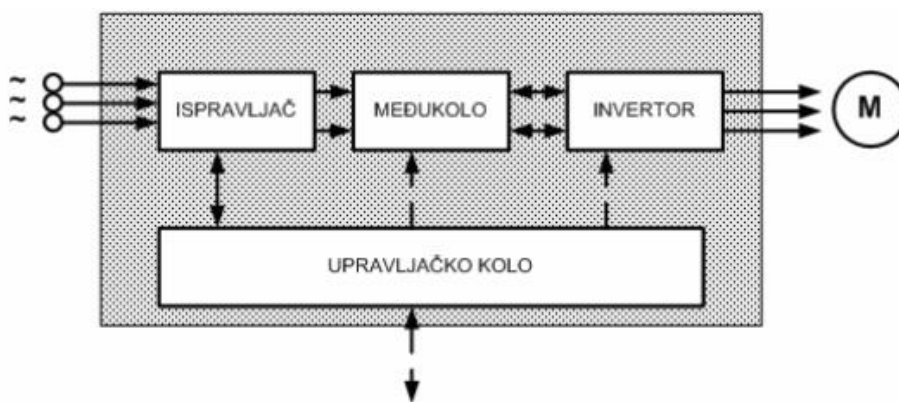
1. Статус система
2. Статус модула за надоградњу
3. Статус улаза и излаза

Лед диоде статуса система имају следећа значења: [9]

- *PWR* – укљученост напајања ПЛЦ-а
- *RUN*– приказује рад или застој ПЛЦ-а
- *ERR* – грешка ПЛЦ-а
- *I/O* – грешка улаза или излаза
- *SD*– стање меморијске картице
- *BAT*–стање батерије
- *SL1* и *SL2* –серијска линија 1 и 2
- *TM4* – грешка на порту TM4
- *ETH* – стање на етернет порту
- *CAN.R*– рад *CanOpen* порта
- *CAN.E*– грешка на *CanOpen*порту

5.4 Фреквентни регулатор

За управљање асинхроним мотором, неопходно је имати фреквентни регулатор уз помоћ кога се врши управљање. Фреквентни регулатори су електронски уређаји који омогућавају управљање трофазним асинхроним моторима претварајући улазни мрежни напон и фреквенцију који су фиксирани вредности у променљиве величине. Поред основне функције у управљању мотора, фреквентни регулатори имају и бројне друге функције као што су заштита мотора, могућност подешавања брзине и контроле рада преко интефејса итд. Асинхронни мотори су данас важан индустријски производ и све док се нису појавили фреквентни регулатори није било могуће у потпуност управљати њима. На слици 13 је приказана структура.[10]



Слика 13 – Структура фреквентног регулатора[10]

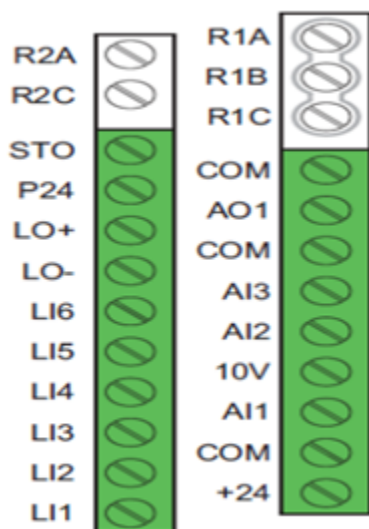
Исправљач претвара мрежни наизменични напон у једносмерни напон. Међуколо стабилише једносмерни напон док инвертор генерише фреквенцију напона на мотору. Управљачко коло прима и шаље сигнале из исправљача, међукола и инвертора и на основу алгоритама управљања дефинише побуду за мотор како би се добио жељени одзив [10].

Altivar MachineATV320 је фреквентни регулатор који се користи за управљање трофазних синхроних и асинхроних мотора од 0.18KW до 15KW. Напајање на које се прикључује овај фреквентни претварач износи 200V – 240V док је фреквенција 50-60Hz [11].



Слика 14– Фреквентни регулатор *AltivarATV320*[11]

На слици испод приказан је распоред управљачких прикључака а у табели испод њихове функције.



STO	<i>Save torque off</i>
P24	Напајање 24V
LO+	Заједничка тачка дигиталних улаза
LO-	Заједничка тачка дигиталних улаза
LI 1-6	Дигитални улази
COM	Заједничка тачка аналогних улаза
AO1	Аналогни излаз
AI 1-3	Аналогни улази
R1A	NO контакт релеја
R1B	NC контакт релеја
R1C	Заједничка тачка релеја
R2 A-B	NO контакт релеја
+24	Напајање 24V

Слика – Распоред управљачких функција

5.5 Серво драјвер

Серво драјвер који је производ фирме SchneiderElectric и има ознаку *LXM32MU90M2* служи за покретање серво мотора. Називни напон уређаја износи 230V. Ознака М у имену овог уређаја означава да је модуларни драјвер који се може додатно проширити додатним модулима, рецимо улазне/излазне картице или комуникационе картице. Серво контролер омогућава подешавање параметара преко графичког интерфејса који се на њему налази. На слици 15 приказа је серво драјвер [12].



Слика 15 – Серво драјвер *LXM32MU90M2* [12]

На слици приказан је распоред прикључака серво драјвера:

CN1 - представља прикључак за напајање уређаја

CN2 – напајање логике (24V) и безбедносна функција STO (енг. *SafeTorqueoff*) која искључује момент мотора без искључивања напајања

CN3 – Прикључак за енкодер мотора

CN4 – На излазу конектор PTO (енг. *PulseTrainOut*) су на располагању сигнали напон 5V који се могу користити као улазни сигнали за PTI.

CN5 - На улазу конектора PTI (енг. *PulseTrainIn*) могу бити прикључени сигнали од 5V и 24V

CN6 - 6 подесивих дигиталних улаза и 3 подесива дигитална излаза

CN7 – Modbus протокол за комуникацију са уређајем

CN8 – Спољни кочни отпорник

CN9 – *DC bus*

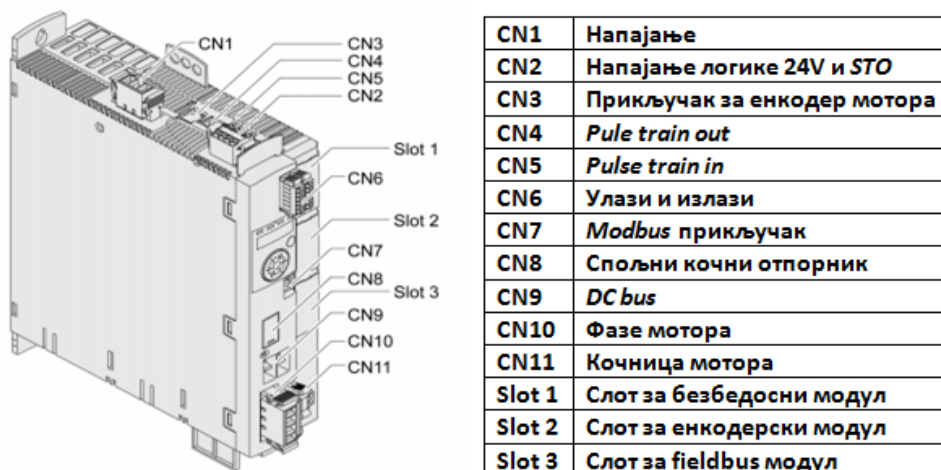
CN10 – Фазе мотора (*U, V, W*)

CN11 – кочница мотора која се повезује помоћу два проводника који се налазе у моторном каблу

Slot 1 – Сигурноси модул

Slot 2 – Енкодерски модул (*RSR, DIG, ANA*)

Slot 3 – *Fieldbus* модул (*CANopen, Profibus DP, DeviceNet, EtherNet/IP, EtherCAT*)



Слика 16– Распоред прикључака серво драјвера[12]

Серво драјвер интегрише различите оперативне модове. Две главне функције драјвера су: конвенцијалан режим подешавања (*Homing*, Ручно мод (*JOG*) за позицију и брзину и *Auto-tuning*) и оперативни режим рада (контрола позиције, брзине и струје).

5.6 Асинхрони мотор

Асинхронни мотор који се користи у овом раду и који је уграђен у тренажер јесте *JM 63 B4* (слика 17) који производи фирма *Seipac*. Конструисан је са кавезним ротором који је заштићен кућиштем које има ребра за брже хлађење, и вентилатор са задње стране. Снага овог мотора износи 0.18kW док се напаја из електричне мреже чија је фреквенција 50 или 60 Hz. На вратилу мотора налази се енкодер док његова укупна маса износи 4.9 [kg] [13].



Слика 17 – Асинхрони мотор *JM 63 B4*[13]

5.7 Серво мотор

Као што је већ објашњено у овом раду, серво мотори су актуатори који се користе у процесима где је потребно управљати угаоном позицијом или брзином. Серво мотори се састоје од одговарајућег мотора у комбинацији са давачем позиције. Серво мотор уграђен у тренажер носи ознаку *BMH0701P06A2* и производ је фирме *SchneiderElectric* као и већина опреме на тренажеру. На слици 18 приказан је конкретни серво мотор.



Слика 18 – Серво мотор[14]

Називни напон овог мотора износи 480V док је називна струја 1.78A. Максимална брзина обртаја по минути износи 8000 док је обртни момент мотора 1.2Nm. Енкодер(*SinCos Hiperface*) је интегрисан у мотору и обезбеђује информације о позицији мотора. Резолуција енкодера има велику важност због позиционирања мотора, јер информацију о позицији мотора приказује као један обртај са 131072 тачака [14].

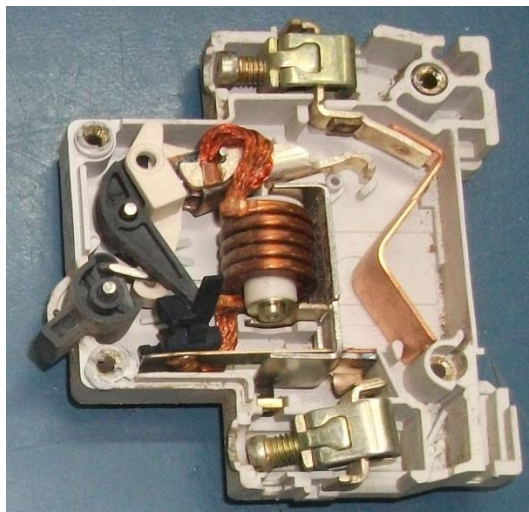
5.8 Аутоматски осигурачи

Осигурачи представљају уређаје који прекидају електрично коло уколико дође до кратког споја или велике струје која може да оштети инсталацију. Постоје топливи осигурачи који у себи имају жицу мале електричне отпорности која се истопи када наиђе превелика струја. Други тип осигурача који се најчешће користе су аутоматски осигурач. Осигурачи који су уграђени у овај тренажер су аутоматски фирме *SchneiderElectric* чија је називна струја 4А и 10А.



Слика 19 – Аутоматски осигурач и његов симбол [15]

Аутоматски осигурачи прекидају струјни круг раздвајањем контакта без разарања осигурача па се могу користити и више пута. Конструкција ових осигурача се разликује од произвођача до произвођача али је принцип рада исти тако да су у основи исти. Сваки осигурач има две стезалке, прекидач за укључивање и искључивање, електромагнет, биметалну траку и део за гашење електричног лука и склопке. Када је осигурач искључен контакти су раздвојени и струја не протиче, а када су контакти спојени струја протиче преко биметалне траке и електромагнета тако да постоје два ниова заштите. Уколико је струја већа од називне струје долази до загревања биметалне траке и до њене деформације што покреће систем са опругом који искључује осигурач.



Слика 20 – Унутрашњост аутоматског осигурача [15]

Биметална трака садржи два метала са различитим коефицијентима топлотног ширења. При промени температуре долази до механичког померања траке тако што део траке са металом који има већи коефицијент ширења се више истеже што доводи до кривљења траке на страну траке са мањим коефицијентом ширења. На једном крају трака је фиксирана, док је други крај слободан и он може да се помера. Тај слободни део се приликом загревања савија и покреће систем са опругом која раздваја контакте. У случају струје кратког споја реагује електромагнет. Јачина струје кратког споја сразмерна је сили која помера језгро електромагнета које помера систем са опругом који искључује осигурач [15].

5.9 Тастери

Тастери су врста прекидача који прекидају или спајају електрично коло онда када је тастер притиснут од стране корисника. Најчешће путем опруге тастер се враћа у свој почетни положај. Постоје различите врсте тастера са различитим типом контакта. Тако постоје, нормално отворени контакт и нормално затворени контакт. Нормално отворени контакт је прекидач који не проводи струју све док се не притисне, док нормално затворени контакт пропушта струју све док није притиснут. На слици испод приказани су симболи нормално отвореног и нормално затвореног контакта.



Слика 21 – Тастер и његов симбол [16]

На тренажеру је уграђен и паник тастер или како се још зове свестоп тастер (слика 22), који има улогу да када се притисне заустави читав процес уколико дође до неке грешке. Поставља се на видљивим местима да би био лако доступан. Користи се као нормално затворени контакт. На тренажеру постоје још и дупли тастери који покрећу и заустављају моторе као и тастер који служи за ресет грешке [17].



Слика 22 – Паник тастер [17]

5.10 Сигналне лампице

Лед сигналне лампице сигнализирају одређена стања тј. дају одређене информације о раду одређених уређаја. Постоје различите врсте ових лампица које су различитих величина, облика и боја. Одликује их мала потрошња енергије и врло је лако повезати их са ПЛЦ излазима. На тренажеру су уграђене лед лампице беле боје које носе ознаку *XB4BVB1*. Сигнализирају која је преклопка укључена затим рад мотора, одређење грешке итд. На слици 23 приказане су сигналне лампице [18].



Слика 23 – Сигналне лампице [18]

5.11 Прекидачи

Прекидачи су једноставни уређаји који омогућавају или онемогућавају проток струје тако што отварају или затварају електрично коло. Остварују трајан електрични спој за разлику од тастера који остварују тренутни електрични спој. На слици испод приказан је гребенасти прекидач који има ознаку *K2B002ALH* и који успоставља и прекида довод струје на читавом тренажеру [19].



Слика 24– Прекидач [20]

5.12 HMI Magelis STU 855

HMI (енг. **HumanMachineInterface**) уређаји служе за комуникацију између човека и самог процеса којим се управља и надзире. Преко ових уређаја могуће је уносити различите вредности параметара које бира оператер на основу свог експертског знања или информација које добија са панела. Сам преглед информација на панелу би требало да буде што јаснији за оператера.



Слика 25– HMI Magelis STU 855 [21]

HMI уређај који је уграђен у овај тренажер је **Magelis STU 855** који производи *Schneider Electric*. За рад овог уређаја потребно је обезбедити електрично напајање од 24V. Величина дисплеја је 5.7 инчи и цео екран је осетљив на додир док је резолуција екрана 320x240 пиксела и располаже са 65536 боја. Коришћенем конектора **RJ45** могуће је повезати овај уређај са ПЛЦ-ом. Софтвер у коме се програмира јесте *Vijeo Designer*.

Програмирање HMI уређаја биће објашњено у наставку.

5.13 Напајање

Напајање које је уграђено у овај тренажер јесте производ фирме *Schneider Electric* које има ознаку *ABL8REM24030*. Оно се користи за претварање напона од 230V у напон од 24V. Сам улазни напон се креће од 100-230V док је излазни напон у границама од 24-28.8V. Максимална снага на излазу овог уређаја јесте 72W док је излазна струја 3A. Уређај је у потпуности заштићен од преоптерећења и кратког споја. Напајање такође поседује и статусне лед диоде за улазни и излазни напон. Маса целог уређаја износи 0.56 kg и како наводи произвођач може да ради на температури у интервалу од -25 °C до 70 °C .



Слика 26— Напајање ABL8REM24030 [22]

5.14 Ethernet switch

Ehterner swich уређај који служи за повезивање рачунаре и других уређаја у једној мрежи. Уређај прима пакете података, обрађује их и прослеђује једном или више уређаја коме су подаци потребни и не емитује податке на сваком порту. Сваку уређај који је повазан на *switch* може се идентификовати помоћу MAC адресе (енг. **Media Acess Control Address**) која дозвољава *switch*-у да регулише проток саобраћаја [23].



Слика 27– Ethernet switch [24]

Switch који је уграђен у тренажер јесте *switch* који носи ознаку *ConneXiumTCSESU053FN0* и који садржи пет портова бакарног кабла. Напајање које је потребно да би овај уређај радио износи 24V. Протокол који користи јесте *Ethernet TCP/IP*.

6. Програм за управљање асинхроног и серво мотора

У овом делу дипломског рада биће описано управљање асинхроног и серво мотора помоћу ПЛЦ контролера у програмском пакету *SoMachine*.

6.1 *SoMachine* развојно окружење

SoMachine је развојно окружење које се користи за програмирање широког спектра ПЛЦ-ова као што су рецимо M241, M251, M238, M258 итд. Такође могуће је програмирати HMI (енг. *HumanMachineInterface*) уређаје. Развојно окружење је базирано на Codesys платформи и подржава све програмске језике по стандарду IEC 61131-3 [25].

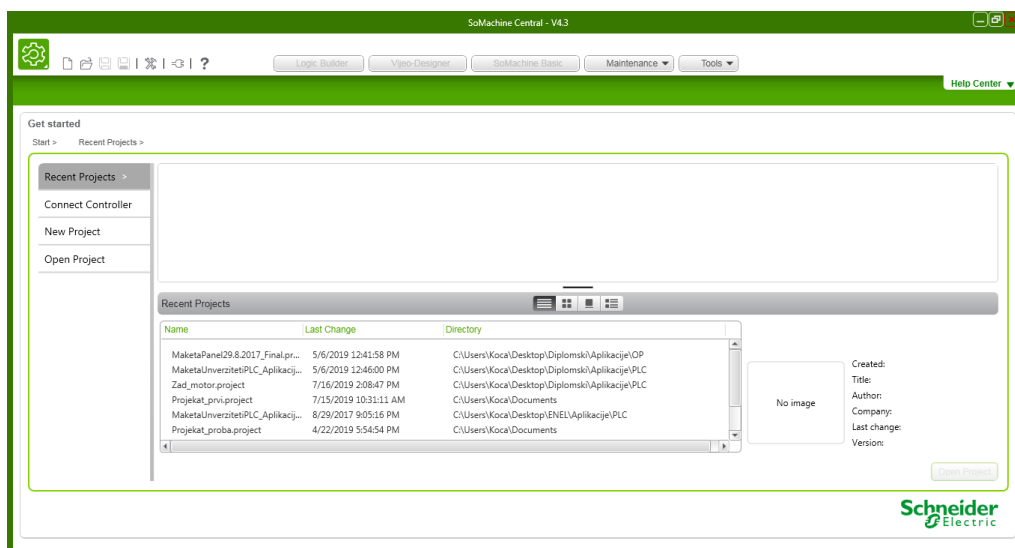


Слика 28 - Покретање софтвера *SoMachine*

SoMachine поджава језике за програмирање као што су:

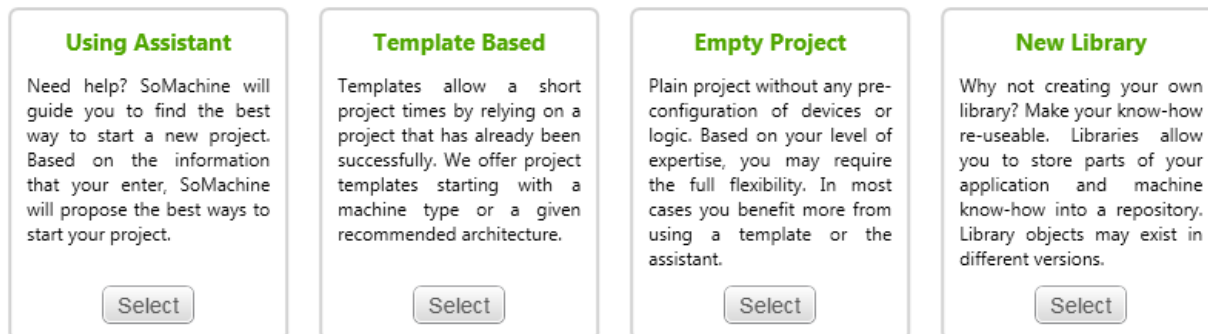
1. Лествичаста дијаграм (енг. *Ladder Diagram*)
2. Функцијски блок дијаграм (енг. *Function Block Diagram*)
3. Инструкцијска листа (енг. *Instruction List*)
4. Непрекидни функцијски дијаграм (енг. *Continuous Function Chart*)
5. Секвенцијални функцијски дијаграм (енг. *Sequential Function Chart*)
6. Структурирани текст (енг. *Structured Text*) [25]

Када се покрене ово развојно окружење појављује се екран као на слици 29. На почетној страни могу се отворити недавно коришћени програми, направити нови пројекти или отворити већ неки постојећи пројекат.



Слика 29 - Изглед почетног екрана софтвера *SoMachine*

Ако се одабере опција за стварање новог пројекта (енг. *NewProject*), постоје четири методе за његово стварање.

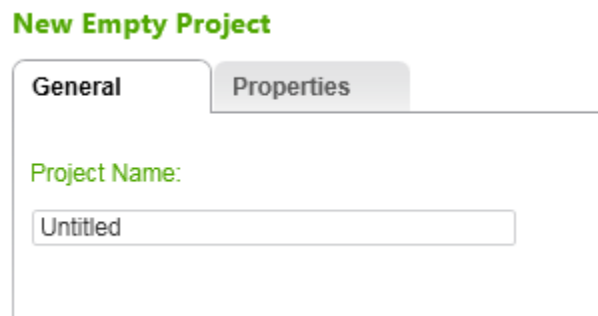


Слика 30 - Методе за креирање новог пројекта

Помоћу методе *Usingassistant* софтвер нуди најбољи начин да започнете свој пројекат, *Template Based* даје готов образац за пројекат, док *Empty Project* отвара само празан пројекат, а *NewLibrary* омогућава кориснику да прави своје библиотеке.

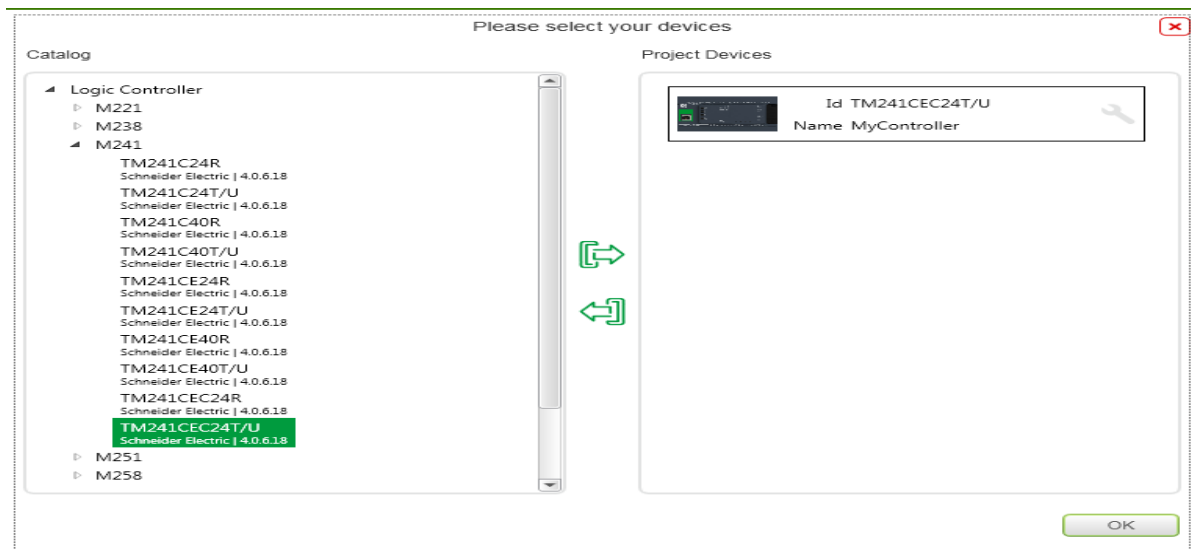
6.2 Креирање пројекта

Након што се одабере опција за креирање празног пројекта (енг. *EmptyProject*) потребно је уписати име пројекта и притиснути дугме *CreateProject*.



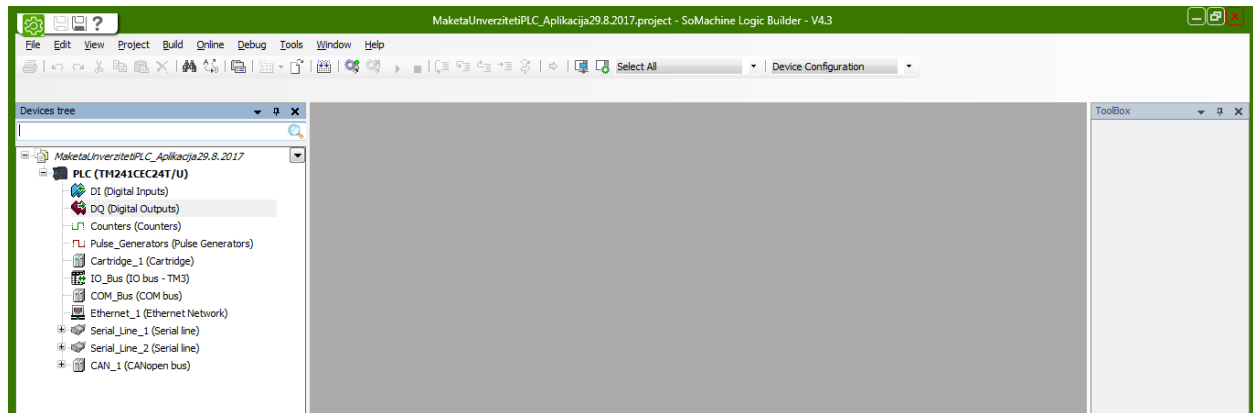
Слика - Креирање празног пројекта

Кликом на дугме *ManageDevices* могуће је из каталога селектовати жељени контролер и кликом на стрелицу одабрати га. Из овог каталога је могуће одабрати и тач панел.



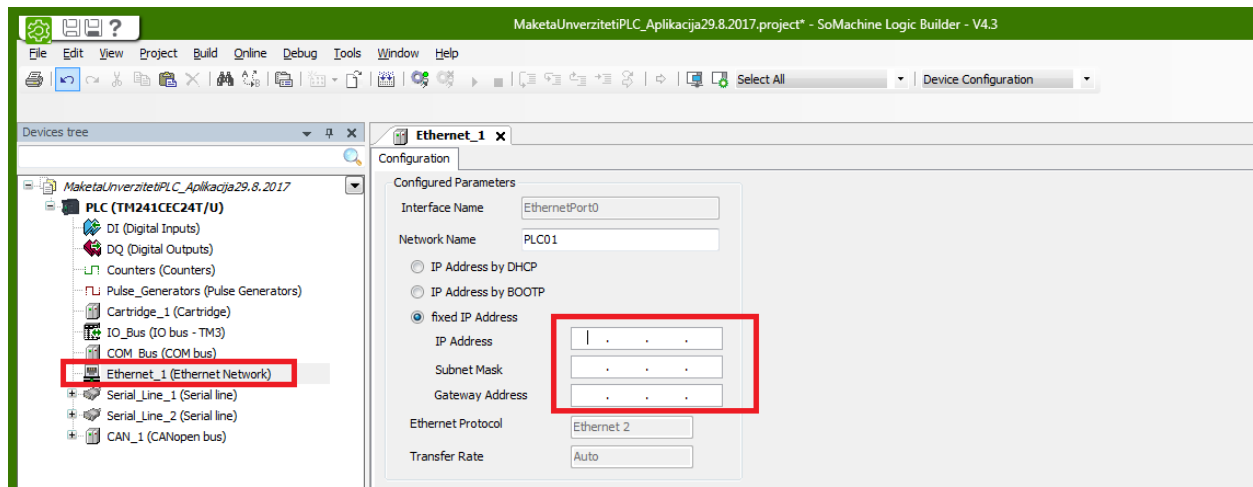
Слика 31- Одабир жељеног контролера

Избором жељеног контролера и кликом на дугме *OpenConfiguration* програм прозор као на слици 31.



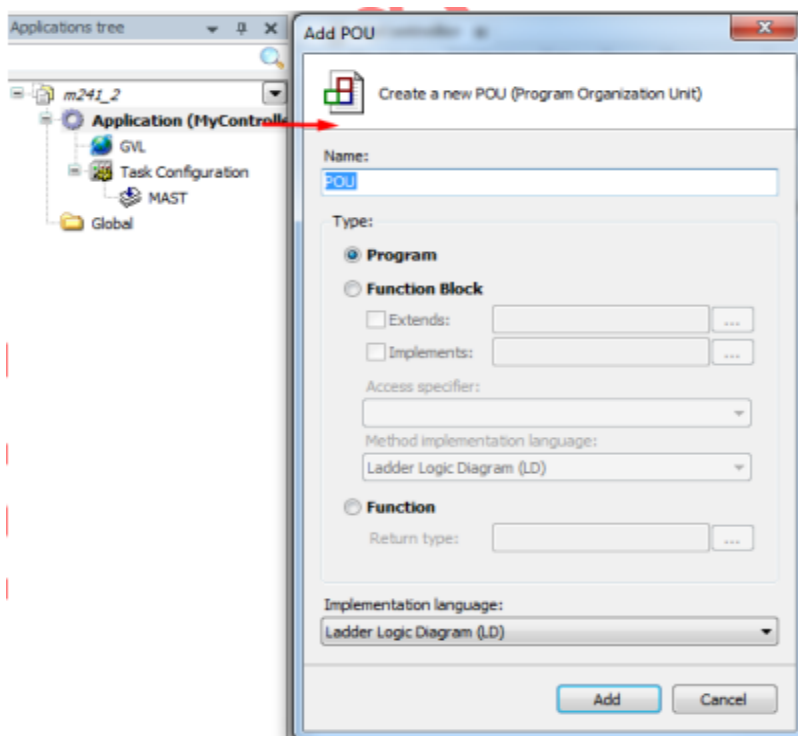
Слика 31- SoMachine

Прво што је потребно урадити јесте успоставити комуникацију између рачунара и ПЛЦ контролера. Кликом на *Ethernet Network* отвара се прозор у коме је потребно уписати адресу контролера.



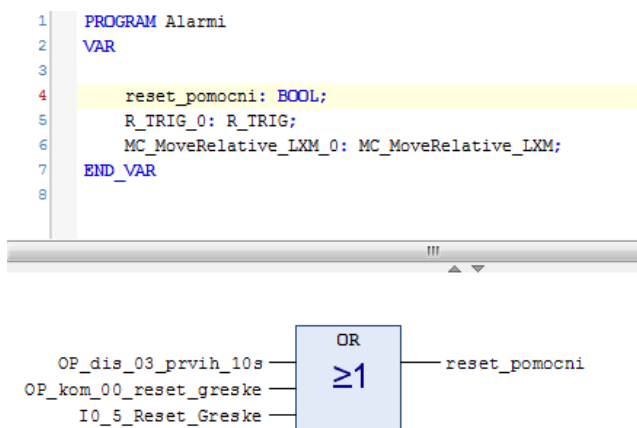
Слика 32- Подешавање ИП адресе контролера

Након успостављене конекције могуће је креирати нове програме. То се постиже десним кликом на *Application* па затим *AddPOU* (енг. *ProgramOrganizationUnit*). У пољу *Implementlanguage* потребно је изабрати неких од шест језика које подржава овај софтвер.



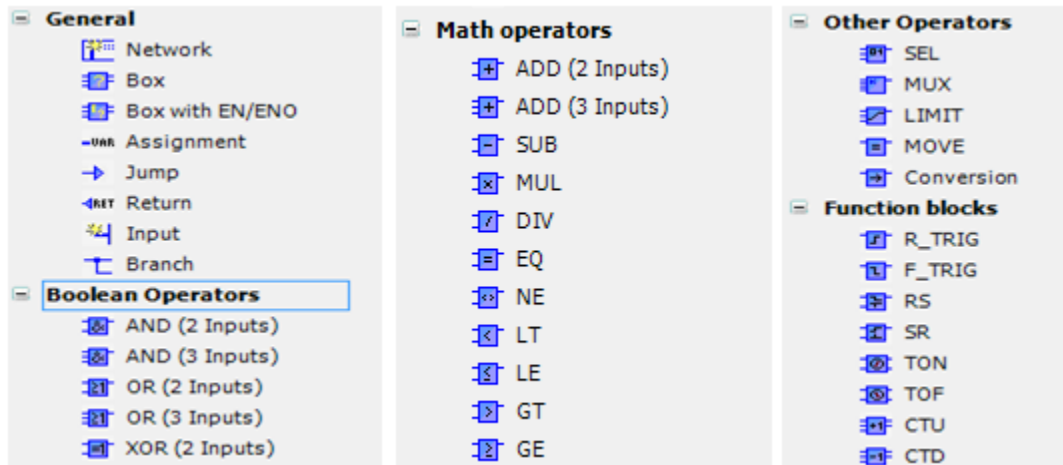
Слика 33 - Додавање новог програма

Програмирање лествичастим дијаграмима или функцијским блок дијаграмима представља графичко програмирање ПЛЦ контролера. Ова врста програмирања врло је једноставна и описује зависност улазних и излазних променљиви које су повезане блоковима.



Слика 34 – Функцијски блок дијаграм

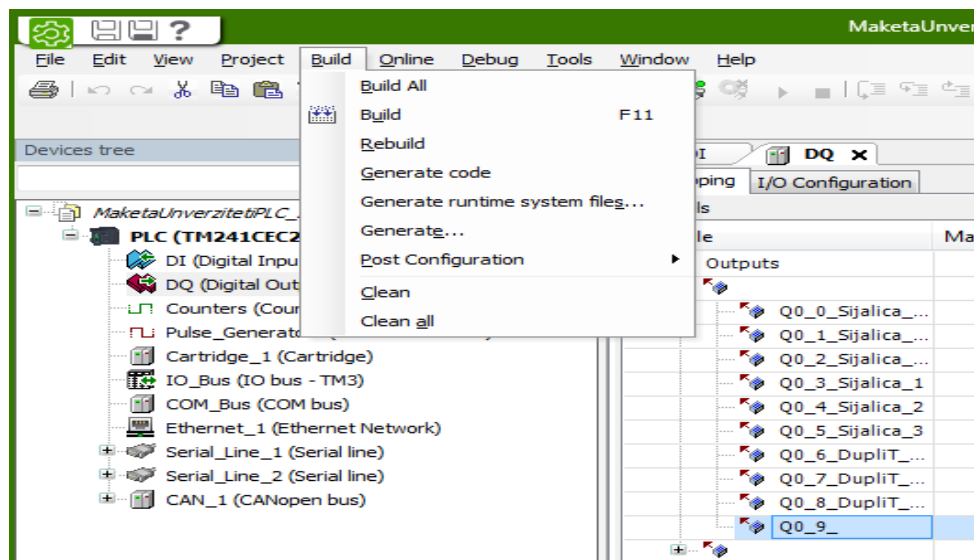
Као што је речено, ова врста програмирање је врло једноставна, састоји се у једноставном превлачењу инструкција. На слици 35 приказане су неке од инструкција.



Слика 35- Toolbox

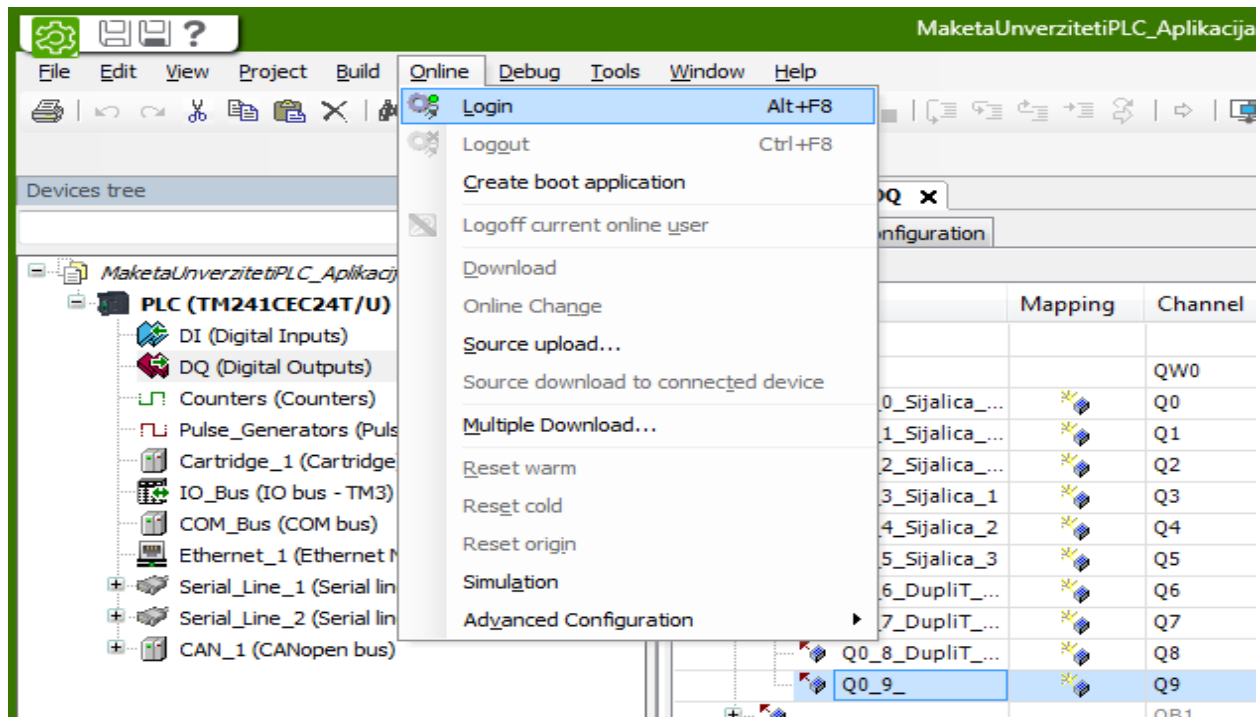
Да би се написани програм извршавао потребно је исти додати у *MAST*. То се постиже десним кликом на *MAST*, затим *AddCall* и одабере се жељени програм.

Уколико програм садржи неку грешку није могуће његово пребацивање на ПЛЦ. Проверу програма могуће је извршити помоћу опције *BuildAll*.



Слика 36 - Build All

Да би се програм са рачунара пребацио на ПЛЦ потребно је ићи на опцију *Online* па затим *Login*. Осим тога, могуће је и покренути симулацију програма помоћу опције *Simulation*.



Слика 37 - Пребацивање програма на ПЛЦ

6.3 Дефинисање улаза и излаза програма

У пољима *DigitalInputs* и *DigitalOutputs* можемо да дефинишемо потребне улазе и излазе на ПЛЦ контролеру. На сликама испод приказано је дефинисање улаза и излаза у окружењу SoMachine.

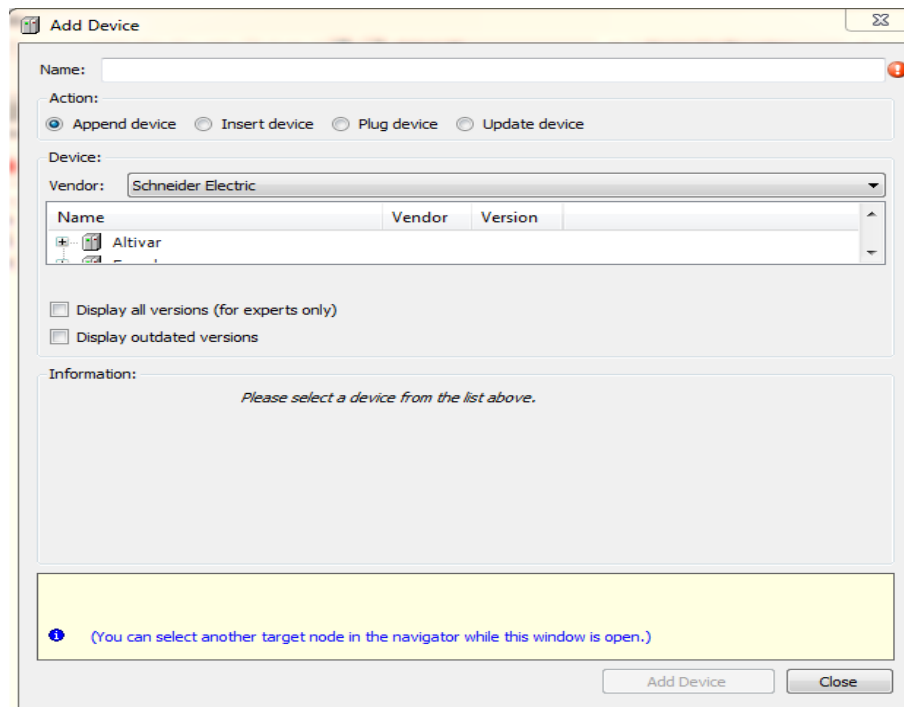
Inputs						
ulazi_HW_00		IW0	%IW0	WORD		
I0_0_Enc_A_Kanal		I0	%IX0.0	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_1_Enc_B_Kanal		I1	%IX0.1	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_2_Svestop_Pecurka		I2	%IX0.2	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_3_DupliT_Start		I3	%IX0.3	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_4_DupliT_Stop		I4	%IX0.4	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_5_Reset_Greske		I5	%IX0.5	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_6_DupliT_Jog_Napred		I6	%IX0.6	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_7_DupliT_Jog_Nazad		I7	%IX0.7	BOOL		Fast input, Sink/Source
I0_8_Preklopka_Fr_Power		I8	%IX1.0	BOOL		Regular input, Sink/Source
I0_9_Preklopka_Servo_Power		I9	%IX1.1	BOOL		Regular input, Sink/Source
I0_10_Svetleci_Taster_1		I10	%IX1.2	BOOL		Regular input, Sink/Source
I0_11_Svetleci_Taster_2		I11	%IX1.3	BOOL		Regular input, Sink/Source
I0_12_Rezerva		I12	%IX1.4	BOOL		Regular input, Sink/Source
I0_13_Rezerva		I13	%IX1.5	BOOL		Regular input, Sink/Source
		IB1	%IB2	BYTE		

Outputs						
		QW0	%QW0	WORD		
Q0_0_Sijalica_FR_Ready		Q0	%QX0.0	BOOL		Fast output, Push/Pull
Q0_1_Sijalica_Servo_ready		Q1	%QX0.1	BOOL		Fast output, Push/Pull
Q0_2_Sijalica_Reset_Greske		Q2	%QX0.2	BOOL		Fast output, Push/Pull
Q0_3_Sijalica_1		Q3	%QX0.3	BOOL		Fast output, Push/Pull
Q0_4_Sijalica_2		Q4	%QX0.4	BOOL		Regular output
Q0_5_Sijalica_3		Q5	%QX0.5	BOOL		Regular output
Q0_6_DupliT_Start_Stop_Ready		Q6	%QX0.6	BOOL		Regular output
Q0_7_DupliT_Jog_Ready		Q7	%QX0.7	BOOL		Regular output
Q0_8_DupliT_RezimRada_Ready		Q8	%QX1.0	BOOL		Regular output
Q0_9_		Q9	%QX1.1	BOOL		Regular output
		QB1	%QB2	BYTE		

Слика 38 – Дефинисање улаза и излаза

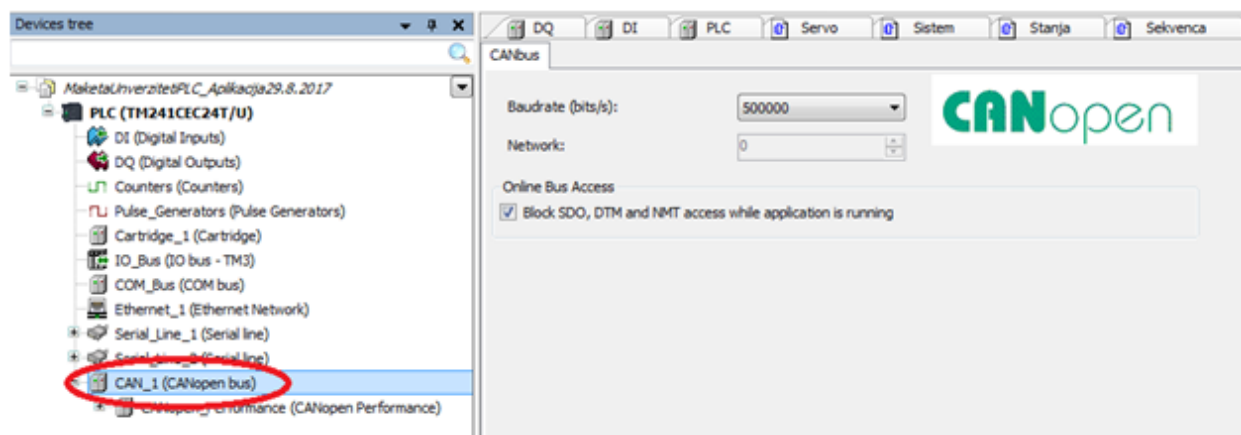
Конфигурација фреквентног регулатора и серво драјвера

Након дефинисања улаза и излаза, неопходно је конфигурисати фреквентни регулатор (*AltivarATV320*) и серво драјвер(*LXM32MU90M2*). То постижемо десним кликом (слика 39) на *CANopen_Performance* затим *AddDevice* и затим вршимо одабир одговарајућег уређаја.



Слика 39 – Конфигурација фреквентног регулатора и серво драјвера

Комуникација ПЛЦ контролера и фреквентног регулатора врши се преко *CanOpen* комуникације. Двокликом на Can_1 (слика 40) могуће је извршити подешавања.



Слика 40 – Подешавање CanOpen комуникације

6.4 Детекција грешке

Пре покретања читавог процеса, неопходно је дефинисати променљиве које сигнализирају грешку у систему и тиме штите читаву опрему и самог корисника.

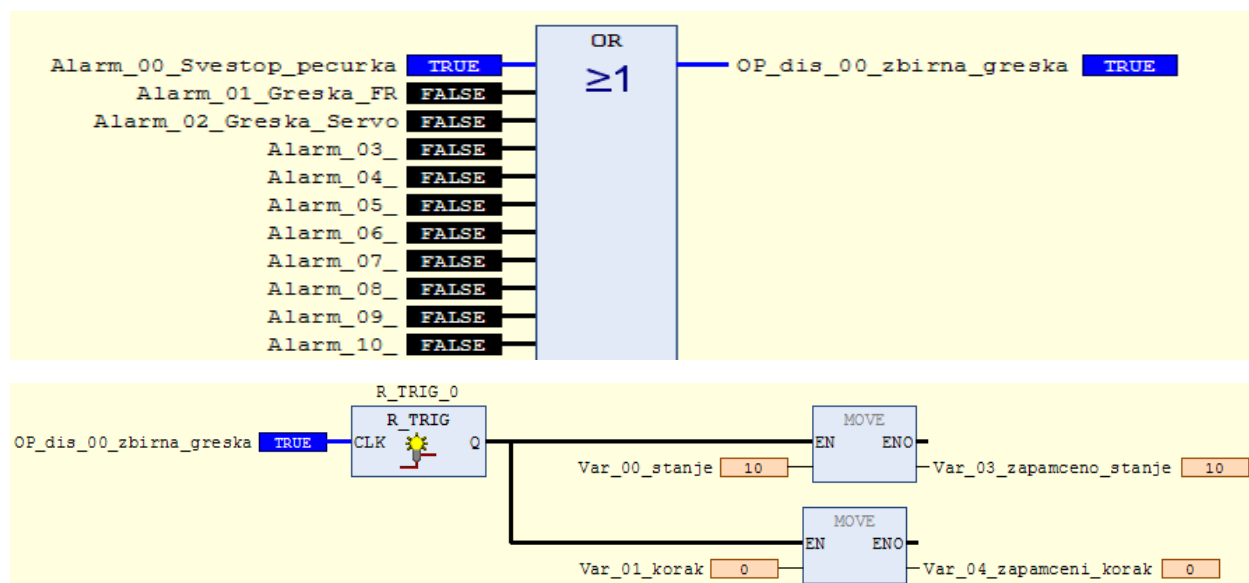
`IO_2_Svestop_Pecurka` **TRUE**  `Alarm_00_Svestop_pecurka` **FALSE**

`Frekventni.MC_Power_ATV_0.Error` **FALSE**  `Alarm_01_Greska_FR` **FALSE**

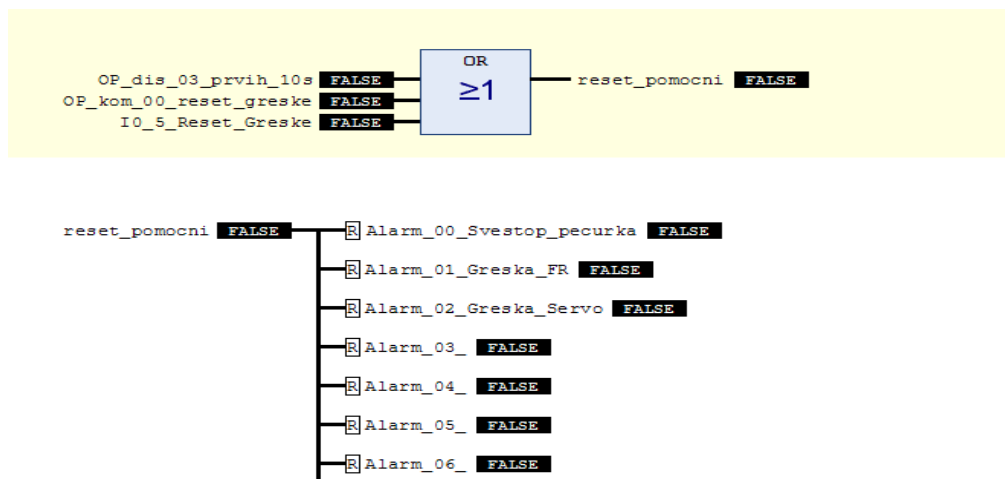
`Servo.MC_Power_0.Error` **FALSE**  `Alarm_02_Greska_Servo` **FALSE**

Слика 41 – Сигнал грешке

Уколико се притисне свестоп тастер који је повезан на брзи улаз на адреси IO.2 ПЛЦ контролера долази до моменталног прекида рада. Ако при раду фреквентни регулатор или серво драјер региструју одређену грешку одмах активирају аларм, тј. одређена променљива добија вредност *True* (у овом случају *Alarm_01_Greska_FR* и *Alarm_02_Greska_Servo*). Променљива *OP_dis_00_zbirna_greska* поставља се на вредност *True* када се детектује било која грешка. Све грешке које се детектију исписују се на оператору панела на коме је могуће видети историју грешака.



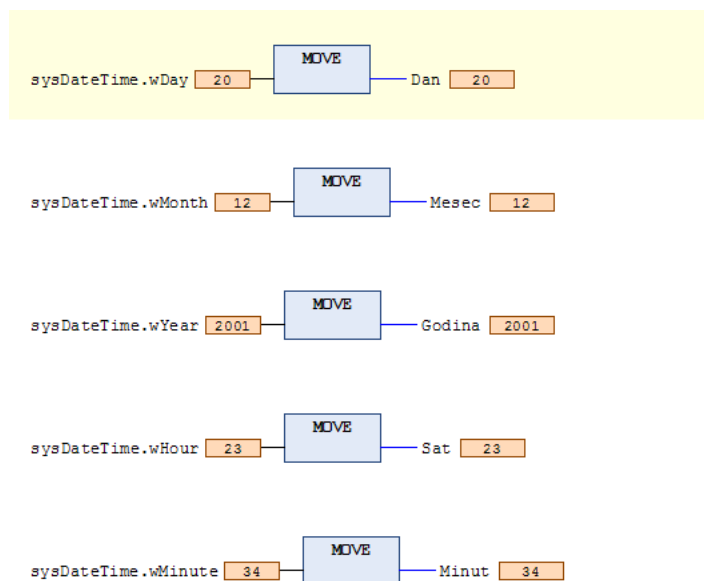
Помоћу тастера “ресет грешке” на командном пулту или притиском на дугме на панелу “ресет грешке”, могуће је ресетовати све грешке и поново покренути систем. Када променљива *reset_pomocni* добије вредност *True*, све грешке се ресетују.



Слика 42 – Ресет грешке

6.5 Очитавање *Real Time Clock*-а

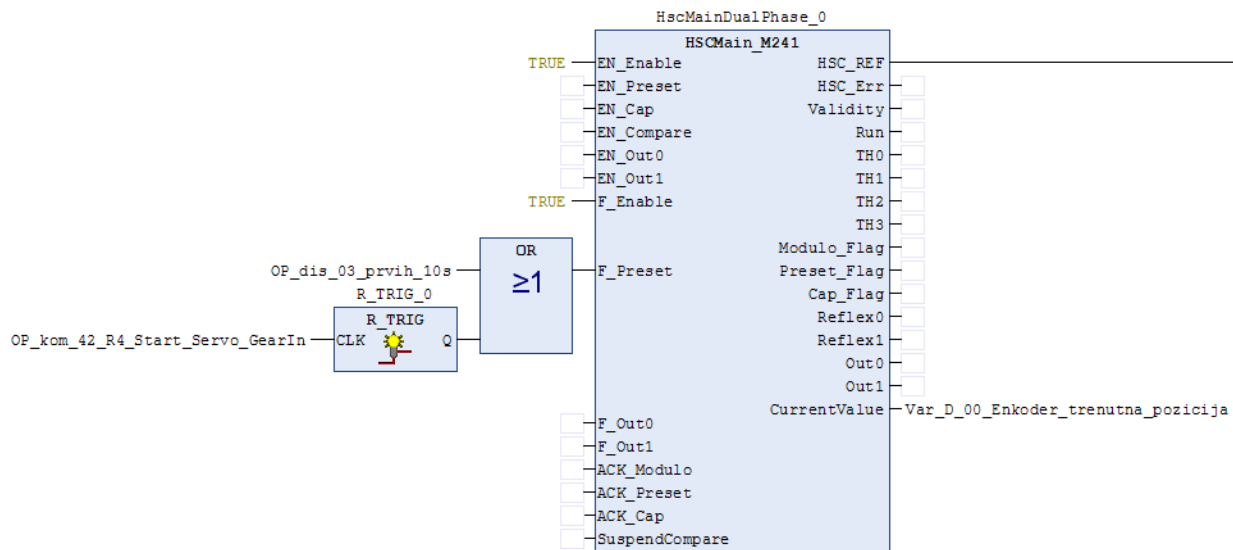
ПЛЦ контролер у себи садржи *RTC* (енг. *Real Time Clock*), па је могуће имати податке о датуму и времену. Помоћу библиотеке *sysDateTime* у одређене променљиве је могуће сместити податке о месецу, дану, години и сату. Ти подаци се исписују на оператору панела.



Слика 43– *Real Time Clock*

6.6 Енкодер

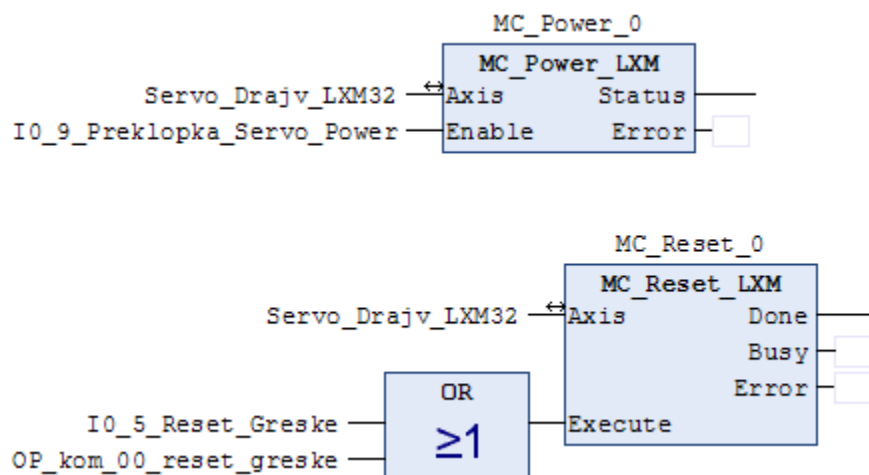
За читавање вредности са енкодер користи се блок који је приказан на слици испод. Тренутна позиција мотора смешта се у променљиву *Var_D_00_Enkoder_trenutna_pozicija*. Променљива *OP_kom_42_R4_Start_Servo_GearIn* ресетује енкодер на нули када има вредност *True*.



Слика 44– Читање вредности са екнодера

6.7 Покретање серво мотора

Приказ блокова за покретање мотора и ресет грешке приказан је на слици 45. Када променљива *IO_9_Preklopka_Servo_Power* која је повезана са улазом на адреси IO.9 ПЛЦ контролера добије вредност True тј. када се укључи преклопка на командном пулту серво мотор је спреман за рад. Блок са именом *MC_Reset_0* представља ресет грешке.

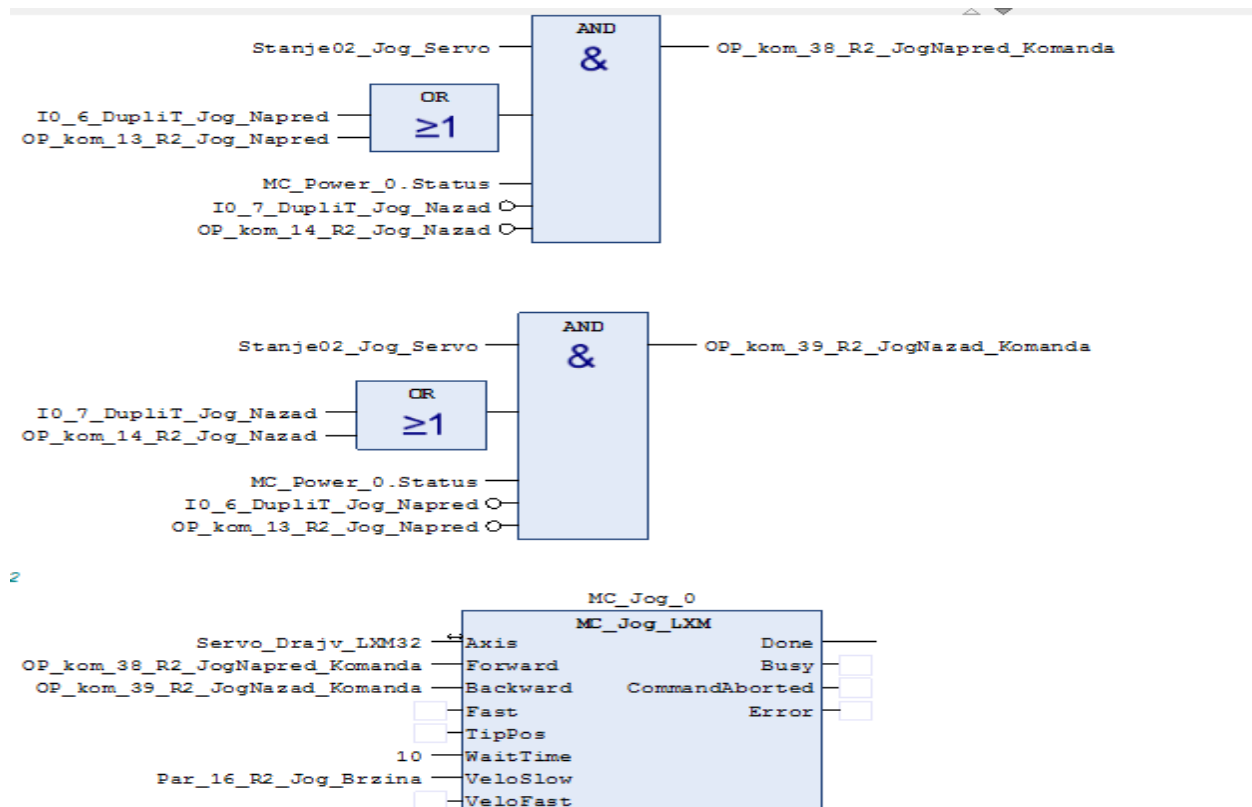


Слика 45 – Блокови за покретање и ресет грешке

6.8 JOG режим серво мотора

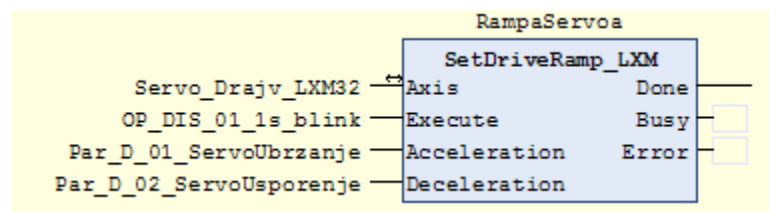
JOG режим односи се на рад мотора са неком унапред задатом фиксном вредношћу за брзину све док је одговарајући *jog* бит активан. Програмски блок *MC_JOG_0* (слика 46) омогућава кретање серво мотора предефинисаном брзином када једна од променљивих *OP_kom_38_R2_JogNapred_Komanda* или *OP_kom_39_R2_JogNazad_Komanda* има вредност *True*.

Притиском на тастер *IO_6_DupliT_Jog_Napred* на командном пулту или притиском на *OP_kom_13_R2_Jog_Napred* на панелу променљива *OP_kom_38_R2_JogNapred_Komanda* добија вредност *True* што омогућава покретање серво мотора напред односно притиском на *IO_7_DupliT_Jog_Nazad* или *OP_kom_14_R2_Jog_Nazad* покретање серво мотора уназад. Чим се један од ових тастера отпусти мотор стаје. Променљива *Par_16_R2_Jog_Brzina* дефинише брзину серво мотора.



Слика 46- JOG режим серво мотора

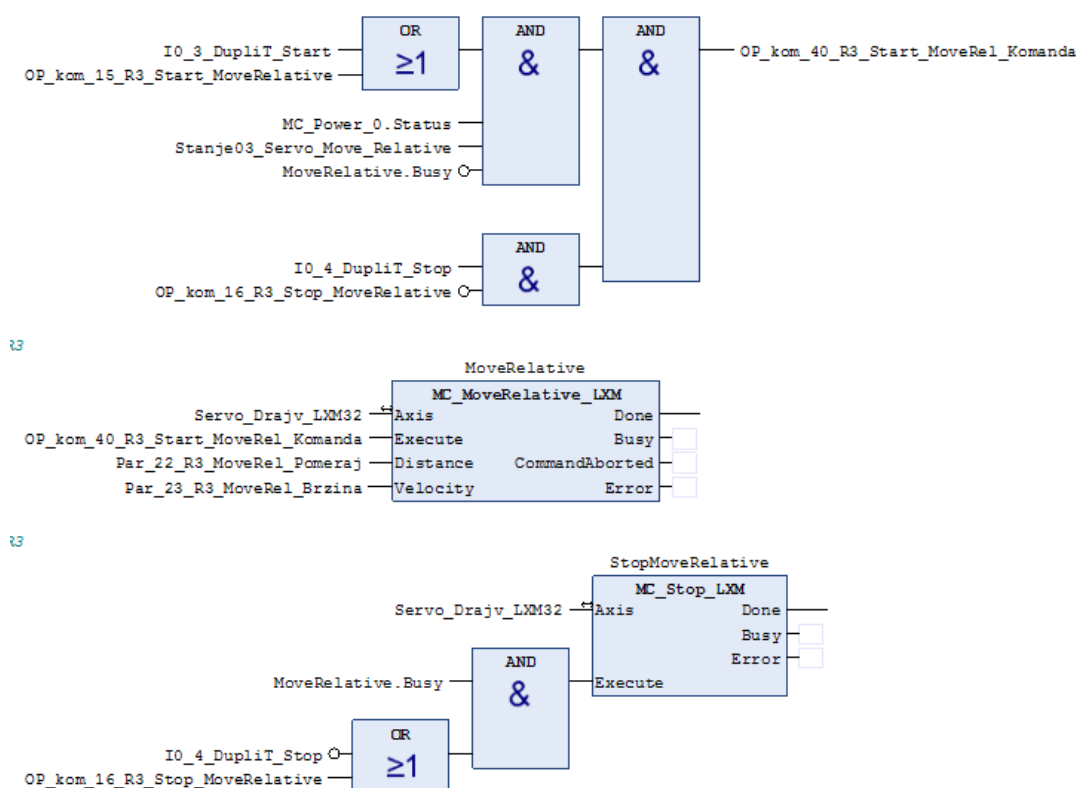
Променљиве *Par_D_01_ServoUbrzanje* и *Par_D_02_ServoUsporenje* дефинишу рампу по којој серво драјв покреће и зауставља мотор (слика 47).



Слика 47– Рампа серво мотора

6.9 Померај серво мотора

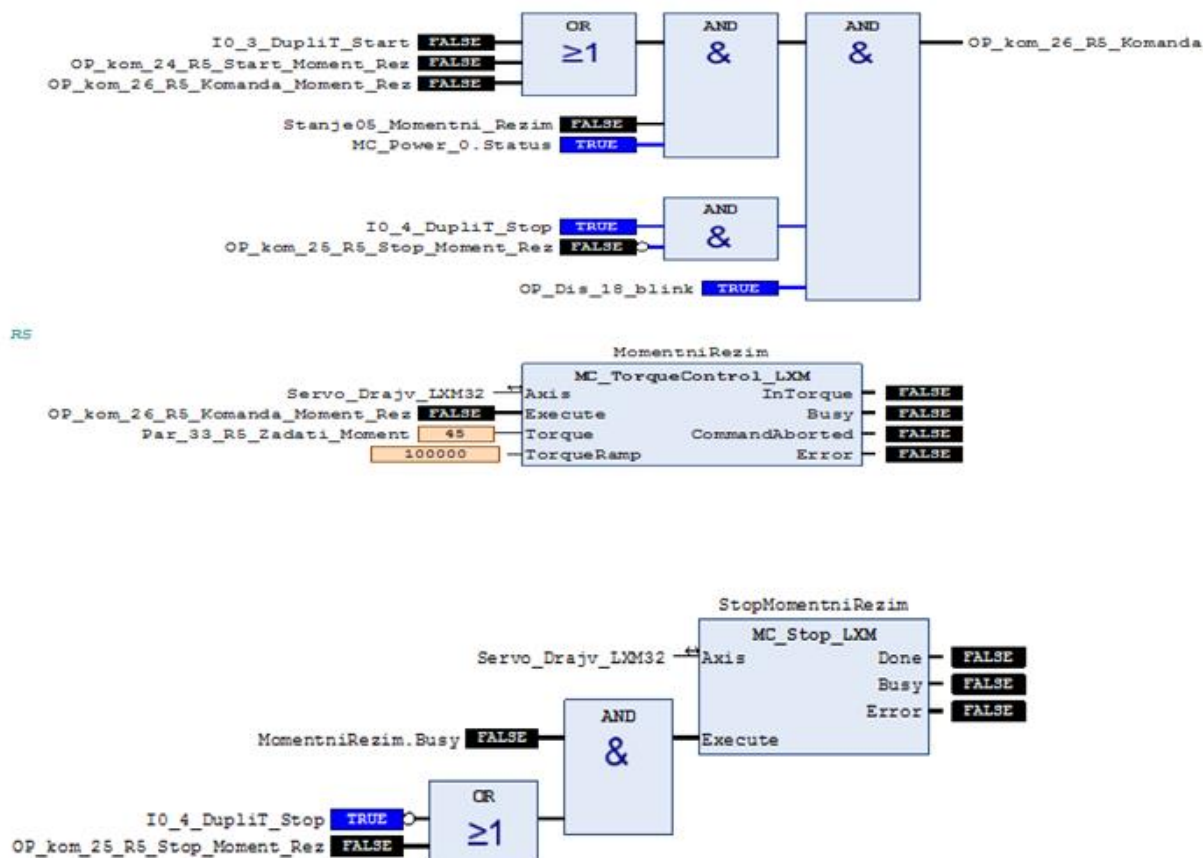
Поред JOG режима рада серво мотора, могуће је реализовати режим помераја серво мотора. Променљива *Par_23_R3_MoveRel_Brzina* у програмском блоку *MoveRelative* одређује брзину којом се врши померај серво мотора а променљива *Par_22_R3_MoveRel_Pomeraј* дефинише колики је тај померај. Померај се задаје као број импулса, где једном обртају одговара 360 импулса. Блок *StopMoveRelative* зауставља серво мотор када променљива *IO_4_DupliT_Stop* или *OP_kom_16_R3_Stop_MoveRelative* има вредност *True*.



Слика 48– Померај серво мотора

6.10 Моментни режим серво мотора

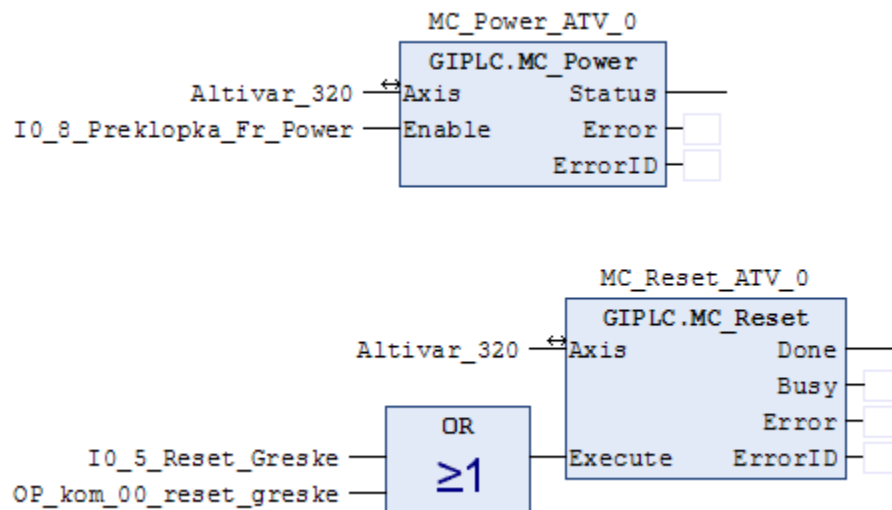
Моментни режим је режим рада у коме серво драјв одржава константну вредност момента који мотор развија. Задати момент се оджава константним током рада док је брзина кретања променљива. Стартовање овог режима могуће је помоћу тастера на командном пулту или на панелу.



Слика 49– Моментни режим серво мотора

6.11 Покретање асинхроног мотора

Као и код серво мотора и код асинхроног постоје програмски блокови за покретање и ресет грешке. Да би фреквентни регулатор радио неопходно га је додати у блоку *MC_Power_ATV_0*. Када се на командном пулту укључи преклопка *IO_8_Preklopka_Fr_Power* укључују се и мотор. Променљиве *IO_5_Reset_Greske* или *OP_kom_00_reset_greske* служе за ресетовање грешке у програмском блоку *MC_Reset_ATV_0*. Када се једна од ове две променљиве притисне, на комадном пулту или оператору панела долази до ресета грешке.

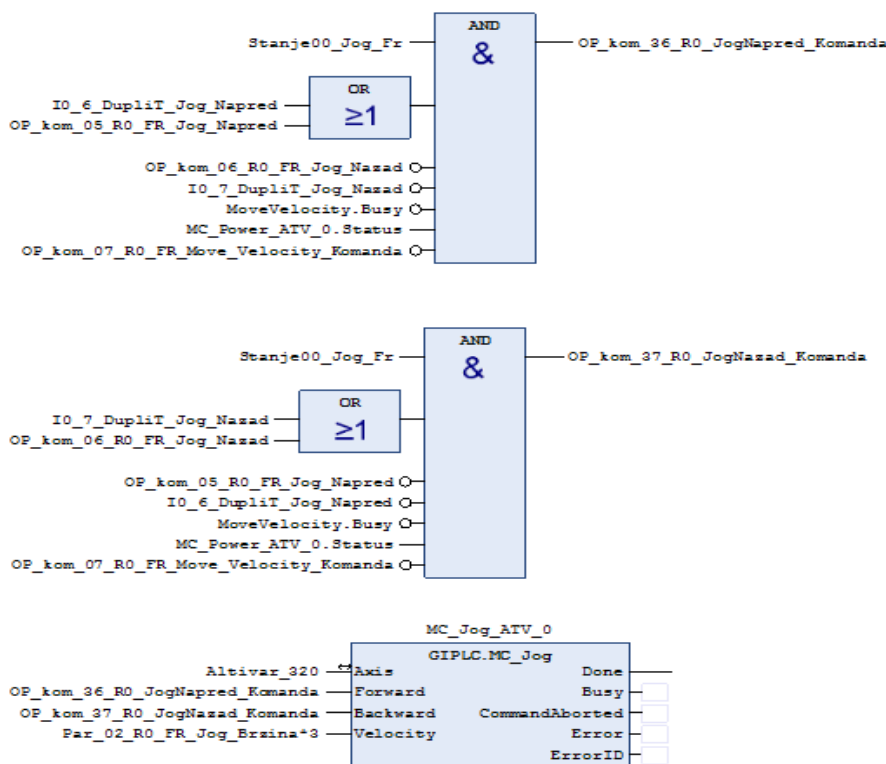


Слика 50- Блокови за покретање и ресет грешке

6.12 JOG режим асинхроним мотора

Као што је већ објашњено код серво мотора, JOG режим се односи на рад мотора са неком унапред задатом фиксном вредношћу за брзину све док је одговарајући *jog* бит активан. Да би променљива *OP_kom_36_R0_JogNapred_Komanda* имала вредност *True*, тј да би се покренуо мотор, потребно је на панелу притиснути дугме *JOGFR* којим се променљива *Stanje00_Jog_Fr* доводи у стање *True*, притиснути тастер на командном пулту *IO_6_DupliT_Jog_Napred* или *OP_kom_05_R0_FR_Jog_Napred* и активирати преклопку (*IO_8_Preklopka_Fr_Power*). Када су активне променљиве *IO_6_DupliT_Jog_Napred* и *OP_kom_05_R0_FR_Jog_Napred* није могуће активирати *OP_kom_06_R0_FR_Jog_Nazad* и *IO_7_DupliT_Jog_Nazad* због негације у блоку. Потпуно исти принцип важи и за покретање мотора уназад.

Блок *MC_Jog_ATV_0* покреће мотор када су активне променљиве *OP_kom_36_R0_JogNapred_Komanda* или *OP_kom_37_R0_JogNazad_Komanda*. У променљивој *Par_02_R0_FR_Jog_Brzina* задаје се брзина мотора.

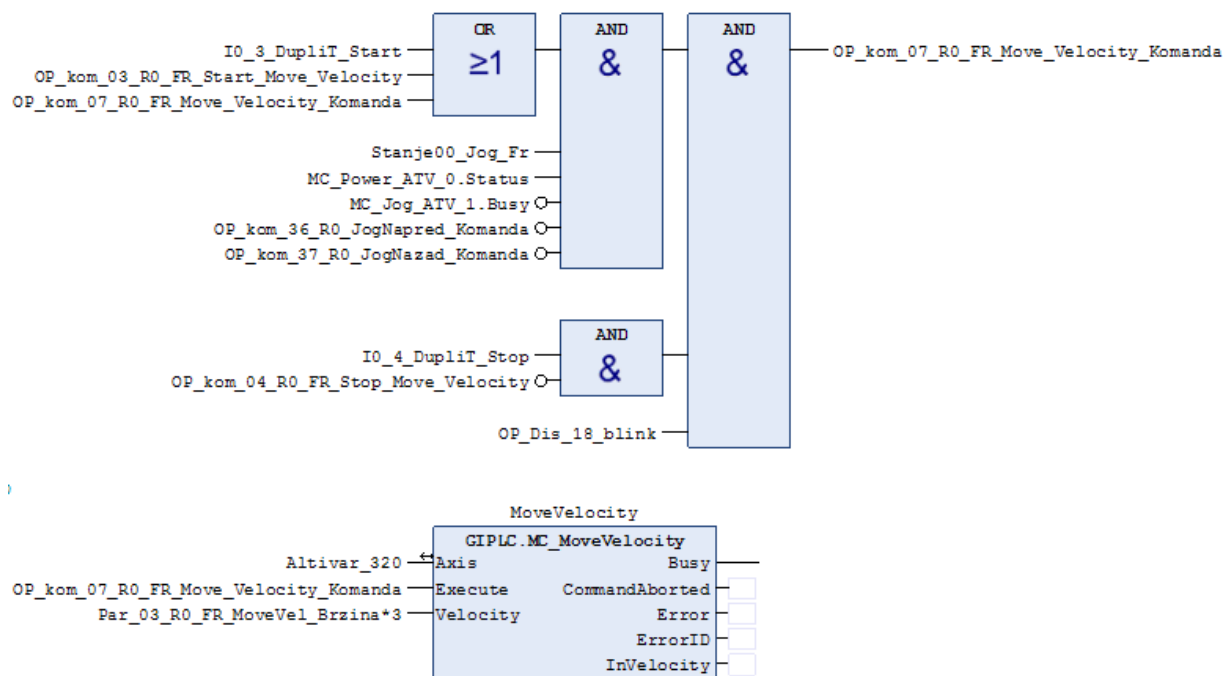


Слика 51– JOG режим асинхроног мотора

6.13 Покретање асинхроног мотора фиксном брзином

Поред *JOG* режима, могуће је покренути асинхрони мотор и у режиму са фиксном брзином. То омогућава програмски блок *MoveVelocity* (слика 52). Улази у блок су променљиве *OP_kom_07_R0_FR_Move_Velocity_Komanda* којом се стартује мотор када им вредност *True* и *Par_03_R0_FR_MoveVel_Brzina* којом се задаје брзина мотора.

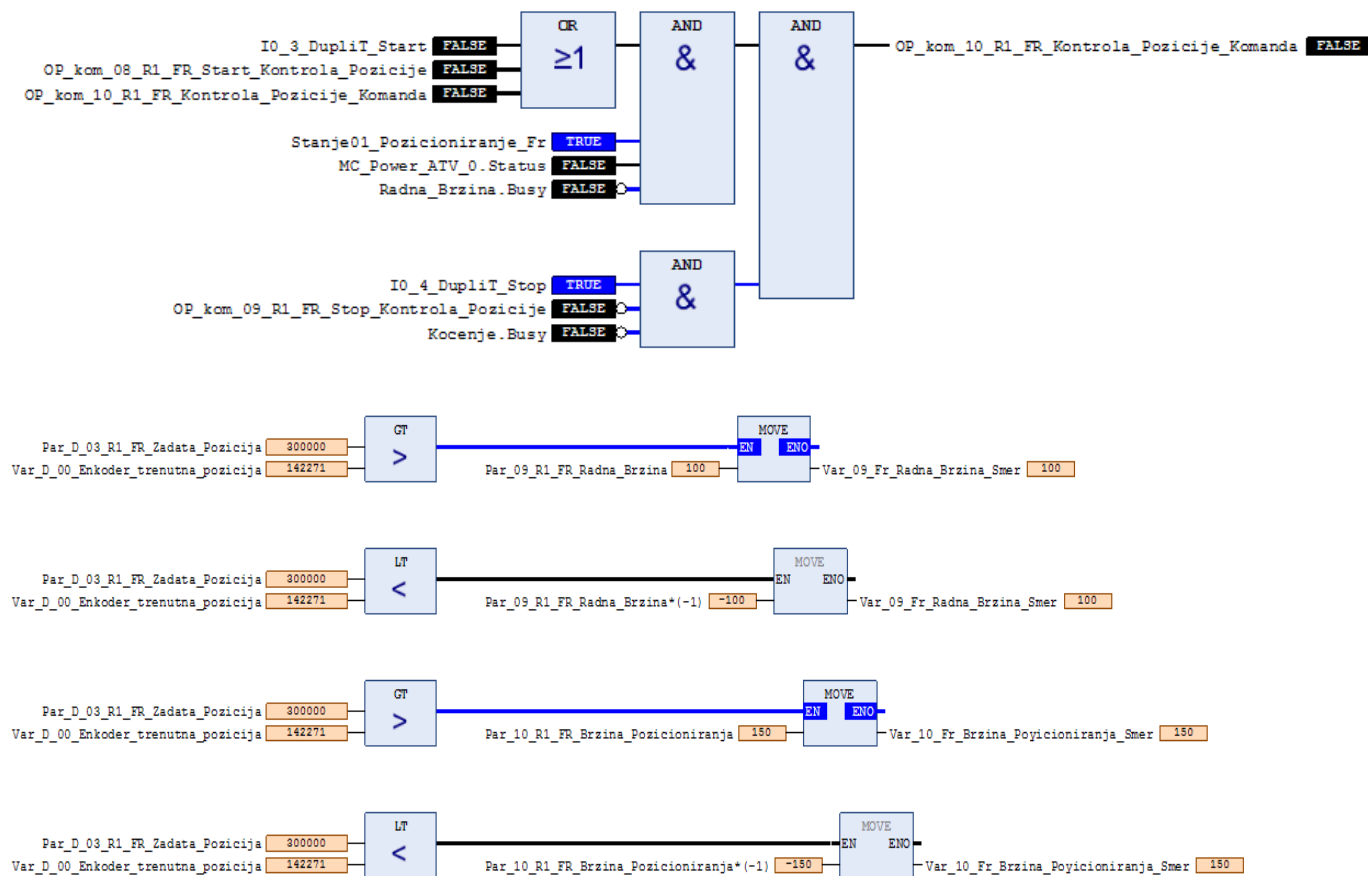
Променљива *OP_kom_07_R0_FR_Move_Velocity_Komanda* која покреће мотор има вредност *True* када су променљива *IO_3_DupliT_Start* односно *OP_kom_03_R0_FR_Start_Move_Velocity* активне. Такође мора се активирати преклопка (*MC_Power_ATV_0.Status*) да би мотор радио. У блоку су и променљиве из *jog* режима (*OP_kom_36_R0_JogNapred_Komanda* и *OP_kom_37_R0_JogNazad_Komanda*) које спречавају покретање мотора у том режиму док се мотор окреће фиксном брзином.



Слика 52 – Покретање мотора фиксном брзином

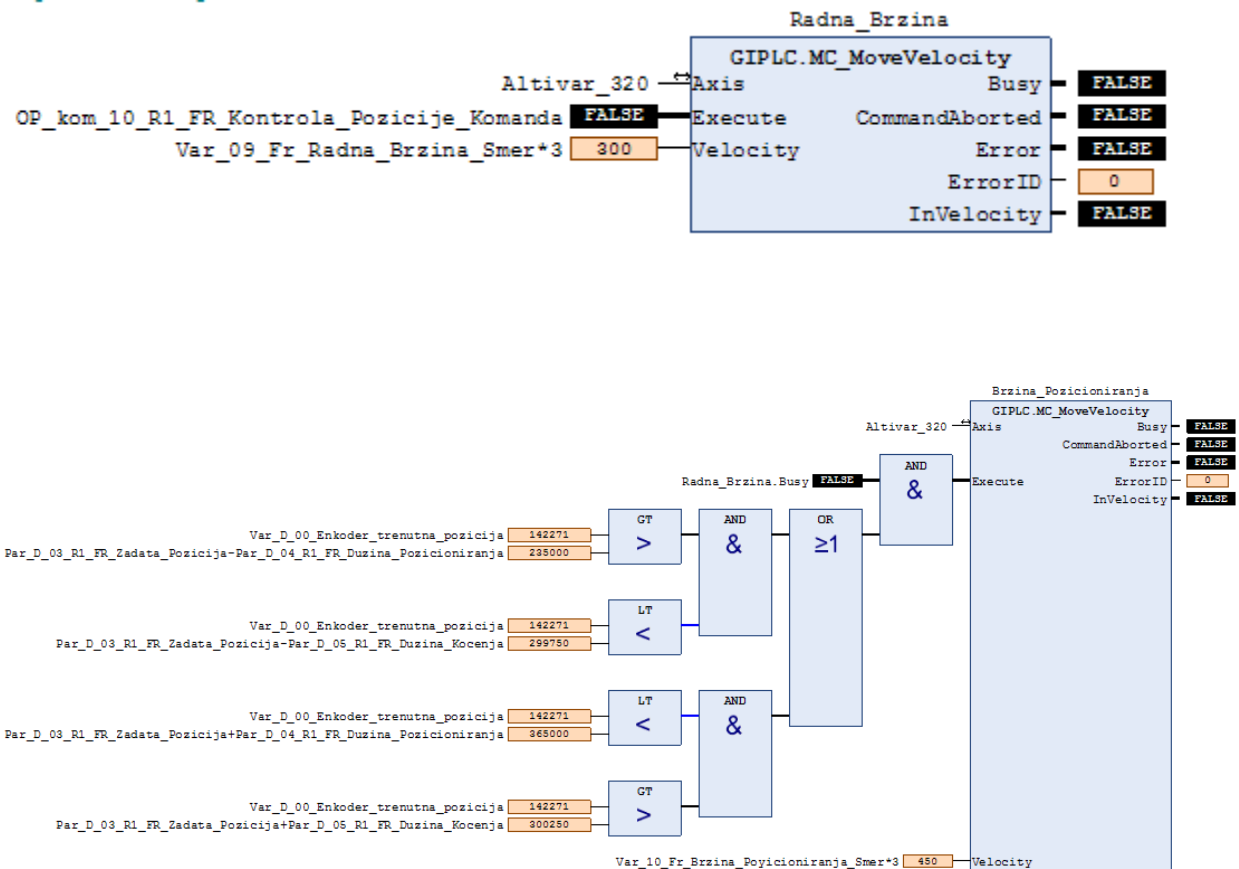
6.14 Режим позиционирања асинхроног мотора

Потребни параметри за овај режим су задата позоција, радана брзина, брзина позиционирања, дужина позиционирања и дужина кочења. Оптималним избором ових параметара могуће је позиционирати мотор врло прецизно и тачно.



Слика 53 – Режим позиционирања

Мотор се креће креће брзином која је дефинисана променљивом *Par_09_R1_FR_Radna_Brzina*. Током позиционирања мотор се креће брзином позиционирања док последњи део пута мотор креће да кочи и полако се зауставља. Са енкодера читава се стално тренутна вредност и упоређује са задатом позицијом. Уколико је задата позиција већа од тренутне, радна брзина и брзина позиционирања имају смер у напред, а уколико је мања, мења се смер обратања мотора.



Слика 54 – Режим позиционирања мотора

Уколико је вредност са енкодера већа или једнака од разлике задате позиције и дужине кочење, активира се кочење мотора.

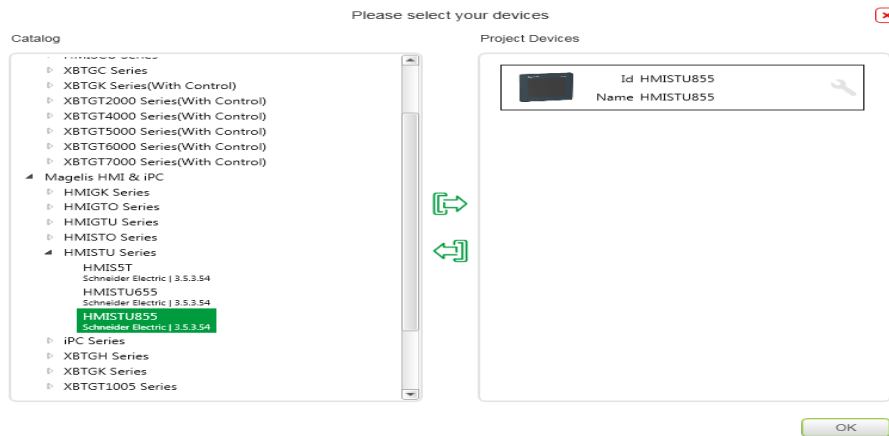
7. Програмирање *HMI* уређаја

Програмирање **HMI** уређаја врши у развојном окружењу Viject Designer. Изглед почетног екрана апликације дат на слици испод. У наставку ће укратко бити објашњено програмирање *HMI* уређаја.



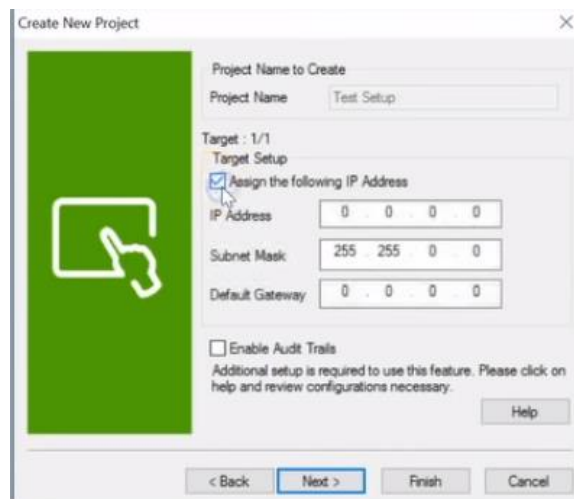
Слика 55 – Изглед почетног екрана панела

На самом почетку потребно је креирати нов пројекат и изабрати *HMI* уређај који се програмира. У овом случају је то *HMISTU855*.



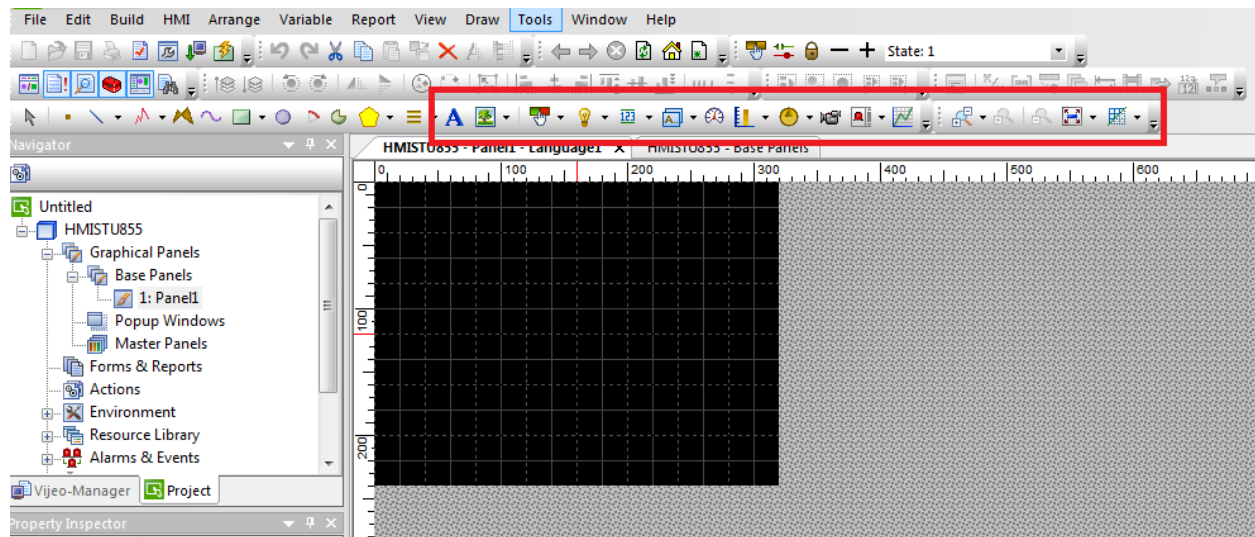
Слика 56 – Избор уређаја

Након избора уређаја потребно је унети IP адресу уређаја (слика 57)



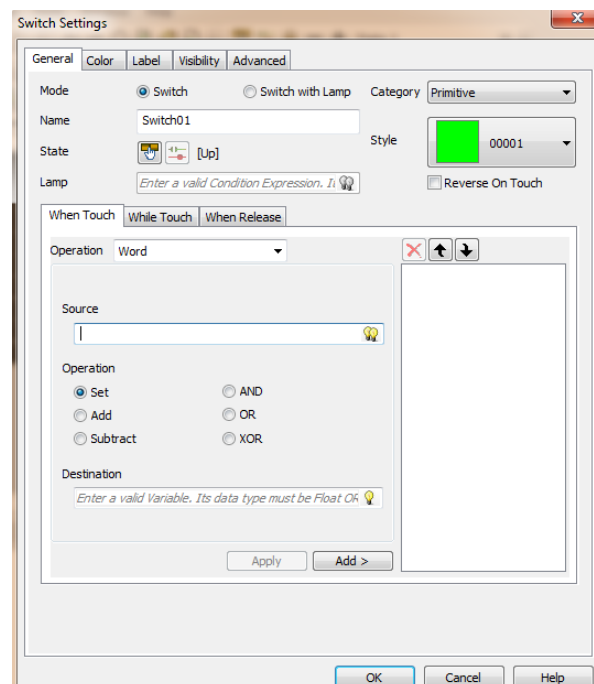
Слика 57 – Унос IP адресе

Креирање екрана врши се једноставим превлачењем компоненти на екран панела.



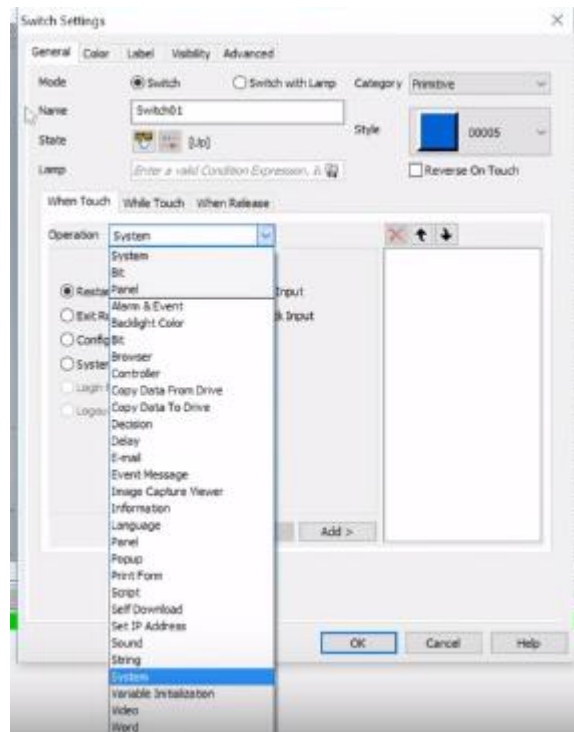
Слика 58 – Креирање екрана панела

Уколико са палете изаберемо switch дугме и пренесемо га на екран појављује се прозор приказан на слици испод, у којем је могуће извршити његову конфигурацију.

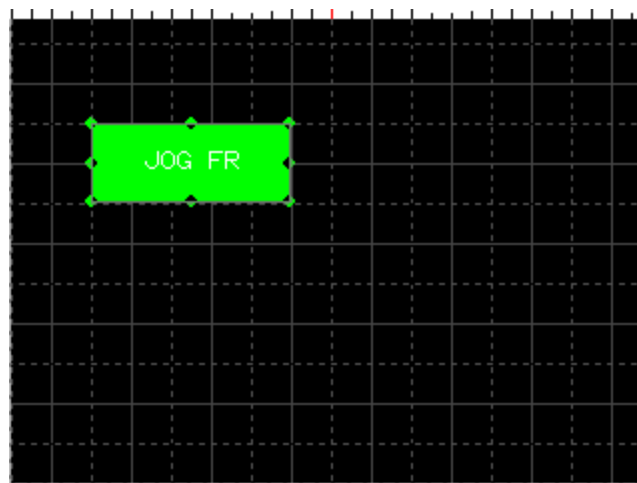


Слика 59 – Конфигурација switch-а

У картици *Label* могуће дати име дугме, док у картици *Color* изабрати његову боју. У картици *General* у пољу *Operation* може се изабрати операција коју ће switch вршити и додати је на листу. У пољу *Destination* уписује се име променљиве која се односи на switch. Кликом на ок, добија се изглед као на слици 61. По истом принципу се додају и остале компоненте на екран.



Слика 60 – Конфигурација switch-а



Слика 61 – Switch дугме

8. Закључак

Живимо у времену нове индустријске револуција која означена популарним називом „Индустрија 4.0“ и означава употребу најсавременијих дигиталних технологија у процесу производње. Поменуте дигиталне технологије не означавају само концепте дигиталне производње, већ и сакупљања и обраде велике количине података, и најновије дигиталне технологије аутоматског управљања у производњи. Индустрија 4.0 значајно проширује опсеге индустријске аутоматизације. Флексибилност производње сада досеже до индивидуализације производње за одређене групе корисника, и укључује комуникацију између машина, али и свих субјеката производног процеса, почев од настанка идеје о производу, па све до корисничких сервиса и праћење производа током његовог животног циклуса. Индустрија 4.0 означава присуство Интернета у производњи, управљању и сакупљању података, да је од великог интереса како се заштити и од нових видова тероризма заснованог на манипулацији подацима или преузимању функција дигиталног управљања над неком мрежом уређаја и машина. Наравно, нови развоји не искључују стандардне концепте индустријске аутоматизације и употребу електромоторних погона у индустрији. Штавише, развија се технологија која треба да се прилагоди захтевима тзв Индустрије 4.0. Отуда, нови ПЛЦ контролери су прилагођени да могу бити програмирани путем Интернета, и да могу бити стандардна компонента савременог рачунарског система мерења и управљања у индустрији. Овај рад је имао за циљ да објасни употребу опреме која је систематизована на тренажеру фирме ЕНЕЛ за управљање електромоторних погона. У форми блиској туторијалу објашњени су елементи тренажера и методологија програмирања кретања електромоторних погона путем програмирања ПЛЦ-а.

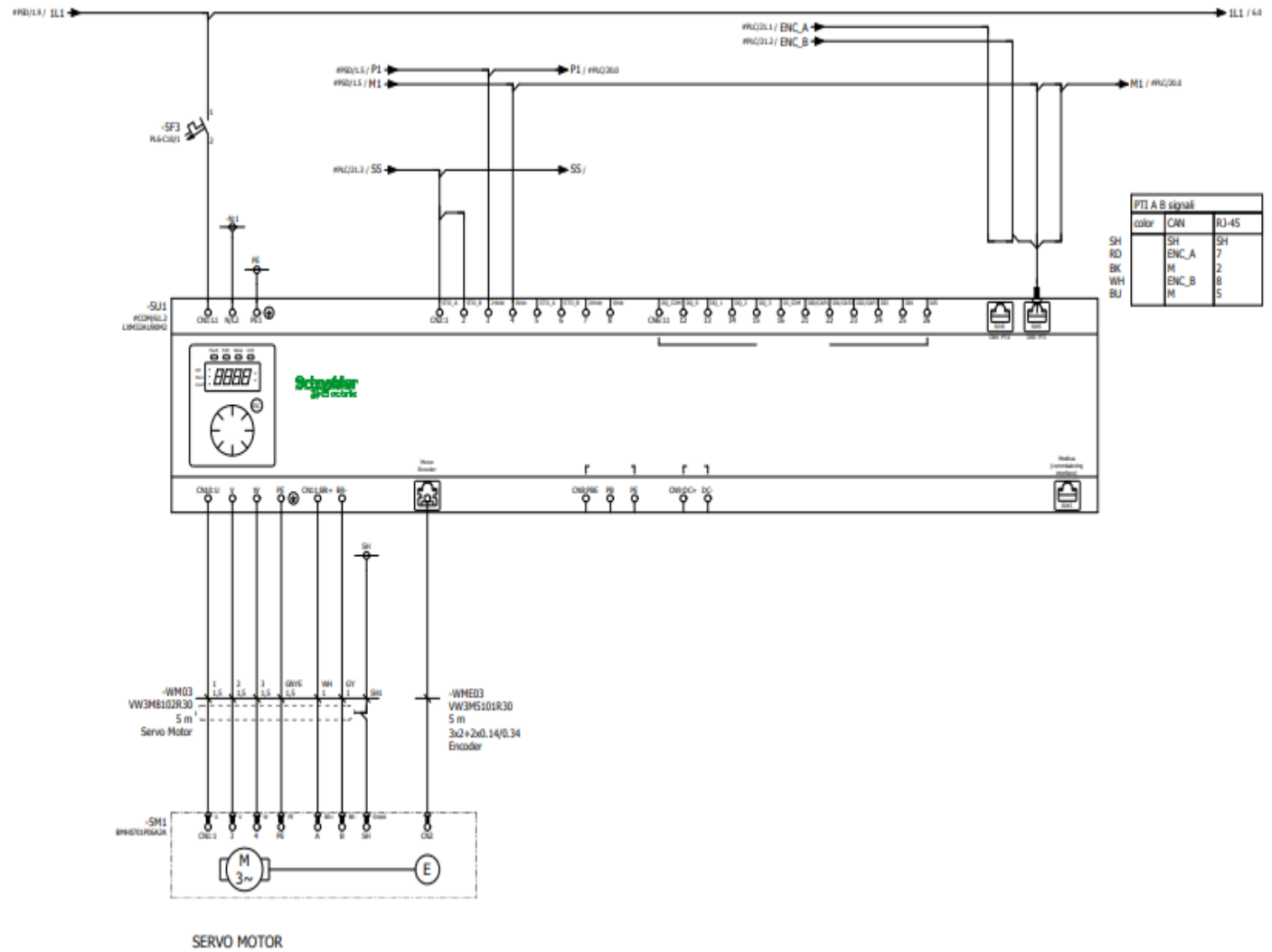
У дипломском раду је објашњено управљање електромоторних погона помоћу ПЛЦ контролера у софтверском програму *SoMachine*. Објашњено је управљање асинхроног мотора помоћу фреквентног регулатора, као и управљање серво мотора уз помоћ серво драјвера. Описане су све компоненте тренажера за управљање електромоторних погона фирме Енел из Ваљева. Укратко је објашњено и програмирање *HMI* уређаја. Апликацију је могуће користити у готово свим процесима производње у индустрији где се захтева коришћење електромоторних погона, рецимо, покретање производних линија, конвејера, разних врста дизалица итд. Ефекти програма у прилогу су документовани кратким видео клиповима.

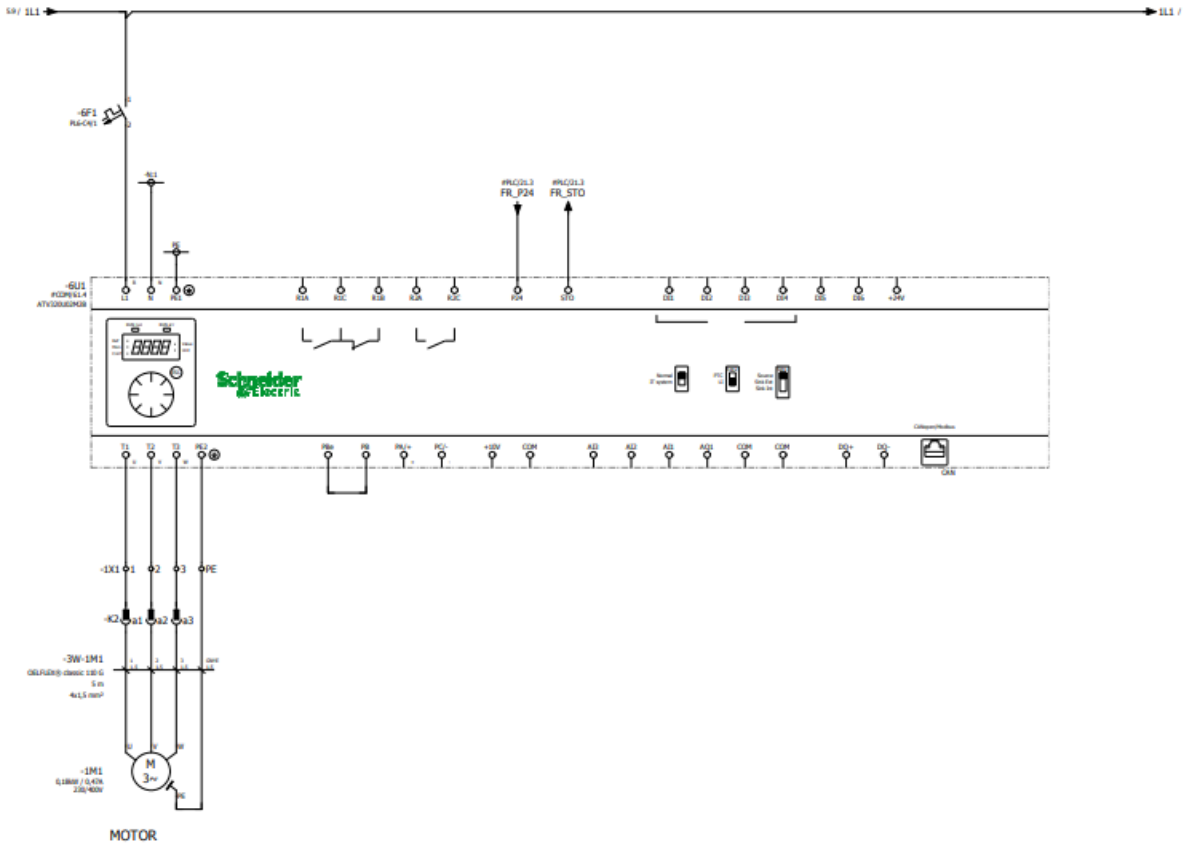
Један од циљева овог рада је да буде користан за инжењерско образовање почетницима у овој области. Описана структура једног целовитог система за управљање ЕМП и објашњен су принципи програмирања ПЛЦ котролера M241 фирме Schneider Electric.

9.Додаци

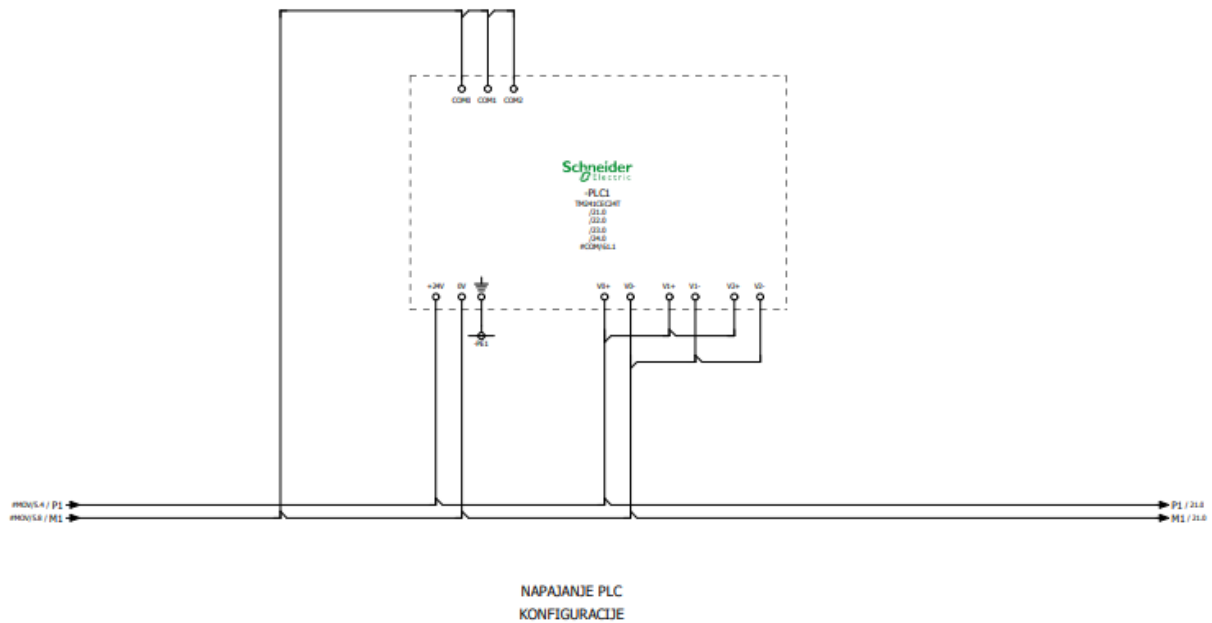
Шеме повезивања

Серво драјвер

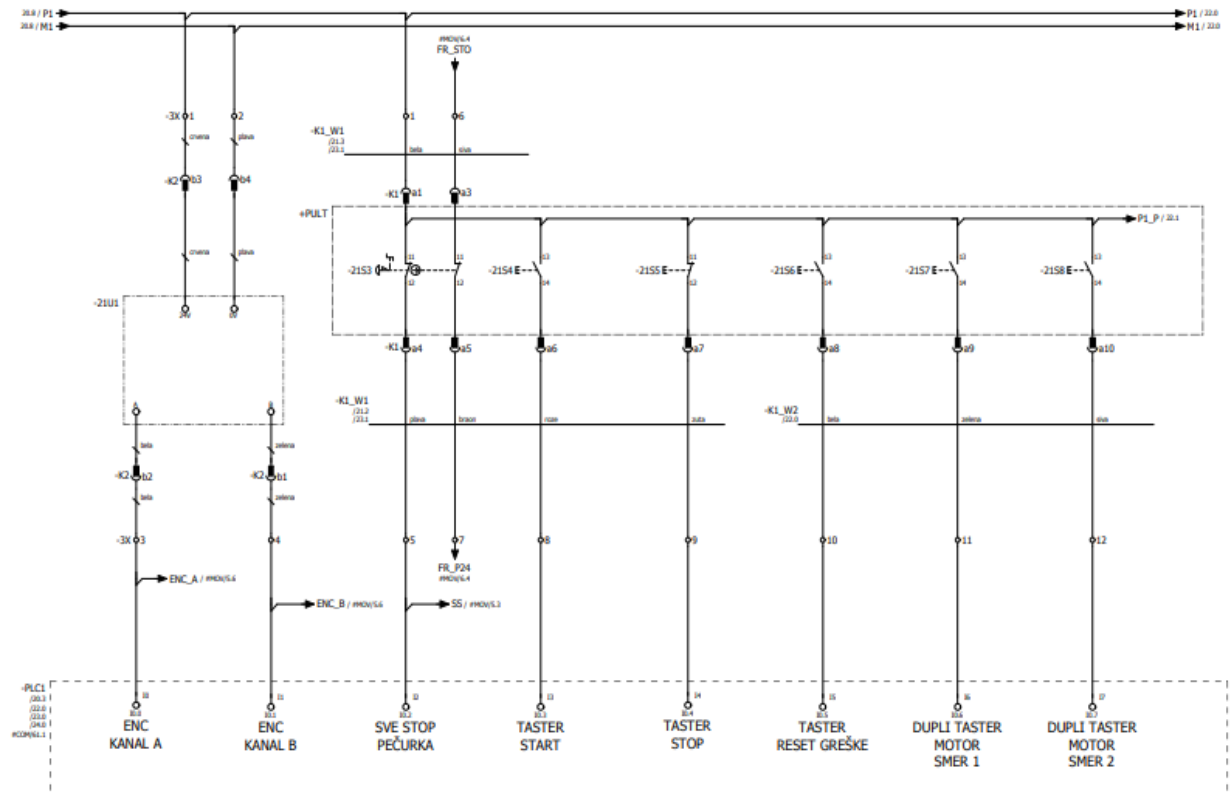


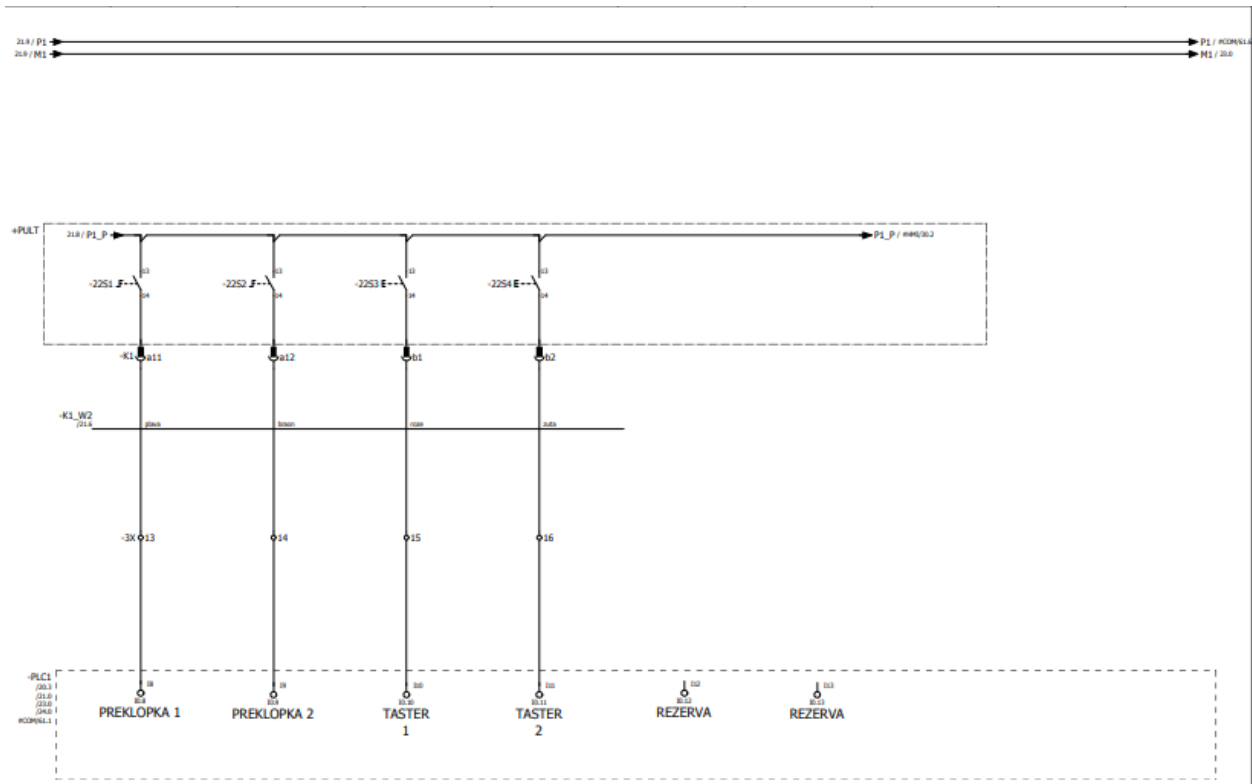


Напајање ПЛЦ контролера

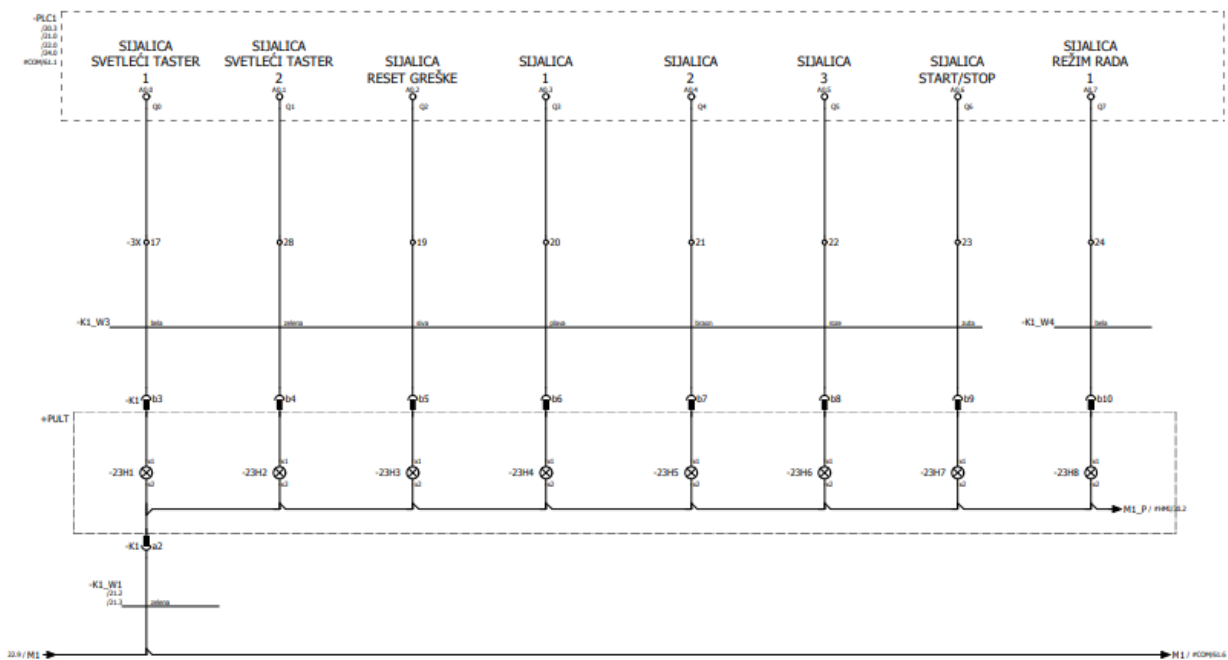


Дигитални улази ПЛЦ контролера

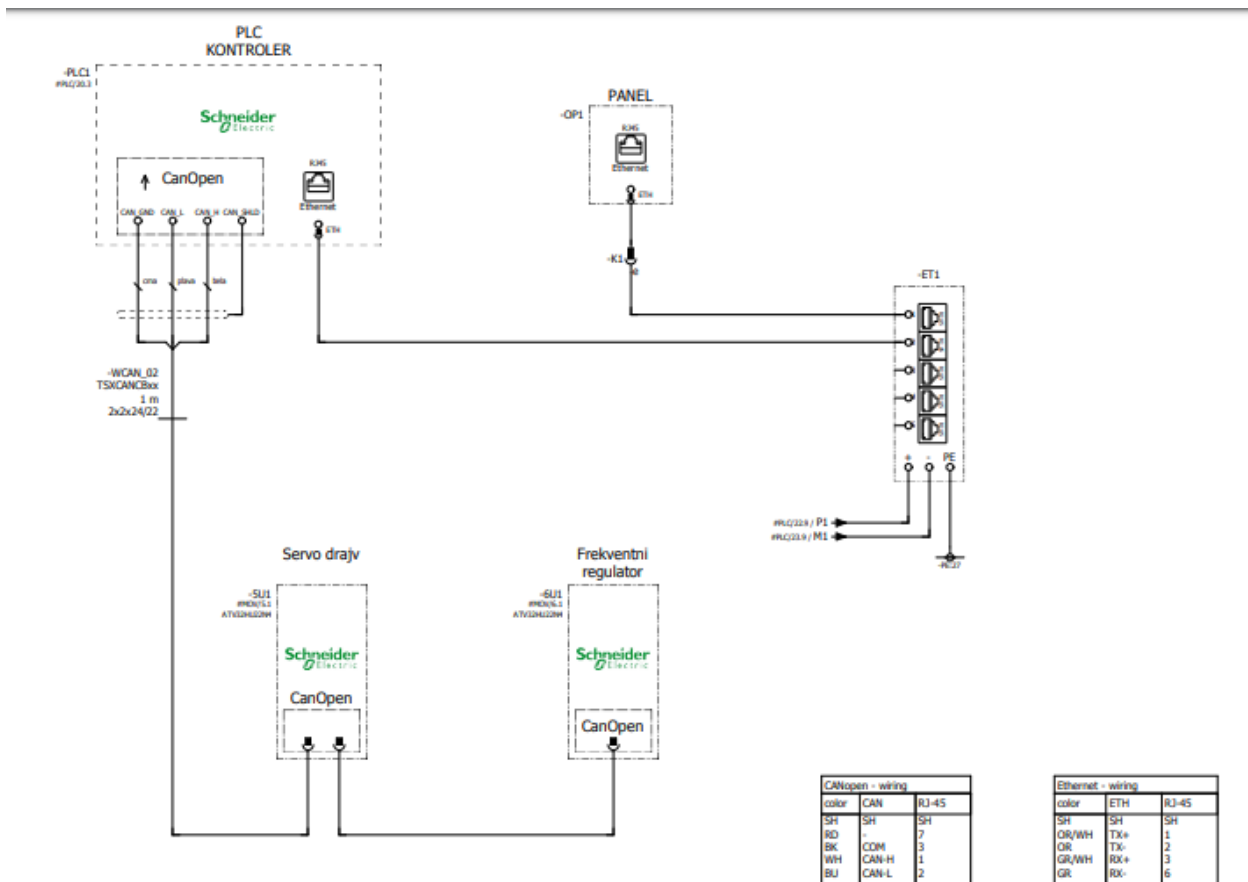




Дигитални излази ПЛЦ контролера



CanOpen & Ethernet



10. Литература

- [1] <https://new.siemens.com>
- [2] Драган Маринковић, *Програмабилни логички контролери*, Обреновац, 2012.
- [3] www.rgf.rs/predmet
- [4] Александра Вељовић, *Управљање позицијом и брзином асинхроног наизменичног мотора и једносмерног мотора у SCADA систему помоћу Сименсових PLC-ова*, семинарски рад, Факултет инжењерских наука
- [5] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/mehatronika/rc-servo->
- [6] www.schneider-electric.us/en/product/
- [7] Александра Вељовић, *УПРАВЉАЊЕ ПОЗИЦИЈОМ И БРЗИНОМ ЈЕДНОСМЕРНОГ СЕРВО МОТОРА ПРИМЕНОМ PLC-A SIMATICS7-1200*, семинарски рад, Факултет инжењерских наука
- [8] <https://www.se.com/rs/sr/product-range-presentation/62129-logički-kontroler---modicon-m241/>
- [9] <https://www.enelva.rs/komponente/modicon-m241/>
- [10] <http://www.momentum-automation.com/>
- [11] <https://www.schneider-electric.com/en/product/ATV320U02M2B>
- [12] <https://www.schneider-electric.us/en/product/LXM32MU90M2>
- [13] http://www.sigmam.rs/images/katalozi/el.motori_serija_GM-JMM.pdf
- [14] <https://www.schneider-electric.us/en/product/BMH0701P06A2A>
- [15] <https://www.enelva.rs/category/eaton/instalacioni-uredaji-1-eaton/automatski-osiguraci>
- [16] <https://www.schneider-electric.us/en/product/XB4BW34B5>
- [17] www.schneider-electric.us/en/product/XB4BS8444/
- [18] <https://www.schneider-electric.us/en/product/XB4BVB1>
- [19] <https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Прекидач>
- [20] <https://www.schneider-electric.com/en/product/K2B002ALH>
- [21] <https://www.schneider-electric.us/en/product/HMISTU855/touch-panel-screen-5%27%277-color>
- [22] www.schneider-electric.com/en/product
- [23] https://sr.wikipedia.org/wiki/Mrežni_prekidač

- [24] <https://www.schneider-electric.com/en/product/TCSESU053FN0/ethernet-tcp-ip-switch---connexium---5-ports-for-copper/>
- [25] <https://www.schneider-electric.com/en/download/document/EIO0000000067/>
- [26] Документација фирме ЕНЕЛ ДОО Ваљево <http://www.enelva.rs>
- [27] Садржај портала предмета Индустријски рачунарски системи
<http://moodle.mfkg.rs/course/view.php?id=228>
- [28] Слободан Вукосавић, *Електричне машине*, Електротехнички факултет, Универзитет Београду, 2010 https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/udzbenici/knjiga_elektricne_masine.pdf
- [29] Андрија Јестровић, *Пројектовање SCADA апликације и система заснованог на раду четири једносмерна и асинхрона мотора*, Мастер рад, ФИН Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2017
- [30] Матијевић, М., Јакуповић, Г., Цар, Ј.: Рачунарски подржано мерење и управљање, Машински факултет у Крагујевцу, друго издање, Крагујевац, Септембар, 2008.