

РАЗВОЈ И ПРОГРАМИРАЊЕ ЕДУКАТИВНЕ СТАНИЦЕ ЗА ПРОУЧАВАЊЕ
КОМУНИКАЦИОНИХ ПРОТОКОЛА У ИНДУСТРИЈСКОМ ОКРУЖЕЊУDEVELOPMENT AND PROGRAMMING OF AN EDUCATIONAL STATION FOR
STUDYING COMMUNICATION PROTOCOLS IN AN INDUSTRIAL ENVIRONMENTУгљеша Поповић, Ивана Тодоровић, Дарко Марчетић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕНЕРГЕТСКА ЕЛЕКТРОНИКА И
ЕЛЕКТРИЧНЕ МАШИНЕ**

Кратак садржај – У раду је дат опис едукативне станице (електроормара) посебно развијене за обуку студената у области индустријске аутоматизације, с посебним освртом на савремене комуникационе индустријске протоколе и елементе (уређаје) који се данас најчешће користе у индустрији. Стога, за студенте су осмишљени посебни задаци који од њих изискују примену знања из области примене програмабилних логичких контролера (PLC), као и примене различитих типова комуникационих протокола (Profinet, Profibus, Modbus TCP, USS) коришћењем предложене едукативне станице.

Кључне речи: PLC, Profinet, Profibus, Modbus TCP, USS

Abstract – The paper provides a description of an educational station (electrical cabinet) specifically developed for training students in the field of industrial automation, with a particular focus on modern industrial communication protocols and components (devices) that are most commonly used in the industry today. Therefore, special tasks have been designed for students that require them to apply their knowledge in the use of programmable logic controllers (PLCs), as well as the application of various types of communication protocols (Profinet, Profibus, Modbus TCP, USS) using the proposed educational station.

Keywords: PLC, Profinet, Profibus, Modbus TCP, USS

1. УВОД

Како индустријски комуникациони протоколи и генерално принципи индустријске аутоматизације имају велики значај у различитим инжењерским дисциплинама, јасно је колико су знања из ових области важна будућим инжењерима. Одавде и следи тема овог мастер рада, чији је циљ био израда електроормара аутоматског управљања, тј. његово пројектовање, шемирање и израда софтверског решења који ће се користити за обуку студената Факултета техничких наука у Новом Саду. Намера је била да се студентима прикаже савремени начин

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дарко Марчетић, ред. проф.

пројектовања ормана и опрема која се данас користи у индустрији. Примењени софтвер је осмишљен тако да буде интерактиван и да студент добија задатке које треба да реши, решења се проверавају у позадини, а на крају се на *HMI* (енгл. *Human Machine Interface*) панелу исписују поруке о томе да ли су испуњени сви задати циљеви вежбе. Такође, нагласак је био на употреби различитих комуникационих протокола који се данас срећу у индустрији као што су *Profinet*, *Modbus TCP*, *Profibus*, *Siemens S7* и *Siemens USS*. Осмишљено је девет вежби, а свака следећа вежба се ослања на знање стечено у претходној.

**2. КОРИШЋЕНА ОПРЕМА И
КОМУНИКАЦИОНИ ПРОТОКОЛИ**

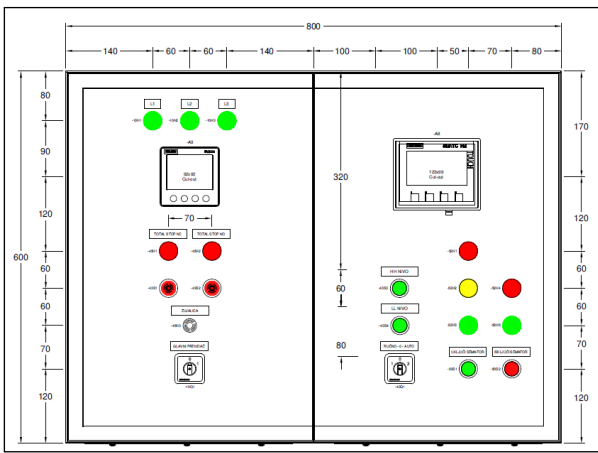
За израду едукативне станице (електроормара) коришћена је савремена опрема која се данас среће у индустрији. Значајан удео опреме за управљање процесима производи се од стране компаније *Siemens*, а може се рећи и да су њихови производи данас најзаступљенији у индустрији. У раду коришћени су њихови *PLC* уређаји новије генерације *S7-1200* и модерни *HMI* панел осетљив на додир *KTP400*.

Додатно, водило се рачуна да се у раду са едукативном станицом користе данас најзаступљенији индустријски комуникациони протоколи. Стога, примењени су протоколи као што су *Profinet*, *Profibus* и *Modbus TCP* али и *Siemens*-ов *USS* комуникациони протокол, који је развијен за комуникацију са *Siemens*-овим *Micromaster 440* инвертором. Иако овај протокол није најзаступљенији, ипак представља групу серијских протокола који се неретко јављају у практичним пројектима.

2.1. Коришћена опрема

За сам електроормар је изабран назидни ормар с двоје врата, с *IP54* заштитом, чије су димензије 600x800x300 mm. На слици 1 је приказан распоред опреме на вратима електроормара, а на слици 2 распоред опреме унутар електроормара.

На левим вратима ормара налази се светлосна индикација за присуство напајања три фазе. Испод светлосне индикације се налази мрежни анализатор, а потом „тотал стоп“ тастери и светлосна индикација њихових стања. Један „тотал стоп“ тастер је радни, а други мирни, за потребе показне вежбе чији је циљ практична анализа утицаја типа контакта на рад



Слика 1. Распоред опреме на вратима електроормара.

система, одакле треба закључити зашто „тотал стоп“ тастера увек треба изводити са мирним контактом.

Испод „тотал стоп“ тастера, налази се зујалица за сигнализацију аларма и главни прекидач напајања.

На десним вратима се налази *HMI* панел. Испод панела налазе се две логичке групе тастера и светлосних индикација. На левој страни налазе се тастери са светлосном индикацијом који се користе у циљу симулације детектора максималног и минималног нивоа у резервоару. Испод ових тастера је преклопка за одабир режима рада пумпе. Тастери и преклопка користе се у вежбама 8 и 9. На десној страни налазе се светлосне индикације који представљају саобраћајни семафор и тастери. Тастери служе за укључење и искључење семафора и користе се у вежби број 4.

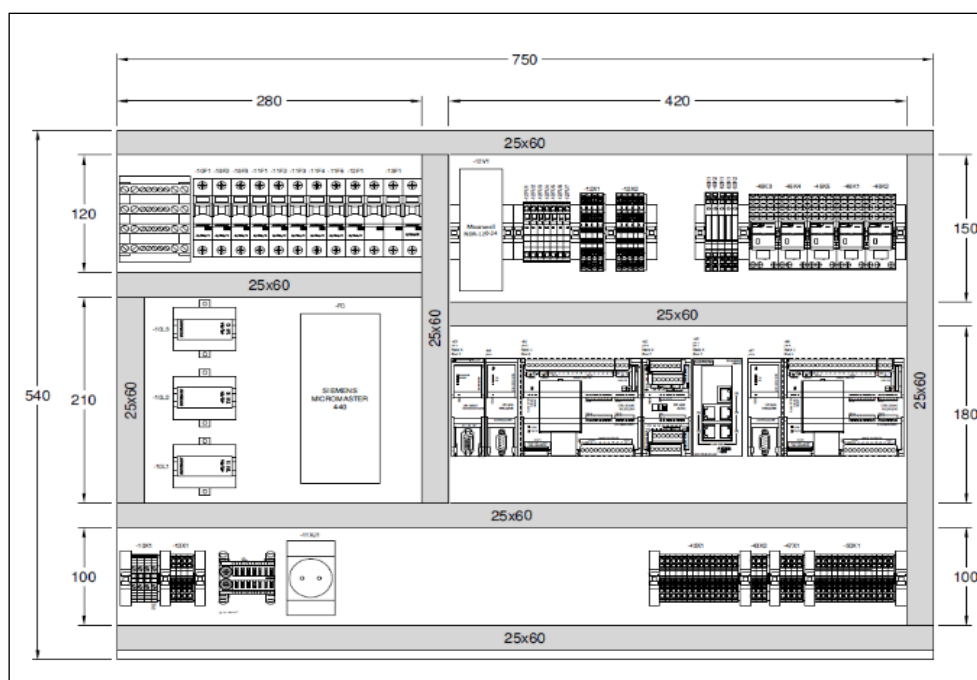
Унутрашњост електроормара се састоји из три нивоа. У самом дну налазе се стезаљке за напојни кабл, кабл мотора и за сигналне каблове, као и сервисна утичница. За потребе показне вежбе тестирања ормара, сигнали од значаја су повезани на *PLC* преко

стезаљки. Ови сигнали се у пракси директно повезују и нема потребе за индиректним повезивањем (користећи стезаљке). У средњем нивоу налазе се управљачки елементи. На левој страни смештен је инвертор који управља са повезаним мотором, као и струјни мерни трансформатори, а на десној страни два *PLC* уређаја са припадајућим картицама. На самом врху с леве стране налази се разводна кутија из које се дистрибуирају три фазе напајања и сигурносни елементи (аутоматски осигурачи) наизменичног напона, а на десној страни претварач напона, топлјиви осигурачи једносмерног напона и релеји.

Коришћена опрема произвођача *Siemens*: *Simatic S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC* (2 ком.), *Simatic HMI KTP400 Basic* (1 ком.), *Simatic S7-1200 SM1234* модул *4AI/2AO* (1 ком.), *Simatic S7-1200 CM1241 RS422/485* (2 ком.), *Simatic S7-1200 CSM1277 Ethernet unmanaged switch* (1 ком.), *Sentron PAC3220* мрежни анализатор (1 ком.), комуникациони модул за *Profibus DP V1* за *Sentron PAC3200/4200* (1 ком.) и инвертор *Micromaster 440*.

Коришћена опрема произвођача *Turck*: један температурни сензор (серијски бр. 9910624+6625013) и један индуктивни PNP сензор (серијски бр. 46070+6625013).

Сви тастери, тотал стоп тастер, помоћни релеји, гребенасте склопке и светлосне индикације набављене су од произвођача *Schrack*. Дистрибутивни блок за дистрибуцију фаза и неутралног вода набављен је од произвођача *Teknomega*. За стабилизацију извор напајања 24 VDC/5 A изабран је *NDR-120-24* произвођача *Meanwell*. Ради размене дигиталних сигнала са *Micromaster* инвертором коришћени су *PLC* релеји *PLC-RSP-24DC/21* произвођача *Phoenix*.



Слика 2. Распоред опреме унутар електроормара

2.1. Коришћени комуникациони протоколи

У склопу едукативне станице користе се следећи комуникациони протоколи:

1. *Profinet* (*S7* комуникација),
2. *Profibus*,
3. *Modbus TCP*,
4. *USS* комуникација.

S7 (PUT/GET) комуникација се користи за размену података између *Master* и *Slave PLC* уређаја везаних за проверу софтверских решења које су развили студенти у склопу вежби. Овај комуникациони протокол је развио *Siemens* и може да се користи само између два *Siemens*-ова *PLC*-а. Овај протокол омогућава директан приступ меморији између два *Siemens*-ова *PLC* уређаја.

Profibus комуникација се користи за читање података са *Sentron PAC3220* мрежног анализатора. Подаци са овог уређаја користе се у вежбама 6 и 7. Да би ова комуникација била могућа, на *Sentron PAC3220* се поставља комуникациони модул за *Profibus DP V1* док се на *Master PLC* поставља додатни *Simatic S7-1200 SM1234* модул који подржава *Profibus* комуникацију.

Modbus TCP се користи у вежби број 7, где студенти треба да припреме податке на *Slave PLC*-у према дефинисаној табели *Modbus* регистара. Два *PLC* уређаја се налазе у *Ethernet* мрежи и повезани су преко *Simatic S7-1200 CSM1277 Ethernet unmanaged switch*-а.

USS комуникација се користи за читање тренутних вредности са *Siemens*-овог *Micromaster 440* инвертора. Ова комуникација се користи у вежбама 8 и 9 где је потребно имати информацију о тренутном стању инвертора као и у вежби 7 где се информације са инвертора очекују у неким *Modbus* регистрима.

3. ОДАБРАНИ ПРОБЛЕМИ ЗА РЕШАВАЊЕ

Постоји укупно 9 вежби, од којих су две показне и то вежба број 6 и вежба број 9. Вежбе су поређане тако да се свака наредна вежба ослања на претходно стечена знања приликом решавања претходних вежби. У зависности од вежбе, користе се различити елементи/уређаји електроормара и одговарајући комуникациони протоколи.

3.1. Вежба 1

У првој вежби се користе дигитални/аналогни улази/излази *Siemens*-овог *S7-1200 PLC* уређаја. Вежба се заснива на коришћењу основних логичких функција приликом рада са дигиталним улазима и излазима овог *PLC*-а. У склопу рада са аналогним улазима, студент ће имати прилику да користи температурни сензор *Turck* произвођача. Такође, у склопу рада са аналогним улазима студент ће слати аналогни сигнал на постојећи *Siemens*-ов инвертор *Micromaster 440* који представља референцу фреквенције обртања. Циљ вежбе је да студент стекне знање о основним логичким функцијама које се користе приликом рада са дигиталним улазима и излазима. Такође, студент ће научити да користи аналогне улазе и излазе и уочити разлику између

аналогног сигнала који се добија из спољашњег света и његове интерпретације у софтверу и *HMI* панелу.

3.2. Вежба 2

У другој вежби је дат акценат на рад са тајмерима. У овој вежби се не користи ниједан други уређај електроормара осим самог *PLC* уређаја.

Циљ је да се студент упозна са различитим врстама тајмера и начином њиховог рада.

3.3. Вежба 3

У трећој вежби потребно је искористити стечена знања из прве две вежбе и остварити импулсно ширинску модулацију на излазу *PLC* уређаја. Дат је фиксан период импулса, док се ширина импулса у процентима задаје преко *Siemens*-овог *HMI* панела.

Циљ ове вежбе је да се провери да ли су студенти схватили принцип рада тајмера и да се сусретну са једним видом управљања дозирања материјала или течности на основу неке величине у односу на коју се дефинише ширина импулса, односно дужина трајања дозирања.

3.4. Вежба 4

У овој вежби је потребно развити логику за рад саобраћајног семафора.

За потребе ове вежбе користе се светлосне индикације и тастери који се налазе на десним вратима електроормара. Светлосне индикације представљају светла семафора и контролишу се дигиталним излазима *PLC* уређаја док се стања тастера који покрећу и заустављају рад семафора шаљу на дигиталне улазе *PLC* уређаја.

Циљ ове вежбе је упознавање студената са начином управљања која се у теорији зове машина стања. Оно захтева коришћење *CASE* структуре и јасне кораке који морају да се извршавају један иза другог са тачним временским трајањима. Поред тога, студент ће уочити да је некада једноставније не користити тајмере када је потребно рачунати време. Научиће како се коришћењем системских сатова *PLC* уређаја могу рачунати секунде.

3.5. Вежба 5

У овој вежби предвиђен је рад са нивовима.

Циљ ове вежбе је да се студент упозна са радом са нивовима и да истражи постојеће алгоритме за сортирање низова али пре свега да се припреми за следећу вежбу у којој се за управљање потрошњом електричне енергије користе нивови због специфичности проблема приоритетних потрошача.

3.6. Вежба 6

Ова вежба је показна али захтева учествовање студента у њој. Предвиђено је да се у овом задатку студенту прикаже начин управљања електричном потрошњом у домаћинству.

За потребе ове вежбе користи се *Siemens*-ов *PAC3220* мрежни анализатор који комуницира са *PLC* уређајем преко *Profibus* мреже. Улога овог уређаја је да, између осталог, рачуна тренутну потрошњу електричне енергије и да ту информацију шаље на *PLC* уређај,

који даље према унапред дефинисаним условима прекида потрошњу појединих потрошача. Ови потрошачи се повезују на инсталационе шуко утичнице, произвођача *Schrack*, које се налазе на десној страни електроормара. Прекидање довода фаза на ове утичнице врши се преко одговарајућих релеја у електроормару, којима се управља преко одговарајућих дигиталних излаза *PLC* уређаја.

Улога студента у овој вежби је да подешава жељену потрошњу електроормара, приоритете потрошача и да шаље захтеве *PLC* уређају када је потребно вршити ограничење потрошње електричне енергије преко *HMI* панела.

Циљ ове вежбе је да се студенту прикаже значај коришћења низова у *PLC* програмирању, као и могућности управљања потрошњом електричне енергије употребом мрежних анализатора. Такође, студент ће се упознати и са величинама које један модерни мрежни анализатор мери и рачуна, а којима може да приступи *PLC* уређај коришћењем одговарајућег комуникационог протокола.

3.7. Вежба 7

У овој вежби предвиђен је рад с *Modbus TCP* комуникацијом. За потребе ове вежбе користе се два *PLC* уређаја (*Siemens S7-1200*), и разликујемо *Master PLC* који представља *Modbus* клијента и *Slave PLC* који представља *Modbus* сервера. Од студената се очекује да организују *Modbus* регистре на *Slave PLC* уређају како је дефинисано у задатку. Уз то, врши се провера да ли су пристигли подаци валидни.

Циљ ове вежбе је да се студент упозна са начином организације различитих типова података унутар блока података који треба да репрезентују дефинисану табелу *Modbus* регистара. Према дефиницији протокола, сви ови подаци су *word* типа. Такође, студент се упознаје са софтверском реализацијом *Modbus TCP* протокола унутар *PLC* уређајима.

3.8. Вежба 8

У овој вежби се студент упознаје са *ON/OFF* начином управљања, при чему се управља пумпом чија је улога да одржава ниво воде у резервоару. За потребе ове вежбе се користи *Siemens-ов* инвертор *Micromaster 440* који погони мотор који ради као пумпа. Како се ради о *ON/OFF* управљању, шаље се константна референца обртања од 50 Hz. Такође, поред инвертора, користе се и тастери који представљају детекторе критично ниског и критично високог нивоа течности у резервоару и који се воде на дигиталне улазе *PLC* уређаја.

Циљ ове вежбе је да се студент упозна са начином регулисања течности у резервоару коришћењем хистерезисног *ON/OFF* управљања и значаја коришћења хистерезиса у оваквим апликацијама.

3.9. Вежба 9

Иако је ова вежба начелно показна, ипак захтева учествовање студената. У вежби 9 развијено је решење које представља унапређење регулације нивоа течности у резервоару из претходног задатка. Слично

као и у претходној вежби, и овде се користи *Siemens-ов* инвертор *Micromaster 440* који погони мотор који представља пумпу. За разлику од претходне вежбе, у овој вежби се за регулацију течности у резервоару користи *PID* регулатор (Пропорционално–Интегрално–Диференцијални) који рачуна референцу обртања мотора у зависности од жељене и постигнуте висине течности у резервоару. Такође, поред инвертора, користе се и тастери који представљају детекторе критично ниског и критично високог нивоа течности и који се воде на дигиталне улазе *PLC* уређаја.

Улога студента у овој вежби јесте подешавање параметара *PID* регулатора преко *HMI* панела. Поред подешавања *PID* регулатора, студент може да шаље захтев за отварање или затварање одводног вентила, који би требао да представља поремећај у систему, који ће даље довести до промене управљања *PID* регулатора.

Циљ ове вежбе је упознавање студента са предностима *PID* регулације у односу на *ON/OFF* управљање из претходне вежбе и са самим начином подешавања *PID* регулатора у случају да није познат математички модел система управљања.

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду развијена је едукативна станица која ће допринети бољем стручном усавршавању будућих инжењера на студијском модулу Електроенергетика – Енергетска електроника и електричне машине и омогућити увид у уређаје и елементе који се данас користе у индустрији, као и у примену комуникационих протокола и начине њихове реализације.

Кратка биографија:



Угљеша Поповић рођен је у Новом Саду 1993. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Аутоматика и управљање системима одбранио је 2016.год. контакт: uprovic93.up@gmail.com



Ивана Тодоровић рођена је 1993. године у Руми. Бави се научним истраживањима из области управљања претварањима енергетске електронике, претежно у применама оријентисаним ка електроенергетским мрежама.



Дарко Марчетић рођен је 1968. године у Новом Саду. И даље се релативно успешно бави научним истраживањима.