

Primena PLC kontrolera i SCADA sistema u industrijskim postrojenjima

Slobodan Drašković, Vera Petrović

Automatika i sistemi upravljanja vozilima
Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija
Beograd, Srbija
slobodand@viser.edu.rs, vera.petrovic@viser.edu.rs

Hranislav Milošević

Katedra za matematiku
Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Prištini
Kosovska Mitrovica, Srbija
mhrane@gmail.com

Sadržaj—Savremeni koncepti upravljanja su danas nezamislivi bez sveobuhvatne primene računara. U Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija na studijskom programu Automatika i sistemi upravljanja vozilima izvodi se između ostalog i nastava iz predmeta Upravljanje u realnom vremenu. Praktične laboratorijske vežbe napravljene su tako da se studenti upoznaju sa PLC kontrolerima i SCADA sistemom, a zatim i da nauče da sami razvijaju programe koji se mogu praktično primeniti u industriji. Za realizaciju ovog projekta korišćen je PLC firme OMRON i programi CX-Programmer i CX-Supervisor. U ovom radu opisana je praktična primena PLC (Programmable Logic Controller) kontrolera i SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistema. Sistem predstavlja jedno rešenje upravljanja i nadzora prilikom mašinske obrade metala i realizovan je u nastavne svrhe u Laboratoriji za automatiku.

Ključne reči—PLC; SCADA; industrija;

I. UVOD

Savremena industrijska postrojenja su danas skoro potpuno nezamisliva bez postojanja sistema automatskog upravljanja, nadzora, i u skladu sa tim bez sveobuhvatne primene različitih tipova računara i električnih uređaja. Zbog svoje rasprostranjene upotrebe u vrlo širokom spektru aplikacija koje obuhvataju automatizaciju, PLC (Programabilni Logički Kontroler, engl. “Programmable Logic Controller”) je jedan od uređaja koji su tokom godina zauzeli značajno mesto u okviru sistema upravljanja. Koristi se u slučajevima kada je potrebno upravljanje u realnom vremenu i pod radnim uslovima koji su neprihvatljivi za standardni PC računar (visoke ili niske temperature, vlaga, prašina itd). Dizajniran je za specifične potrebe koje se javljaju kod upravljanja u realnom vremenu i u skladu sa različitim potrebama koje se javljaju usled različitih aplikacija i različitih zahteva uslovljenih samim mestom primene, što ga čini univerzalnim i vrlo fleksibilnim kontrolerom koji je lak za programiranje, jer ne zahteva veliko predznanje o samoj arhitekturi ovog digitalnog računara. Primeri korišćenja ovog kontrolera su: obrade na pokretnoj traci, transportni sistemi, sistemi punjenja i pakovanja, kao i svi procesi u prehrambenoj i auto industriji. Sa čovekovom stalnom težnjom da nešto unapređuje i usavršava, početkom sedamdesetih godina prošlog veka došlo se do danas opšte poznatog sistema za nadgledanje, kontrolu i prikupljanje

podataka – SCADA (engl. “Supervisory Control And Data Acquisition”). Jednostavnije konfiguracije ovog sistema su sa jednim PLC-om i jednim PC računarom, dok složenije strukture obuhvataju više međusobno povezanih PLC-ova koji komuniciraju sa jednim PC računarom. Ovakva veza podrazumeva da jedan od računara mora preuzeti glavnu (master) a ostali podređenu (slave) ulogu. Pritom, PLC računari su raspoređeni po samim postrojenjima, dok se PC računar sa koga se sve nadgleda nalazi u odvojenoj prostoriji, daleko od neprijatnih uticaja industrijskih mašina [1].

II. PLC KONTROLERI

A. Definicija i funkcija

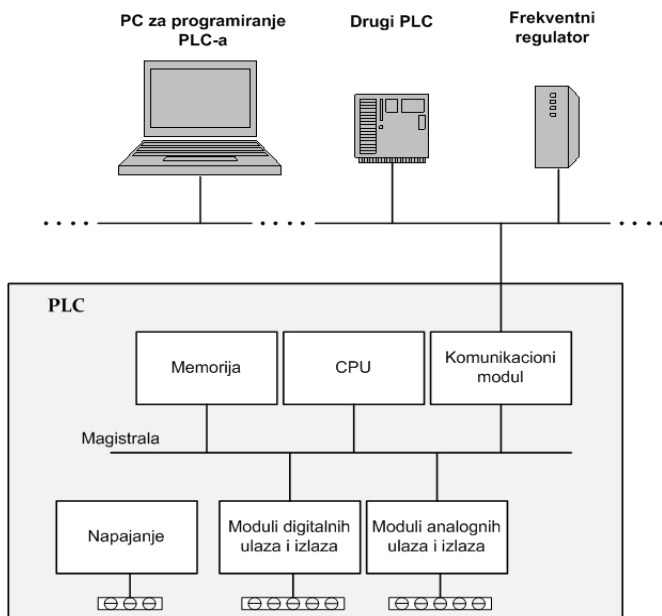
Prema standardizaciji Udruženja proizvođača električne opreme (The National Electrical Manufacturers Association - NEMA) programabilni logički kontroler je definisan kao [2]: “Digitalni elektronski uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahteva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, prebrojavanje, merenje vremena, izračunavanje, u cilju upravljanja različitim tipovima mašina i procesa preko digitalnih i analognih ulazno-izlaznih modula.”

PLC je prvobitno zamišljen kao specijalizovani računarski uređaj koji se može programirati tako da obavi istu funkciju kao i niz logičkih ili sekvencijalnih elemenata koji se nalaze u nekom relejnom uređaju ili automatu. Postepeno, obim i vrsta operacija koju može da obavi PLC je znatno proširena. Od samog početka projektovanja PLC-a, vodilo se računa o tome da on treba da radi u krajnje nepovoljnim klimo-tehničkim uslovima koji vladaju u industrijskom okruženju i da treba da bude dovoljno fleksibilan u smislu prilagođavanja različitim izmenama na procesu. Otuda je PLC projektovan kao izuzetno pouzdan modularan uređaj koji se veoma lako održava i programira. Pored toga, najveći broj metoda za programiranje PLC-a zasniva se na grafičkom metodu - lestvičasti logički dijagram (ladder programiranje) koji je već dugi niz godina u upotrebi u industriji pri projektovanju logičkih i sekvencijalnih relejnih uređaja.

B. Osnovni elementi PLC-a

Osnovni elementi PLC kontrolera su [2], [3]:

- Centralna procesorska jedinica – CPU
- Memorija za program i podatke
- Interna magistrala
- Komunikacioni modul
- Napajanje
- Ulazni modul - digitalni i analogni ulazi
- Izlazni modul - digitalni i analogni izlazi



Slika 1. Osnovni elementi PLC kontrolera

Centralna procesorska jedinica je mozak PLC kontrolera. Sam CPU je neki od mikrokontrolera, ranije su to bili 8-bitni, a sada su to 16-bitni i 32-bitni. CPU brine o komunikaciji, izvršavanju programa, upravljanju memorijom, nadgledanjem ulaza i postavljanjem izlaza. PLC kontroler komunicira sa upravljačkim procesom preko analognih i digitalnih ulaza i izlaza. Informacije o stanju ulaza primarno se obrađuju i smeštaju u memoriju stanja ulaza i izlaza.

Memorija se može podeliti na sistemsku i korisničku. Sistemska memorija pored operativnog sistema sadrži i korisnički program u binarnom obliku. Ova memorija je obično EEPROM i može se menjati kada se menja i korisnički program. Interna magistrala povezuje komunikacioni deo, memoriju, CPU, kao i module digitalnih i analognih ulaza i izlaza, komunikacione module i sl. Korisnička memorija je podeljena u blokove koji imaju posebne funkcije. Jedan deo ove memorije se koristi za čuvanje stanja ulaza i izlaza, drugi deo se koristi za čuvanje vrednosti promenljivih kao što su vrednosti tajmera i brojača. Na osnovu stanja ulaza, stanja vremenskih članova, brojača i memorisanih međustanja, vrši se obrada koja formira stanja izlaza, koja se prenose u odgovarajuće memorijsko područje, a odatle preko internog busa ka izlazu.

Komunikacioni deo obezbeđuje komunikaciju sa PC računarnom, na kome se piše upravljački program. Moguća je i komunikacija sa drugim PLC-ovima, operatorskim panelima,

distribuiranom periferijom i povezivanje sa višim nivoima upravljanja, što omogućava razmenu podataka sa ostalim sistemima u okviru procesa automatizacije na nivou pogona ili kompletnog postrojenja.

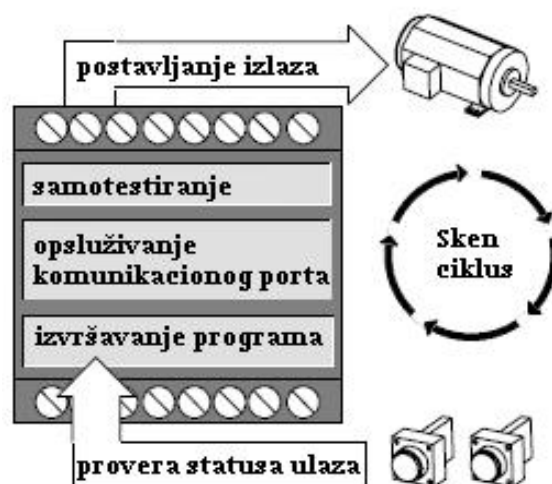
Moduo napajanja obezbeđuje napajanje i neosetljiv je na smetnje koje dolaze iz električne mreže kao i na kraće padove ili skokove mrežnog napona u trajanju od 10 do 15ms. Standardni naponi napajanja su 120/230VAC i 24VDC.

Mali PLC-ovi imaju fiksni broj ulaza i izlaza i obično postoji mogućnost proširivanja sa dodatnim ulazima i izlazima ukoliko je to potrebno. Modularni PLC-ovi poseduju šinu na koju se dodaju moduli sa različitim funkcijama. Procesori i ulazno izlazni modul se prilagođavaju konkretnoj aplikaciji. Danas se često priključuju distribuirane periferije umesto fiksnih proširenja i na taj način se smanjuju izdaci za ožičavanje udaljenih delova postrojenja.

C. Princip rada

Osnova rada programabilnog logičkog kontrolera zasniva se na ciklusima skeniranja. Pod skeniranjem se podrazumeva prolaz kroz sve uslove u nekom garantovanom vremenu. Proces skeniranja je prikazan na slici 2 i sastoji se od sledećih koraka [1]- [3]:

- *Provera statusa ulaza* - CPU proverava stanje ulaza i te podatke smešta u odgovarajuće registre u korisničkom delu memorije.
- *Izvršavanje programa* - u ovom koraku CPU na osnovu kontrolne logike u programu i prikupljenih ulaznih podataka kreira vrednosti izlaza i smešta u odgovarajuće memorijske lokacije.
- *Opsluživanje komunikacionog porta* - CPU obrađuje zahteve koji eventualno stižu na komunikacioni port PLC-a.
- *Samotestiranje* - izvršava se dijagnostika (samotestiranje) hardvera, memorije i U/I modula
- *Postavljanje izlaza* - u ovom koraku CPU proverava stanje izlaza i po potrebi ih menja.



Slika 2. Ilustracija jednog radnog ciklusa PLC-a

III. SCADA SISTEMI

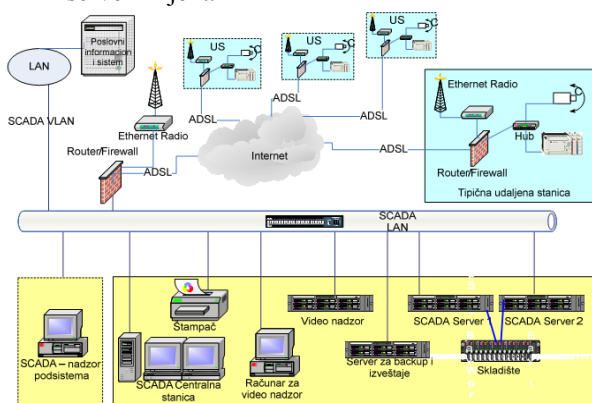
A. Definicija i funkcija

Termin **SCADA** se odnosi na *Supervisory Control And Data Acquisition*. SCADA sistem je sistem procesne automatizacije koji se koristi da prikuplja informacije pomoću senzora i instrumentacije koji su locirani na udaljenim lokacijama kako bi se ti podaci preneli i prikazali na centralnoj lokaciji koja služi ili za upravljanje ili za svrhe monitoringa. Prikupljeni podaci se obično mogu videti na jednom ili više SCADA Host računara koji su locirani na centralnoj lokaciji. Tokom poslednjih nekoliko desetina godina razvoj SCADA-e je prirodno pratio razvoj komunikacionih i računarskih tehnologija. Danas je SCADA postala sastavni deo gotovo svake industrijske aplikacije. Ona se realizuje u okviru računarske mreže i po pravilu nadzire rad jednog broja lokalnih stanica u mreži koje obavljaju akviziciju podataka, realizuju direktno digitalno, kao i sekvencijalno upravljanje. U poslednje vreme za komunikaciju se koriste različiti protokoli za rad u realnom vremenu, a i nadzor i upravljanje preko interneta su sve češća pojava. SCADA sistem koji radi u realnom svetu može da vrši monitoring i upravljanje više hiljada U/I tačaka. Uobičajeni analogni signali koje SCADA sistem nadgleda i kontroliše su nivoi, temperature, pritisci, protoci, pozicije i brzine. Tipični digitalni signali koji se nadgledaju i kontrolišu su prekidači za nivo, prekidači za pritisak, status generator, releji i motori [4].

B. Klase i strukture SCADA sistema

Osnovne klase SCADA sistema su [4], [5]:

- Centralizovani SCADA sistem - podrazumeva skup mernih uređaja i opreme koji su direktno povezani sa centralnim računarom, koji prima i obrađuje informacije, radi nadzor i upravlja procesom.
- Distribuirani SCADA sistem - obuhvata skup udaljenih stanica koje su lokalnom mrežom povezane sa upravljačkim centrom, odakle se realizuje nadzor i upravljanje procesima.
- WASCAD (engl. *Wide Area SCADA*) sistemi - podrazumevaju geografski distribuirane SCADA sisteme koji funkcionišu po principu server-server ili server-klijent.



Slika 3. Primer složenog nadzorno-upravljačkog sistema

SCADA sistemi sastoje se iz nekoliko hijerarhijski izdvojenih celina:

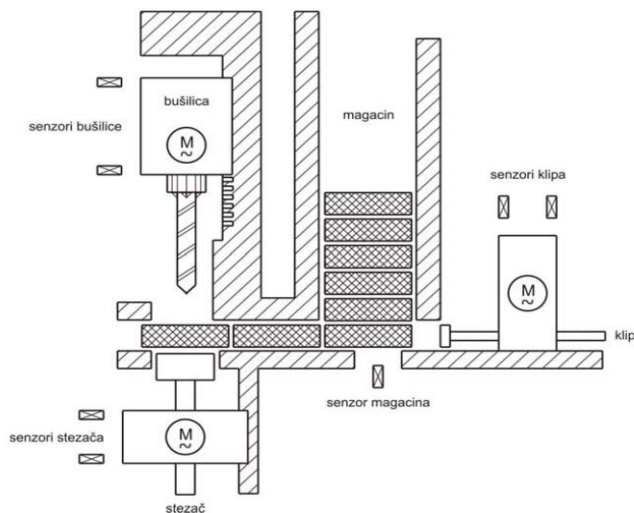
- Merna oprema i izvršni organi – oprema ugrađena na odgovarajućim uređajima na samom procesu.
- Udaljeni U/I moduli – omogućavaju spregu računarskog sistema sa mernom opremom i izvršnim organima.
- Udaljene stanice – mikroračunarski kontroler koji sadrži udaljene module ili je sa njima povezan preko odgovarajućih komunikacionih linija. Udaljena stanica šalje potrebne informacije centralnoj stanici i prima komande od nje.
- Sistem za komunikaciju – obezbeđuje prenos informacija između udaljenih stanica i dispečerskog centra.
- Centralna stanica - centralni računar na kome se realizuje nadzor i upravljanje procesom. Nadzorno upravljački centri opremljeni su obično PC računarom ili nekim snažnim računarskim sistemom. Ti računari su programski podržani aplikacijom tipa HMI (engl. *Human-Mashine Interface*) koja omogućava interaktivan dijalog sa računarom za konkretan sistem nadzora i upravljanja. U zavisnosti od složenosti celog sistema, može postojati i više centralnih stanica.

C. Primena SCADA sistema

Klasičan SCADA sistem orijentisan je ka upravljanju industrijskim procesima ili automatizaciji laboratorija i odlikuje se malom dislokacijom pojedinih SCADA elemenata, pouzdanijim izvršenjem komunikacionih aktivnosti, i mnogo većim stepenom automatizacije upravljačkih aktivnosti. Složeniji SCADA sistem nazvan WASCAD orjentisan je ka upravljanju geografski distribuiranih sistema kod kojih se zbog kompleksnosti procesa i komunikacionih grešaka najčešće izbegava automatsko vođenje procesa kako na lokalnom tako i na supervizorskom nivou [4]-[6]. Poslednju odluku o promeni režima procesa daje čovek tako da je naglasak na kvalitetnom nadzoru - superviziji procesa. SCADA sistemi imaju veliku primenu u različitim poslovnim sistemima i raznim oblastima, svuda gde je neophodno vršiti nadzor i upravljanje velikim skupom procesa. Primeri primene su u elektro-energetskim sistemima, vodoprivredi, industrijskim kompleksima, komunikaciji, sigurnosnim sistemima, proizvodnji, saobraćaju i transportu i mnogim drugim. Izbor strukture i arhitekture SCADA sistema zavisi od konkretnog procesa kojim se upravlja i zahteva koji se na njega nameću.

IV. REALIZACIJA SISTEMA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE BUŠILICOM SA AUTOMATSKIM PRINOŠENJEM DELOVA

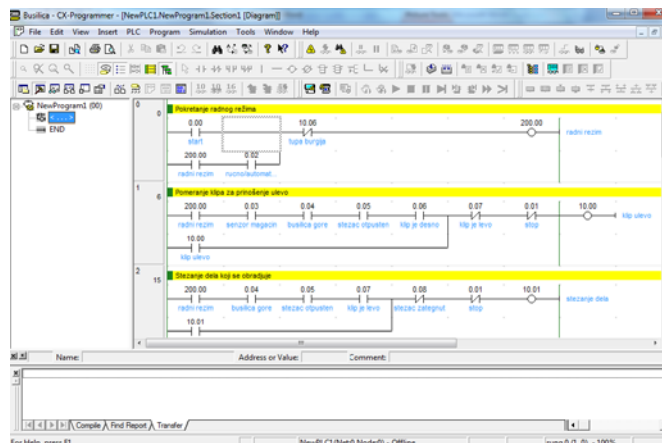
U Laboratoriji za automatiku u Visokoj školi elektrotehnike i računarstva osmišljeno je i realizovano rešenje za problem upravljanja bušilicom sa automatskim prinošenjem delova kao na slici 4.



Slika 4. Šema bušilice sa automatskim prinošenjem delova

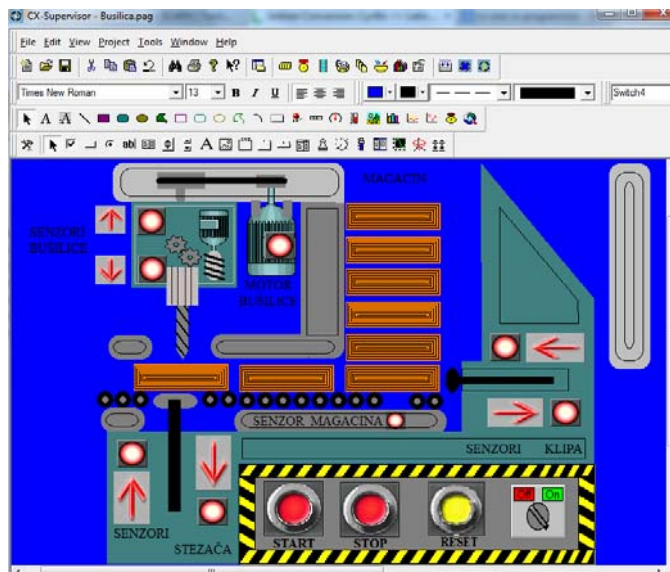
Pokretanje bušilice može biti ručno (kada se koristi za po jedan proces obrade) ili automatski. Glava bušilice na kojoj je rezni alat – burgija, se na svom nosaču može kretati u pravcu svoje vertikalne ose i to kretanje se izvodi pomoću motora. Položaj glave bušilice se prati preko dva senzora (gornji granični položaj i donji granični položaj bušilice), a promena položaja vrši se pomoću motora kome se na osnovu programa zadaje smer obrtanja (motor gore, motor dole). Operacija prinošenja delova vrši se pomoću klipa koji potiskuje deo namenjen za obradu ispod same bušilice. Takođe upravljanje promenom položaja klipa vrši se pomoću motora. Kretanje klipa je moguće samo po horizontali (levo ili desno). Krajnje pozicije klipa se registruju pomoću dva senzora (krajnji levi položaj klipa, krajnji desni položaj klipa). U okviru ovog sistema postoji i stezač koji fiksira deo koji se obrađuje na jedno mesto. Način na koji se vrši njegovo kretanje i na koji se prati krajnja pozicija stezača je identičan onome kod klipa za prinošenje delova, samo je ovde u pitanju kretanje po vertikalnoj osi. U sistemu postoji i magacin delova čije se stanje prati preko posebnog senzora koji detektuje postojanje dela u magacinu (senzor magacina). Bušilica može da bude pokrenuta ručno (preko tastera START) ili automatski (preklopnik ručno/automatski). Klip potiskuje deo za obradu ispod bušilice, motor se uključuje, bušilica se spušta, obrađuje deo i deo biva izbačen. Operacija može biti prekinuta u svakom trenutku pritiskom na taster STOP. U slučaju da se burgija istupi i deo ne bude izbušen za predviđeno vreme, bušilica se podiže i operacija se prekida. Tada se proces ne može pokrenuti, sve dok se ne pritisne taster RESET.

Najpre je potrebno napisati program (PLC lider dijagram) za gore opisani problem. To se za PLC kontrolere marke OMRON radi u programskom paketu CX-One, tačnije u programu CX-Programmer. Za korišćenje ovog programa nije neophodno neko prethodno znanje programiranja, pošto je samo lestvičasto programiranje vrlo intuitivno i lako se uči. Izgled programskog okruženja CX-Programmer prikazan je na slici 5.



Slika 5. Grafički prikaz radnog okruženja programa CX-Programmer

Za projektovanje SCADA sistema korišćeno je programsko okruženje CX-Supervisor. Ovaj softver je prvenstveno i namenjen izradi aplikacija koje se koriste za SCADA sisteme, odnosno za izradu grafičkih prikaza nekog procesa, zarad njihovog što lakšeg razumevanja i što lakšeg načina nadgledanja. U njemu je zahvaljujući gotovim bibliotekama sa grafičkim prikazima gotovih industrijskih i drugih elementa znatno olakšano crtanje tehnoloških šema nekog procesa. Izgled ovog programskog okruženja zajedno sa kompletnim rešenjem problema automatizacije bušilice dat je na slici 6.



Slika 6. Grafički prikaz radnog okruženja programa CX-Supervisor

Na ovaj način napravljen je jedan kompletan sistem koji pomoću jednostavnog interfejsa omogućava kontrolu i upravljanje procesom mašinske obrade metala. Ovaj sistem napravljen je za rad u laboratorijskim uslovima, a svakako bi se mogao unaprediti i primeniti u industriji za automatizaciju procesa koji obuhvata bušenje i mašinsku obradu metala.

V. ZAKLJUČAK

U današnje vreme nezamislivo je funkcionisanje nekog industrijskog procesa bez primene automatskog upravljanja. Nagli tehnološki razvoj u poslednjih nekoliko decenija doprineo je razvoju i modernizaciji sistema za automatizaciju, a samim tim doneo je i nove izazove sa kojima su inženjeri suočeni prilikom projektovanja automatizovanih sistema upravljanja. Sistem koji je u ovom radu opisan, realizovan je u nastavne svrhe u Laboratoriji za automatiku i može služiti kao laboratorijska vežba iz predmeta Upravljanje u realnom vremenu koji se izvodi u Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija na studijskom programu Automatika i sistemi upravljanja vozilima. Pomoću ove vežbe studenti se upoznaju sa osnovnim principima dizajniranja sistema za kontrolu i upravljanje procesom mašinske obrade metala, suočavaju se sa problemima koji mogu nastati u ovakvim procesima, obučavaju se da samostalno reše probleme na koje nailaze i stiču znanje da samostalno mogu da naprave neki drugi sistem upravljanja i nadzora. Takođe, ovo programsko rešenje moglo bi se unaprediti i efikasno primeniti u praksi za automatizaciju celokupnog ili dela jednog realnog procesa u industriji.

LITERATURA (HEADING 5)

- [1] <http://automatika.etf.bg.ac.rs/>
- [2] Srbijanka Turajlić, "Upravljanje procesima pomoću računara", Beograd, 2011.
- [3] <http://www.automatika.rs/>

- [4] Emilija Kisić, Predrag Poljak, Vera Petrović, "Primena savremenih softverskih alata u sistemima upravljanja", INFOTEH, Jahorina, 2010.
- [5] Vera V. Petrović, "Upravljanje u realnom vremenu, priručnik za programabilne logičke kontrolere", Beograd, 2009.
- [6] Vera V. Petrović, "SCADA sistemi implementirani u procesu obrazovanja", ETRAN, Donji Milanovac, 2010.

ABSTRACT

In School of Electrical Engineering and Computer Science of Applied Studies on department Automatics and vehicle control systems performs, among others, teaching course Real time control. In this paper practical application of PLC (Programmable Logic Controller) and SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems is described. This system presents one solution for control and surveillance of mechanical processing of metals and it is implemented in teaching purpose in Laboratory for automatics. Practical laboratory exercises are designed for students which have opportunity to introduce with PLC and SCADA system, and to learn independently to develop programs that can be practically applied in industry. For realization of this project we used PLC made by OMRON and programs CX-Programmer and CX-Supervisor.

APPLICATION OF PLC CONTROLLERS AND SCADA SYSTEMS IN INDUSTRIAL FACILITIES

Slobodan Drašković, Vera Petrović, Hranislav Milošević