

UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET

Vladimir S. Stojanović

D I P L O M S K I R A D

NIŠ, 2008.

UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET



Primena PLC za nadzor i upravljanje
sistemima sa posebnim osvrtom na
vodosnabdevanje grada Niša

-DIPLOMSKI RAD-

Kandidat:
Vladimir S. Stojanović 10261

Mentor:
Dr Vlastimir Nikolić, red. prof.

Niš, jun 2008.

Primena PLC za nadzor i upravljanje sistemima sa posebnim osvrtom na vodosnabdevanje grada Niša

Rezime

Ovaj rad je posvećen istraživanju i primeni PLC (Programabilnih Logičkih Kontrolera) koji označavaju novo doba industrijske automatike. U okviru rada posebno je opisan deo sistema vodosnabdevanja grada Niša i dat predlog za kompletni nadzor, upravljanje i akviziciju podataka za ceo sistem vodosnabdevanja grada Niša. Izvršena je sistematizacija povezivanja, prenos i obrada analognih podataka PLC, programiranje kontrolera sa opisom osnovnih i složenih logičkih funkcija. Takođe su obrađene relejne mreže kao preteča rada sadašnjih kontrolera.

Nakon teorijskog upoznavanja, obrađeni su praktični primeri upravljanja osvetlenjem, upravljanja temperaturom, upravljanja sekvencijalnim režimom rada ventila i upravljanja procesom hlorisanja u sistemu vodosnabdevanja.

Na kraju je posebno data koncepcija daljinskog nadzora i upravljanja sistemom vodosnabdevanja grada Niša kao i integracija informacionog sistema. Opisana je primena Web tehnologija u realizaciji sistema za daljinsku akviziciju i upravljanje i data tehnička rešenja za daljinsku akviziciju podataka i upravljanje postrojenjima za vodosnabdevanje Niša. Dat je detaljan tehnički opis pumpne stanice Kalač Brdo i opis upravljačke opreme koja je implementirana.

Na kraju su izneti pokazatelji kvaliteta vode za piće, kriterijumi za izbor sirove vode i postupci prerade vode.

Deo finansijske podrške sticanju istraživačkih i praktičnih znanja pri izradi ovog rada pružio je Institut za međunarodno obrazovanje i kompanija Philip Morris, koji su u okviru PECD programa finansirali studentski projekat „Sistem daljinskog nadzora i upravljanja sistemom vodosnabdevanja grada Niša”.

Ključne reči: PLC (Programabilni Logički Kontroler), leder dijagram, daljinski nadzor, akvizicija i upravljanje, SCADA, vodosnabdevanje.

Applying PLC for supervision and control of systems with retrospective view to water supply system in Niš

Summary

This work is devoted to the research and implementation of the PLC (Programmable Logic Controller) that makes the new era of the industrial automatics. The system of water supply of city Niš is specifically described and given the proposal for control and data acquisition. The systematisation of connection, transfer and processing of analog data with PLC has been made, programming the controller with description of the basic and complex logic functions. Also the relays networks have been described as a forerunner of the today's controllers.

After the theoretical introduction, the practical examples of the control of the temperature, sequential control of the valve and control of the chlorine in the water supply system have been made.

At the end the conception of dislocated control and data acquisition of the water supply of city Niš have been made with integration of the information system. The usage of Web technology in realisation of the system for dislocated control and data acquisition is described also with technical solution for dislocated control and data acquisition of water supply system of Niš. The detail technical description of the pump station "Kalač Brdo" has been made also with controlling equipment that is implemented.

At the end the parameters for drinking water quality have been shown, together with criteria for selection of unprocessed water and process of water treatment.

Part of the financial support in acquiring practical knowledge in making this work have been given by Institute Of International Education in collaboration with Philip Morris Company, that are in PECD program financed the student project "System of remote control and data acquisition of water supply system of Niš".

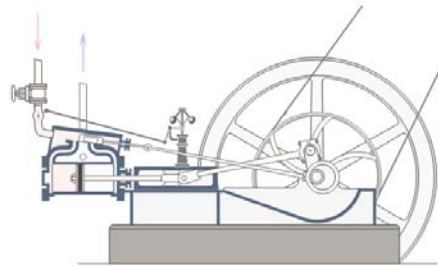
Key words: PLC (Programmable Logic Controller), ladder diagram, dislocated control, acquisition and control, SCADA, water supply.

Sadržaj

1. Uvod	3
2. Delovi PLC-a	5
3. Rad PLC-a	7
4. Povezivanje PLC-a	8
4.1. Električno napajanje	8
4.2. Povezivanje ulaza	10
4.3. Povezivanje izlaza	15
4.4. Relejni izlazi	15
4.5. Poluprovodnički izlazi	19
5. Analogni ulazi i izlazi	24
5.1. Analogni (A / D) ulaz	24
5.2. Analogni (D / A) izlaz	26
5.3. Obrada analognih podataka	27
5.4. Analogni ulazi i problemi pri radu sa njima	27
6. Relejne mreže	28
6.1. Prekidači	28
6.2. Releji	29
6.3. Leder dijagram	31
7. Programiranje PLC-a	32
7.1. Logičke funkcije	32
7.2. Logička funkcija I	33
7.3. Logička funkcija ILI	37
7.4. Logičke funkcije I ILI, ILI I	39
7.5. Složene putanje	43
7.6. Flip-flopovi	51
7.7. Brojači	59
7.8. Sekvenceri	62
7.9. Merači vremena odnosno tajmeri	63
8. Praktični primeri	75
8.1. Upravljanje osvetlenjem	75
8.2. Upravljanje temperaturom	76
8.3. Upravljanje sekvencijalnim režimom rada ventila	80
8.4. Upravljanje procesom hlorisanja u sistemu vodosnabdevanja	81

9. PLC, industrijski PC ili nešto drugo	88
10. Primena PLC u sistemima za vodosnabdevanje grada Niša	90
10.1 Konceptija daljinskog nadzora i upravljanja sistemom vodosnabdevanja grada Niša	90
10.2 Integracija informacionog sistema	93
10.3. Upravljačka oprema	94
10.4 Primena Web tehnologija u realizaciji sistema za daljinsku akviziciju i upravljanje	95
10.5 Informaciona arhitektura.	98
10.6 Tehnička rešenja za daljinsku akviziciju podataka i upravljanje postrojenja za vodosnabdevanje Niša	99
10.7 Tehnička rešenja za prenos podataka u sistemu vodosnabdevanja Niša	101
10.8 Tehnički opis sistema	102
10.9 Tehničke karakteristike predložene opreme za upravljanje sistemom za vodosnabdevanje grada Niša	104
11 Testiranje upravljačke opreme za potrebe studentskog projekta WONT	124
11.2 Izgled implementirane opreme	125
12. Priprema vode za piće	126
12.1 Pokazatelji kvaliteta vode za piće	126
13. Zaključak	149
14. Literatura	150

1. Uvod



Počeci automatskog upravljanja vezuju se za pronalazak parne mašine koji je u istoriji i označen kao industrijska revolucija. Upravljanje je obavljano pomoću zupčanika, poluga i drugih mehaničkih uređaja. Ostale mašine takodje nisu mogle da obavljaju složenije operacije, a ako je to i bilo moguće, zahtevalo je naporan rad konstruktora i jako teško izvođenje automatskog procesa. Formiranjem naprednijih načina upravljanja taj problem se postepeno prevazilazio. Tok nekog industrijskog procesa može da se opiše logičkim funkcijama. To je dovelo do formiranja posebnih uređaja - logičkih kontrolera. Oni primaju signale sa senzora, obrađuju ih preko tzv. relejnih mreža koje opisuju zadanu logičku funkciju i generišu signale koji uključuju ili isključuju izvršne organe. Zahvaljujući razvoju specifičnih relejnih komponenti, ovi sistemi su omogućili da realizuju veoma komplikovane upravljačke funkcije. Osnovni nedostaci su bili velika potrošnja energije, i glomazni sistemi koji su imali veliki broj komponenti. Pored toga releji kao mehanički elementi nisu dugog veka. U slučaju njihovog otkazivanja teško je da se pronađe koji od releja u relejnoj mreži ne radi. Promena proizvodnog procesa zahtevala je promene u upravljačkom sistemu. To je podrazumevalo formiranje novih relejnih mreža koje bi obavljale nove logičke funkcije što nije bio ni malo lak zadatak. Razvoj poluprovodničke elektronike omogućio je da se logički kontroleri prave pomoću tranzistora i integrisanih kola. Na taj način smanjena je potrošnja energije kao i gabariti kontrolera. Međutim, i dalje je bio prisutan problem formiranja složenih sistema i mogućnosti njihove promene.

Najučestalije promene proizvodnog procesa javljale su se u auto-industriji, gde se proces trebalo da menja sa svakim novim modelom. "General Motors" je među prvim video potrebu da se zamene „ožičene“ kontrolne table sistema. Kompanija je htela da se za logiku sistema iskoristi mikroracunar umesto ožičenih releja. Racunar je trebao da zauzme mesto glomaznih, skupih, nefleksibilnih ožičenih kontrolnih tabli. Na putu realizacije dobre ideje isprečio se praktični problem koji se ogledao u tome da je trebalo da se nateraju električari da prihvate i koriste novi uređaj. Bilo je gotovo nemoguće da se traži od električara iz fabrike da nauče i koriste kompjuterski jezik pored njihovih svakodnevnih poslova. U skladu sa situacijom, "General Motors" je napravio specifikaciju i napisao kriterijume projekta za prvi programibilni logički kontroler. Specifikacije su zahtevale da se novi uređaj bazira na elektronskim umesto na mehaničkim delovima, da ima fleksibilnost kompjutera, da radi u industrijskom okruženju i da može da se reprogramira i koristi za druge zadatke.

Firma "Gould Modicon" je razvila prvi uređaj koji je odgovarao specifikacijama. Ključ uspeha kod ovog uređaja je bio u tome da se za njegovo programiranje nije morao da uči novi programski jezik. Programirao se tako što je korišćen isti jezik koji su električari već znali – lestvičasti dijagram (ladder diagram). Krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih formirani su prvi programabilni logički kontroleri. (Programmable Logic Controller - PLC) kod kojih se za realizaciju logičkih funkcija koristi mikroracunar. Korišćenje mikroracunara omogućilo je da se pored logičkih funkcija vrše i različite matematičke operacije. Prvi PLC – i su bili jednostavni uređaji koji nisu bili sasvim pogodni za složene kontrole kao što su

temperature, pozicije i pritisci. Danas je teško da se zamisli zadatak u industriji koji savremeni PLC ne može da uradi.

Razvijeni su i moduli posebnih namena kao što su komunikacioni moduli za povezivanje više PLC – a u mrežu.

Postepeno se PLC razvio u specijalizovani industrijski mikroračunar. Osnovne odlike savremenih PLC-a su :

- 1) prilagođenost za rad u industrijskom okruženju, što podrazumeva njihovu postojanost u različitim temperaturnim režimima, otpornost na prljavštinu, prašinu, vlagu, vibracije, udare,
- 2) mogućnost instaliranja na samoj mašini, ili u njoj,
- 3) programiranje pomoću posebnih programskih jezika, prilagođenih korisnicima koji su navikli na rad sa relejnim ili poluprovodničkim logičkim kontrolerima, zadržan je kontinuitet, mada se u novije vreme ova karakteristika smatra nedostatkom PLC-a,
- 4) rade velikom brzinom,
- 5) mogu da se povežu u računarsku mrežu i postanu sastavni deo sistema višeg nivoa upravljanja,

Prvi PLC je imao oznaku 084, jer je to bio 84. projekat firme "Bedford Associates", koja pokreće novu firmu usmerenu da razvija, proizvodi, prodaje i servisira novi proizvod, PLC. To je bila firma "Modicon", MODular DIGital CONTroller. Jedan od ljudi iz tima sa prvog projekta PLC-a bio je Dick Morley, koji se smatra ocem PLC-a. On je osnivač "Modicon"-a (sada „Shneider Automation, Inc“) i pronalazač PLC-a. Danas, on nastavlja svoj rad kao nacionalno priznati ekspert na poljima kompjuterskog dizajna, veštačke inteligencije, automatizacije, i autor je i rukovodilac projekta fabrike budućnosti. Morley je inženjer, konsultant i pronalazač, koji ima više od 20 patenata u US i širom sveta.

Poznati proizvođači PLC-a su ABB Ltd, Koyo, Honeywell, Siemens, Modicon, Omron, Allen-Bradley, General Electric, Tesco Controls, Panasonic (Matsushita), i Mitsubishi. Posebno bi istako "Siemens", kao najkompletnijeg proizvođača iz ovde opisane oblasti.

2. Delovi PLC-a

Kod PLC-a razlikujemo sledeće celine:

- 1) ulazni modul
- 2) centralnu procesorsku jedinicu
- 3) memoriju
- 4) izlazni modul

13. ZAKLJUČAK

Programibilni logički kontroleri – PLC su tehnološkim razvojem grana tehnike kao što su elektronika i mašinstvo, doprineli da se industrijsko upravljanje podigne na viši nivo. Došli su na scenu kao zamena za tada dominantne, preglomazne i komplikovane relejne mreže. PLC-i su zahvaljujući svojoj strukturi i načinu funkcionisanja bili u stanju da se izbore sa daleko većim brojem operacija, a pomoću njih su realizovane operacije koje su do tada bile neizvodljive. Sve to je bilo praćeno i smanjivanjem gabarita uređaja, a PLC-i su se vremenom razvili u specijalizovane industrijske računare. Može se zaključiti da su PLC-i zaslužni za bitan napredak na polju realizacije upravljanja industrijskim procesima. Oni su se vremenom razvili u specijalizovane računare. Zahvaljujući toj činjenici preko programabilnih logičkih kontrolera moguće je ostvariti i daljinsko upravljanje industrijskim procesom kao i praćenje procesa upravljanja pomoću odgovarajuće računarske mreže. To je sa relejnim mrežama u praksi nemoguće ostvariti. Veliki broj uspešnih aplikacija dokazuje potrebu za daljim razvojem u ovoj oblasti koji će svakako doneti i mnoge nove mogućnosti. Nakon projektovanja traženog upravljanja i formiranja odgovarajućeg lider dijagrama, potrebno je da se taj dijagram unese u PLC. Zbog toga je, u daljem tekstu ovog rada, pažnja bila posvećena programskom jeziku PLC-a a kao primeri su poslužile logičke operacije koje su navedene u ranijim poglavljima. Način na koji se neki lider dijagram predstavlja programskim jezikom može se razlikovati u zavisnosti od proizvođača prvenstveno u označavanju pojedinih komandi ali osnovni princip, što smo i hteli da predstavimo, u suštini ostaje isti.

Ono što je matematika u fizici, to su PLC i njihovo programiranje u industriji, tehničkoj praksi i složenim sistemima. Deo rada je iz tog razloga posvećen jednom ovakvom sistemu, sistemu za vodosnabdevanje grada Niša i tehnikama njegovog unapređenja i podizanja nivoa automatizacije. Globalni procesi brze urbanizacije i porasta stanovništva zaoštrili su problem snabdevanja vodom, pogotovu što su mnogi izvori čiste vode ugroženi ili neupotrebljivi zbog progresivnog zagađenja. Voda je postala ograničavajući faktor razvoja ljudskog društva, pored ranije uočenih problema prehrane, smeštaja i transporta. Sa druge strane, savremeno društvo zahteva neprekidno snabdevanje velikim količinama vode pouzdanog kvaliteta. Sa povećanjem konzumnog područja vodovodi postaju složeniji sistemi sa velikim brojem objekata (postrojenje za prečišćavanje vode, pumpne stanice, rezervoari, vodotornjevi itd.). U takvim sistemima potrebno je vršiti stalni nadzor i u zavisnosti od pristiglih podataka, donosi se zaključak da li nešto treba preduzeti u smislu upravljanja.

Voda, jedinjenje vodonika i kiseonika (H_2O), prekriva oko 3/4 zemljine površine. Njena ukupna količina procenjuje se na 2×10^{18} t, od čega se 3/5 nalazi u morima i okeanima, a 2/5 obuhvata vodu i led na kopnu, vođenu paru u vazduhu i vodu u sastavu zemljine kore. Veliki deo vode se, u ljudski organizam, unosi pićem. Veoma je važno da voda, koju čovek koristi za piće, pripremanje hrane, pa i u nekim proizvodnim procesima, bude higijenski ispravna. Voda koja se nalazi u prirodi vrlo često nije higijenski ispravna ili nije dovoljno kvalitetna. U toku hidrološkog ciklusa, u vodu dospevuju razne primese, a veoma često i neki patogeni mikroorganizmi. Sistemom daljinskog nadzora i upravljanja moguće je pratiti i kontrolisati ove hemijske i mikrobiološke parametre i tako biti u stalnoj prednosti nad potencijalnim opasnostima po ljudsko zdravlje.

Poboljšanje tehnoloženosti u oblasti upravljanja sistemima i konkretna primena u industriji i tehničkoj praksi, zahteva nove ideje na poljima razvoja i ostavlja prostora za dalja istraživanja koja će taj napredak učiniti mogućim.

14. Literatura

- 1.- Projekat tehnološkog razvoja MIS.3.07.0297.B (2004.), *Savremene tehnike upravljanja sa naglaskom na daljinsko upravljanje i nadzor složenih sistema sa dislociranim objektima*, STUDIJA razvoja sistema daljinskog nadzora i upravljanja sistema vodosnabdevanja Paraćina, Mašinski fakultet Niš
- 2.- Matić, Nebojša (2001.), *Uvod u industrijske PLC kontrolere*, Mikroelektronika
- 3.- Stenerson, Jon (1999.), *Fundamentals of Programmable Logic Controllers, Sensors and Communication*, Upper Saddle River, New Jersez
- 4.- Škorc, Andrej (novembar/decembar 2000), *EUROPLC–industrijske lego kocke*, Mikroelektronika. str. 24. do 26.
- 5.- SYSWIN 3.4 (novembar/decembar 2000), *Alat za programiranje OMRON-ovih programabilnih kontrolera*, Mikroelektronika. str. 37, 38.
- 6.- Projekat PECD programa, Institut za međunarodno obrazovanje, IIE (2007.), *Sistem daljinskog nadzora i upravljanja sistemom vodosnabdevanja grada Niša*, Mašinski fakultet Niš
- 7.- W. Bolton, (2006), *Programmable Logic Controllers*, Fourth Edition, ELSEVIER London (United Kingdom)
- 8.- Collins, Kevin (2007), *PLC Programming for Industrial Automation*, Meadow Books (United Kingdom)
- 9.- Cox Richard A., Borden Terry (2006), *Technician's Guide to Programmable Controllers*, Delmar Thomson Learning
- 10.- Stenerson, Jon (2004), *Fundamentals of Programmable Logic Controllers, Sensors, and Communications*, Prentice Hall
- 11.- Davis R.K., Etc., Jeffcoat W., Clements-Jewry K., (1995), *The Plc Workbook Programmable Logic Controllers Made Easy*, Pearson Education Limited (United Kingdom)
- 12.- Tubbs Stephen, Philip (2005), *Programmable Logic Controller (Plc) Tutorial*, Stephen P. Tubbs (United States)
- 13.- John Karl-Heinz, Tiegelkamp Michael, (2001), *Programming Industrial Automation Systems-Concepts And Programming Languages, Requirements For Programming Systems, Aids To Decision-Making Tools*, Springer-Verlag Berlin And Heidelberg Gmbh & Co. Kg (Germany)
- 14.- www.siemens.com