

# OPRAVDANOST PRIMJENE PLC-A KOD JEDNOSTAVNIH IZVEDBI UPRAVLJANJA

*Dunja Srpak*

Strukovni članak

Primjena programabilnog logičkog upravljača (u daljnjem tekstu PLC, od engl. Programmable Logic Controller) u automatizaciji danas je već znatno raširena, moglo bi se reći "nije ništa novo". Ipak, kad se kaže da je upravljanje nekim strojem, uređajem ili postrojenjem izvedeno PLC-om, većina automatski očekuje kompliciranu i svakako skupu automatiku. Istina je da ozbiljnije, složenije i zahtjevnije izvedbe upravljačkih sklopova danas podrazumijevaju primjenu PLC-a, čak i više njih umreženih u sustav. Cilj je ovog rada pokazati da postoje izvedbe upravljanja manje razine složenosti kod kojih može biti ekonomski opravdana primjena PLC-a.

*Ključne riječi: programabilni logički upravljač, relejna tehnika, opravdanost*

## Justification of PLC-use for simpler applications

Professional paper

Programmable logic controller application (hereinafter PLC, from the English. Programmable logic controller) in the automation of today is already substantially spread out, one might say "nothing new". However, when it is said that the management of some machine, device or plant is created by PLC, most people automatically expect complicated and certainly expensive set of Control. The truth is that serious, complex and demanding applications today means the use of the PLC, even more of them, networked in the system. The aim of this text is to show that there are applications not so complicated when automation with the help of PLC can be justified.

*Key words: programmable logic controller, relay technique, justification*

## 1

### Uvod

#### Introduction

U praksi je danas čest slučaj da investitori koji nisu tehničke struke (ili jesu tehničke, ali ne elektrotehničke struke) na preporuku projekatanta pri izradi troškovnika za natječaj ili projekt, obavezno postavljaju zahtjev da je "upravljanje izvedeno preko PLC-a". Ovakvi zahtjevi, u najmanju ruku, nisu uvijek opravdani s obzirom na stručne argumente koji bi uvjetovali primjenu PLC-a. Neki od najčešćih kriterija koji se koriste za argumentiranje primjene PLC-a su potrebna razina pouzdanosti, jednostavnost održavanja, potreba intervencije stručne radne osobe ili sama složenost upravljačkog sklopa.

## 2

### Primjer upravljanja za izvedbu bez PLC-a

#### Example of applications for performance without PLC's

S obzirom na potrebu intervencije stručne radne osobe postoje slučajevi kada se upravljanje jednim (ili više pogona) izvodi bez uvjeta po kojem bi se isti postupak automatizirao. To znači da se uređaj uključuje samo "po nalogu operatera", pomoću tipke ili sklopke na upravljački element (npr. relej ili sklopnik) za uključenje motora pumpe, transportera, dozirne crpke, elektromagnetskog ventila, elektromotornog zasuna... To su slučajevi kad operater (zadužena osoba) određeni pogon pokreće samo kada to želi ili su uvjeti kada bi to trebalo napraviti presloženi da bi se prepustilo automatici da presudi hoće li reagirati. Mogući primjeri su:

- pokretanje interventnog doziranja odgovarajuće kemikalije ili vode za razrjeđenje samo kada tehnolog analizom (ili po iskustvu) utvrdi da je tekućina u spremniku nezadovoljavajuće kvalitete

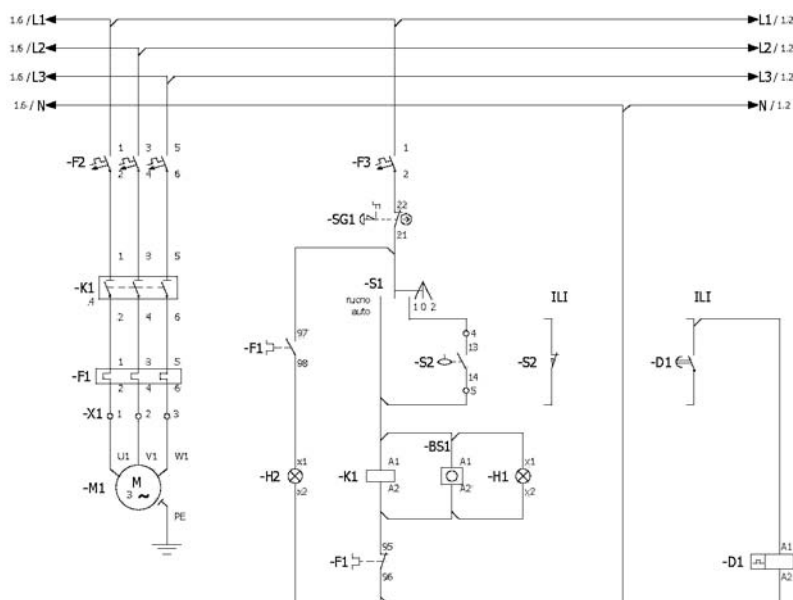
- izdvajanje određene količine (npr. viška mulja) kada tehnolog analizom (ili po iskustvu) utvrdi da je preostali dio dovoljan za odvijanje procesa
- kod doziranja boje do željene nijanse
- kod preusmjeravanja proizvoda na pričuvnu liniju zbog potreba remonta i sl.

S obzirom na složenost upravljačkog sklopa postoje slučajevi kada izvedba upravljačke automatike PLC-om nije ekonomski opravdana (odnosno isplativija je izvedba uporabom samo relejne tehnike). To su slučajevi kada se neki pogon treba uključivati i ručno (po potrebi) i automatski, ali je za uključenje dovoljno ispunjenje jednog uvjeta. Naravno da prethodno navedeno vrijedi samo za samostalne upravljačke cjeline, ako taj pogon nije dio većeg postrojenja u kojem je njegov rad povezan sa radom ostalih dijelova postrojenja ili rad ostalih dijelova ovisi o radu pogona iz prethodno navedenih primjera, kad bi se u postojećem PLC-u samo dodalo upravljanje još i ovog pogona.

Primjeri takvih slučajeva mogu biti:

- rad crpke u oknu za procjedne vode ovisno o plovku (kod razine veće od granične)
- uključenje transportera samo dok je na njemu teret (detektirano senzorom, tlačnom sklopkom, krajnjim prekidačem i sl.)
- uključenje ventilatora/grijača kod previsoke/preniske temperature prostora
- pogon npr. automatske rešetke povremeno, vremenski (rad/pauza) i sl.

Na slici 1 prikazani su neki od prethodno opisanih slučajeva. Slika 1 prikazuje električnu shemu trofaznog elektromotora (M1) napojenog preko osigurača (F2), sklopnika (K1) i bimetalnog zaštitnog releja (F1). Ako je taj motor crpka, onda je sklopka S2 u upravljačkom dijelu sheme plovna sklopka koja automatski uključuje svitak sklopnika (K1). Ako je S2 krajnji prekidač (oznaka



Slika 1 Primjer jednostavne automatike – izvedba relejnom tehnikom  
Figure 1 Example of simple automation – usage of relay technique

alternativno, "ILI"), tada taj motor može biti transporter kojeg je uključio teret aktiviranjem krajnjeg prekidača. U trećoj varijanti (označeno s "ILI") umjesto sklopke S2 može biti spojen kontakt vremenskog releja (D1) sa funkcijom RAD/PAUZA čiji je svitak napojen nakon prebacivanja sklopke (S1) za izbor ručno/automatski u položaj automatski. Kod položaja sklopke S1 - ručno, u sva tri slučaja motor M1 radi trajno do isključenja u srednji položaj (nula). U upravljačkom dijelu prikazani su i ostali nužni elementi upravljanja: osigurač upravljačkog dijela (F3), stop u nuždi (SG1), isključenje mirnim kontaktom zaštitnog releja (F1), kao i signalizacija rada (H1) i kvara (H2) i brojilo sati rada (BS1).

Shema na slici 1, dakle, prikazuje izvedbu upravljanja elektromotornim pogonom bez upotrebe PLC-a, jer je upravljanje niske razine složenosti te je ekonomski opravdana samo izvedba relejnom tehnikom.

### 3 Primjer upravljanja za opravdanu izvedbu pomoću PLC-a

Example of applications for justified usage of PLC's

Opravdanost izvedbe s PLC-om za jednostavnije upravljačke sklopove je moguće prikazati na primjeru jedne crpne stanice koja ima dvije crpke (radna i pričuvna) i tri plovne sklopke (plovka) postavljene da mjere tri različite razine:

1. najniži položaj, za zaštitu od rada crpki na suho (utječe na rad crpki i u ručnom i u automatskom režimu rada)
2. donji položaj, minimalna radna razina (razina ispod koje se isključuju crpke)
3. gornji položaj, maksimalna radna razina (kod kojeg se uključuje radna crpka automatski).

Kako bi usporedba dvaju načina izvedbe imala smisla potrebno je postaviti uvjete za automatski rad koje treba izvesti i relejnom izvedbom, a koji se gotovo standardno izvode programski kod varijante s PLC-om. Ti uvjeti su:

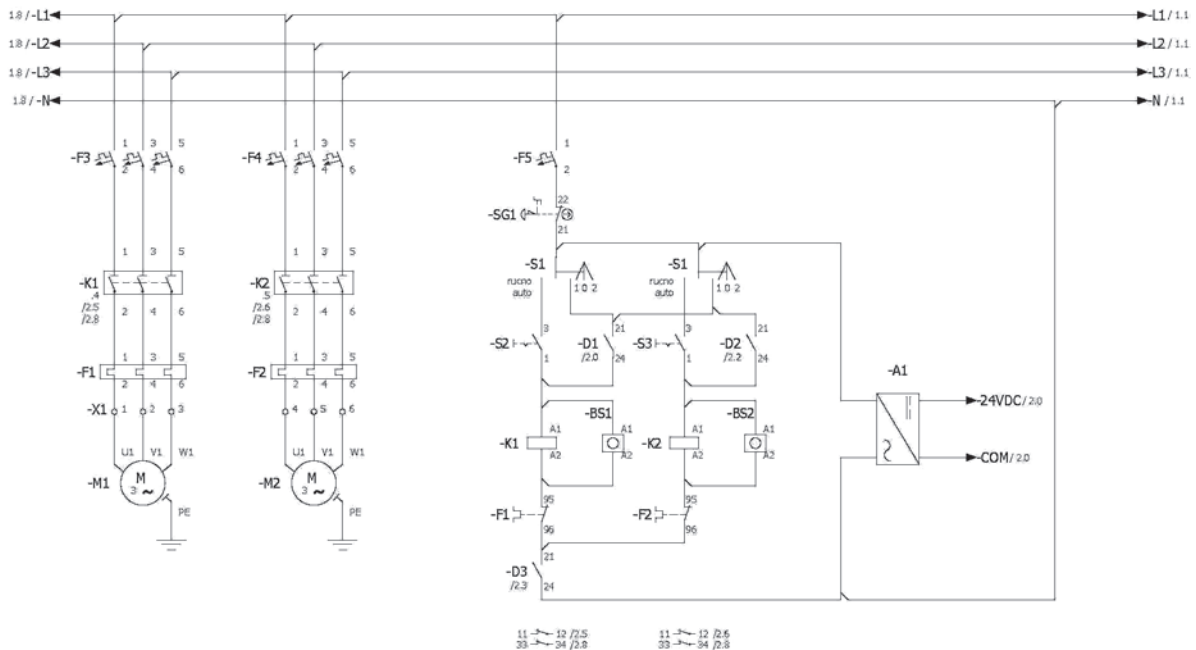
- u radu je nužno da se nakon uključivanja i isključenja svaki put uključi druga crpka (koja je u prethodnom

ciklusu pražnjenja bila pričuvna)

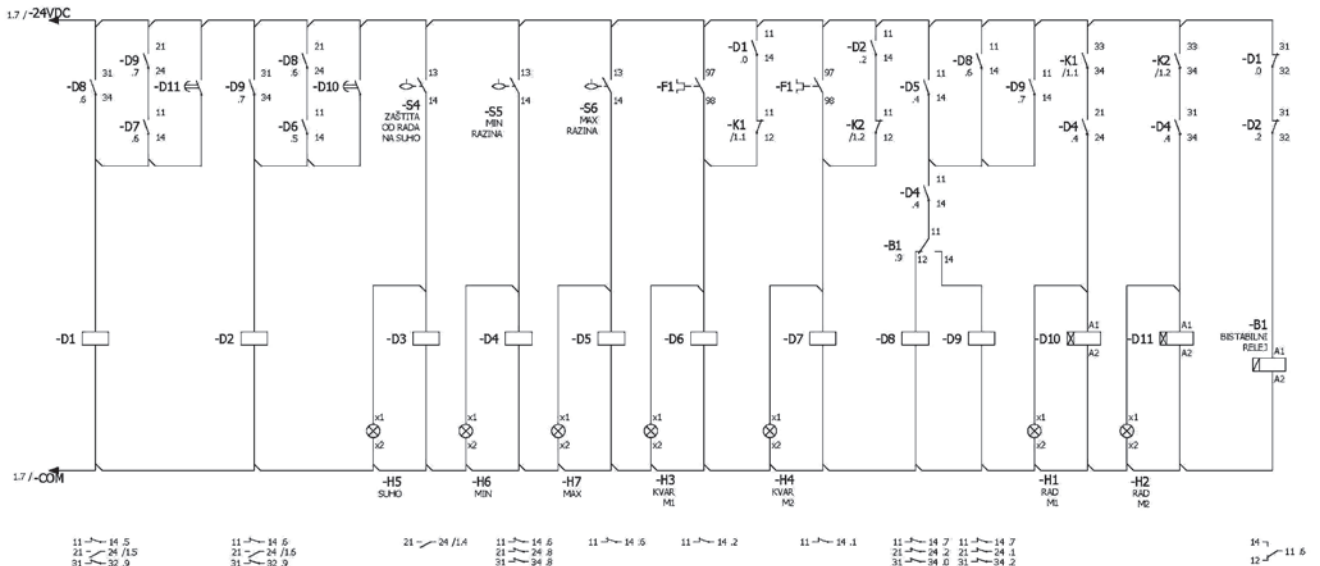
- ako kod rada jedne crpke niti nakon podešenog vremena pražnjenja (npr. 15 minuta) razina vode nije pala ispod minimalne, što znači da je dotok u crpnu stanicu izrazito visok ili je uslijed oštećenja crpke koja je u tom ciklusu radna, pao kapacitet radne crpke treba se uključiti i pričuvna crpka da joj pomogne
- ako dođe do kvara crpke koja je u tom ciklusu radna (isključenje bimetalnom zaštitom ili kvar na svitku sklopnika radne crpke), odmah se treba uključiti pričuvna
- potrebno je signalizirati stanja rada / kvara obje crpke, dostizanje svake od tri razine i
- napon na koji su priključene plovne sklopke treba biti 24V, iz sigurnosnih razloga.

Na slikama koje slijede prikazano je električnim shemama kako je moguće izvesti upravljanje navedenom crpnom stanicom. Pri tome je napojni dio i dio upravljanja (slika 2) jednak za oba načina izvedbe, dok su na slikama 3 i 4 prikazani potrebni elementi za izvedbu preostalog dijela upravljanja relejnom tehnikom, odnosno pomoću PLC-a, prema prethodno navedenim uvjetima automatskog rada.

Slika 2 prikazuje električnu shemu trofaznih elektromotora crpki (M1 i M2), napojenih preko osigurača (F3 i F4), sklopnika (K1 i K2) i bimetalnih zaštitnih releja (F1 i F2). Nakon prebacivanja sklopke (S1) za izbor ručno/automatski u položaj automatski, relej D1 ili D2 će uključiti automatski crpku 1 ili crpku 2. Kod položaja sklopke S1 - ručno, motor čija je sklopka ručnog upravljanja (S2 za M1 ili S3 za M2) u položaju 1 radi trajno do isključenja u položaj 0. U upravljačkom dijelu prikazani su i ostali nužni elementi upravljanja: osigurač upravljačkog dijela (F5), stop u nuždi (SG1), isključenje mirnim kontaktom zaštitnog releja (F1 za M1 i F2 za M2), kao i brojila sati rada (BS1 i BS2). U slučaju razine niže od minimalno dopuštene za rad crpki (detektirano plovnom sklopkom za zaštitu od rad na suho), zbog kontakta releja D3 svitci sklopnika K1 i K2 neće se moći uključiti, neovisno da li je odabran ručni ili automatski način rada. Element označen na slici 2 oznakom A1 je stabilizirani izvor napajanja 24V, potreban za napajanje releja i PLC-a.



**Slika 2** Električne sheme crpne stanice - napojni dio i dio upravljanja jednak u obje izvedbe  
**Figure 2** Wiring diagram of pumping station - part of feed and part of management equal in both versions

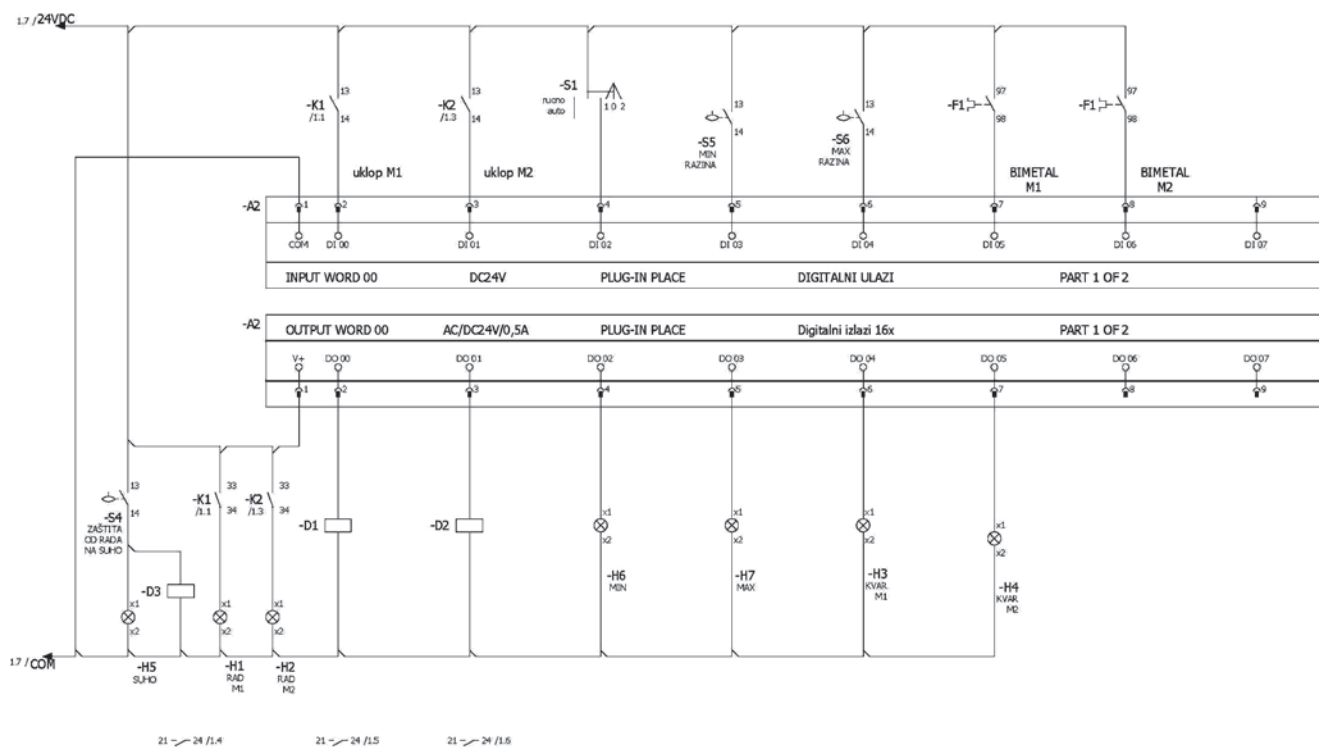


**Slika 3** Električne sheme crpne stanice - dio upravljanja potreban u izvedbi relejnom tehnikom  
**Figure 3** Wiring diagram of pumping station - part of management required by the relay technique

Na slici 3 prikazana je električna shema dijela upravljanja crpkama koji je potreban za zadovoljenje postavljenih uvjeta rada kod izvedbe relejnom tehnikom. Releji D3, D4 i D5 potrebni su kako bi se zadovoljio uvjet sniženog napona na sklopkama koje se nalaze u vodi, te da bi se dobilo više kontakata potrebnih za ostvarenje logike rada kod odgovarajućih razina vode detektiranih plovnim sklopkama. Releji D6 i D7 nužni su kako bi se zadovoljio uvjet da se kod kvara na jednoj crpki odmah uključi druga. Moguće je detektirati kvar sklopnika (neuključivanje sklopnika iako ima nalog, npr. uključen D1, a K1 ne, ili uključen D2, a K2 ne) ili proradu bimetalnih zaštitnih releja (F1 ili F2). Releji D8 i D9 u kombinaciji sa bistabilnim relejem B1 osiguravaju zadovoljenje uvjeta automatske izmjene radna/pričuvna crpka. Vremenski releji D10 i D11 su potrebni za povećanje sigurnosti u radu crpne stanice, tako da se kod rada jedne crpke dužeg od podešenog vremena praznjenja (npr. 15 minuta) ako razina vode nije pala ispod minimalne, uključi i pričuvna crpka kako je

zahtijevano. U liniji napajanja svitaka releja D1 ili D2 prikazani su uvjeti (kontakti releja) za automatski rad svake crpke. Crpka 1 će raditi kad je radna (D8), ili ako je pričuvna (D9) ali je crpka 2 u kvaru (D7) ili ako crpka 2 radi predugo (D11). Crpka 2 će raditi kad je radna (D9), ili ako je pričuvna (D8) ali je crpka 1 u kvaru (D6) ili ako crpka 1 radi predugo (D10). Signalne lampice H1 do H7 služe za traženu signalizaciju.

Na slici 4 prikazana je električna shema dijela upravljanja crpkama koji je potreban ako je automatika izvedena PLC-om. Releji D3 je potreban kako bi se zadovoljio uvjet sniženog napona na sklopkama koje se nalaze u vodi, a da se preko njegovog kontakta isključuju sklopnici čiji je svitak na naponu 230 V. Releji D1 i D2 služe za uključivanje sklopnika K1 i K2, dok ostali releji iz primjera u izvedbi relejnom tehnikom nisu potrebni i mijenja ih PLC sa oznakom A2. Svi traženi uvjeti se zadovoljavaju programski s tim da se na digitalne ulaze dovedu informacije o uključivanju sklopnika K1 i K2, signal sa



Slika 4 Električne sheme crpne stanice – dio upravljanja potreban u izvedbi pomoću PLC-a  
 Figure 4 Wiring diagram of pumping station - part of management required by the PLC usage

Tablica 1 Popis materijala s cijenama za izvedbe upravljanja relejnom tehnikom i s PLC-om  
 Table 1 List of materials with prices for the management performance with relay technique and with PLC

Oznaka u shemi	Cijena (relejna tehnika)	Cijena (izvedba s PLC-om)	Opis komponente
A1	400,00 kn	400,00 kn	izvor napona 24 VDC
D1	150,00 kn	150,00 kn	pomoćni relej 24 VDC
D2	150,00 kn	150,00 kn	pomoćni relej 24 VDC
D3	150,00 kn	150,00 kn	pomoćni relej 24 VDC
D4	150,00 kn		pomoćni relej 24 VDC
D5	150,00 kn		pomoćni relej 24 VDC
D6	150,00 kn		pomoćni relej 24 VDC
D7	150,00 kn		pomoćni relej 24 VDC
D8	150,00 kn		pomoćni relej 24 VDC
D9	150,00 kn		pomoćni relej 24 VDC
D10	400,00 kn		vremenski relej 24 VDC, zakašnjeli uklop
D11	400,00 kn		vremenski relej 24 VDC, zakašnjeli uklop
B1	400,00 kn		bistabilni relej 24 VDC,
A2		2000,00 kn	PLC, kao TWIDO Modular 12DI, 8DO Telemecanique
	2.950,00 kn	2850,00 kn	

sklopke S1 – automatski, plovne sklopke razine minimuma i maksimuma i prorada bimetalnih zaštita F1 i F2. Signalne lampice H1 do H7 služe za traženu signalizaciju.

U tablici 1 prikazan je popis materijala prema električnim shemama na slikama 2, 3 i 4 s navedenim cijenama za dio koji je različit ovisno o načinu izvedbe automatike. U shemama i tablici 1 ispušteni su i neki nužni dijelovi kao što su glavna sklopka, glavni osigurači (koji ovise o jačini motora), te u tablici 1 ispušteni su sklopnici, bimetalni, tipkalo stop u nuždi, signalne lampice, sklopka ručno/automatski i sl. koji su isti u obje izvedbe te su irelevantni za usporedbu cijena.

Navedene cijene su prosječne za opremu potrebnih karakteristika, s montažom u elektro ormar i ožičenjem, neovisno o proizvođaču. Ovisno o odabranom tipu releja ili PLC-a te izvođača za izradu, može tako doći do manjih

odstupanja od navedenih cijena. Ipak usporedbe radi, vidljivo je da su već kod složenosti upravljanja kao u opisanom slučaju crpne stanice, ukupne cijene za oba načina izvedbe približno jednake. Dakle, uz kratku analizu što je sve potrebno kod izvedbe relejnom tehnikom, a da se dobiju približno jednake mogućnosti automatike kao za izvedbu s PLC-om, vidljivo je kada je ekonomski opravdano ići u investiciju s rješenjem upravljanja pomoću PLC-a. Osim ekonomske opravdanosti, s većim brojem elemenata u automatici raste broj mogućih elemenata koji se mogu pokvariti, a tada je i osoblju na održavanju teže detektirati uzrok poteškoća, odnosno neispravni element. To znači da je i kod jednake cijene izvedbe upravljanja, opravdano koristiti PLC zbog jednostavnosti održavanja.

Naravno, u danom primjeru se radi o crpnoj stanici s manjim crpkama (uključenje direktno). Ako su crpke većih

snaga (>5 kW), ili čak i za crpke manjih snaga ako je bitna kontinuiranost dobave tekućine koju crpe, često će se ugraditi frekventni pretvarači za pogon motora. Isto tako, ultrazvučno mjerenje razine (koje je najčešće) ili neki drugi način kontinuiranog mjerenja, daje analogni signal, te se tada koriste i analogni ulazi i izlazi, a to daje gotovo imperativ za korištenje PLC-a.

U razmatranju svakako treba postaviti i pitanje što se s takvom automatikom može dalje napraviti. Ukoliko na klasičnu izvedbu (relejn timer tehnikom) želimo nadograditi dojavu na drugu lokaciju, u centralu (upravu) negdje u centru grada ili samo do upravne zgrade (kontrolne prostorije) npr. unutar kruga tvornice ili nadležnoj službi održavanja, potrebna je ugradnja dodatnih releja ili pomoćnih kontakata, polaganje dodatnih kablova do mjesta gdje se signali trebaju prenijeti, uz što se mogu pojaviti problemi padova napona na većim udaljenostima i sl.

Ako je automatika izvedena s ugrađenim PLC-om, koji ima minimalno serijsku vezu, uz minimalan trošak, moguće je ugraditi GSM modul za dojavu porukom nadležnoj (zaduženoj) osobi (ili više njih). Na taj način se informacija o pojavi kvara, nestanku napajanja (ako se PLC i GSM napajaju preko UPS-a), ili bilo kojem drugom događaju distribuira na željene lokacije.

Kod većih sustava (ako je crpna stanica iz analiziranog primjera samo "karika u lancu"), moguće je povezivanje sa ostalim crpnim stanicama, te vodospremama (ako je u pitanju vodovodna mreža) ili s pročištačem otpadnih voda (ako se radi o kanalizacijskoj mreži) uz pomoć Ethernet veze, Profibus komunikacijom, nekom mrežom vezanom za određenog proizvođača opreme (npr. Devicenet – OMRON), preko odgovarajućeg modema, klasičnom telefonskom mrežom, radio vezom (telemetrija) itd. Upravljanje i zadavanje parametara, te unos (prijenos) podataka mogući su putem operacijskog panela ili SCADA sustava. Mogućnosti su razne, cijene takvih sustava mogu dostići i više stotina tisuća kuna, ali ovisno o važnosti sustava i to može biti opravdano.

## 4

### Zaključak

#### Conclusion

Primjer analize u slučaju prethodne crpne stanice, očito pokazuje da treba usporedbom sa sličnim slučajem u praksi, utvrditi po kojim kriterijima bi trebalo analizirati opravdanost primjene PLC-a u upravljanju planiranim postrojenjem. Mogući kriteriji su:

- ekonomska isplativost pri izradi upravljanja
- složenost upravljanja u fazi projektiranja i izrade
- potreba za dojavom na daljinu
- potreba za nadzor i upravljanje iz udaljenog centra
- potreba povezivanja sa drugim postrojenjima
- jednostavnost održavanja
- očekivana potreba za proširenjima u budućnosti...

Iz svih analiza i razmatranja slijedi, da postoje slučajevi kada je apsolutno opravdano primijeniti PLC, slučajevi kad sigurno nije opravdano i slučajevi kada treba najprije postaviti kriterije za utvrđivanje opravdanosti primjene PLC-a i zatim realno procijeniti koji je način upravljanja najpogodniji za određeni slučaj.

## 5

### Literatura

#### References

- [1] Matić, N. Uvod u industrijske PLC kontrolere, Mikro-Elektronika : Beograd, 2002.
- [2] Smith, C. A.; Corripio, A. B. Principles and Practice of Automatic Process Control, 3rd Ed., John Wiley & Sons Ltd : Hoboken, NJ, 2005
- [3] Programmable Controllers, operation manual – OMRON
- [4] Katalog proizvoda Schneider Electric – Izbor iz cjenika
- [5] Katalog proizvoda – Merlin Gerin

#### Adresa autora:

#### Author Address

*Dunja Srpak*

Varaždinska 33

Kučan Marof

42000 Varaždin, Hrvatska