

Prikaz korištenja HMI i PLC u upravljanju tehnološkim procesima

Olivera Janković
 ORAO a.d.
 Bijeljina, BiH
 janolja@yahoo.com

Ratko Janković
 Bijeljina, BiH
 jratko@yahoo.com

Sadržaj— Kombinacija odgovarajućeg interfejsa čovjek-mašina HMI i programabilnog logičkog kontrolera PLC predstavlja potencijalno rješenje za automatizaciju. To je dokazano moćan način da se poveća efikasnost u tehnološkim i industrijskim procesima. U radu će biti prikazan koncept i način implementacije HMI korištenjem E200 terminala i kontrolera PLC FX2N firme Mitsubishi za potrebe upravljanja tehnološkim procesima.

Ključne riječi – automatizacija, interfejs, HMI, PLC;

I. UVOD

Tempo proizvodnje današnjeg industrijskog okruženja u stalnom je porastu. U skladu sa tim povećavaju se i odgovornosti operatera postajući sveobuhvatnije. Brzo i jednostavno operater mora da dobije informacije o statusu mašine i podjednako jednostavno mora biti u stanju da kontroliše rad mašine. S druge strane, funkcije programabilnih logičkih kontrolera, PLC sistema, se povećavaju i postaju naprednije što omogućava efektivno i efikasno kontrolisanje komplikovanih procesa [1]. Korištenjem operator terminala, komunikacija čovjek-mašina je jednostavna i bezbjedna čak i za složene i najnaprednije procese.

Grafički operator paneli su razvijeni da zadovolje zahtjeve čovjek-mašina komunikacije za potrebe nadzora i kontrole u različitim područjima korištenja u proizvodnji, procesnoj industriji i sl.. Korištenjem terminala pojednostavljuje se rad operatera jer se lako prilagođava radnom okruženju operatera. Veoma je važno da operater može da koristi termine koji su mu poznati i sa kojima je "familijaran".

Generalno, jasne su prednosti savremenih tehnologija u upravljanju i nadzoru nad proizvodnim procesima, pri čemu su izvjesni i znatni troškovi za implementaciju takvih rješenja. U nastavku će biti prikazana realizacija PLC sistema i HMI interfejsa za potrebe kontrole i nadzora tehnološkog procesa - sušenja.

II. PLC SISTEM

Napredak u tehnologiji izrade mikroprocesora pored ostalog značajno je uticao na sisteme upravljanja. Polazna ideja je bila da se realizuje takav elektronsko-mikroprocesorski upravljački uređaj koji je moguće

jednostavno reprogramirati u slučaju potrebe za izmjenama u zahtjevima vezanim za upravljanje [2]. Prvi takvi uređaji nazvani su programabilni logički kontroleri (*Programmable Logic Controllers*) ili skraćeno PLC. Prema jednoj od definicija¹, programabilni logički kontroler je: "Digitalni elektronski uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahtijeva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, prebrojavanje, mjerenje vremena, izračunavanje, u cilju upravljanja različitim mašinama i procesima". Kako su pokazali izuzetne prednosti u odnosu na, do tada korištenu logiku zasnovanu na primjeni releja (flesibilnost zbog mogućnosti programiranja, velika pouzdanost, nema ožičavanja,...), uslijedio je njihov brzi razvoj.

PLC je dizajniran tako da se može primjeniti [3] u industrijskim uslovima (industrijski računar), što znači da je otporan na razne nepovoljne uticaje (prašina, vlaga, visoka temperatura, vibracije i elektromagnetne smetnje). Najčešće se primjenjuje u neposrednom okruženju procesa sa kojim upravlja i za rješavanje decentralizovanih upravljačkih zadataka, gdje se korištenjem određenih ulaza i izlaza povezuje sa operatorskim panelima/terminalima, motorima, sensorima, ventilima, prekidačima i sl.

A. Programiranje PLC-a

Programabilni logički kontroler je uređaj koji korisnik može programirati da bi se izvršio određeni niz ili sekvenca događaja. Ovi događaji su potaknuti ulaznim signalima sa ulaznih uređaja (tajmer, fotočelija, enkoder,...) koji dolaze na PLC koji u skladu sa programskom logikom formira izlazne signale sa kojima upravlja izlaznim uređajima (releji, kontaktori, elektromagnetni ventili, elektromotori, step motori, pneumatski cilindri i drugi slični uređaji). PLC se kontinuirano vrti u petlji izvršavanjem korisničkog programa, čekajući ulaze i davajući izlaze u programski određenom vremenu.

U ovoj realizaciji korišten je PLC model firme Mitsubishi Melsec FX2N 80MR, prikazan na Sl.1. Model posjeduje 80 I/O, odnosno 40 ulaza i 40 relejnih izlaza [4]. Pored osnovnog tu su i dodatni moduli FX2N-16EYT i FX2N-2AD koji se takođe mogu vidjeti na Sl.1, desno od PLC-a.

¹ *The National Electrical Association – NEMA*



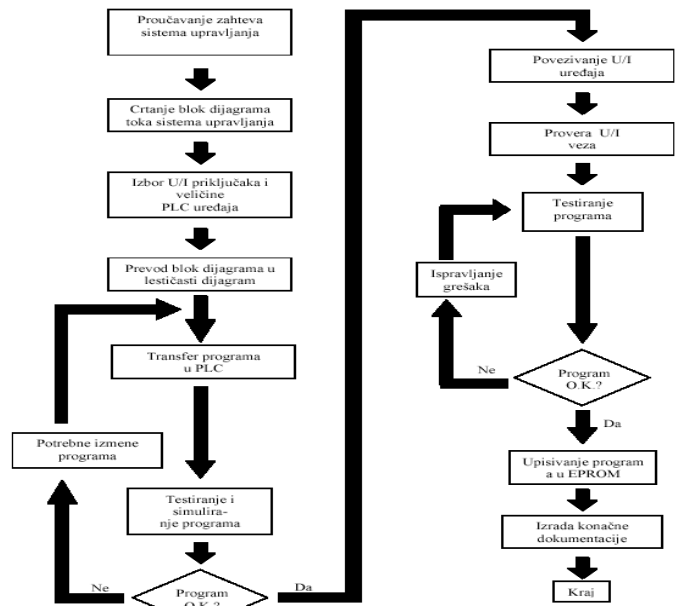
Slika 1. Prikaz PLC FX2N80MR smješten u ormaru mašine

FX2N-16EYT ima 16 tranzistorskih izlaza, dok je FX2N-2AD blok analognih ulaza koji se koristi za konverziju analognih ulaza (naponski i strujni) u digitalne 12 bitne vrijednosti i prosledjivanje njihovih vrijednosti u PLC.

Postoje različiti alati za programiranje PLC kontrolera - proizvođači PLC-a uz njih isporučuju namjenske programske pakete. Programi se sastoje od serije instrukcija napisanih u jeziku koji PLC razumije. U osnovi postoji tekstualni (IL,ST) i grafički format programa (LD,FBD). U ovom slučaju korišten je kontaktni ljestvičasti dijagram, tzv. *ladder* dijagram LD, najčešće upotrebljavan PLC programski jezik. U ovom primjeru za programiranje korišteno je GX Developer Version 8.20W Mitsubishi programsko okruženje[5].

Na Sl.2 prikazan je blok dijagramom, sistemski pristup korišten za projektovanje sistema upravljanja pomoću PLC uređaja. Prvi korak je svakako upoznavanje sa sistemom, objektom na kojem se želi primijeniti automatsko upravljanje, odnosno proučavanje zahtjeva sistema upravljanja. Sam sistem upravljanja može se predstaviti pomoću odgovarajućih blok dijagrama. Snimljena situacija predstavlja osnovu za procjenu i izbor odgovarajućeg PLC uređaja. Sama logika sistema upravljanja dalje se na osnovu blok dijagrama prevodi u ljevičaste dijagrame. Tako napisani programi se prebacuju u PLC i nakon uspješnog testiranja i simuliranja programa, povezuju se i ulazno/izlazni uređaji i provjeravaju I/O veze. Slijedi ponovno testiranje programa i u slučaju da nema grešaka program se arhivira i pristupa se izradi korisničke dokumentacije. Prethodno opisani koraci su u praksi iterativni sve dok se ne ustanovi da sistem zadovoljava prethodno definisane zahtjeve i na adekvatan način automatizuje željeni proces.

U konkretnom primjeru je par PLC+HMI korišten za upravljanje kotlom za zagrijavanje vode za potrebe sušara za drvo. Kotao kao gorivo koristi drvenu biomasu. Generalno, biomasa je energetski naboj dobiven iz obnovljivih izvora energije, prvenstveno od drva, sijena i poljoprivrednih ostataka. Drvna biomasa iz šumarstva i drvoprerade koristi se u najvećoj mjeri za proizvodnju drvnih goriva i predstavlja proizvod sa niskim negativnim uticajem na životnu sredinu[6].

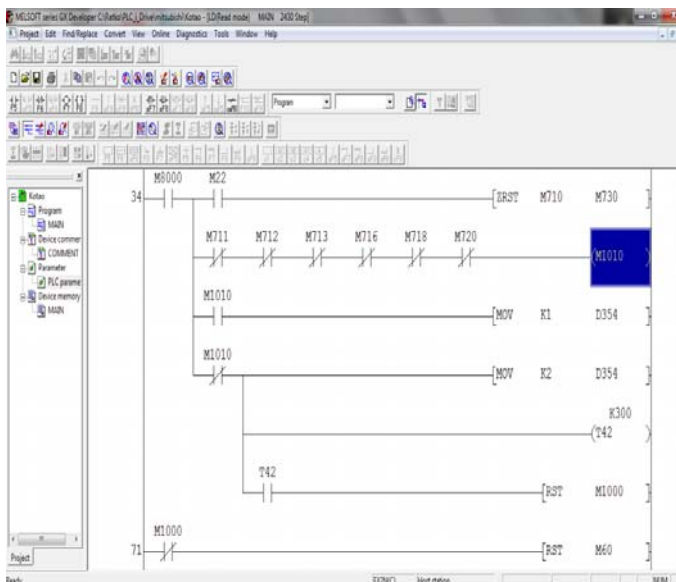


Slika 2. Sistemski pristup za projektovanje sistema upravljanja korištenjem PLC

U ovom slučaju biomasa (piljevina), ostaje kao nus proizvod u proizvodnom procesu i ista je ventilacionim sistemom skupljena u rezervoar kotla. Zadaci PLC-a su da kontroliše nivo biomase u rezervoaru, dopremanje biomase iz rezervoara u gorionik kotla, regulacija temperature i uslova za sagorjevanje biomase i regulacija temperature vode u kotlu. Za kontrolu nivoa biomase u rezervoaru se koriste senzori nivoa, dopremanje biomase u gorionik se obezbjeđuje pužnim dozatorima sa elektromotornim pogonom (Sl.3), korištenjem digitalnih ulaza i izlaza. Pravilan rad gorionika se obezbjeđuje sa dva ventilatora regulisanjem broja obrtaja tj. dotoka zraka u gorionik. Kao osnovni ulazni parametri se koriste temperatura šamota kotla, temperatura dima, podpritisak u gorioniku i temperatura vode u kotlu. Svi pobrojani ulazi su analogne veličine dovedene sa senzora na analogni ulazni modul (FX2N-AD). Na displeju HMI se pored ostalog, prikazuju trenutne vrijednosti analognih veličina i zadate vrijednosti istih analognih veličina, kao i alarmi koji se pojavljuju u toku rada postrojenja.



Slika 3. Pužni dozatori sa elektromotornim pogonom



Slika 4. Primjer *ladder* dijagrama u GX Developer okruženju

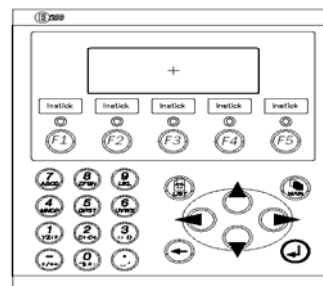
U principu *ladder* dijagram se sastoji iz dva osnovna dijela, lijevi dio koji se naziva uslovni i desni koji sadrži instrukciju koja biva izvršena kada se ispuni uslov. Na Sl. 4. prikazan je dio logike sistema predstavljen ljevičastim dijagramom, gdje se npr. interni memorijski bit M1010 (označen tamnom - plavom pozadinom) aktivira u slučaju kada su zadovoljeni uslovi: M8000='1' i M711, M712, M713, M716, M718, M720 = '0'.

III. REALIZACIJA HMI

Sprega između čovjeka (operatera) i mašine koja mu omogućava da nadzire procese i upravlja njima zove se interfejs čovjek/mašina (*human machine interface*, HMI). U osnovi omogućava korisniku da prikaže proces ili njegovu grafičku prezentaciju na monitoru, pregleda kako sistem radi, stekne uvid u trend promjena vrijednosti i prima obavještenja o alarmima. HMI dakle predstavlja vezu između operatera koji prati neki proces i samog procesa i u suštini predstavlja način na koji operater može kontrolisati i nadzirati neki proces. Uprošteno rečeno HMI je zadužen za pojednostavljenje komunikacije između čovjeka i mašine. U ulozu HMI može se pojaviti prekidač, taster, tastatura, displej, monitor, bušena traka, PC itd...

Činjenica je da je svaki HMI prilagođen mašini, odnosno procesu koji ona izvodi. Međutim koncept i sama rješenja time ne gube na opštosti, jer postoji niz sličnih, gdje se takva rješenja uz male korekcije mogu primijeniti. U skladu sa tim u nastavku će biti prikazana realizacija HMI korištenjem operator terminala firme Mitsubishi [7]. Konkretno radi se o modelu E200 koji je korisnik imao na raspolaganju u konkretnom slučaju (retrofit rješenja) a u skladu je sa potrebama i zahtjevima korisnika. Korištenje i programiranje ovog terminala u sklopu je korištenja E-serije terminala (E100, E200, E300, E600...) uz uvažavanje specifičnosti pojedinih modela. U nastavku će ukratko biti opisane osnovne funkcije terminala koje su se pokazale neophodnim sa aspekta razumjevanja korištenja i programiranja terminala.

A. E200 terminal



Slika 5. E200 terminal

E200 terminal (Sl.5) je u suštini jednostavan terminal koji ima tekstualni LCD displej 4x20 karaktera sa pozadinskim osvjetljenjem, posjeduje 5 funkcionalnih tipki (F1-F5) i alfanumeričku tastaturu, predviđen za stacionarnu instalaciju (Sl.6). Takođe posjeduje pet LED dvobojnih dioda -crvena i zelena boja- sa trakom za vlastiti tekst.

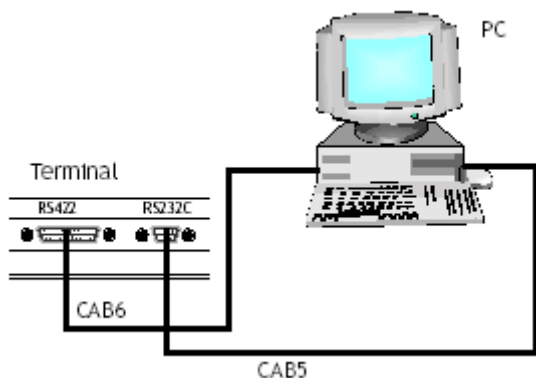
Terminal ima sistemski program (operativni sistem) koji je smješten u memoriji terminala. Sistemski program se može po potrebi nadograditi novijom verzijom. E-terminal ima tri operativna moda:

- Setup mod (SETUP)
- Mod programiranja (PROG)
- Izvršni mod (RUN)

Setup mod, bazno služi za podešavanje osnovnih setovanja kao što su izbor korištenog PLC sistema, jezika i podešavanja štampača na primjer. Za razliku od ovih podešavanja koja se mogu obaviti korištenjem određenog programa, postoje i podešavanja – setup koji se obavlja sa menija samog E-terminala. Kao primjer takvog podešavanja je korištenje funkcije brisanje memorije (*Erase Memory*). Ovom funkcijom se briše aplikaciona memorija terminala. Svi blokovi, definicije alarma, vremenski kanali, funkcionalne tipke i signali sistema su obrisani upotrebom navedene funkcije.



Slika 6. E200 terminal u radnom okruženju



Slika 7. Veza terminal – personalni računar

Mod programiranja je mod u kojem se aplikacija može modifikovati. Terminal može da se programira korištenjem ugrađene tastature ali preporuka je da se programiranje obavlja korištenjem odgovarajućeg softvera. Za realizaciju projekta za operator terminal E200 korišten je softverski paket E-Designer² ver 7.4. Na Sl. 7, pokazano je da se konekcija terminala i personalnog računara može ostvariti koristeći RS-232 ili RS422 serijsku komunikaciju.

Izvršni mod (*run-time mode*), je mod u kome se aplikacija izvršava. Kada je terminal u ovom modu automatski je prikazan glavni blok - blok 0. Za navigaciju i izbor vrijednosti u ovom modu koristi se ugrađena tastatura. Odgovarajuće poruke greške biće prikazane na displeju ukoliko se desi greška u komunikaciji terminala i PLC sistema na primjer.

Korištenjem kombinacije određenih tastera terminala moguć je prelazak između modova. Izbor između moda programiranja PROG i moda izvršavanja RUN, se vrši istovremenim pritiskom na tipke [←] i [MAIN] terminala. Mogućnost prelaska između ova dva moda treba biti kontrolisana upotrebom password-a. Prelazak iz moda PROG u SETUP obavlja se pritiskom na tipku [LEAVE] sve dok se ne pojavi start-up meni nakon čega se može pritisnuti bilo koja tipka. Za povratak u PROG mod dovoljno je pritisnuti tipku [LEAVE]. Prelazak iz moda SETUP u mod RUN, se vrši posredno prelaskom u PROG mod sa istovremenim pritiskom na tipke [←] i [MAIN] i nakon pojavljivanja startnog menija pritiskom bilo koje tipke se ulazi u STARTUP mod terminala. Prelazak iz moda STARTUP u RUN se vrši sa istovremenim pritiskom na tipke [←] i [MAIN].

Ugrađene tipke koje se koriste i koje imaju svi terminali su:

- [↵] / [ENTER] – potvrda setovanih opcija i prelaz u novi red/liniju;
- [PREV] - prelazak na prethodni blok;
- [LIST] - prikaz alarm liste;
- [ACK] - potvrda alarma sa alarm liste;
- [MAIN] - skok na blok 0 u izvršnom modu;

- [←] - brisanje karaktera lijevo od pozicije kursora;

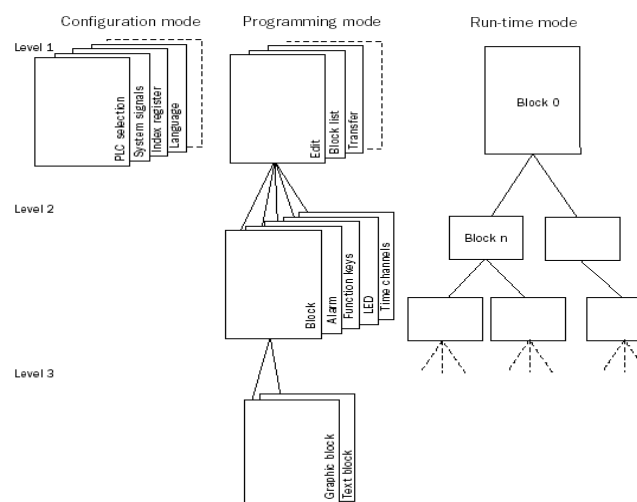
Pored pomenutih sekvenci koje služe za prelazak između modova korisna je sekvenca za samotestiranje terminala (◀▶), a posebno sekvenca kojom se dobija stranica dijagnostike terminala ([←] + [LIST] u izvršnom modu). U okviru dijagnostike mogu se dobiti veoma korisne informacije od onih statističkih koje se odnose na broj pokretanja, ukupno vrijeme izvršavanja i sl., pa do onih iz koji se mogu dobiti podaci vezani za komunikaciju sa kontrolerom (korišten je jedan kontroler inače mogu biti definisana 2 kontrolera).

B. Programiranje HMI

Osnovni gradivni element aplikacije su blokovi, koji mogu biti grafički i/ili tekstualni. Svaki blok ima određeni broj bloka, broj od 0-989 označen od strane programa. Blokovi od 990-999 su rezervisani za specijalne namjene, tzv. systemske blokove. Terminal je objektno orijentisan što znači da blok može sadržavati sve signale vezane (*linked*) za jedan objekat za kontrolu i monitoring – za pumpu na primjer.

Za rad sa blokovima (kreiranje, definisanje zaglavlja,...) koristi se **Block Manager** alat (*toolbox*). Zaglavlje bloka je definisano za svaki blok i ono sadrži broj bloka, tip bloka, statusnu riječ i slično. Funkcije alarma, vremenskih kanala, monitorisanja sistema i td., mogu biti uključene kao systemski blokovi. Maksimalan broj blokova u projektu za terminal E200 je 150 blokova i podržani blokovi su tipa text.

Struktura aplikacije terminala se sastoji od dobro organizovanih alata za monitoring namjenjenih operateru obezbjeđujući sažete informacije o funkcionisanju sistema. Veoma je važno dobro organizovati aplikaciju, procijeniti i izabrati koje su funkcije neophodne. U tom procesu se kreće od opšteg prikaza i postupak se nastavlja prema dole do nivoa detalja. Svaka funkcija postaje jedan ili više blokova, zavisno od stepena kompleksnosti same funkcije, a svaki blok može da se sastoji od statičkih i dinamičkih objekata. Blokovi treba da se organizuju hijerarhijski (Sl.8) da se dobije strukturirana aplikacija koja odgovara načinu rada i pojednostavi posao –



Slika 8. Struktura menija po nivoima za sve modove rada terminala

² paket firme Beijer Electronics zamjenio MAC Programmer+



Slika 9. Transfer projekta personalni računar – terminal E200

radna procedura za operatora mašine. Aplikacija može biti organizovana i kao sekvenca. Aplikaciju je moguće testirati kompletnu, ili neki njen dio, prije nego se pusti u izvršavanje.

Na samom početku kreiranja projekta (aplikacije) korištenjem paketa E-Designer, između ostalog potrebno je odabrati tip terminala (korišten E200), selektovati marku i drajver izabranih kontrolera (korišten jedan kontroler - Brend Melsec/ FX CPU Protocol / FX2N model). Da bi se napisani projekat koristio potrebno je izvršiti njegov transfer sa personalnog računara (E-designer) na terminal koji prethodno moraju biti povezani korištenjem RS-232 (korišten za transfer projekta na Sl. 9) ili RS-422. Prethodno je potrebno podesiti odgovarajuće parametre serijske komunikacije - port, brzina prenosa, broj bita,... (COM1,19200,8,...)

Prilikom programiranja HMI, da bi se realizovale prethodno definisane funkcionalnosti (realizovane kreiranjem adekvatnog broja blokova) koje direktno zavise od procesa koji mašina izvodi, na raspolaganju su funkcije kao što su: definisanje i korištenje funkcionalnih tipki, definisanje funkcije LED dioda, korištenje (grupa) alarma, obezbjeđenje nivoa zaštite sa korištenjem password-a, definisanje vremenskih kanala, transfer podataka i td. Iako izbor funkcija zavisi od same namjene HMI u praksi se najčešće koristi njihova kombinacija – u ovom primjeru svih gore navedenih.

U realizaciji HMI važno mjesto zauzimaju funkcionalne tipke F1-F5. One se mogu definisati na dva načina, kao globalne i kao lokalne funkcionalne tipke. Globalne funkcionalne tipke se definišu i koriste na nivou aplikacije, što znači da su validne za sve blokove. Lokalne funkcionalne tipke se definišu i koriste na nivou bloka. Globalno definisane tipke su dostupne u modu izvršavanja pod pretpostavkom da blok prikazan na displeju terminala nema lokalno definisanih funkcionalnih tipki. To znači da lokalno definisane funkcionalne tipke imaju veći prioritet od onih definisanih globalno. Globalna definicija se definiše koristeći **Functions/Function Keys**, dok se lokalna definiše u okviru zaglavlja određenog bloka.

Korištenje i upravljanje alarmima služi prije svega da ukaže i skrene pažnju operatera na događaj u procesu koji zahtijeva trenutnu akciju. Alarme je, ukoliko to model dozvoljava (korišteni terminal ima samo jednu grupu), korisno podijeliti i grupisati sa aspekta njihova prioriteta. Definisanjem alarmnih poruka određuje koji će signal, koje stanje i pod kojim uslovima aktivirati alarm te u krajnjem i koja će poruka biti prikazana u slučaju da je signal aktiviran. Lista alarma sadrži alarme koji su aktivirani u modu izvršavanja.

C. Terminal kao posrednik

Spoljašnji uređaji kao što su skeneri bar koda, mašine za vaganje i modemi mogu biti spojeni preko terminala na PLC. korištenjem RS232 interfejsa i ASCII protokola. Pristigli podaci, koji dolaze u terminal direktno idu u registar kontrolera.

IV. KOMBINACIJA TERMINAL - PLC

Par terminal – PLC sistem zajedno nudi značajne prednosti. Pored ostalog nije nužno praviti izmjene ili dopune postojećih PLC programa. Takođe terminal ne blokira niti jedan ulaz/izlaz PLC sistema. U stvari, korištenjem terminala poboljšava se jasnoća i dostupnost funkcija PLC sistema, kao što je rukovanje alarmima na primjer.

A. Faktori koji utiču na komunikaciju

Da bi uspostavili komunikaciju između E200 terminala i kontrolera koja bi bila brza i efikasna potrebno je poznavati kako pravilno čitati vrijednosti signala i kako se to čitanje može optimizovati. Samo signali koji su vezani za objekat u tekućem bloku se čitaju neprekidno. Kako se dakle ne čitaju signali objekata u drugim blokovima jasno je da broj blokova jednog projekta ne utiče na komunikaciju. Pored signala vezanih za objekat tekućeg bloka, postoji određena lista signala (Displej signali, Print signali, LED registri, Alarmni signali,...) sa kontrolera koju terminal takođe neprekidno čita. Signali koji ne utiču na vrijeme komunikacije su signali vezani za funkcionalne tipke, vremenski signali i oni vezani za objekte poruka za alarm. Generalno komunikacija će biti efikasnija, signali sa kontrolera će se značajno brže čitati, ukoliko se signali sa navedene liste čitaju uzastopno

V. ZAKLJUČAK

Činjenica je da je svaki PLC sistem za upravljanje u direktnoj vezi sa procesom koji se automatizuje te da je HMI prilagođen mašini, odnosno procesu koji ona izvodi. Međutim koncept i sama rješenja time ne gube na opštosti, jer postoji niz sličnih, gdje se takva rješenja uz male korekcije mogu primjeniti. Predstavljena kombinacija, par PLC&HMI baziran je na zadacima i potrebama korisnika što dovodi do zadovoljavajuće efikasnosti, manje grešaka i odlične saradnje.

LITERATURA

- [1] F. D. Petruzella, Programabilni logički kontroleri, prevod 4. izdanja, Mikro knjiga 2011
- [2] Z. Jegeš, M. Adžić, R. Marton, UPRAVLJANJE PRIMENOM PLC UREĐAJA, Subotica 2005

- [3] A. P. Magalhaes, Industrial automation practices, COPYRIGHT 2012 BY REAL GAMES LDA.
- [4] Programming manual, FX Series Programmable Controllers, Mitsubishi Electric (1999)
- [5] Operating manual, GX Developer Version 8, Mitsubishi MELSOFT (2003)
- [6] B. Glavonjić, Drvna goriva: vrste, karakteristike i pogodnosti za grejanje, SNV Montenegro, 2011.
- [7] Manual, E-terminals and E-Designer, Beijer Electronics AB, (2004)

ABSTRACT

Application a human machine interface (HMI) and programmable logic controller (PLC) provides an automation solution. It is a proven, powerful method to boost efficiencies in production processes. In this paper will be shown concept and implementation for automation of technological processes using E200 terminals and controllers PLC FX2N firm Mitsubishi.

Automation of technological processes using HMI & PLC
Olivera Janković, Ratko Janković