

,SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski stručni studij elektrotehnike

Završni rad

AUTOMATIZACIJA ELEKTRIČNIH POSTROJENJA

Rijeka, lipanj 2016.

Filip Kadum

0069055122

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski stručni studij elektrotehnike

Završni rad

AUTOMATIZACIJA ELEKTRIČNIH POSTROJENJA

Mentor: izv. Prof. dr. sc. Srđan Skok

Rijeka, lipanj 2016.

Filip Kadum

0069055122

Izjava

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći se znanjem stečenim tijekom studija i navedenom literaturom.

Zahvala

Srdačno se zahvaljujem izv. Prof. dr. sc. Srđanu Skoku, na pomoći koju mi je pružio tijekom izrade ovog rada.

Također se zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi omogućili školovanje, te su vjerovali u mene čak i kad ja nisam.

TEHNIČKI FAKULET

Povjerenstvo za završne ispite
preddiplomskog stručnog studija elektrotehnike
Br.: 602-04/16-14/15
Rijeka, 14.03.2016.

ZADATAK

za završni rad

Pristupnik: Filip Kadum

Matični broj::0069055122
Lokalni matični broj: 13800061

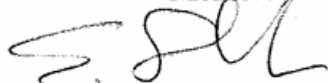
Naziv zadatka: **AUTOMATIZACIJA ELEKTRIČNIH POSTROJENJA**

Title (*English*): **POWER SYSTEM AUTOMATION**

Polje znanstvenog područja: 2.03. Elektrotehnika
Grana znanstvenog područja:2.03.01 elektroenergetika

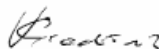
Opisati dijelove dijelove industrijskih niskonaponskih i sredjenaponskih postrojenja. Opisati proračune potrebne za dimenzioniranje industrijskih postrojenja. Opisati sustave za automatizaciju industrijskih postrojenja. Posebno se osvrnuti na automatizaciju korištenjem PLC uređajima.

Mentor:



Izv. prof. dr. sc.Srdan Skok, dipl.ing.

PredsjednicaPovjerenstva:



Izv. prof.dr. sc. Vera Gradišnik, dipl.ing.

Student:



Filip Kadum

Završni radovi moraju biti u skladu s „Uputama za pisanje završnog / diplomskog rada“.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PROGRAMABILNI LOGIČKI SKLOP	2
2.1 Općenito o PLC	2
2.2 Prednosti korištenja PLC-a	3
2.3 Arhitektura PLC-a	4
2.4 Sastavni dijelovi PLC-a	6
2.5 Veličina PLC-a i aplikacije	9
2.6 Konstrukcija PLC sistema	9
2.7 Programski ciklus	11
2.6.1. Vrijeme odaziva PLC-a	12
2.8 Programiranje PLC-a	13
2.8.1. Ljestvičasti logički dijagram	13
2.8.2. Funkcijsko blokovski dijagram	15
2.8.3. Instrukcijske liste	16
2.9 Programska podrška	17
2.10 SCADA sistemi	18
3. AUTOMATSKA REGULACIJA IZMJENJIVAČA TOPLINE	20
3.1 Automatska regulacija	20
3.2 PID upravljanje	21
3.2.1 Podešavanje PID parametra	23
3.3 Matematički model sklopa	24
3.4 Izrada upravljačkog programa	26
3.5 Podešavanje SCADA-e	31
4. ZAKLJUČAK	35
5. LITERATURA	36
6. DODACI	37
6.1 Upravljački program ventila za plin	37
6.2 Upravljački program ventila za vodu	38
6.3 Upravljački program izmjenjivača topline	39
6.4 Upravljački program PID parametra	43

1. UVOD

U ovom radu se opisuje implementacija programabilnih logičkih sklopova (PLC) u sustavima automatizacije. Zbog brzog razvoja modernih industrijskih sustava došlo je do potrebe za uvođenjem fleksibilnih upravljačkih sustava. Glavnu ulogu u upravljanju i nadzoru automatiziranih industrijskih sustava preuzeli su programabilni logički sklopovi. Zbog njihove raširene primjene u svim granama industrije, te zbog želje da se brže, jeftinije i kvalitetnije upravlja procesima, proizvođači sve više ulažu u razvoj novih PLC uređaja koji su u potpunosti zamijenili i nadmašili relejno upravljanje. Automatska regulacija predstavlja jedan od najvažnijih zadataka koji se javljaju u današnjem razvitku industrijskih sustava. Programabilni logički sklopovi se koriste za širok raspon automatizacijskih zadataka. Oni su uobičajeni za industrijske proizvodne procese gdje je cijena razvoja i održavanja automatizacijskih sustava ne zamjetna u usporedbi s troškom cjelokupne automatizacije i gdje se tokom rada očekuju promjene u sustavu.

U okviru završnog rada objašnjene su osnovne značajke i funkcijske karakteristike PLC uređaja, te je prikazan i objašnjen postupak izrade programa za automatsko upravljanje industrijskih sustava. Cilj rada je upoznavanje sa svim aspektima PLC uređaja počevši od njihove građe do širokog raspona primjene u industrijskim sustavima.

Završni rad je podijeljen u dva osnovna dijela. U prvom dijelu opisana je kratka povijest razvoja programabilnih logičkih sklopova, te razlozi prelaska s relejnih upravljačkih sklopova na PLC. Opisana je arhitektura, princip rada, programiranje te je prikazan pregled programskog razvojnog alata potrebnog za projektiranje PLC sustava.

U drugom dijelu prikazan je postupak izrade programa za automatsko upravljanje i regulaciju industrijskog postrojenja, kao i simuliranje njegovog rada na računalu. Također je opisan postupak izrade SCADA sučelja. Za sve je korišten programski STEP 7 *Basic* i WinCC za izradu upravljačkih aplikacija PLC uređaja.

2. PROGRAMABILNI LOGIČKI SKLOP

2.1. Općenito o PLC-u

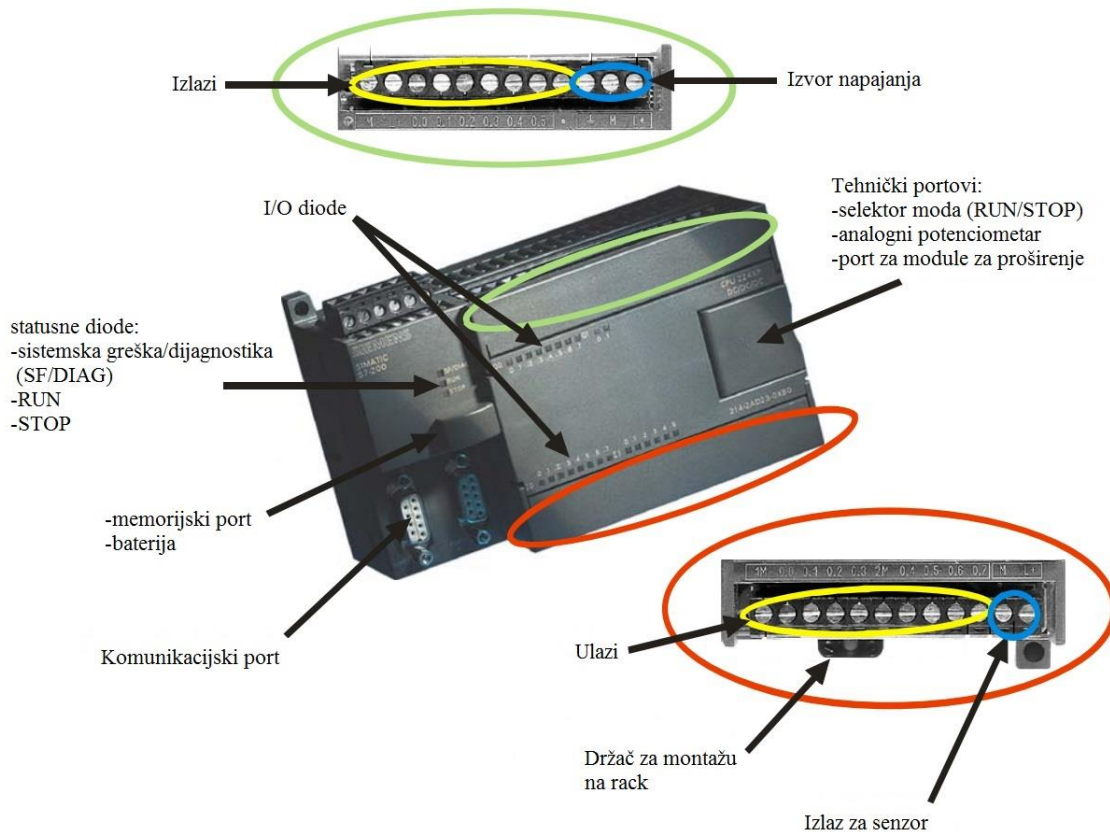
Prvi programabilni logički sklopovi (PLC) razvijali su inženjeri General Motors-a krajem 60-ih godina, kada su pokušali naći alternativnu zamjenu za složene relejne sklopove. Ideja razvoja je bila da se u potpunosti zamijeni relejna logika pomoću elektroničko-računalnog upravljačkog sustava koji bi imao mogućnost jednostavnog programiranja prikladnog za pogonsko osoblje i istodobno bi otklonio nedostatke pouzdanim radom, jednostavnim održavanjem i pronalaženjem grešaka u programu. Međutim, PLC je danas mnogo više od programabilnog releja koji samo otvara i zatvara izlazne kontakte. Postoji veliki broj različitih tipova PLC-a koji se razlikuju po veličini, izgledu i moći obrade, počevši od malih jedinica sa malim i ograničenim brojem ulaza i izlaza do velikih, modularnih jedinica koje se mogu konfigurirati za rad sa više stotina ili čak tisuća ulaza/izlaza. PLC-ovi danas ne samo da mogu obavljati klasično upravljanje po principu uključivanja i isključivanja uređaja već i kompleksnu kontrolu rada najsloženijih i najraznovrsnijih aktuatora, pritom realizirajući složene tehnološke funkcije kao što su PID regulacija, pozicioniranje i kontrola osi.

Po definiciji Programabilni logički sklopovi su:

Prema DIN EN61131-1 (1994.) programabilni logički sklop (kontroler) jest digitalni elektronički sustav za uporabu u industrijskom okolišu s programabilnom memorijom za internu pohranu u primjeni orijentiranih upravljačkih naredbi kod implementiranja specifičnih funkcija kao što su npr. logičko upravljanje, slijedno upravljanje, funkcije odbrojavanja, funkcije brojenja i aritmetičke funkcije. Osnovna namjena PLC-a je upravljanje, putem digitalnih ili analognih ulaznih i izlaznih signala, različitim vrstama strojeva ili procesa.

PLC bi jednostavnije mogli definirati kao specijalni industrijski računalni uređaj koji prima signale sa procesa i na osnovu njih vrši upravljanje određenim izlaznim uređajima na procesu. PLC također ima mogućnost komunikacije sa drugim PLC-ovima, računalima i drugim uređajima. Danas PLC predstavlja pouzdan uređaj bez mehaničkih pokretnih dijelova koji je izuzetno otporan na pogonske uvjete rada kao što su prašina, vlaga, visoka temperatura, vibracije i drugi mehanički utjecaji. Mogućnosti komunikacije među PLC uređajima su toliko velike da omogućavaju visoki stupanj iskoristivosti i koordinacije procesa, kao i veliku fleksibilnost u realizaciji upravljačkog procesa, tako da mogućnost komunikacije kao i fleksibilnost predstavljaju glavne prednosti PLC uređaja. U početku, zbog relativno visoke cijene PLC-a, njihova primjena je bila ograničena na relativno velike upravljačke sisteme, kod kojih je broj zamijenjenih releja mogao pokriti cijenu PLC-a. Međutim, u novije vrijeme, cijena

PLC-a je drastično pala, tako da oni danas predstavljaju ekonomično rješenje za najveći broj praktičnih primjena. Automatizacija u industriji postala je nezamisliva bez PLC-a.



Slika 2.1. Osnovni dijelovi PLC-a.

2.2. Prednosti korištenja PLC-a

PLC uređaji su razvijeni sa ciljem da se savladaju mnogi problemi koju su karakteristični za upravljačke sisteme zasnovane na elektromehaničkim relejima. Sa padom cijena PLC uređaja, uz istovremeno povećanje njihove funkcionalnosti i pouzdanosti, PLC uređaji su danas u širokoj primjeni. U odnosu na relejnu tehniku, PLC uređaji imaju:

-*veću pouzdanost* - budući da je cjelokupna logika smještena u memoriji PLC-a, ne postoji mogućnost uvođenja greške u logici prilikom pogrešnog ožičavanja. Program zamjenjuje veći dio vanjskih kablovskih veza koje bi inače bile potrebne za upravljanje procesom. Pouzdanosti PLC-a značajno doprinose i komponente izvedene u tehnologiji integriranih sklopova.

-*veću fleksibilnost* - lakše je napisati i izmijeniti program instaliran u PLC-u nego mijenjati i izmijeniti ožičenje električnog sklopa. Odnose između ulaza i izlaza PLC-a određuje program

koji piše korisnik, a ne način na koji su ti ulazi i izlazi međusobno povezani.

-niže troškove - prvobitna namjena PLC-a bila je da se zamijeni upravljačku logiku izvedenu pomoću releja, ali su uštede postale toliko značajne da se upravljanje pomoću relejne tehnike sve češće smatra zastarjelim, osim kad se radi o visokim naponima i strujama.

-mogućnost komuniciranja - PLC može komunicirati s drugim sklopovima ili drugom računalskom opremom radi obavljanja funkcija kao što su nadziranje sistema, sakupljanje podataka, praćenje parametra uređaja i instaliranje programa.

-kraće vrijeme odziva - PLC je projektiran za brze aplikacije i rad u realnom vremenu. PLC radi u realnom vremenu što znači da će svaki događaj na ulaznom uređaju pokrenuti operaciju na izlaznom uređaju kojim upravlja PLC.

-lakše otklanjanje greška - PLC ima ugrađene funkcije za dijagnostiku koje korisniku omogućavaju da lako prati rad sistema i ispravlja softverskim i hardverskim problemima. Da bi otkrili i otklonili probleme, korisnici mogu pratiti rad upravljačkog programa kako se izvršava na monitoru u realnom vremenu.

Međutim i pored svih navedenih prednosti, ključ uspjeha PLC uređaja ipak leži u načinu njihovog programiranja. Za programiranje PLC sklopova koristi se jezik ljestvičastih logičkih dijagrama (engl. ladder diagram), koji je već dugi niz godina u upotrebi u industriji pri projektiranju logičkih i sekvencijalnih relejnih uređaja. Ovaj jezik koristi grafičku notaciju koja je u vizualnom izgledu i logici rada vrlo slična dijagramima električnih shema i zbog toga je lako razumljiv industrijskim inženjerima.

2.3. Arhitektura PLC-a

Programabilni logički sklopovi su industrijska računala čiji su hardware i software posebno prilagođeni radu u industrijskim uvjetima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sisteme.

Sistem, upravljan PLC sklopom, sastoji se od:

-Ulaznih uređaja, kao što su prekidači, tipkala, senzori itd.

-Ulaznog modula, koji je dio PLC sklopa. Preko ovog modula se primaju signali sa ulaznih uređaja.

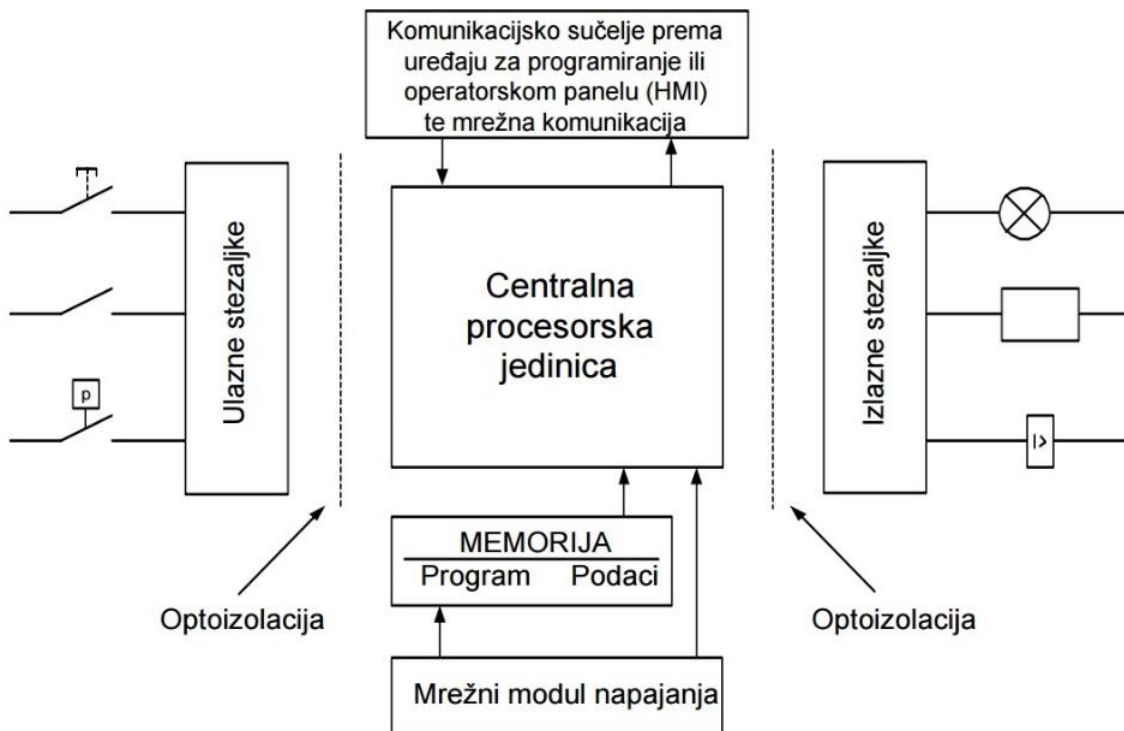
-Logičke jedinice (procesor), koja predstavlja 'mozak' PLC-a, a sastoji se od centralne procesorske jedinice i memorije.

-Izlaznog modula, koji je također dio PLC sklopa. Preko ovog modula se zadaju binarni signali pojedinim izlaznim uređajima.

-Izlaznih uređaja, kao što su releji, svjetiljke, ventili itd.

Izraz arhitektura se može odnositi na hardware PLC-a, software PLC-a ili na neku njihovu kombinaciju. Sistem koji ima otvorenu arhitekturu lako se povezuje sa uređajima i programima drugih proizvođača. U otvorenim arhitekturama koriste se komponente koje su usklađene po dogovorenom standardu. Sistem zatvorene arhitekture je onaj čiji dizajn određuje proizvođač sistema, što otežava povezivanje sa uređajima ostalih proizvođača.

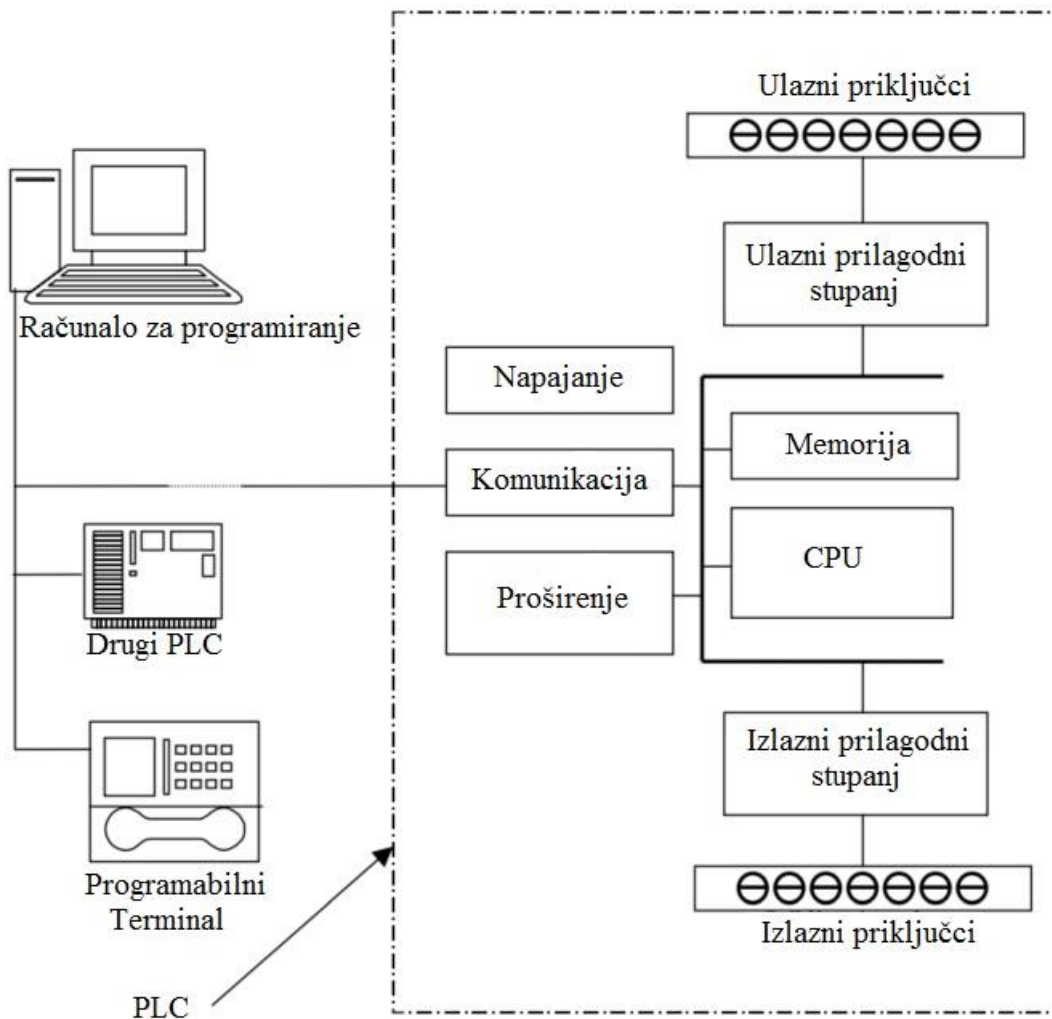
PLC sklop je, u osnovi, mikroprocesorski uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahtjeva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, prebrojavanje, mjerenje vremena, izračunavanje, a u cilju upravljanja različitim tipovima aktuatora i procesa preko digitalnih i analognih ulazno-izlaznih modula. U automatiziranom sistemu, PLC je obično centar upravljanja. Izvršavanjem programasmještenog u programskoj memoriji, PLC neprekidno posmatra stanje sistema preko ulaznih uređaja. Za upravljanje složenim procesima moguće je povezati više PLC uređaja međusobno ili sa centralnim računalom.



Slika 2.2. Struktura PLC-a.

2.4. Sastavni dijelovi PLC-a

Tipičan PLC sistem sastoji se od više dijelova kao što su: centralna procesorska jedinica (engl. central processing unit, CPU), ulazno/izlazne komponente (engl. input/output, U/I), napajanje i uređaja za programiranje.



Slika 2.3. Osnovni elementi PLC-a

Procesor (CPU) je "mozak" PLC-a. Tipičan procesor se sastoji od mikroprocesora koji izvršava program i upravlja komunikacijom između modula. Procesoru je neophodna memorija gdje su smješteni rezultati logičkih operacija koje izvršava mikroprocesor. CPU upravlja aktivnostima PLC-a i projektiran je tako da korisnik može instalirati potrebne programe za automatizaciju procesa.

Napajanje osigurava istosmjerni napon za sve module koji su spojeni na CPU. U sistemima sa velikim brojem PLC jedinica, to napajanje najčešće ne snabdijeva vanjske uređaje. U nekim malim PLC sistemima, napajanje PLC jedinice se može upotrijebiti i za pogon vanjskih uređaja u sistemu.

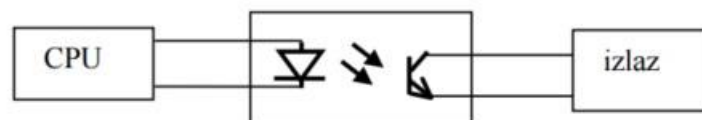
Komunikacijski dio osigurava prije svega komunikaciju sa nadređenim programatorom ili računalom na kojem se piše upravljački program, šalje u PLC i zatim provjerava njegova funkcionalnost. Ostale mogućnosti su komunikacija sa drugim PCL uređajima i raznim sensorima, modemska veza i komunikacija sa operatorskim panelima.

Ulazni prilagodni stupanj štiti CPU od mogućih prevelikih signala na ulazu. Ulazni prilagodni stupanj pretvara nivo stvarne logike u nivo logike koji odgovara CPU jedinici. Ovo se najčešće obavlja pomoću opto-izolatora kod digitalnih ulaza.



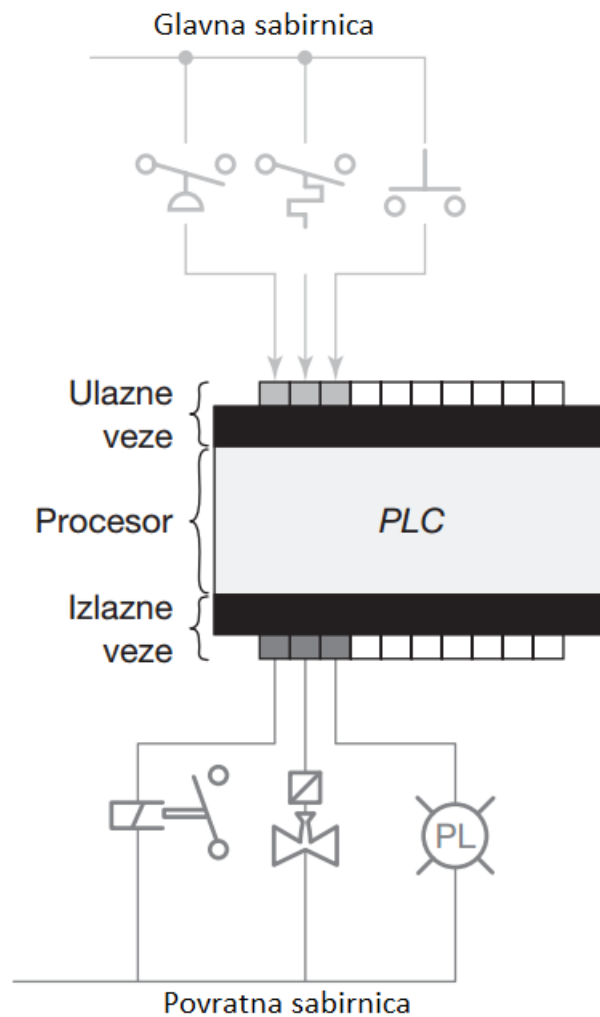
Slika 2.4. Ulazni prilagodni stupanj

Izlazni prilagodni stupanj također mora biti galvanski odvojen. Kod digitalnih izlaza, odvajanje je slično kao i kod ulaza. CPU dovodi signal na LED i uključuje ga. Svjetlost pobuđuje fototranzistor koji aktivira izlazni uređaj, obično je to relej koji je sposoban prekidati jače naponske i strujne signale.



Slika 2.5. Izlazni prilagodni stupanj

U/I moduli imaju zadaću da osiguraju konverziju digitalnog (binarnog) signala koji dolazi sa senzora u numeričku vrijednost 0 ili 1 i da taj podatak smjesti kao jedan bit na odgovarajuće mjesto u memoriji, ili da očita vrijednost nekog bita u memoriji, te ga konvertira u binarni signal koji se vodi na aktuator. Ova činjenica omogućila je projektiranje i izradu tipiziranih U/I modula koji su u stanju obrađivati gotovo sve signale koji se susreću kod industrijske mjerne opreme i izvršnih organa. Za vrijeme rada U/I modula, stanje svakog pina se prikazuje na odgovarajućem LED indikatoru. Indikator koji je povezan sa ulaznim pinom svijetli ako je ulazni signal u stanju logičke jedinice. Indikator povezan sa izlaznim pinom svijetli ako je, kao rezultat obrade programa, na izlazni pin postavljena logička jedinica. Postoje tri tipa U/I modula: ulazni, izlazni i kombinirani ulazno/izlazni moduli. Oni se izrađuju sa različitim brojem pinova (4, 8, 16 i 32 pina po modulu) i mogu raditi na AC, DC i TTL naponskim nivoima.



Slika 2.6. Konfiguracija ulaza i izlaza

2.5. Veličina PLC-a i aplikacije

PLC uređaji se dijele po osobinama kao što su funkcionalnost, broj ulaza i izlaza, cijena i fizička veličina. Od svih navedenih, najvažnija osobina je broj U/I točka (engl. I/O count). Tip uređaja nazvan nano se najčešće odnosi na najmanje PLC uređaje, s manje od 15 U/I točka. Tome slijede tipovi mikro (od 15 do 128 U/I), srednji (od 128 do 512 U/I točke) i veliki (više od 512 U/I točka).

Postoje tri glavne kategorije PLC aplikacija: samostalne, višeprogramske i nadzorne. U samostalnoj (engl. single-ended) PLC aplikaciji, jedan PLC upravlja jednim procesom. To je samostalna jedinica koja ne komunicira s drugim računalima, niti PLC uređajima. Veličina i složenost procesa kojim PLC upravlja glavi su faktori koji utječu na izbor PLC uređaja.

U višeprogramskoj (engl. multitask) PLC aplikaciji, jedan PLC upravlja s više procesa. U toj vrsti instalacije glavi faktor je odgovarajući U/I kapacitet. Osim toga, ako je PLC podsistem nekog opsežnijeg procesa i treba komunicirati s centralnim PLC-om ili računalom, potrebna mu je i mreža za prijenos podataka.

U nadzornoj (engl. control management) PLC aplikaciji, jedan PLC upravlja s više drugih PLC. Ta vrsta aplikacije zahtjeva snažan PLC procesor koji je projektiran za komunikaciju sa drugim PLC sistemima i računalima ako zatreba. Nadzorni PLC nadgleda više drugih PLC sistema tako što im šalje programe koji nalažu podređenim PLC sistemima što trebaju raditi. Vodeći PLC treba uspostaviti veze sa drugim PLC sistemima kako bi pomoću odgovarajućeg načina adresiranja mogao komunicirati s proizvoljnim podređenim PLC sistemom.

2.6. Konstrukcija PLC sistema

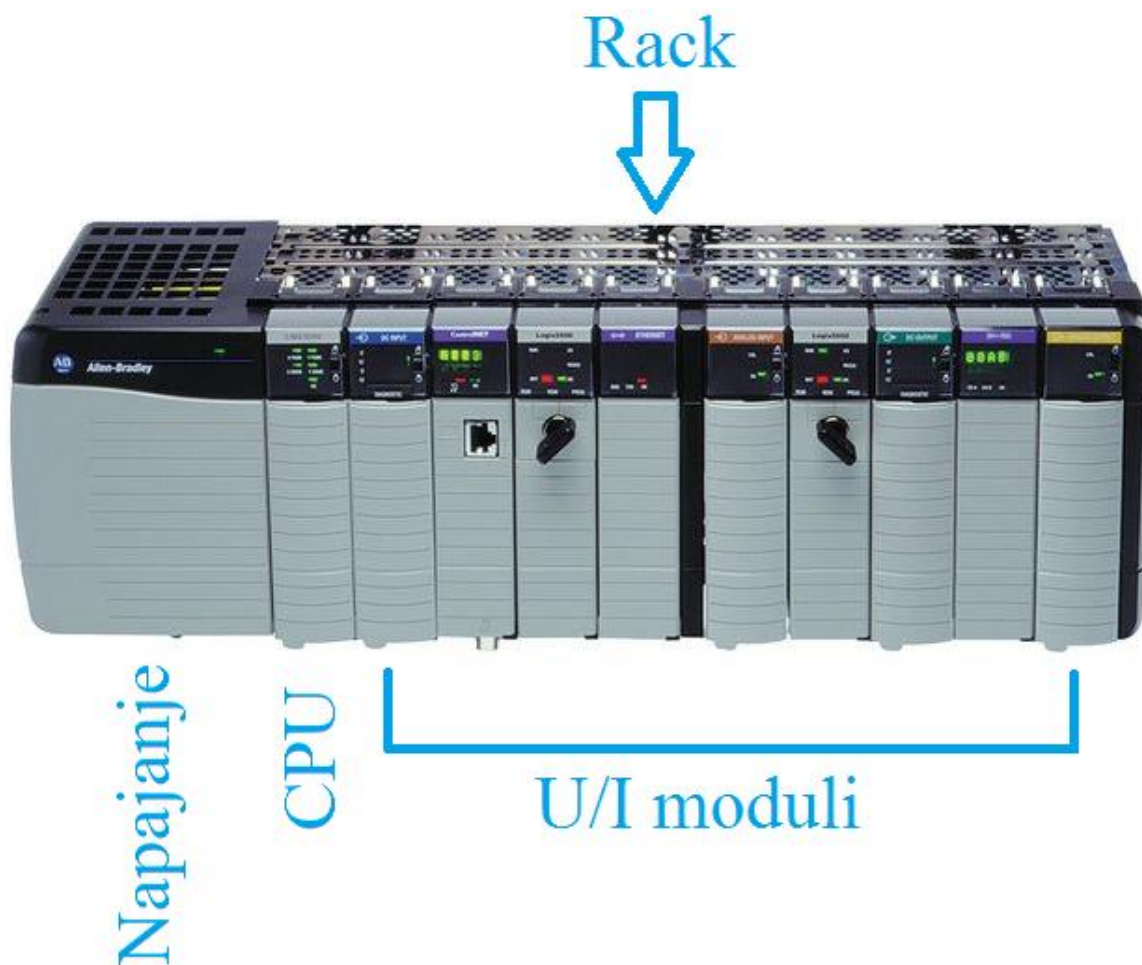
Razlikuju se dva osnovna načina konstrukcije PLC sklopova: kompaktni PLC sklopovi i modularni PLC sistemi.

Kompaktni PLC sklopovi su nezavisni, zatvoreni uređaji sa fiksnim brojem ulaza/izlaza, bez mogućnosti proširenja. U jednom kućištu, obično manjih dimenzija, smješteni su: izvor za napajanje, procesorska jedinica i ulazni i izlazni moduli. Kompaktni PLC sklopovi predstavljaju ekonomično rješenje, predviđeno za upravljanje sistemima i procesima male složenosti. Jedan od nedostataka kompaktnih PLC sklopova je nedovoljna fleksibilnost jer ste po pitanju količine i vrste uređaja koje priključujemo ograničeni na ono što je predviđeno u kućištu PLC-a. Uz to, u nekim modelima, ako se pokvari bilo koji dio jedinice, potrebno je zamijeniti cijelu jedinicu.

Modularni PLC sistemi sastoje se od većeg broja modula koji su smješteni unutar mehaničkog okvira, koji se zove rack. Ta osobina znatno povećava mogućnosti i fleksibilnost jedinice. Broj mjesta u jednom okviru za PLC je, tipično, od 4 do 16. Po pravilu, prvo mjesto je namijenjeno modulu izvora napajanja, koji se priključuje na mrežni napon i generira jednosmjerne napone potrebne za rad ostatka sistema.

Sljedeće, drugo mjesto se koristi za modul logičke jedinice, procesorski (CPU) modul koji izvršava korisnički program i upravlja radom ostalih modula. CPU upravlja svim aktivnostima PLC-a i projektiran je tako da korisnik može instalirati potrebne programe napisane u ljestvičastoj logici. PLC izvršava program kao postupak koji se može ponavljati, a jedno izvođenje programa zove se programski ciklus (engl. Scan cycle).

Preostala mjesta se koriste za module specijalne namijene, kao što su ulazno/izlazni moduli, memorijski moduli i sl. Ovakav način konstrukcije omogućava lako proširenje sistema.



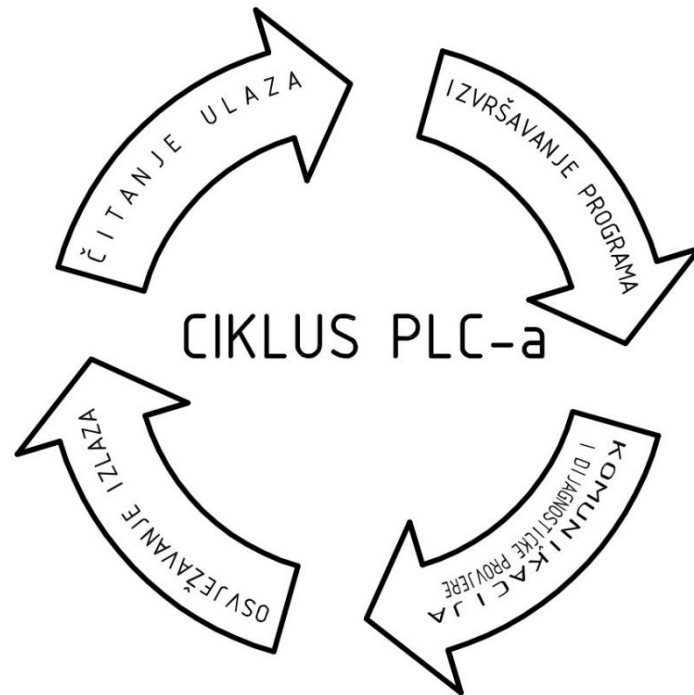
Slika 2.7. Primjer modularnog PLC-a.

2.7. Programski ciklus

Procesor (CPU) PLC-a ima neke sličnosti sa procesorima osobnog računala, ali za razliku od njih ima i vrlo specifičan način rada. Glavna razlika je u tome da procesor osobnog računala čeka odgovarajuću naredbu ili događaj kako bi započeo izvršavanje odgovarajućeg programa, dok procesor PLC-a neprestano izvršava program. Točnije rečeno, PLC nakon uključanja počinje odmah sa neprekidnim cikličnim izvršavanjem određene sekvence radnji u okviru koje se nalazi i izvršenje programa. Sve te radnje koje PLC ciklično izvršava nazivano programski ciklus.

U jednom programskom ciklusu procesor prolazi kroz slijedeće faze:

- 1) *Očitavanje ulaza* – tokom ove faze procesor očitava stanje ulaznih signala i upisuje ga u memoriju koje je predviđeno za smještaj ulaznih podataka. Ovo područje se naziva i slika ulaza.
- 2) *Izvršavanje programa* – procesor izvršava program, koristeći podatke koji su smješteni u području slike ulaza. Rezultati dobiveni izvršavanjem programa upisuju se u područje memorije predviđeno za izlazne podatke, koje se naziva slika izlaza. Procesor izvršava program tako što izvršava naredbu po naredbu. Prilikom izvršavanja programskih naredba potrebni podaci se ne uzimaju direktno sa ulaznih modula, niti se direktno upisuju na izlazne module, već program razmjenjuje podatke isključivo sa memorijom u kojoj su smještena stanja svih ulaza i izlaza.
- 3) *Komunikacija* – u ovoj fazi obavlja se razmjena podataka između procesora i njegovih komunikacijskih portova, odnosno uređaja povezanih sa PLC-om. Procesor PLC-a utvrđuje da li postoje neki komunikacijski zahtjevi i određuje kako i na koji način će se oni realizirati.
- 4) *Provjera i održavanje* – vrši se provjeravanje operativnog sistema PLC-a (firmware), memorije i statusa ulazno-izlaznih modula. Također se izvršava i ažuriranje brojača i tajmera, kao i niz drugih operacija koje imaju cilj održavanja sistema, a o kojima operater ne mora biti obaviješten.
- 5) *Upisivanje podataka na izlaz* – ovo je posljednja faza programskog ciklusa u kojoj se rezultati iz slike izlaza upisuju na izlazne module. Upisivanjem podataka na izlazne module pokreće se proces. Ova faza se često naziva i skeniranje izlaza.



Slika 2.8. Programski ciklus obrade.

2.7.1. Vrijeme odaziva PLC-a

Dužina trajanja programskog ciklusa se obično kreće od 0,1ms (milisekundi) do nekoliko desetaka ms. Ukupno vrijeme odaziva je bitan faktor pri izboru PLC-a. PLC-u je potrebno određeno vrijeme za reagiranje na promijene. U velikom broju slučajeva brzina nije bitna, ali postoje i polja primijene PLC-a gdje je brzina vrlo bitan faktor. Vrijeme odaziva na ulazu, vrijeme potrebno PLC-u da izvrši program i vrijeme odaziva na izlazu daju ukupno vrijeme odaziva PLC-a. Ovo vrijeme prije svega ovisi o brzini procesora i dužini korisničkog programa.

Ukoliko je procesor brži programski ciklus će biti kraći. Sa druge strane ukoliko je program koji PLC izvršava duži i programski ciklus će biti dužeg trajanja. Na veću dužinu trajanja programskog ciklusa utječe i korištenje daljinskog prijenosa odnosno daljinske komunikacije između procesora i ulazno/izlaznih jedinica, jer je potrebno izvjesno vrijeme da se taj prijenos izvrši.



Slika 2.9. Ukupno vrijeme odaziva.

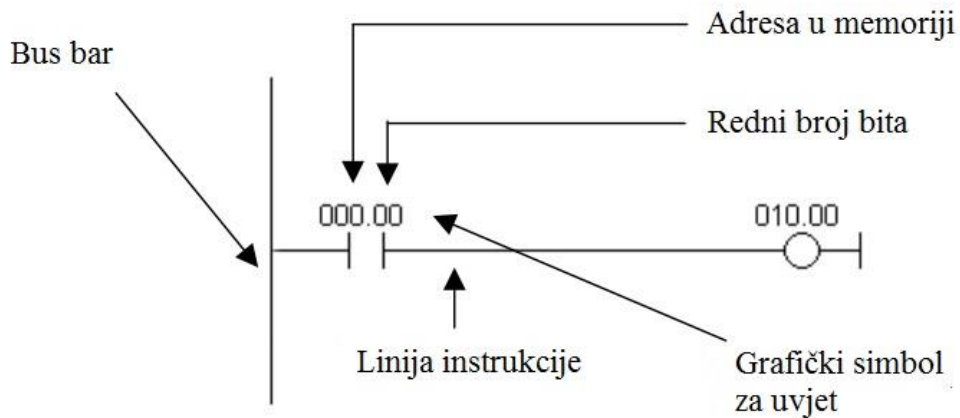
2.8. Programiranje PLC-a

Proizvođači PLC sklopova uz uređaj isporučuju namjenske programske jezike, koji su u skladu sa standardom IEC 61131-1 (IEC= International Electrotechnical Commission). Po tom standardu programski jezici za kodiranje dijele se na tekstualne i grafičke. Tekstualni programski jezici su IL – Instruction List i ST – Structured Text. Grafički programski jezici su LD – Ladder Diagram i FBD – Function Block Diagram. Neki proizvođači nude i mogućnost programiranja pomoću BASIC i C programskih jezika, ali ti jezici nemaju širu zastupljenost. Najčešće upotrebljavan PLC programski jezik je ljestvičasti logički dijagram (Engl. Ladder diagram). Ovaj način programiranja korišten je već od prvih primjena PLC-a i za osnovu ima relejnu upravljačku shemu, odnosno njen grafički izgled koji je prilagođen principima rada PLC sklopa. Programski jezici se obično instaliraju na računalo koji je pristupačna platforma programatora za editiranje, kompajliranje i prijenos programa na PLC. Komunikacija sa PLC-om može biti aktivna i tokom izvođenja programa u njemu. Na taj način na ekranu programatora možemo pratiti stanje ulaza i izlaza tokom rada i eventualno zadati nove naredbe na jednostavan način.

2.8.1. Ljestvičasti logički dijagram

Ljestvičasti dijagram se sastoji od jedne vertikalne linije, koja se nalazi na lijevoj strani, i linija koje se granaju prema desnom dijelu. Linija sa lijeve strane se naziva bus bar, a linije koje se granaju na desno su linije instrukcije. Duž linija instrukcija smješteni su uvjeti koji vode do instrukcija pozicioniranih na desnoj strani dijagrama. Logička kombinacija ovih uvjeta određuje kada i na koji način se instrukcija na desnoj strani izvršava.

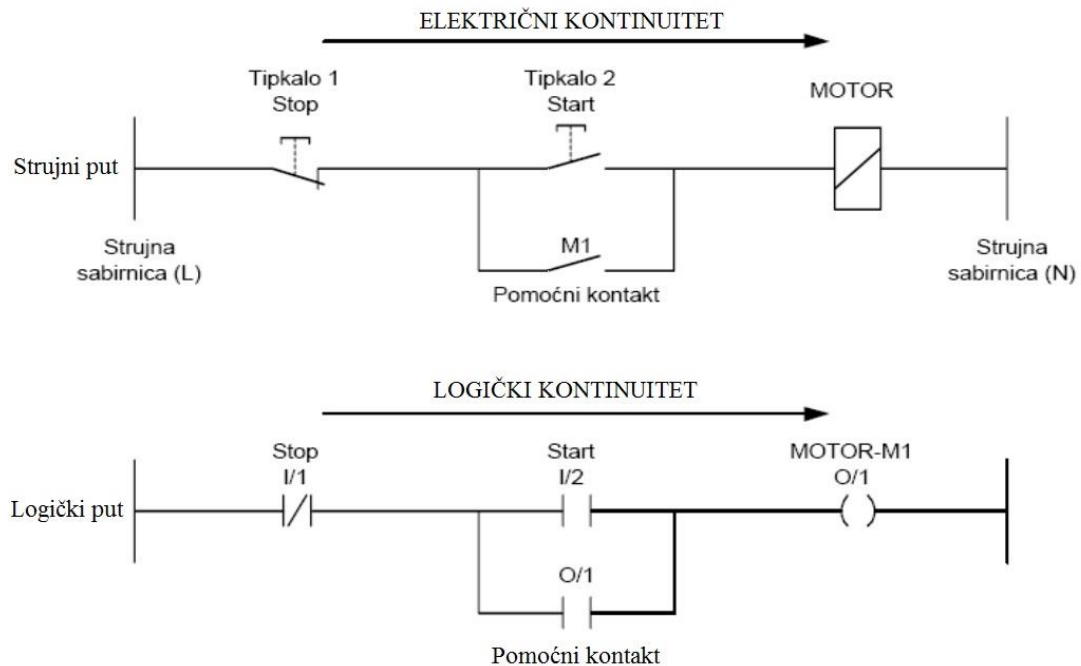
Najveći broj instrukcija zahtjeva korištenje najmanje jednog operanda, a često i više njih. Operand može biti neka memorijska lokacija, jedan bit memorijske lokacije ili neka numerička vrijednost – broj.



Slika 2.10. Osnovni dijelovi LD-a.

Gornja slika prikazuje primjer ljestvičastog dijagrama u kojem se aktivira relej u PLC-u kada se pojavi signal na ulaznoj liniji 00. Parovi vertikalnih linija nazivaju se uvjeti. Svaki uvjet u ljestvičastom dijagramu 1 ili 0, zavisno od statusa bita koji mu je dodijeljen.

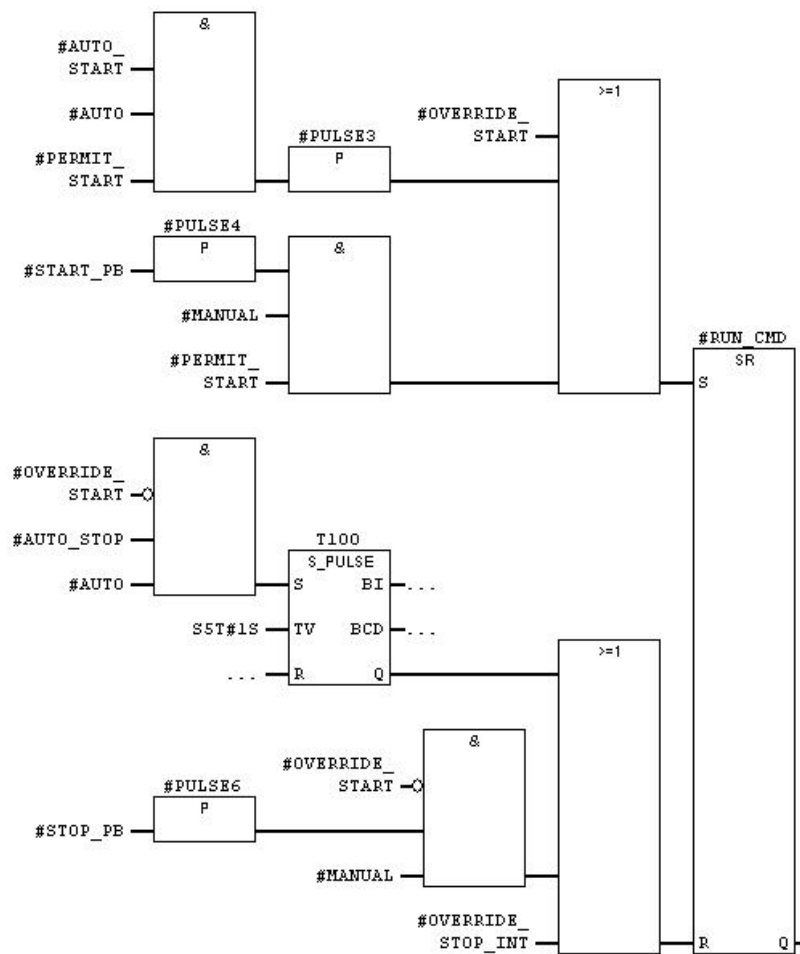
Desni dio ljestvičastog dijagrama je instrukcija koja se izvršava u slučaju da je lijevi uvjet ispunjen. Postoje više vrsta instrukcija koje bi se lakše mogle podijeliti na jednostavne i složene.



Slika 2.11. Usporedba strujnog i logičkog puta.

2.8.2. Funkcijsko blokovski dijagram

Funkcijsko blokovski dijagram (FDB – engl. function block diagram) prikazuje program koji grafički podsjeća na blok dijagram. Ne postoje kontakti i spojevi kao u ladder diagramu, ali postoje ekvivalentne instrukcije koje se predstavljaju blok instrukcijama. Kod programiranja u funkcijskom blok dijagramu ulazi, izlazi i naredbe su predstavljene blokovima, tako se programiranje PLC-a svodi na povezivanje blokova. Na ulaz bloka dovode se uvjeti koji se ispituju. U skladu sa funkcijom koju predstavlja na izlazu iz bloka generira se izlazni signal.



Slika 2.12. Primjer FDB programa

2.8.3. Instrukcijske liste

Instrukcijske liste (STL - engl. statement list) se prikazuju kao tekstualni jezik. Program se kreira zadavanjem simboličkih instrukcija. Pomoću njega se mogu napisati programi koji se inače ne bi mogli napisati pomoću ladder diagrama. To je zato što se programiranje vrši u prirodnom PLC jeziku, umjesto u grafičkom editoru gdje su morala biti primijenjena neka ograničenja da bi se dijagrami mogli korektno nacrtati. Ovaj jezik je jako sličan assembleru. PLC izvršava svaku instrukciju u redosljedu koji je naznačen u programu, od vrha prema dnu, a zatim ponovo kreće ispočetka.

Primjer STL programa:

```
LD   I0.0  //čitanje jednog ulaza
A    I0.1  //zbrajanje sa drugim ulazom
=    Q1.0  //upisivanje vrijednosti na izlaz
```

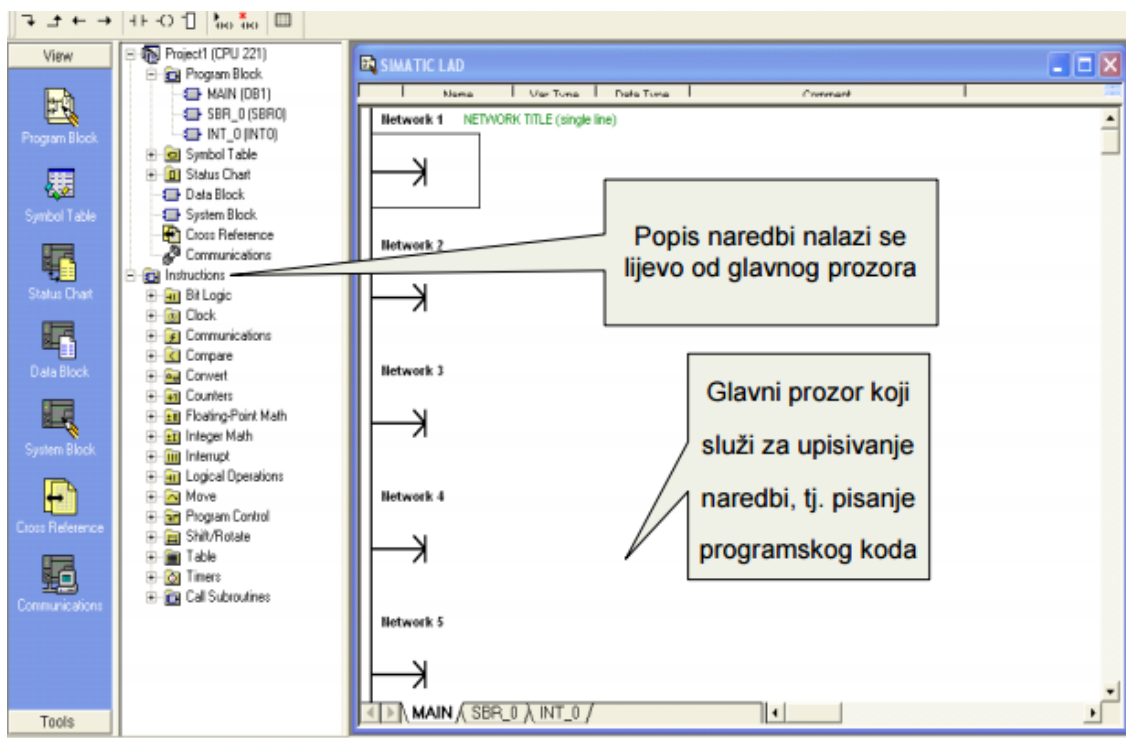
Glavne karakteristike instrukcijskih lista su:

- STL je najpogodniji iskusnim programerima
- STL ponekad omogućava rješavanje problema koji se ne mogu lako riješiti uz pomoć LAD i FDB editora
- STL se može koristiti samo sa SIMATIC setom instrukcija
- STL editorom se mogu pregledati i izmijeniti programi pisati u LAD ili FDB editoru, ali obrnuti proces nije uvijek moguć.

2.9. Programska podrška

Totalno Integrirana Automatika – TIA portal je nova generacija inženjerskog softvera za industrijsku automatizaciju. Prvi je industrijski softver sa jednim inženjerskim okruženjem za sve zadatke automatizacije. To znači da ujedinjuje sve softverske alate potrebne za automatizaciju u samo jednom razvojnom okolišu. TIA portal je softver koji omogućuje programiranje PLC-a, HMI-a, konfiguraciju mreže, podešavanje parametra, online monitoring i mnoge druge funkcije potrebne za brzo i efikasno rješavanje zahtjeva automatizacije. Pruža korisniku prilagođeno okruženje za razvoj, uređivanje i praćenje logike potrebne za upravljanje aplikacijom.

TIA portal nudi softverske tehnologije u intuitivnom korisničkom sučelju i omogućava korisniku da se koncentrira na inženjering bez usporavanja učenjem novih korisničkih programa. Njegov intuitivan izgled i navigacija omogućuje brzo prepoznavanje željenih funkcija programiranja i uređivanja.



Slika 2.13. Izgled radnog prozora TIA portala.

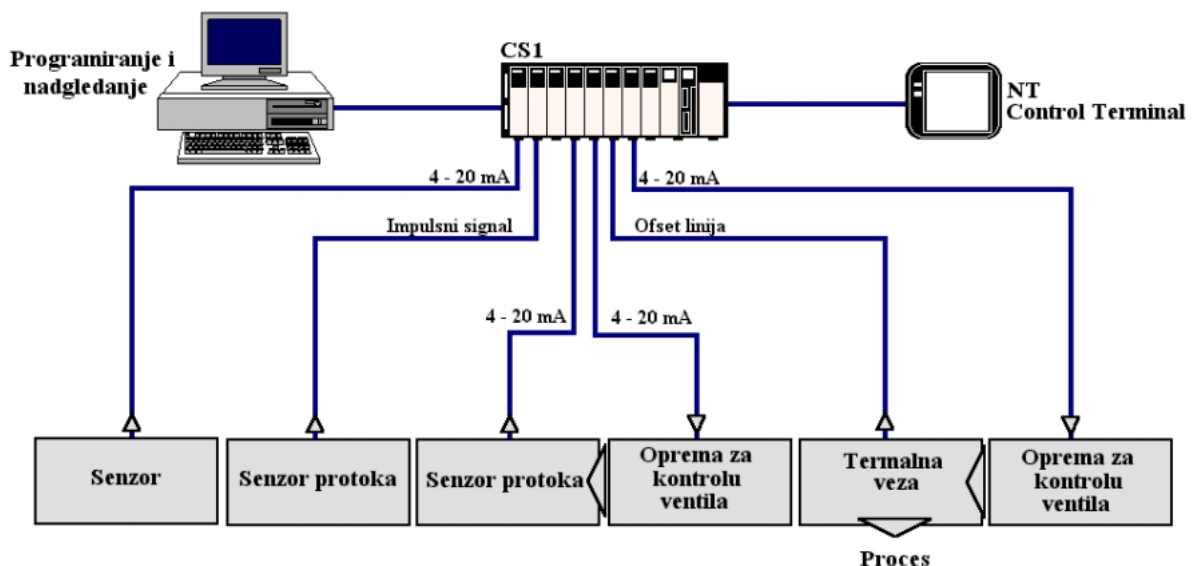
2.10. SCADA sistemi

Sistem za supervizijsku kontrolu i prikupljanje podataka nosi naziv SCADA (Engl. Supervisory Control And Data Acquisition). SCADA je sistem koji omogućava nadzor i upravljanje nad dijelom ili cjelinom proizvodnog procesa. Ovakav sistem u sebe uključuje svu potrebnu mjernu, regulacijsku i izvršnu opremu sa svim pratećim elementima.

Nagli razvoj digitalne tehnologije učinio je da se 80% mjerne i regulacijske tehnike bazira na mikro ili mini računalskim sistemima, tako da suvremene SCADA-e predstavljaju najvećim djelom računalne mreže koje obuhvaćaju računala veoma različita po svojoj strukturi, mogućnostima i funkcijama. Kompleksnost ovakvih sistema je ogromna i u skladu je sa njihovom ulogom, jer dobro projektiran, izveden i podešen SADA sistem treba donesti višestruke koristi:

- Značajne uštede u proizvodnji, kroz ekonomičnije korištenje resursa
- Poboljšanje kvalitete proizvoda
- Dobro praćenje stanja tehnološke opreme i smanjenje troškova održavanja
- Točnije praćenje količine proizvodnje i učinka

PLC koji pripada nekom SCADA sistemu, osim upravljačkih obavlja i značajne komunikacijske zadatke. Pod komunikacijskim zadacima se najčešće u tom slučaju podrazumijevaju sve one operacije koje osiguravaju da se podaci iz memorije PLC-a mogu čitati, arhivirati, a neki od njih i mijenjati od strane SCADA-e.



Slika 2.14. Primjer SCADA sistema jednog PLC-a i PC-a.

Upotrebljivost nekog SCADA sistema, i uspoređivanje efikasnosti različitih SCADA sistema može se izvršiti na osnovu analize sljedećih karakteristika efikasnosti:

- Funkcionalnost – određuje se izborom opcija pri projektiranju SCADA sistema.
- Pouzdanost – ogleda se u pouzdanosti opreme, pouzdanosti podataka i pouzdanosti napajanja električnom energijom.
- Upotrebljivost – ogleda se u lakoći rukovanja i mogućnosti prilagođavanja zahtjevima upravljanog procesa.
- Efikasnost – ocjenjuje se na bazi brzine izvršavanja ciklusa skeniranja i brzine komunikacije u sistemu.
- Fleksibilnost – ogleda se u mogućnosti da korisnik bez posebnih poteškoća može uraditi sve potrebne dopune.

3. AUTOMATSKA REGULACIJA IZMJENJIVAČA TOPLINE

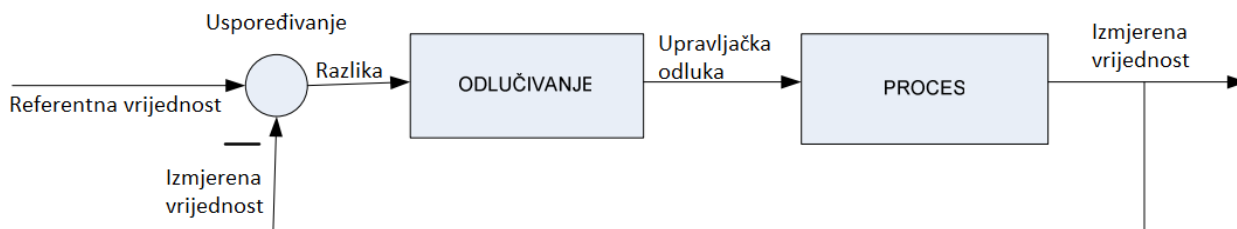
U ovom poglavlju opisati ćemo postupak izrade automatske regulacije izmjenjivača topline i njihovu eksperimentalnu provjeru na laboratorijskom postavu. Ideja samog projekta je automatizacija regulacije temperature reaktora kojemu je potrebno održavati konstantnu temperaturu neovisno o protoku plina (tekućine), koji kao rezultat daje veću sigurnost u radu sustava i smanjenje troškova.

Izmjenjivač topline je naprava namijenjena za prijenos topline s jednog medija na drugi, a može biti izveden tako da su mediji odvojeni sa pregradom koja sprječava njihov kontakt ili da se dodiruju. Njihova je upotreba vrlo rasprostranjena, koriste se od industrijskih izmjenjivača pa sve do kućnih grijača.

Projekt je smišljen tako da se preko PLC-a i PID regulacije održava stalna temperatura u reaktoru. Upravljački dio predstavljaju Siemens-ov PLC S7-300 i Touch Panel TP 170micro, iste firme. PLC je programiran programom SIMATIC manager, a TP programom SIMATIC WinCC. TP se koristi kao uređaj za praćenje svih parametra procesa i omogućiti unos istih. Veza za komunikaciju između PLC-a i TP-a ostvarena je pomoću MPI kabela.

3.1. Automatska regulacija

Automatska regulacija je po definiciji automatsko održavanje željenog stanja nekog procesa ili mijenjanje istog po određenom zakonu, bez obzira na djelovanje vanjskih i unutarnjih poremećaja. To se postiže pomoću povratne veze, koja omogućava usporedbu izmjerene vrijednosti neke veličine reguliranog procesa sa njenom referentnom vrijednošću, te se na temelju razlike tih dviju veličina odlučuje kako regulirati proces. Poželjno je da vrijednost mjerene veličine bude, što je više moguće, jednaka referentnoj vrijednosti. Kada

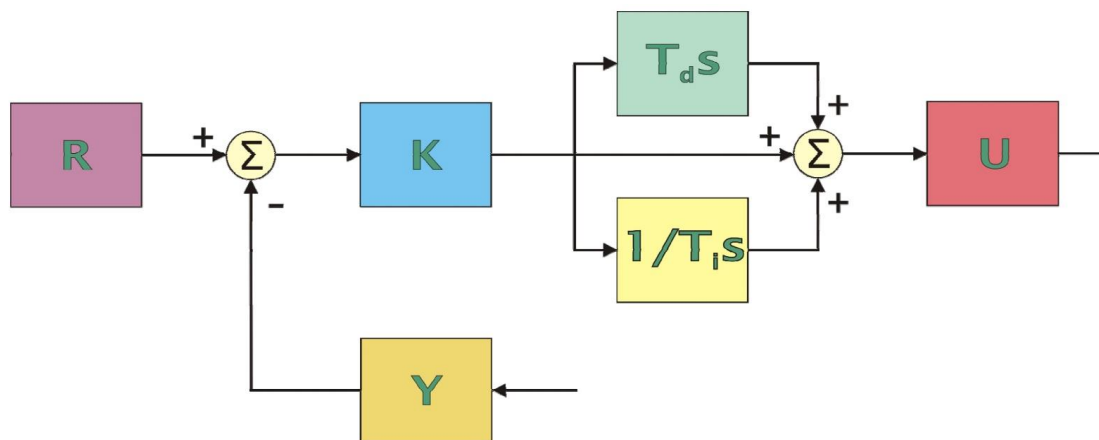


Slika 3.1. Regulacijska petlja.

Sustav automatske regulacije, sustav s negativnom povratnom vezom, smatra se najvažnijim oblikom osnovnog sustava za automatizaciju. Današnji regulatori digitalnog tipa, su mnogo napredovali i imaju puno bolju brzinu regulacije u odnosu na elektromehaničke i analogne regulatore koji su se nekada koristili. Sa daljnjim razvojem tehnologije, regulatori će se razvijati, i mnogo više pomoći u što boljem radu procesa proizvodnje.

3.2. PID upravljanje

Proporcionalno-integracijsko-derivacijski (PID) regulator je najzastupljeniji oblik regulatora kod PLC-a, a zasniva se na proporcionalnom, integralnom i derivacijskom djelovanju na regulacijsko odstupanje od referentne veličine. Struktura PID algoritma i način njegovog djelovanja mogu biti različiti. U ovom radu korišten je paralelni algoritam koji je implementiran u SIEMENS-ovom PLC-u. Prisustvo proporcionalnog, derivativnog i integralnog svojstva u ovom regulatoru omogućuje dobivanje željenih performansi kao što su: stabilnost, brzina reagiranja, točnost rada i vrijeme trajanja prijelaznog procesa.



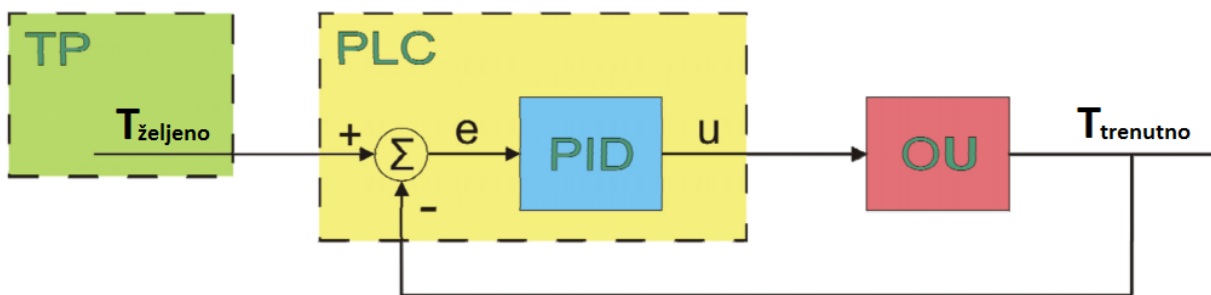
Slika 3.2. Osnovna struktura paralelnog PID algoritma.

Kod PID regulatora upravljački signal se formira ovisno o trenutnoj vrijednosti pogreške (P-djelovanje), o njenoj promjeni u prošlosti (I-djelovanje) te o trendu promjene pogreške (D-djelovanje). Kod PID regulatora sva tri dijela djeluju istovremeno, pa je upravljanje rezultat njihovog zajedničkog djelovanja što unosi probleme pri određivanju konstanti regulatora.

Prednosti PID regulatora:

- Sustavno razrađene procedure analize i sinteze
- Relativna jednostavnost podešavanja parametra regulatora
- Mogućnost automatskog podešavanja (autotuning) i samopodešavanja parametra

Na slici 3.3 prikazan je shematski prikaz sustava upravljanja reguliranog PID-om. Željena temperatura ($T_{\text{željeno}}$) dovodi se na ulaz PLC-a, gdje se uspoređuje sa trenutnom temperaturom (T_{trenutno}), razlika (e) je greška upravljanja koja se uvodi u PID algoritam i na osnovu nje se dobije upravljačko djelovanje, kojim se djeluje na objekt upravljanja.



Slika 3.3. Shematski prikaz regulacije temperature PID-om

Uloga PID regulatora je da upravlja vrijednošću izlaza kako bi grešku upravljanje (e) dovelo na nulu. Greška upravljanja je definirana kao razlika između zadane, referentne vrijednosti, u ovom slučaju izmjenjivača topline to je željena temperatura ($T_{\text{željena}}$), i upravljane veličine, trenutne temperature (T_{trenutno}). Slijedeća jednadžba definira izlaz iz PID regulatora koja je implementirana u Siemens-ov PLC S7-300:

$$M_n = MP_n + MI_n + MD_n \quad (3.1)$$

Gdje su:

$$MP_n = K_C \times (SP_n - PV_n) \quad (3.2)$$

$$MI_n = K_C \times \frac{T_S}{T_I} \times (SP_n - PV_n) + MX \quad (3.3)$$

$$MD_n = K_C \times \frac{T_D}{T_I} \times ((SP_n - PV_n) - (SP_{n-1} - PV_{n-1})) \quad (3.4)$$

Pojašnjenje varijabli:

MP_n = vrijednost P djelovanja izlaza PID-a u vremenskom intervalu n

MI_n = vrijednost I djelovanja izlaza PID-a u vremenskom intervalu n

MD_n = vrijednost D djelovanja izlaza PID-a u vremenskom intervalu n

K_C = pojačanje

SP_n = vrijednost zadane vrijednosti u vremenskom intervalu n

PV_n = vrijednost upravljane veličine u vremenskom intervalu n

T_s = vrijeme odabiranja (loop sample time)

T_I = vrijeme integracije

T_D = vrijeme diferenciranja

MX = vrijednost I djelovanja u intervalu n-1

SP_{n-1} = vrijednost zadane vrijednosti u vremenskom intervalu n-1

PV_{n-1} = vrijednost upravljane veličine u vremenskom intervalu n-1

Kod PID regulatora upravljački signal se formira ovisno o trenutačnoj vrijednosti pogreške (P-djelovanje), o njenoj promjeni u prošlosti (I-djelovanje) te o trendu promjene pogreške (D-djelovanje). Kod PID regulatora sva tri dijela djeluju istovremeno, pa je upravljanje rezultat njihovog zajedničkog djelovanja što unosi probleme pri određivanju konstanti regulatora.

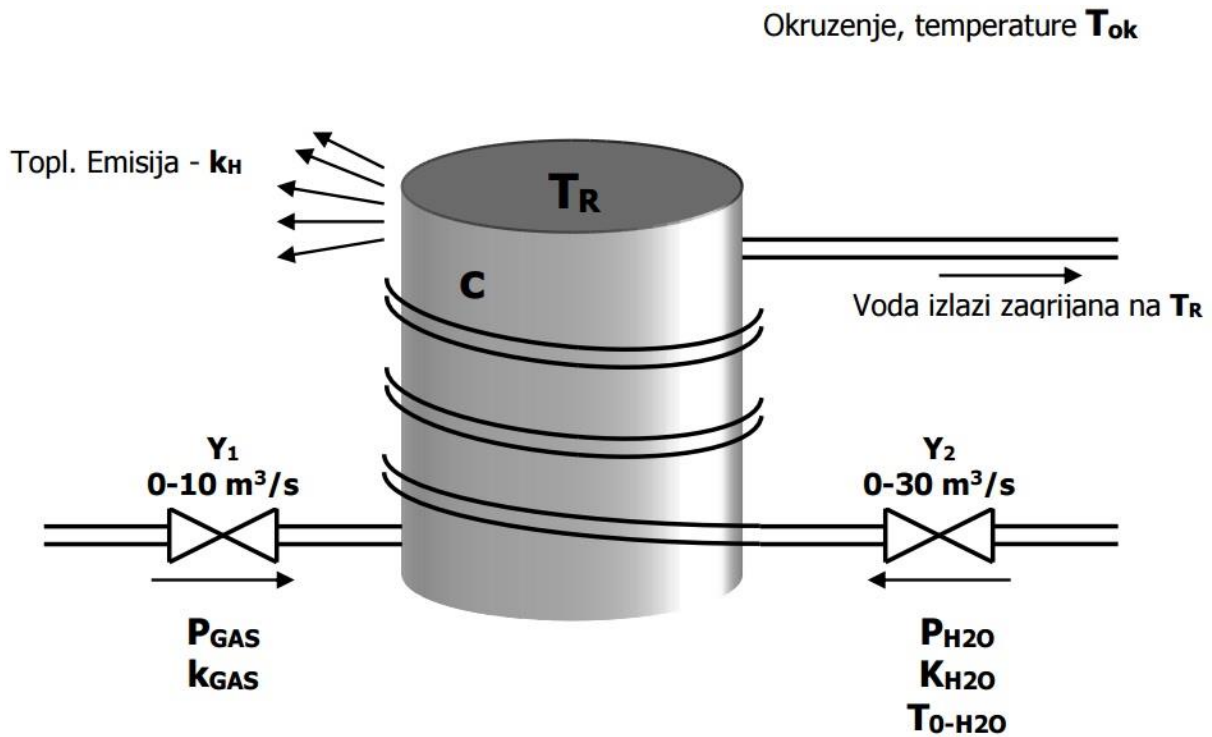
3.2.1. Podešavanje PID parametra

U samom programu SIMATIC Step 7 nalazi se opcija za implementaciju PID-a i podešavanje njegovih parametra (PID Tune Control Panel). Podešavanje se može obaviti ručno, a vrijednosti se mogu upisivati u PLC tokom samog rada programa. Postoji i opcija automatskog podešavanja parametra (Auto Tuning) koje započinje nakon što je sistem doveden u stacionarno stanje. Nakon toga, PLC kroz nekoliko prolaza mijenja vrijednosti PV-a (vrijednost upravljane veličine) i snima promjenu veličine. Na osnovu ovih podataka dobiju se parametri za pojačanje, vrijeme integralnog djelovanja i vrijeme derivativnog djelovanja. Nakon toga se parametri šalju PLC-u gdje on nastavlja daljnji rad s tim parametrima.

Dobro podešen PID regulator rezultira se u kvalitetnom radu sistema, maksimalnoj efikasnosti i uštedi energije. Iako je PID regulacija široko primijenjena u najrazličitijim dijelovima industrije već oko 70 godina, i postoji veliki napredak, kako u teoriji tako i u praksi podešavanja parametra, mnogi problemi još uvijek čekaju rješenje.

3.3. Matematički model sklopa

Matematički model za regulaciju izmjenjivača topline je smišljen za upravljanje PID regulatorima. Matematički model se zasniva na Ziegler-Nicholsovoj metodi PID reguliranja.



Slika 3.4. Shema matematičkog modela.

$$Q^+ = k_{GAS} * P_{GAS} * \Delta t$$

$$Q^- = k_{H2O} * P_{H2O} * (T_R - T_{0-H2O}) * \Delta t$$

$$Q^{-2} = k_H * (T_R - T_{OK}) * \Delta t$$

$$\Delta Q = Q^+ - Q^- - Q^{-2}$$

$$\Delta T_R = c * \Delta Q$$

$$T_{R(N+1)} = T_{R(N)} + \Delta T_R$$

Ove formule opisuju zadani matematički model tako da se svaki interval vremena Δt vrši proračun promjene temperature izmjenjivača ΔT_R , time je sam model neovisan o početnom vremenu. Isto tako model je pogodan za primjenu u PLC-u jer se izvodi u pravilnim intervalima.

Pojašnjenje varijabli:

Δt = vremenski interval u kojem se promatra matematički model

Q^+ = toplina koju je izmjenjivač primio u periodu Δt

P_{GAS} = protok plina za grijanje reaktora (nakon ventila)

k_{GAS} = koeficijent grijanja

Q^- = toplina koju izmjenjivač izgubi u periodu Δt vodenim hlađenjem

P_{H2O} = protok vode za hlađenje reaktora (nakon ventila)

T_R = temperature izmjenjivača (pretpostavka je da voda za hlađenje izlazi iz sustava zagrijana na temperaturu izmjenjivača)

T_{OK} = temperature okoline (sobna temperature)

K_{H2O} = koeficijent vodenog hlađenja

T_{0-H2O} = temperatura hladne vode koja ulazi u sustav

Q^2 = toplina koju izmjenjivač izgubi/dobije u periodu Δt toplinskom emisijom

k_H = koeficijent toplinske emisije; termalno hlađenje/grijanje

c = toplinski koeficijent izmjenjivača topline

ΔT_R = izračunata promjena temperature izmjenjivača u vremenskom intervalu Δt

$T_{R(N)}$ = temperatura izmjenjivača u vremenu t (početak vremenskog intervala)

$T_{R(N+1)}$ = temperatura izmjenjivača u vremenu $t + \Delta t$ (kraj vremenskog intervala)

Kod izvođenja ovog modela u PLC-u slijedeće vrijednosti smo podesili tako da ponašanje sustava bude slično realnom i za zorno praćenje.

$$k_{GAS} = 25$$

$$K_{H2O} = 0.1$$

$$k_H = 0.02$$

$$\Delta t = 0.1 \text{ [s]}$$

$$T_{OK} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

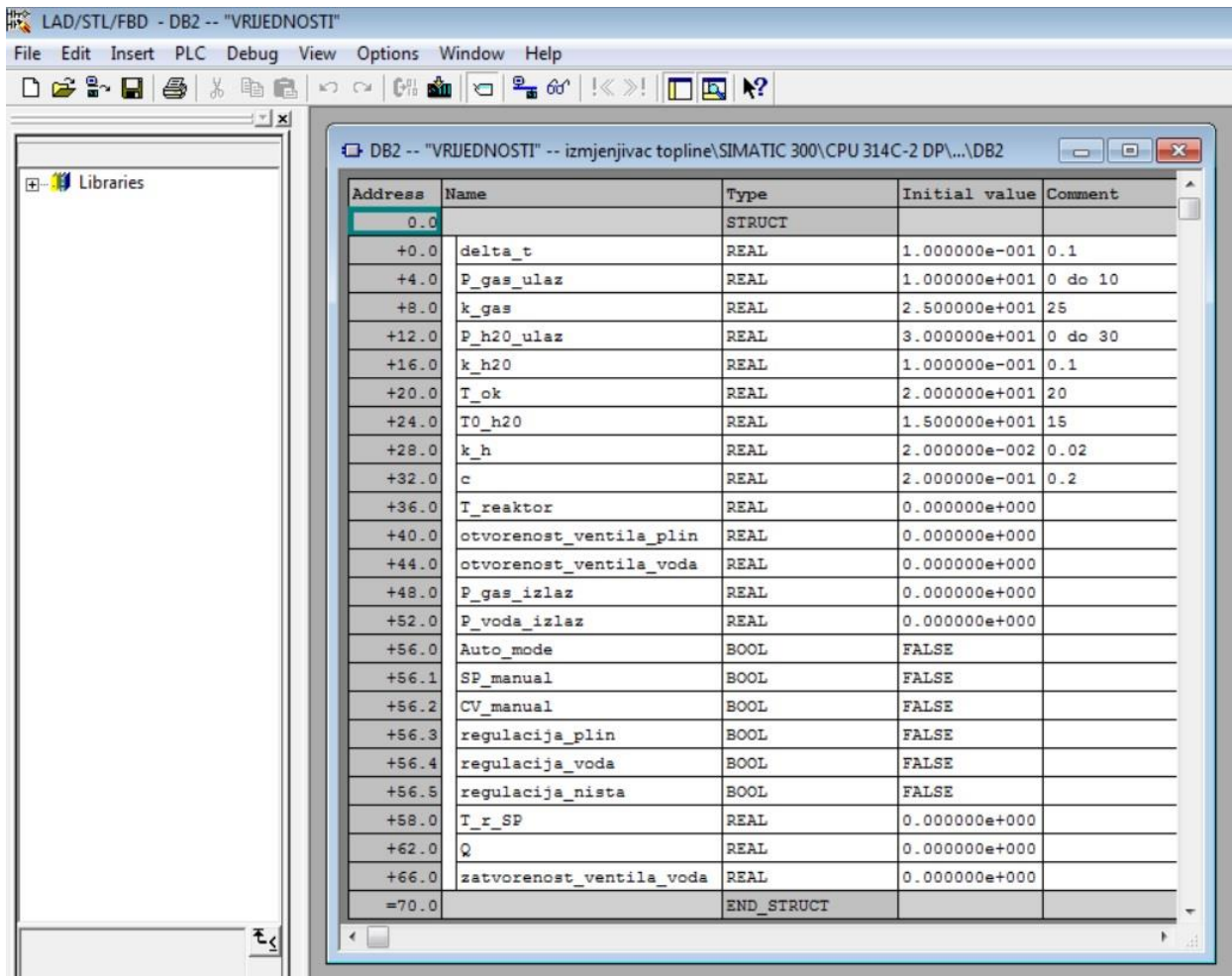
$$T_{0-H2O} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c = 0.2$$

3.4. Izrada upravljačkog programa

Program upravljanja je zamišljen tako da operater putem HMI sučelja može pratiti i upravljati sustavom. Program za upravljanje izrađen je u SIMATIC manageru tvrtke Siemens.

Prije izrade programa svakoj adresi se treba pridružiti odgovarajuće simboličko ime, tip podataka i komentar u tablici simbola kao što je prikazano na slici 3.5.



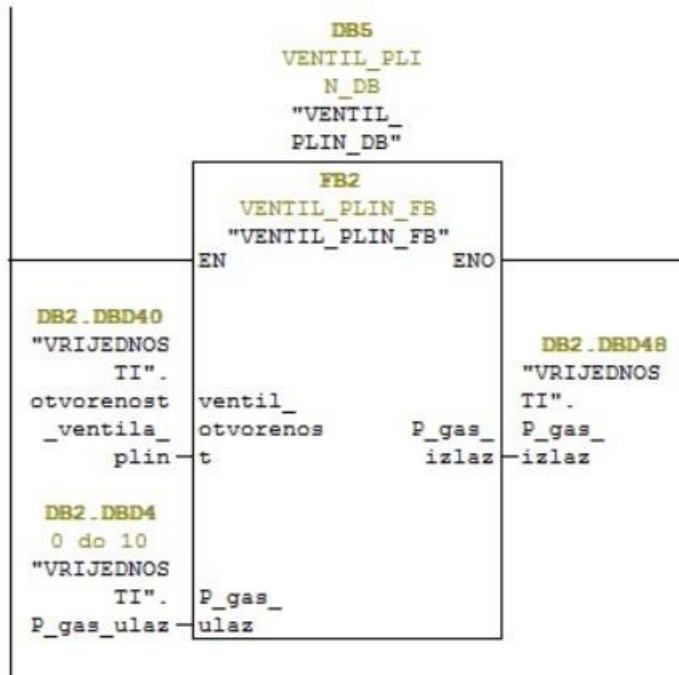
Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	delta_t	REAL	1.000000e-001	0.1
+4.0	P_gas_ulaz	REAL	1.000000e+001	0 do 10
+8.0	k_gas	REAL	2.500000e+001	25
+12.0	P_h20_ulaz	REAL	3.000000e+001	0 do 30
+16.0	k_h20	REAL	1.000000e-001	0.1
+20.0	T_ok	REAL	2.000000e+001	20
+24.0	T0_h20	REAL	1.500000e+001	15
+28.0	k_h	REAL	2.000000e-002	0.02
+32.0	c	REAL	2.000000e-001	0.2
+36.0	T_reaktor	REAL	0.000000e+000	
+40.0	otvorenost_ventila_plin	REAL	0.000000e+000	
+44.0	otvorenost_ventila_voda	REAL	0.000000e+000	
+48.0	P_gas_izlaz	REAL	0.000000e+000	
+52.0	P_voda_izlaz	REAL	0.000000e+000	
+56.0	Auto_mode	BOOL	FALSE	
+56.1	SP_manual	BOOL	FALSE	
+56.2	CV_manual	BOOL	FALSE	
+56.3	regulacija_plin	BOOL	FALSE	
+56.4	regulacija_voda	BOOL	FALSE	
+56.5	regulacija_nista	BOOL	FALSE	
+58.0	T_r_SP	REAL	0.000000e+000	
+62.0	Q	REAL	0.000000e+000	
+66.0	zatvorenost_ventila_voda	REAL	0.000000e+000	
=70.0		END_STRUCT		

Slika 3.5. Tablica simbola.

Samu izradu upravljačkog programa podijelili smo u 4 djela: upravljanje ventilom za vodu, upravljanje ventilom za plin, te PID regulacija za plin i za vodu. Svaki dio smo zasebno napravili u svojem bloku koje smo kasnije spojili u jedan zajednički. Na slici 3.6. prikazano je upravljanje ventilima za vodu i plin, gdje ulaz ventil_otvorenost označava vrijednost koju dobivamo iz PID regulatora, a P_ulaz označava vrijednost koju dobivamo od senzora za protok.

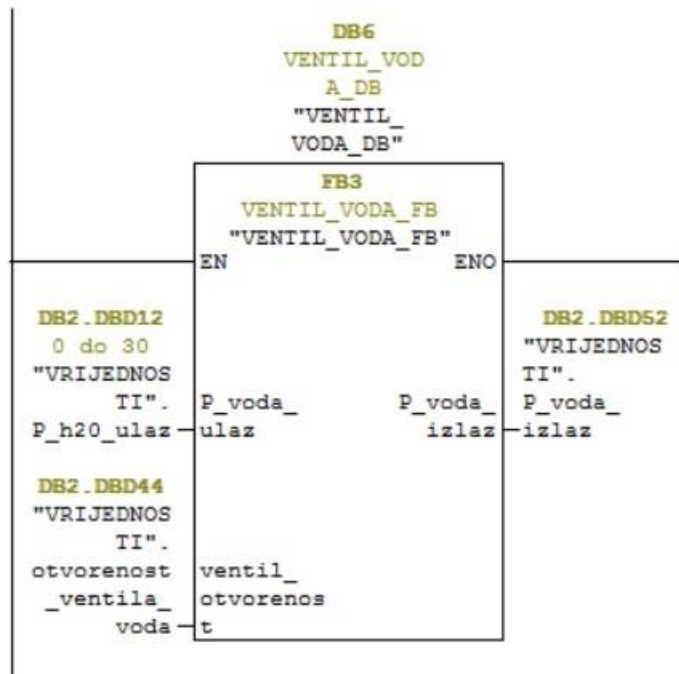
Network 2 : Title:

VENTIL ZA PLIN



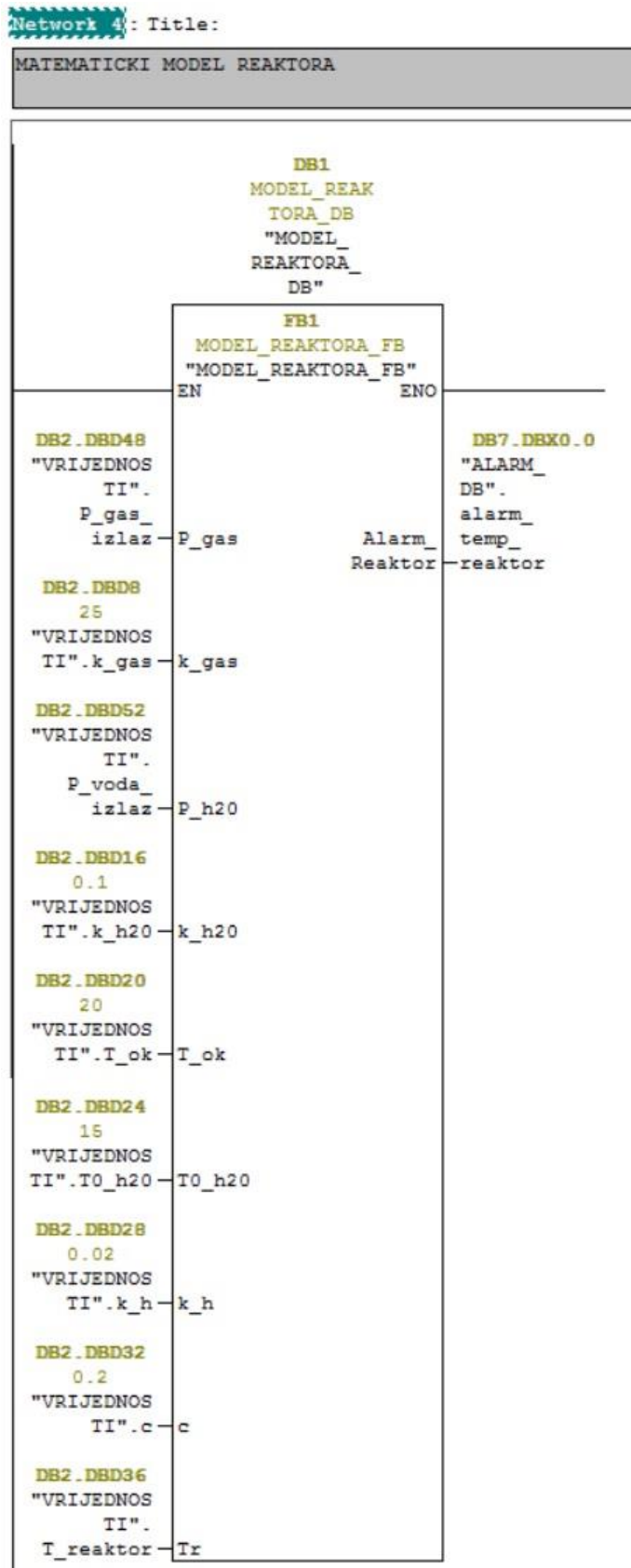
Network 3 : Title:

VENTIL ZA VODU



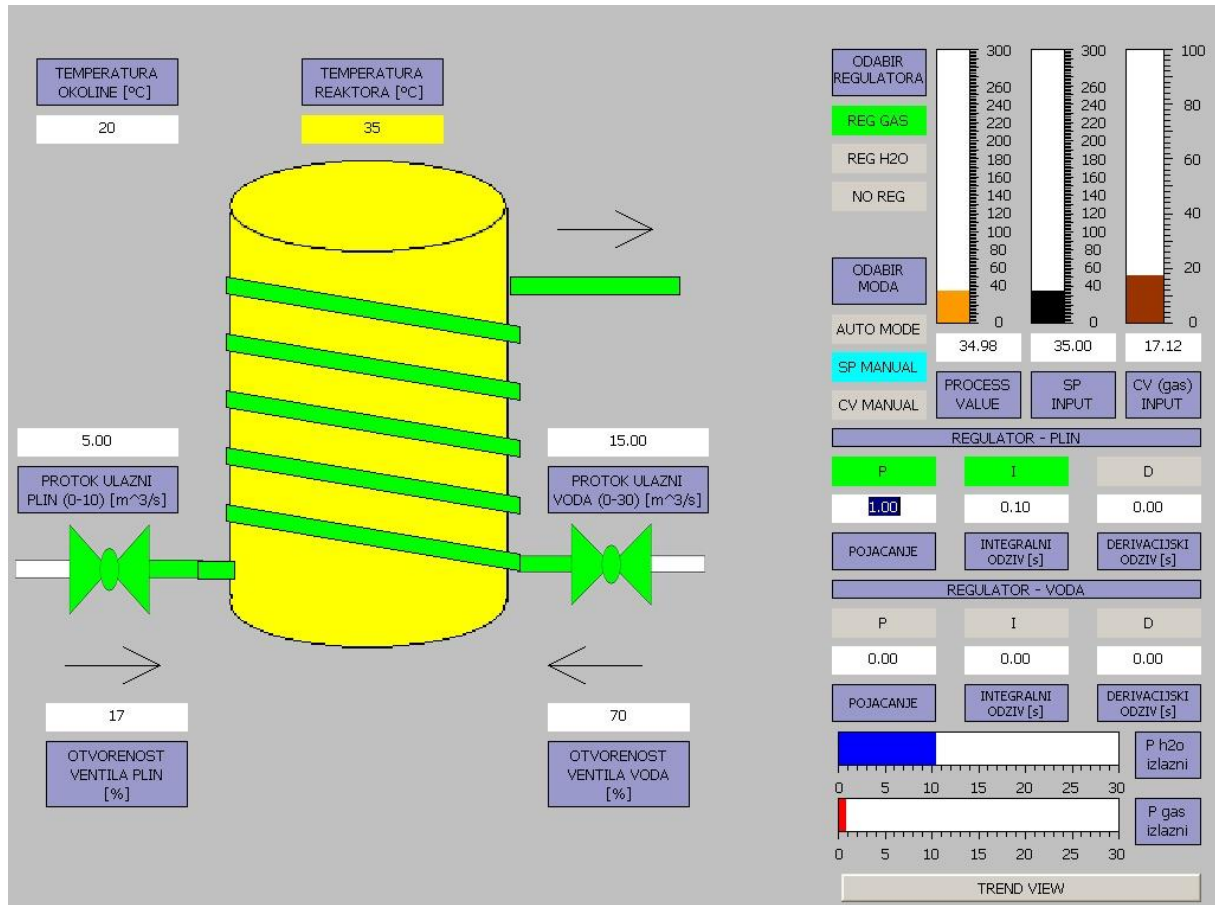
Slika 3.6. Blok ventila za plin i vodu.

Nakon toga ove blokove pozovemo u glavni blok gdje su smješteni svi parametri potrebni za upravljati sa automatskom regulacijom.



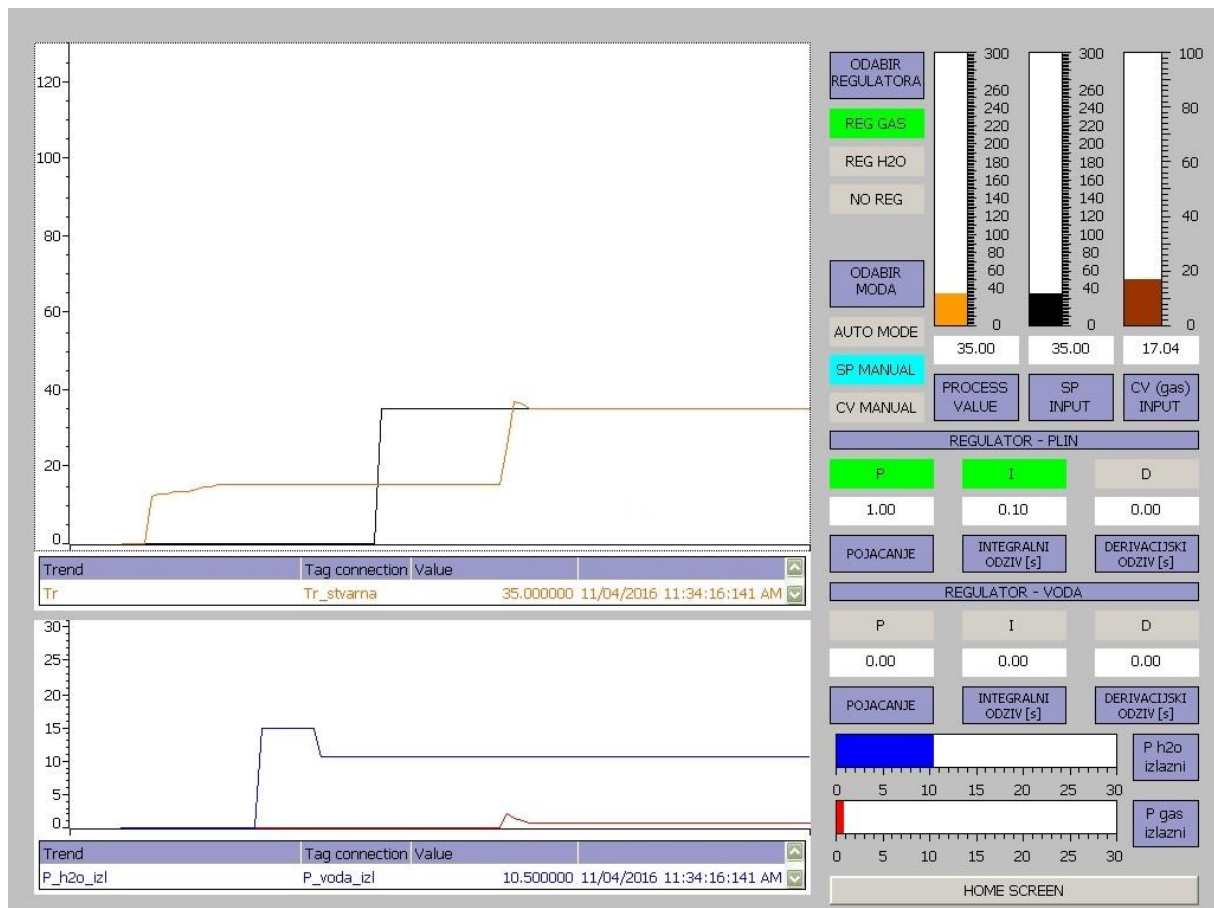
Slika 3.7. Blok matematičkog modela reaktora.

U programskom alatu WinCC konfiguriramo grafičko sučelje odabirom već gotovih elemenata. Virtualne tipke koje imaju ulogu prekidača povezani su sa varijablama u tablici simbola tj. Sa pojedinim bitovima u memoriji PLC-a.



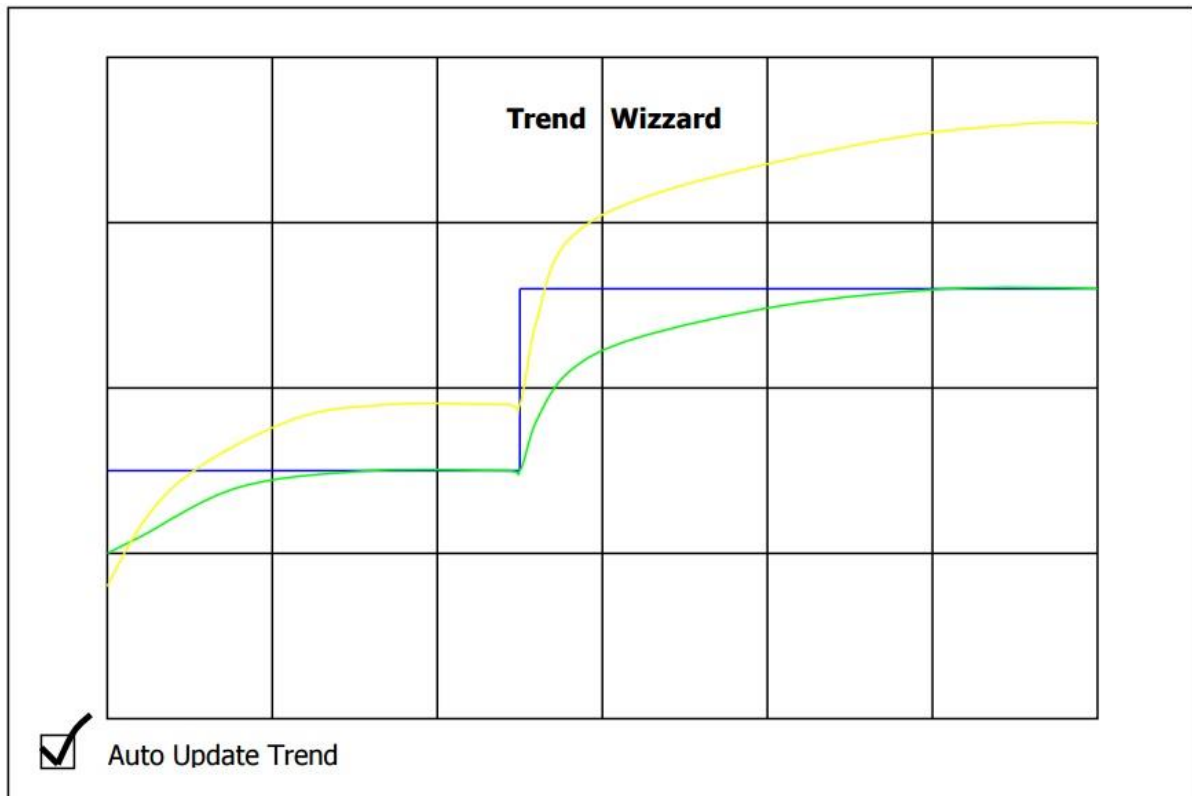
Slika 3.8. Glavni zaslon SCADA-e.

Također smo implementirali mogućnost crtanja grafova. Pritiskom na tipku trend view dobivamo uvid u rad PID regulatora, gdje su nam prikazani grafovi referentne i realne vrijednosti.



Slika 3.9. Pomoćni zaslon sa grafovima.

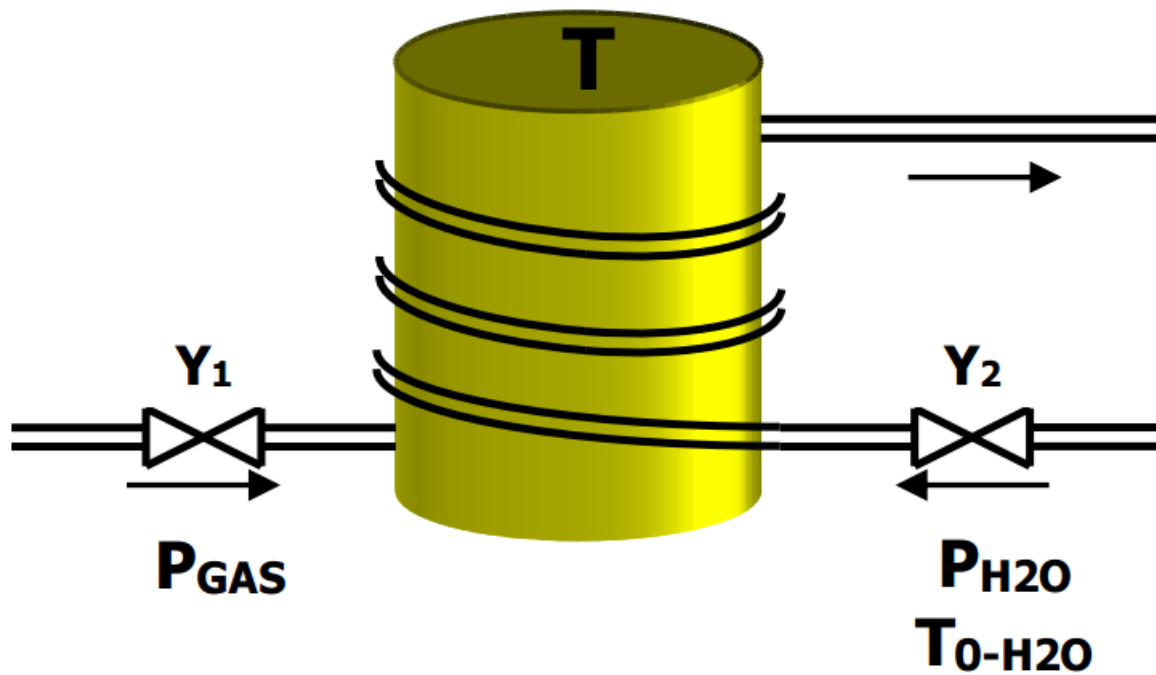
Nakon realizacije sustava provjerili smo ispravnost djelovanja i snimili krivulje odaziva na promjenu protoka plina. Na slici 3.10. prikazane su krivulje realne, zadane i referentne vrijednosti.



Slika 3.10. Krivulje odaziva protoka plina.

3.5. Podešavanje SCADA-e

SCADA je izrađena u WinCC-u te prikazuje sve parametre procesa i omogućuje unos istih. Provjerava funkcionalnost matematičkog modela, tj. Provjerava da li sustav odgovara na pobude. SCADA je podijeljena u dva dijela. Prvi dio sadrži prikaz za pregled i upisivanje vrijednosti pojedinih elemenata, a drugi dio sadrži prikaz za kontrolu parametara toplinskog parametara.



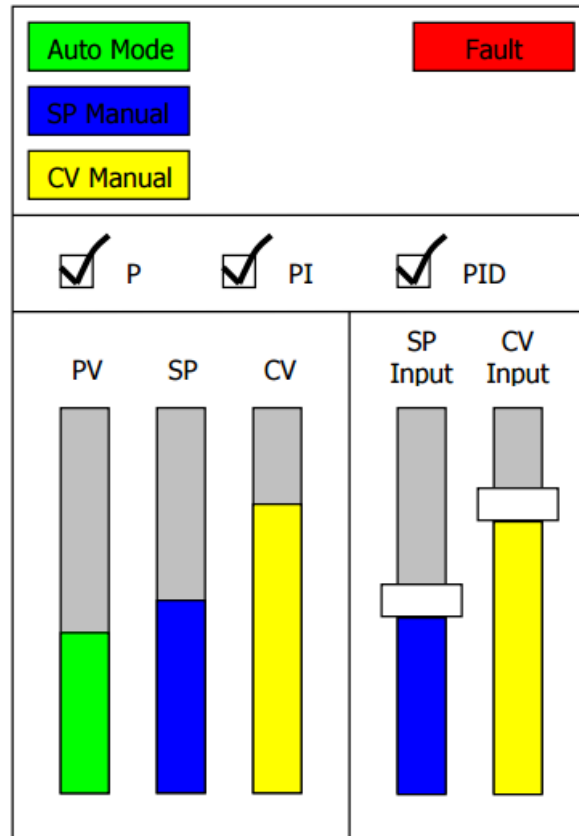
Slika 3.11. Prozor za prikaz i kontrolu parametra izmjenjivača

Na slici 3.11. Prikazan je izgled prvog dijela. Reaktor je prikazan cilindrom koji mijenja boju ovisno o temperaturi T_R , tako da je za raspone:

- $T_R < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ siva boja
- $30\text{ }^{\circ}\text{C} < T_R < 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ žuta boja
- $T_R > 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ crvena boja

Ventili te cijevi nakon ventila se prikazuju u dvije boje:

- siva za protok $P < 0,5\text{ m}^3/\text{s}$
- zelena za protok $P > 0,5\text{ m}^3/\text{s}$



Slika 3.12. Prozor za prikaz i kontrolu PID-a

Na slici 3.12. prikazan je izgled drugog dijela SCADA-e. U gornjem lijevom kutu nalaze se tri tipke preko kojih se odabere operacijski način PID-a:

- Auto Mode – PID je u normalnoj funkciji sa SP-om kojim dobiva iz algoritma procesa, ako je taj način rada selektiran poprima zelenu boju, ako nije selektiran tada je sve sive boje.
- SP Manual – PID je u normalnoj funkciji sa SP-om kojim dobiva od manualnog ulaza 'SP Input' u donjem desnom djelu prozora, ako je 'CV manual' način rada selektiran, tada se tipka pojavljuje u plavoj boji.
- CV Manual – PID je u manualnom načinu rada i koristi manualni input vrijednosti sa manualnog ulaza 'CV Manual' u donjem desnom djelu prozora, ako je 'CV Manual' način rada selektiran onda se tipka pojavljuje u žutoj boji.

U desnom gornjem kutu se nalazi prikaz alarmnog stanja PID-a, sa konvencijom:

- Sivo – stanje ispravno
- Crveno – alarmno stanje

U donjem lijevom djelu prozora nalazi se zaslon za prikaz vrijednosti PV-a, SP-a i CV-a. Trake koje prikazuju pojedine veličine ispunjavaju se od dna prema gore i imaju uz njih ljestvicu za očitavanje veličine. U donjem desnom kutu nalaze se dva polja za unos podataka SP-a i CV-a. Traka za unos je omogućena samo ako je selektiran odgovarajući operacijski način rada. Središnji dio prozora sadrži tri check boxa, pomoću kojih se određuje način rada PID regulatora: P, PI ili PID. Samo jedan od boxova može biti selektiran istovremeno.

4. ZAKLJUČAK

Programabilni logički sklopovi preuzeli su glavnu ulogu u upravljanju i nadzoru automatiziranih sustava. Zbog svoje jednostavnosti prilagođen je uvjetima rada u industrijskoj sredini koju karakteriziraju visoke i niske temperature, prašina, vlaga, elektromagnetske smetnje itd. Proizvođači sve više ulažu u razvoj novih uređaja i razvojnih alata zbog njihove raširene primjene. Noviji programi kao što je TIA (Totalno Integrirana Automatika) Portal imaju integrirane alate za razvoj i izradu projekta što znatno olakšava izradu projekta i dobiva se na preglednosti cijelog projekta.

U ovom radu je prikazan i objašnjen postupak izrade upravljačkog algoritma za regulaciju temperature medija u reaktoru. Ovakvi i slični regulacijski krugovi koriste se u automatizaciji brojnih industrijskih procesa i dobra su podloga razumijevanju teorije automatske regulacije. Na temelju pojednostavljenog matematičkog modela izmjenjivača topline proveden je postupak podešavanja PID regulatora temperature medija u reaktoru. Predloženi PID regulator ispitan je simulacijama na računalu, te je potom implementiran u PLC-u i ispitan eksperimentalno. Rezultati simulacija i ispitivanja potvrđuju da implementirani PID regulator osigurava zadovoljavajuću kvalitetu regulacije u smislu brzine odaziva i stabilnosti sustava.

5. LITERATURA

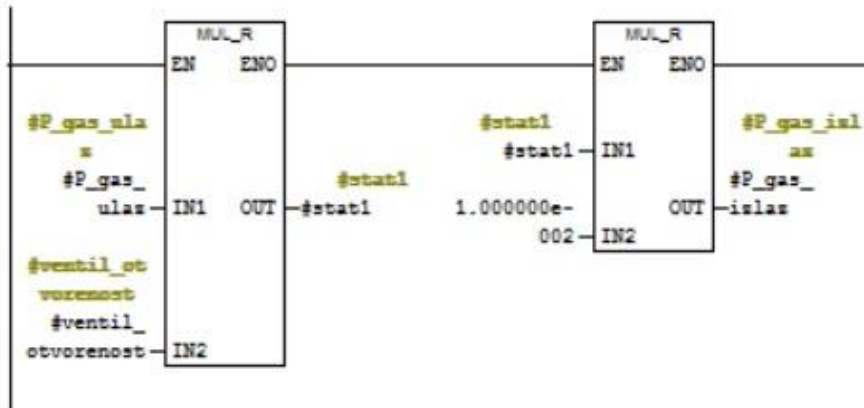
- [1] SIEMENS: SIMATIC S7-200 Programmable Controller System Manual, 2005.
- [2] Malčić G. : Programirajući logički kontroleri, TVZ, Zagreb, 2007.
- [3] Šurina T. : Automatska regulacija, Školska knjiga, Zagreb, 1981.
- [4] Šiljevinac M.: Završni rad, 2008
- [5] Marinković D.: “ Programabilni logički kontroleri – Uvod u programiranje “ Beograd 2013
- [6] Petrović V.: “Upravljanje u realnom vremenu“, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2009.
- [7] Filipović Ž., Nedić N., PID regulatori, Univerzitet u Kragujevcu, 2008.

6. DODACI

6.1. Upravljački program ventila za plin

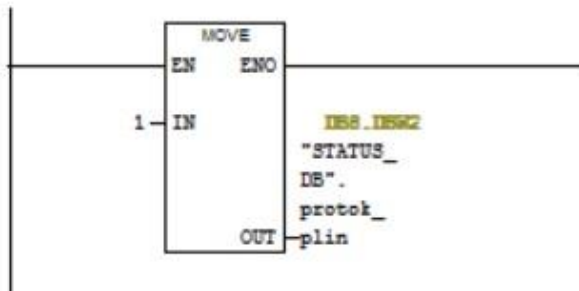
Network 1: Title:

Comment:



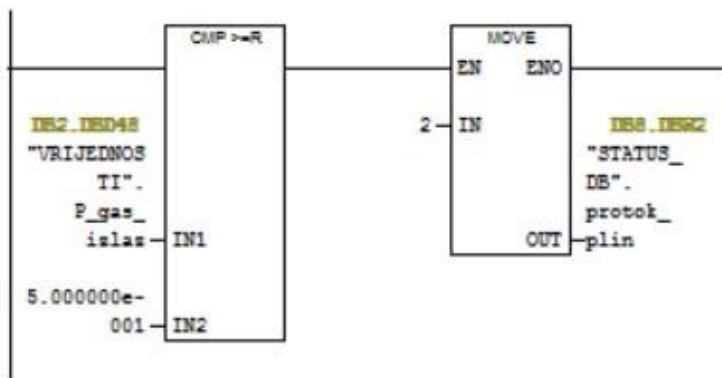
Network 2 : Title:

Comment:



Network 3 : Title:

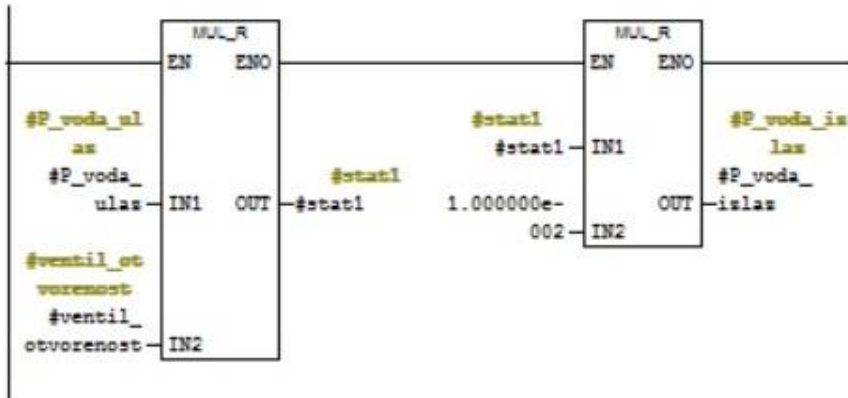
Comment:



6.2. Upravljački program ventila za vodu

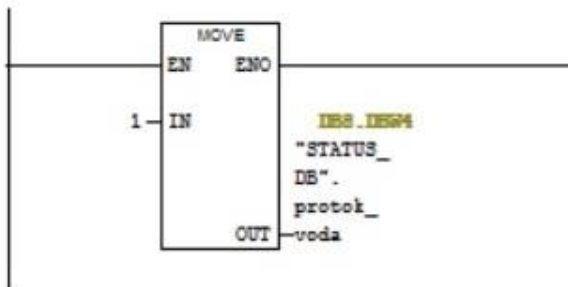
Network 1 : Title:

Comment:



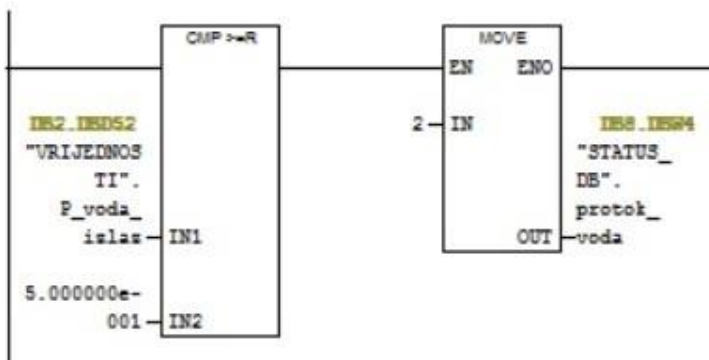
Network 2 : Title:

Comment:



Network 3 : Title:

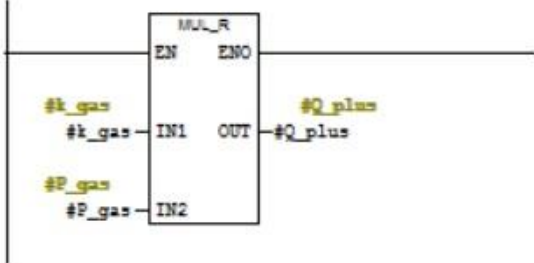
Comment:



6.3. Upravljački program izmjenjivača topline

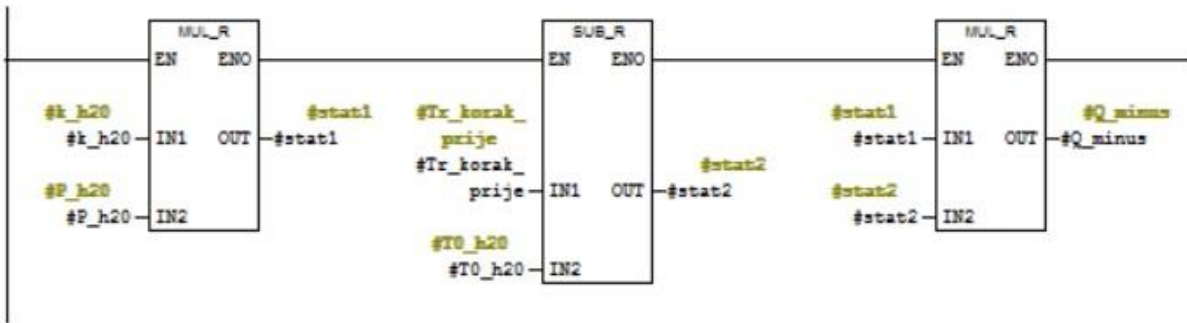
Network 1 : Title:

Comment:



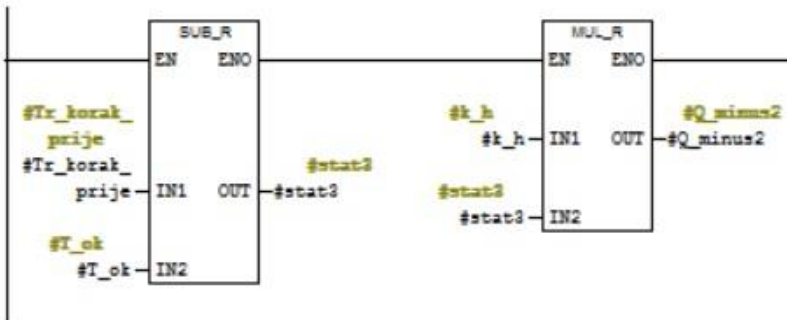
Network 2 : Title:

Comment:



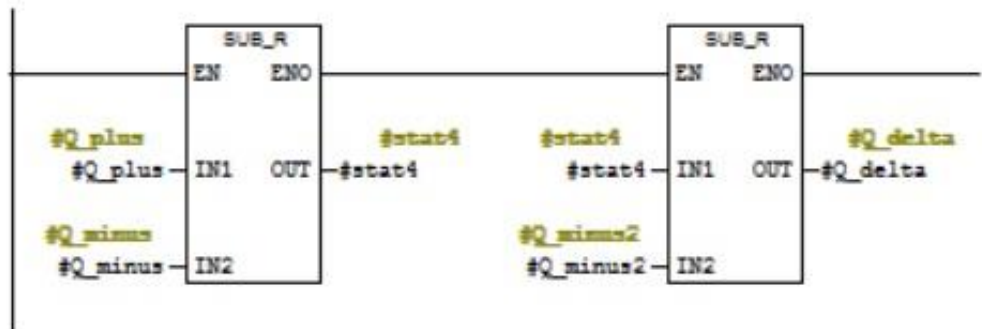
Network 3 : Title:

Comment:



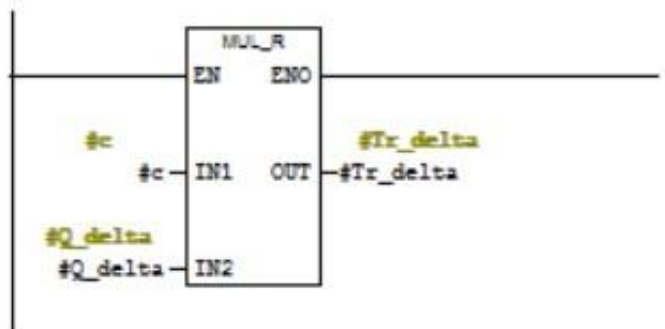
Network 4 : Title:

Comment:



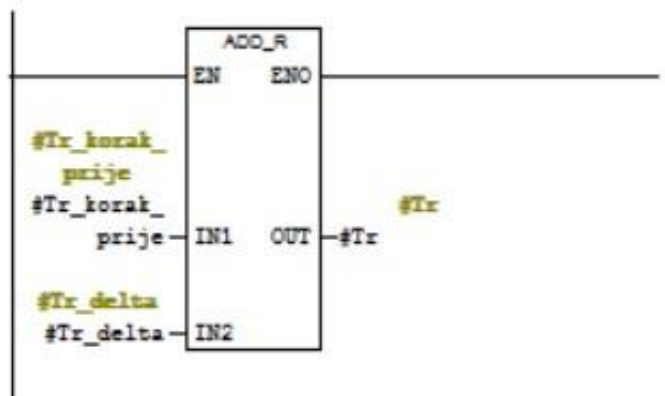
Network 5 : Title:

Comment:



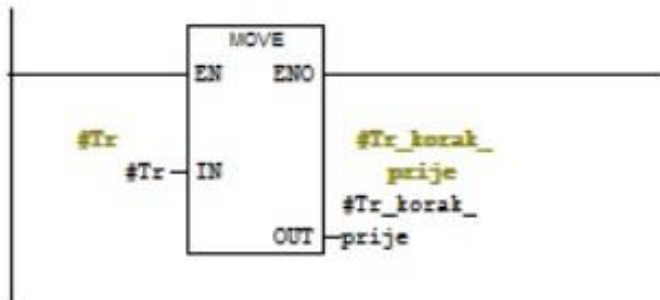
Network 6 : Title:

Comment:



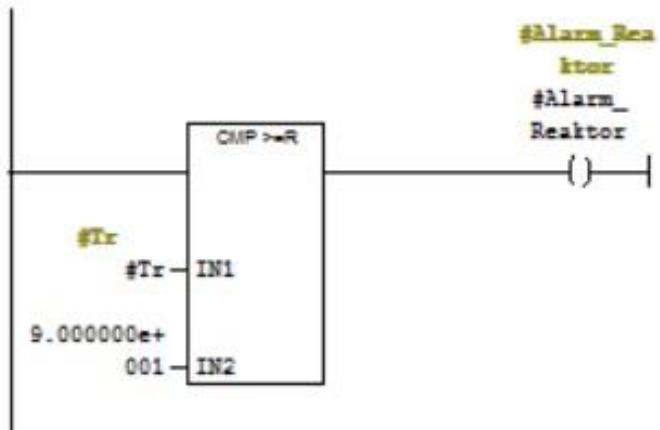
Network 7 : Title:

Comment:



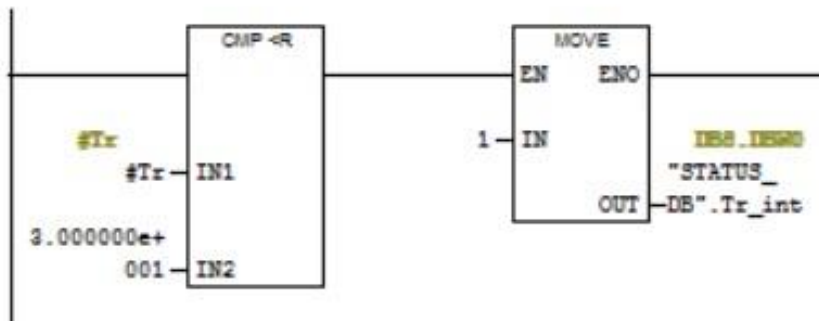
Network 8 : Title:

Comment:



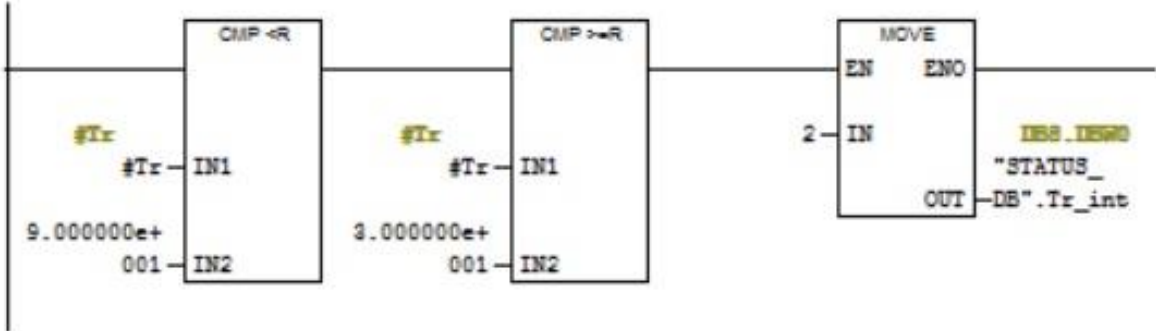
Network 9 : Title:

Comment:



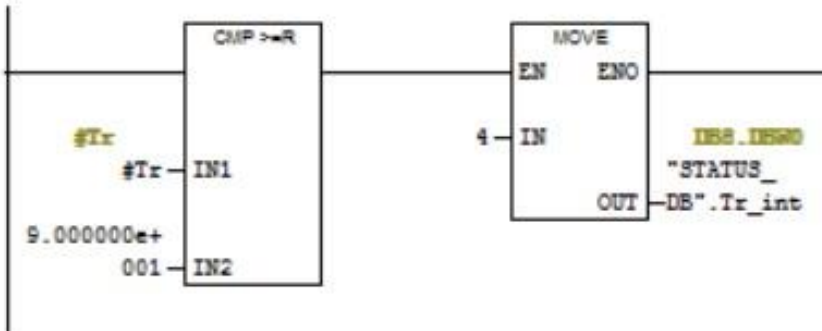
Network 10 : Title:

Comment:



Network 11 : Title:

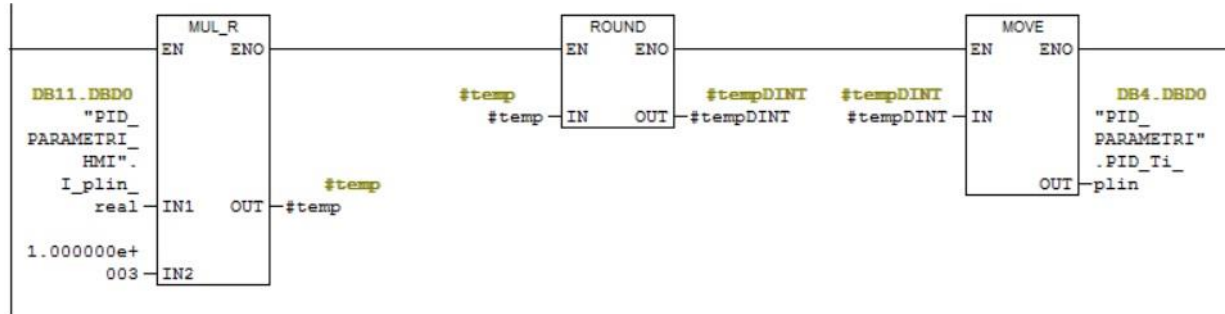
Comment:



6.4. Upravljački program PID parametra

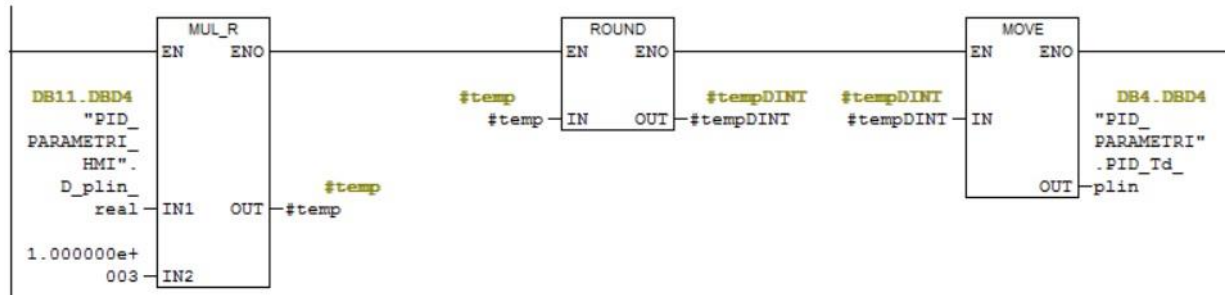
Network 1 : Title:

Comment:



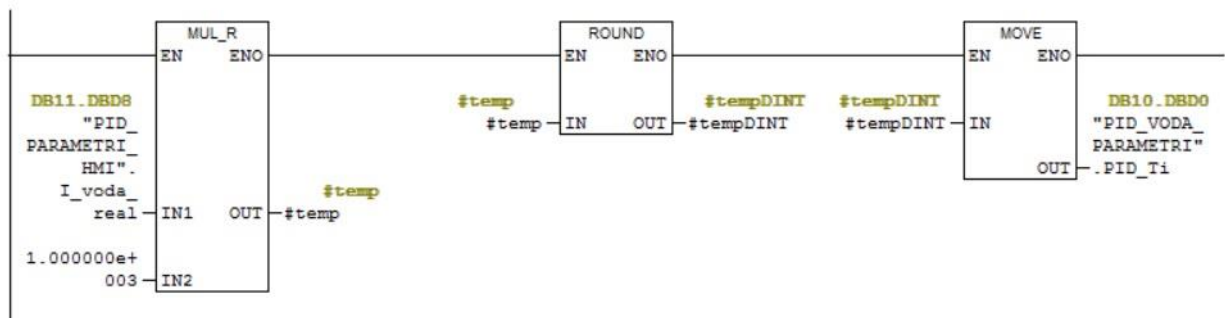
Network 2 : Title:

Comment:



Network 3 : Title:

Comment:



Network 4 : Title:

Comment:

