



**KATEDRA ZA PRIMENJENU MEHANIKU I AUTOMATSKO
UPRAVLJANJE**

SEMINARSKI RAD

PREDMET:

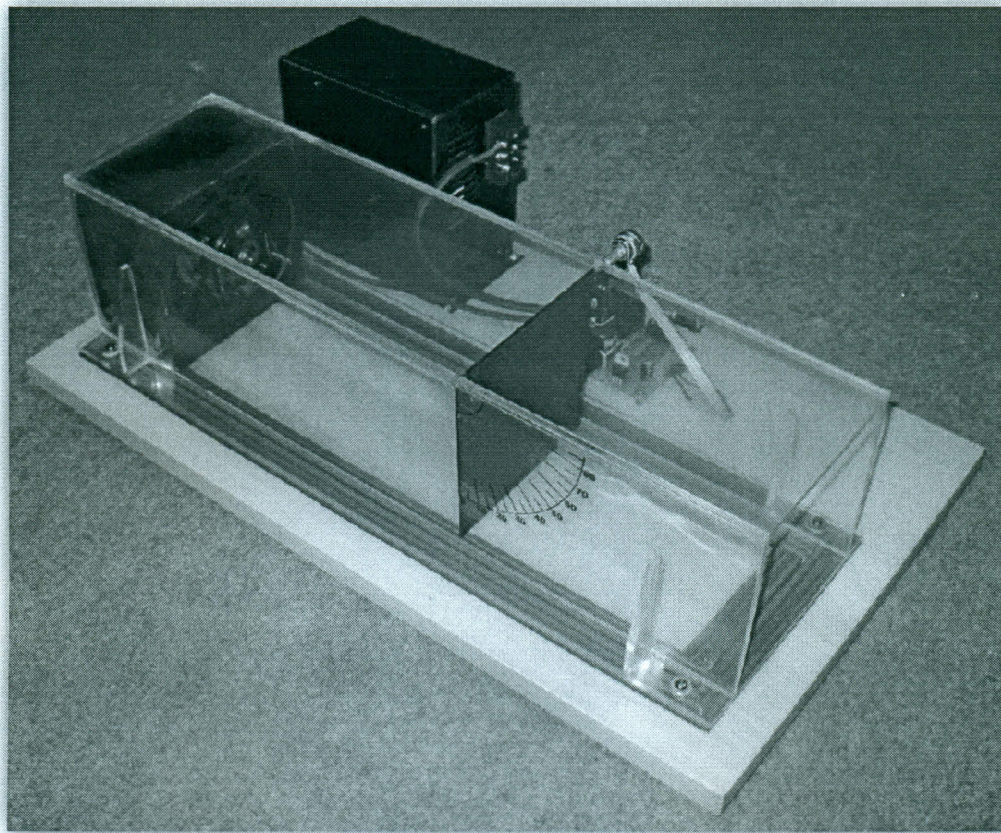
**PROJKTOVANJE KOMPONENTI I
SISTEMA AUTOMATSKOG
UPRAVLJANJA**

Profesor: **dr Milan Matijević**

Studenti: **Zdravko Aleksić 88/2003
Nenad Maksić 38/2003**

1.0 UVOD

Predmet ovog rada je opis postupka izgradnje i upravljanja laboratorijskim modelom vazdušnog tunela sa okretnom pločom. Cilj je upravljati otklonom ploče od vertikalne ravni. Veličina otklona se reguliše promenom protoka vazduha kroz tunel, koji se menja promenom broja obrtaja ventilatora. Motorom ventilatora upravlja SIEMENS-ov PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP. Izgled modela je prikazan slikom 1.



Slika 1. Model

Upravljanje je realizovano implementacijom PID algoritma u prethodno pomenutom kontroleru, što je sa izgradnjom modela osnovni cilj ovog rada.

Oprema koja je korišćena za realizaciju ovog projekta:

- model vazdušnog tunela
- SIEMENS PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP
- Touch Panel TP 170micro
- SIEMENS SITOP power 3.5
- PC/PPI Cable 6ES7
- MPI Cable 187.5
- NI USB 6009
- Osciloskop HAMEG HM 303

Korišćeni programi su:

- STEP 7 MicroWIN V4.0
- SIMATIC WinCC flexible 2004
- MATLAB R2007
- LabVIEW 8.2
- Microsoft Excel 2007...

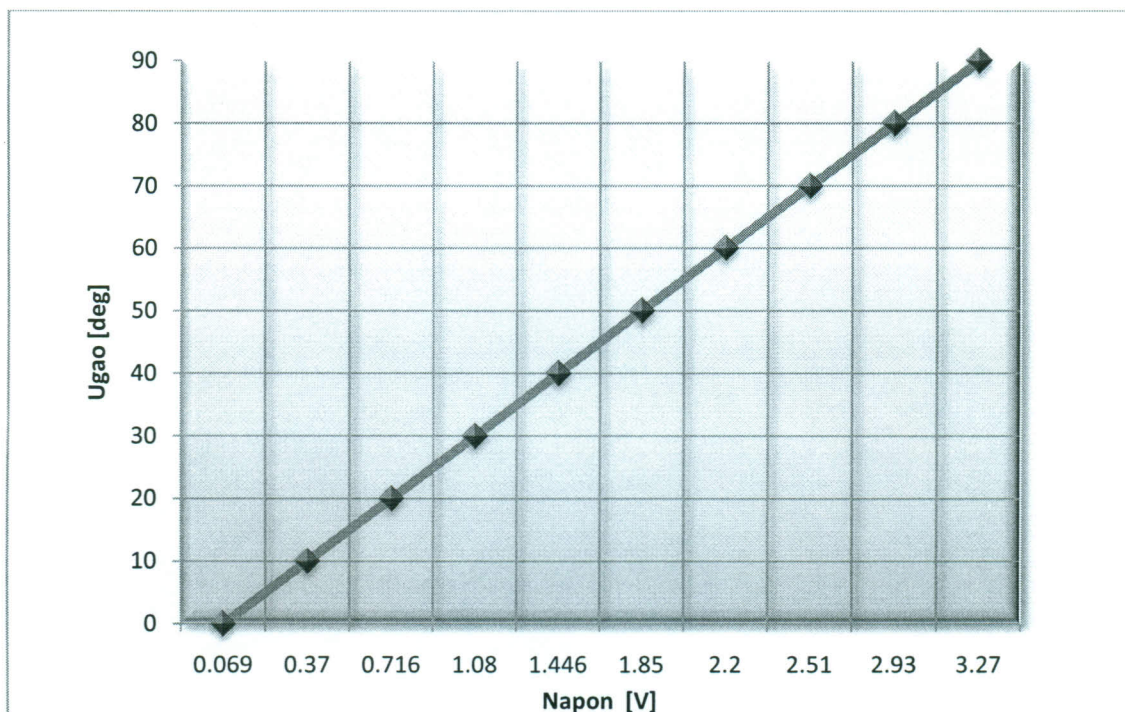
2.0 OPIS SISTEMA

2.0.1 OPIS MODELA

Model se sastoji iz tunela, napravljenog od klirita, na čijem se jednom kraju nalazi ventilator. Motor ventilatora radi na 12 V. Za pogon ventilatora korišćeno je modifikovano računarsko AT napajanje. U tunelu se nalazi plastična ploča koja je sa gornje strane čvrsto vezana za osovinu sa kojom se zajedno okreće u ležištima. Za jedan kraj osovine vezan je obrtni deo potenciometra, dok je kućište potenciometra vezano za sam tunel.

2.0.2 OPIS ELEKTRONSKIH KOMPONENTI MODELA

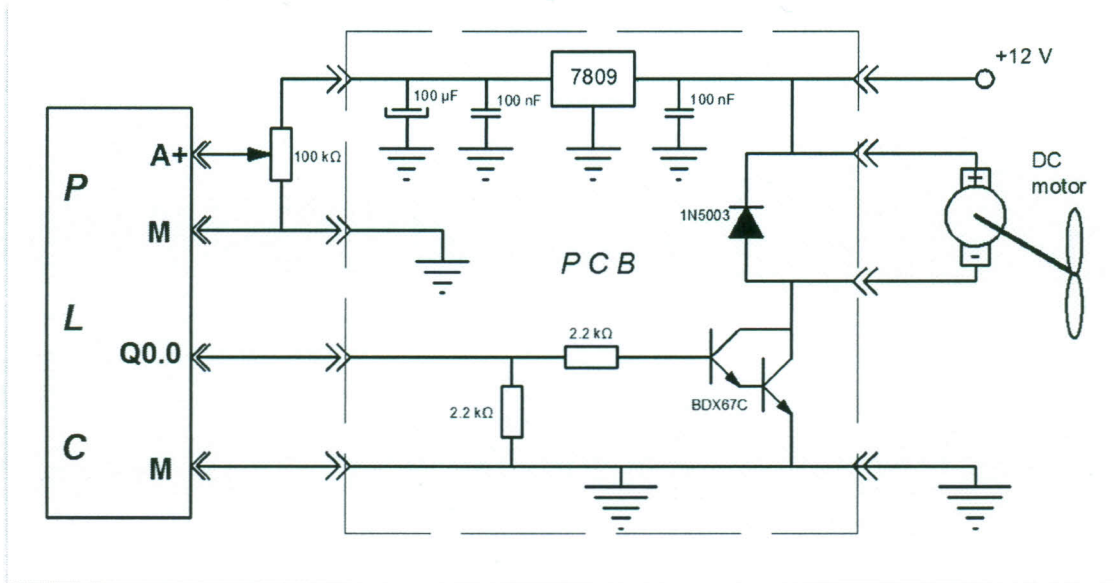
Kao senzor korišćen je obrtni potenciometar otpornosti 100 k Ω , koji može da meri uglove u opsegu od 0 – 300 stepeni. Na krajeve potenciometra se dovodi stabilisani napon od 9 V. Sa jednog krajnjeg i srednjeg (kliznog) izvoda napon se vodi na analogni ulaz PLC-a **AIW0**. Ovaj napon zavisi od vrednosti ugla otklona ploče. Dijagram zavisnosti ugla zakretanja i napona na potenciometru (karakteristika senzora) prikazan je slikom 2.



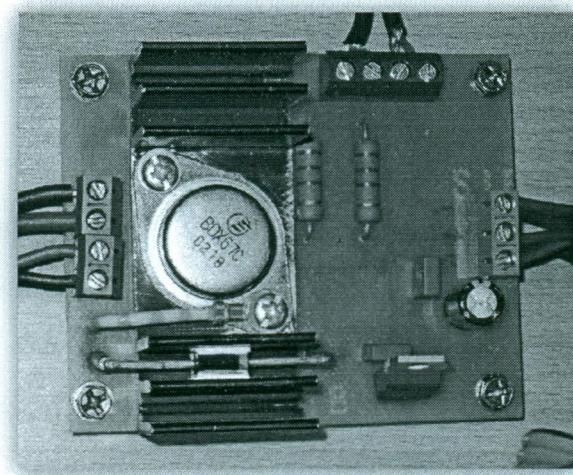
Slika 2. Karakteristika senzora

2.0.3 POVEZIVANJE MODELA SA PLC-OM

Napon na potenciometru, koji zavisi od ugla za koji se zakrenula ploča, dovodi se na analogni ulaz **A+** na PLC-u. Digitalni izlaz **Q0.0** vezuje se na pojačavač snage. Šema pojačavača snage, stabilizatora napona kao i izgled stampane ploče prikazani su slikama 3 i 4.



Slika 3. Šema sistema



Slika 4. Štampana ploča

PLC sa računarom u toku prenosa programa komunicira pomoću PC/PPI kabla, koji se vezuje na port 1. Povezivanje računara i TP-a (TP–*Touch Panel*) se vrši direktnim povezivanjem pomoću istog PC/PPI kabla. Nakon ostvarene konekcije moguće je programirati TP. Veza između PLC-a i TP-a se ostvaruje pomoću MPI kabla koji je vezan za port 0 na PLC-u.

3.0 PROGRAMIRANJE PLC-a i TP-a

3.0.1 Tehničke karakteristike PLC-a

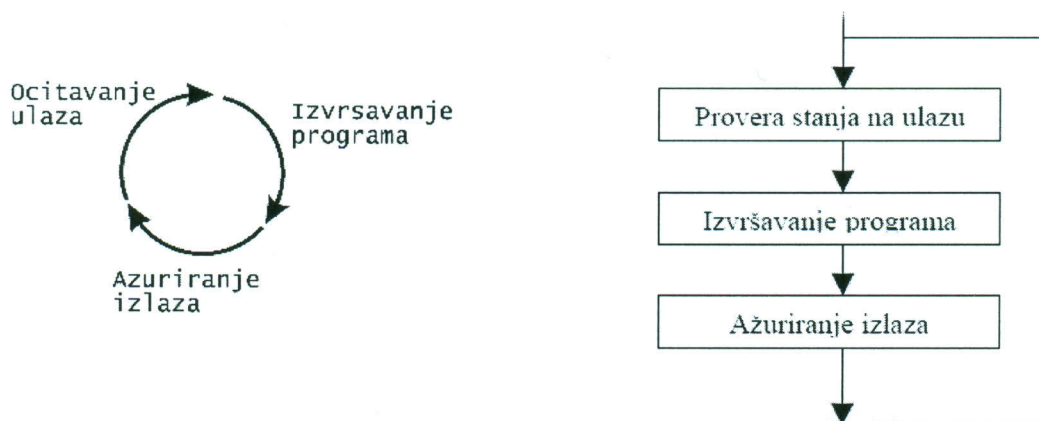
SIEMENS-ov PLC SIMATIC S7-200 CPU224XP poseduje dva analogna ulaza na koji se mogu dovesti naponski signali u opsegu od -10 do +10 V. Naponski signal se konvertuje u digitalnu reč dužine 16 bita. Ove vrednosti se upisuju na adrese **AIW0** (analogni ulaz **A+**) i **AIW2** (analogni ulaz **B+**). Vrednosti analognih ulaza se mogu samo čitati (*read only values*). Signal sa ulaza se konvertuje u digitalnu vrednost u opsegu od **-32000** do **+32000**. Impedansa analognih ulaza je veća od 100 k Ω . Najkraće vreme analogno – digitalne konverzije iznosi 125 ms. Ulazni analogni signal se prevodi u digitalnu vrednost svaki put kada instrukcija iz glavnog programa zatraži čitanje analognog ulaza. Svaki analogni ulaz je moguće nezavisno filtrirati u cilju dobijanja stabilnijih signala. Filtriranje ulaza je isključeno (*default*) i u zavisnosti od tipa i brzine signala se može uključiti. Za brzo promenljive ulazne signale nije potrebno filtriranje. Filtriranje analognih ulaza treba koristiti kada se radi o sporo promenljivom signalu.

SIMATIC S7-200 CPU224XP poseduje jedan analogni izlaz sa mogućnošću izbora naponskog ili strujnog signala. Naponski signal se kreće u opsegu od 0 do 10 V, a strujni u opsegu od 0 do 10 mA. Analogni izlaz je predstavljen vrednošću od **0** do **+32000**, koja se upisuje na adresu **AQW0** ili **AQW2**.

Pored analognih ulaza i izlaza veoma su zanimljiva i dva digitalna izlaza (**Q0.0** i **Q0.1**). Ovi izlazi su znatno brzi od ostalih digitalnih izlaza pa su vrlo značajni za upravljanje brzim procesima. Napon na svim digitalnim izlazima je približno isti i iznosi 24 V. Izlazi ne trpe velika strujna opterećenja o čemu treba posebno voditi računa. Zbog ovoga se preporučuje upotreba pojačavača snage ili primena relejnog ojačavanja za spore izlaze.

3.0.2 Ladder dijagram

PLC radi tako što neprekidno obavlja operaciju skeniranja. Jedan ciklus skeniranja sadrži tri koraka, slika ...



Slika 5. Princip rada PLC-a

- **Provera stanja na ulazu (INPUT)** - PLC proverava stanje na svakom ulazu (vrednost bita na adresi svakog ulaznog uređaja) i ove podatke upisuje u memoriju i koristi ih u drugom koraku.

- **Izvršavanje programa** - Posle završenog prvog koraka PLC izvršava program, instrukciju po instrukciju, tako što na osnovu sačuvanih podataka iz prvog koraka "odlučuje" koje će izlaze uključiti, a koje ne. Podaci za izvršavanje se upisuju u memoriju i koriste u sledećem koraku.

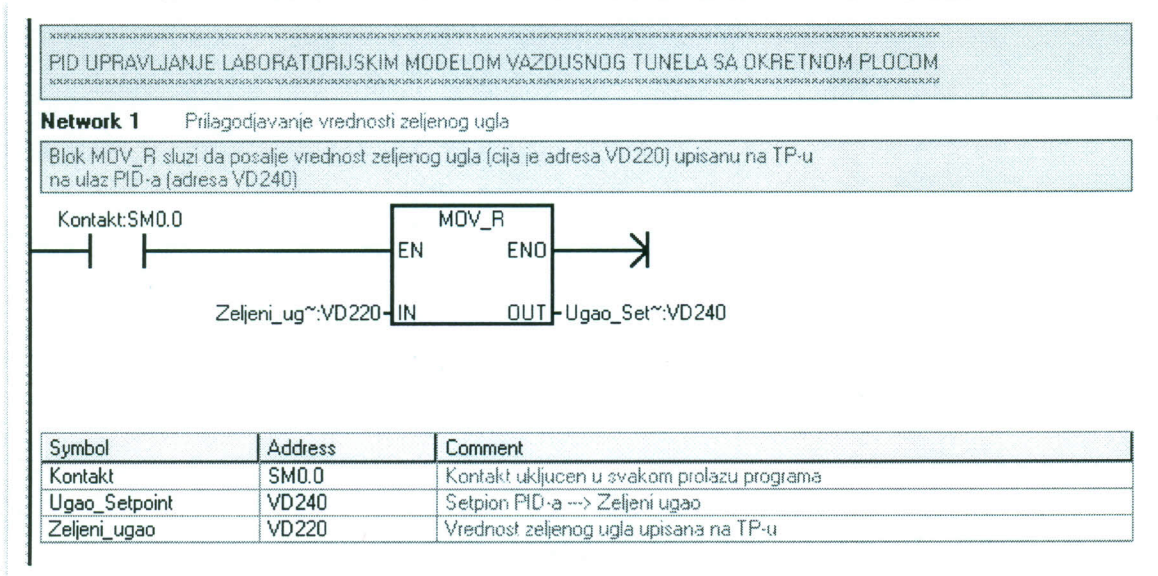
- **Ažuriranje izlaza (OUTPUT)** - Konačno, PLC ažurira status izlaznih uređaja, na osnovu vrednosti ulaza i izvršavanja programa – bitovi na adresama izlaznih uređaja se setuju (dodeljuje im se vrednost 1) ili resetuju (dodeljuje im se vrednost 0).

Po završetku trećeg koraka PLC se vraća na prvi korak. Vreme skeniranja (*scan time*) se definiše ako vreme potrebno za izvršavanje ova tri koraka. Ono je promenljivo, zavisi od broja ulaza i izlaza, dužine programa. Vreme skeniranja nije perioda odabiranja.

Ladder dijagram je grafički prikaz programa koji kontroliše ceo proces i koji se izvršava u centralnoj procesorskoj jedinici (CPU) PLC-a. Dobio je naziv *ladder* (merdevine) zbog lestvičastog izgleda. Sastoji se iz više delova (*networks*), kojima su zadate određene instrukcije.

Network 1

Network 1 služi za iščitavanje vrednosti ugla koju korisnik upisuje na TP-u. Izgled *Network-a 1* je prikazan slikom...

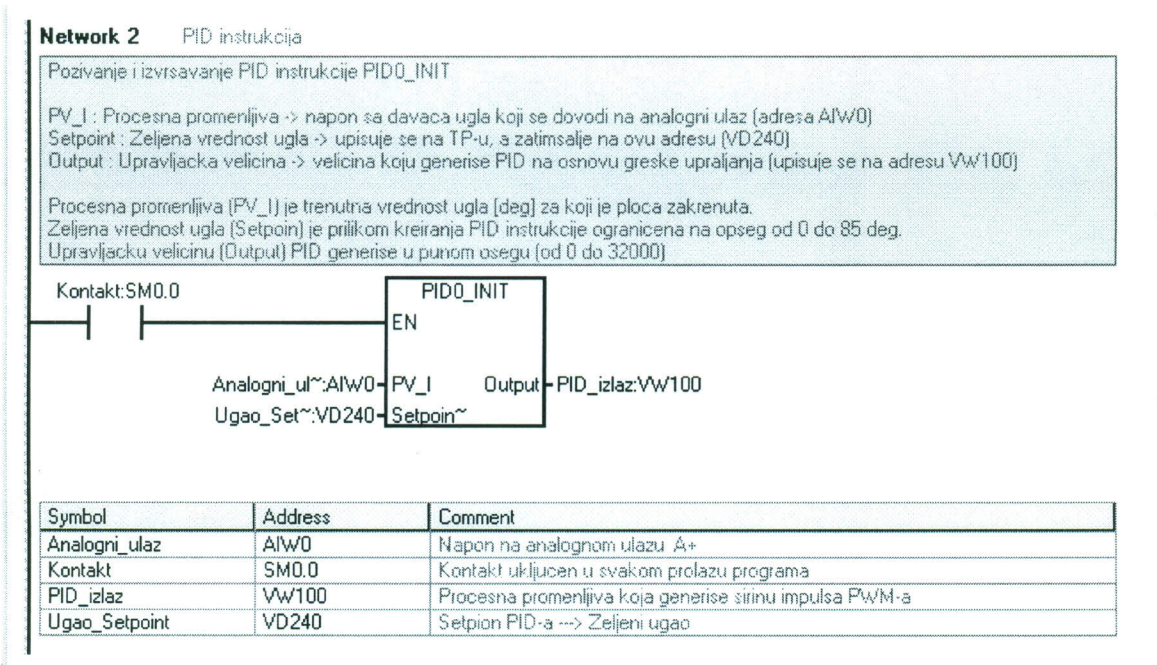


Slika 6. *Network 1*

Blok *MOV_R* se uključuje preko kontakta **SM0.0** u svakom ciklusu. Ova adresa je rezervisana za virtualni kontakt koji je stalno uključen nezavisno od stanja na ulazima i izlazima PLC-a. Svaki blok u dijagramu mora biti priključen preko nekog kontakta. Upotrbom ovog kontakta obezbeđuje se da blok radi neprekidno. *MOV_R* služi da realnu vrednost (*real*) koju korisnik upisuje u određeno polje na TP-u i koja se time upisuje na adresu **VD220**, prebaci na adresu **VD240** ne menjajući joj time vrednost. Ova vrednost je željeni ugao, izražen u stepenima, između ploče i vertikale. Željeni ugao može da se zada u opsegu od 0 do 85 stepeni. Vrednost koja je upisana na adresi **VD240** PID instrukcija koristi kao *Setpoint*.

Network 2

Network 2 poziva *PID0_INIT* podprogram, koji se kreira korišćenjem opcije *PID Wizard*. Pokretanje i sam postupak rada sa ovom opcijom je detaljno opisan u 2.-5. Izgled *Network-a 2* je prikazan slikom 7.

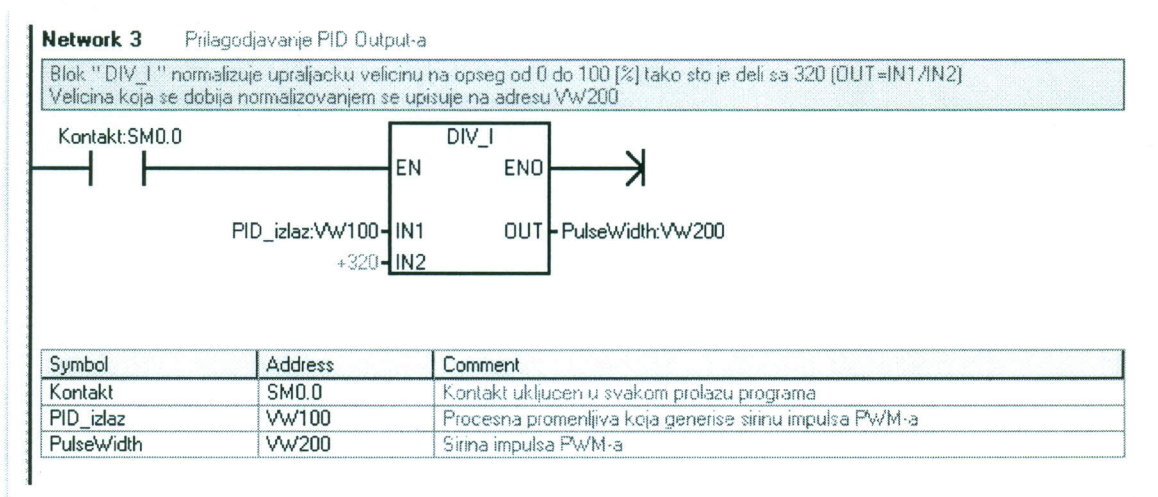


Slika 7. Network 2

Kontakt **SM0.0** i u ovom delu programa služi da obezbedi rad *PID* instrukcije u svakom ciklusu. Blok *PID0_INIT* predstavlja podprogram koji izvršava *PID* instrukciju. Ovaj blok ima dva ulaza, željenu vrednost ugla (**VD240**) i trenutnu vrednost ugla (**AIW0**). Blok *PID0_INIT* na osnovu ove dve vrednosti kreira signal greške koji dolazi na ulaz *PID* instrukcije. Trenutna vrednost ugla je skalirana vrednost napona davača koji se dovodi na analogni ulaz **A+** (adresa **AIW0**). Skaliranje vrednosti napona na analognom ulazu se vrši u okviru kreiranja *PID* instrukcije kroz *PID Wizard*. Izlaz koji generiše *PID* (*Output*) se kreće u opsegu od **0** do **+32000** i upisuje se na adresu **VW100**.

Network 3

Network 3 služi za dobijanje širine impulsa koju koristi PWM (*Pulse Width Modulation*) instrukcija u sledećem Network-u.

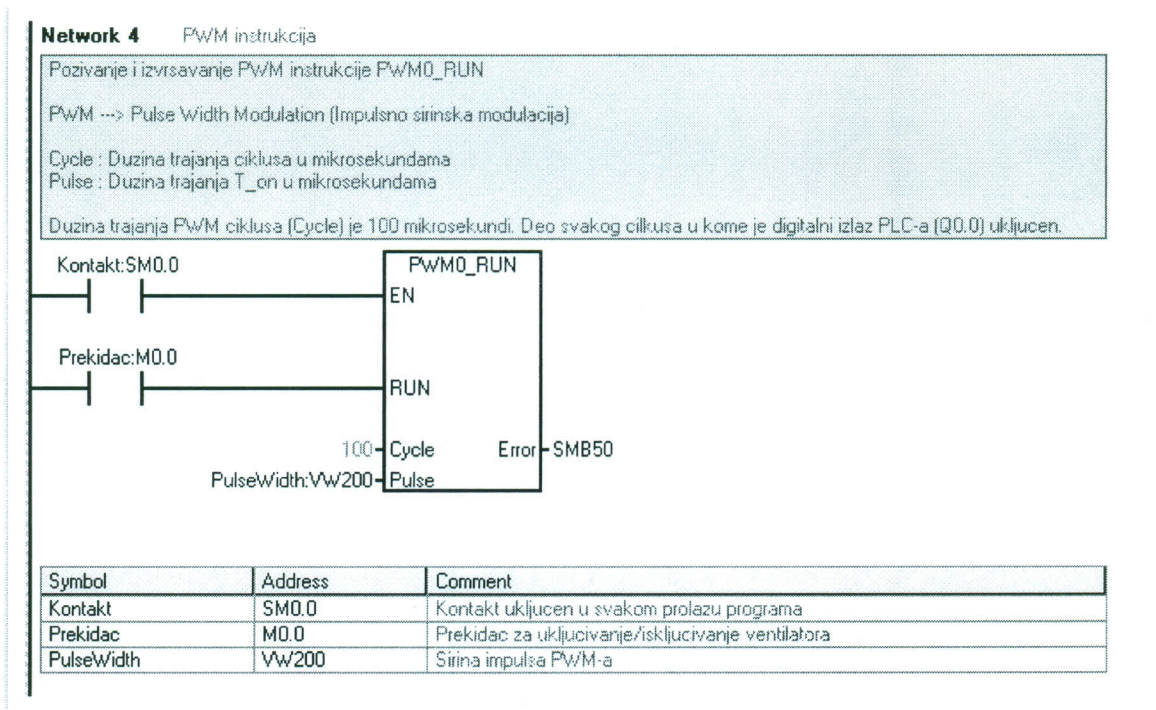


Slika 8. Network 3

Blok *DIV_I* vrši prostu operaciju deljenja dve celobrojne vrednosti (*integer*), pri čemu je $OUT = IN1 / IN2$. Kako je maksimalna vrednost promenljive na adresi **VW100 + 32000**, deljenjem sa **+320** omogućen je prikaz izlaza iz PID-a u opsegu od **0** do **100** (odnosno u procentima). Ovako normalizovana vrednost se upisuje na adresu **VW200**.

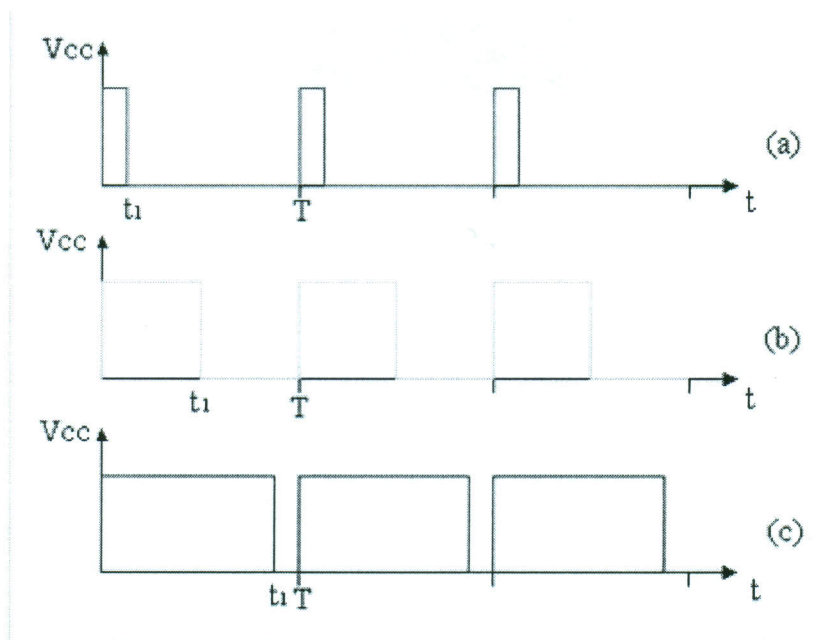
Network 4

Network 4 poziva *PWM0_RUN* podprogram, koji se kreira korišćenjem opcije *Pulse Output Wizard*. Pokretanje i sam postupak rada sa ovom opcijom je detaljno opisan u 2.-5. Izgled *Network-a* 4 je prikazan slikom 9.



Slika 9. Network 4

Prekidač **M0.0** služi za uključivanje/isključivanje digitalnog izlaza **Q0.0** na koji je povezan pojačavač snage. Stanje kontakta **M0.0** (*on/off*) menja korisnik pritiskom odgovarajuće ikonice na TP-u (*Ukljuci/Iskljuci*). Vrednost **100** na ulazu *Cycle* predstavlja dužinu svakog perioda **T** izraženu u mikro sekundama. Na ulaz *Pulse* dovodi se vrednost promenljive sa adrese **VW200**, koja predstavlja trajanje impulsa u mikro sekundama (širina impulsa). Odnos trajanja ciklusa i sirine impulsa zove se *faktor ispune* (*Duty cycle*). Kreiranje signala ovog tipa se zove *Impulsno širinska modulacija* signala (IŠM), ali se u praksi češće upotrebljava termin *PWM* (*Power Width Modulation*). Izgled upravljačkog *PWM* signala prikazan je slikom 10.



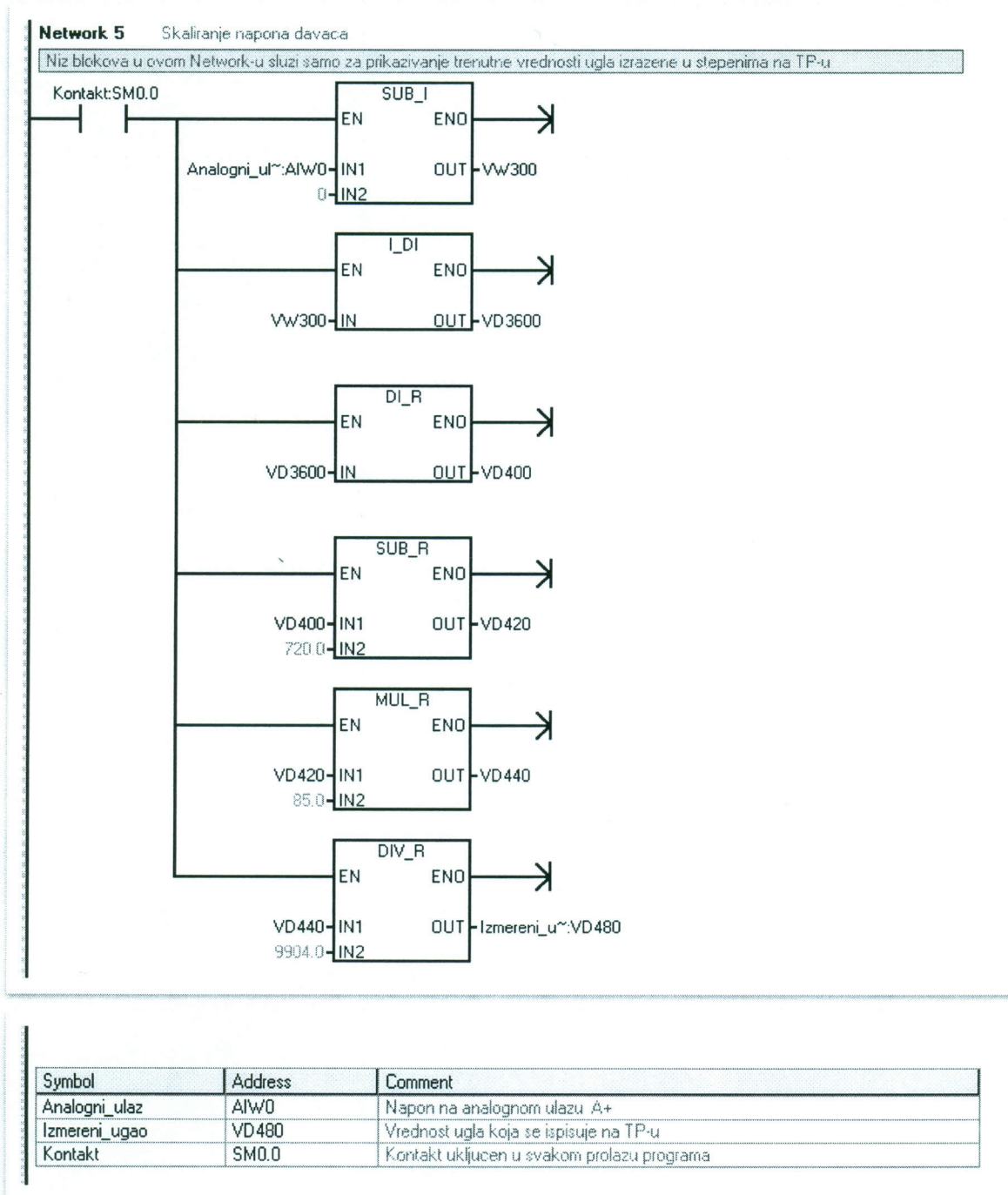
Slika 10. PWM signali sa različitim faktorima ispune (DT)

$$\frac{\text{impuls}}{\text{pauza}} = \frac{t_1}{T - t_1} \quad \text{faktorispune} = \frac{t_1}{T}$$

PWM je jako moćna tehnika kontrolisanja analognih kola preko digitalnih izlaza računara. Napon, odnosno struja se dovode do analognog primaoca kao serija impulsa, a informacija o amplitudi analognog signala se predstavlja širinom (trajanjem) impulsa PWM signala. PWM ima vrlo široku primenu, koristi se pri merenju, komunikaciji, kontroli napajanja, kontroli motora, kao i u raznim vrstama pretvarača. Amplituda PWM signala je najčešće fiksa i nije od značaja, ali se u nekim slučajevima može koristiti za prenos dodatnih informacija. U suštini, PWM predstavlja način digitalnog kodiranja nivoa analognih signala. Korišćenjem brojača visoke rezolucije, četvrtasti signal se moduliše tako da predstavlja specifični nivo analognog signala. Analogni naponi i struje se mogu koristiti za direktnu kontrolu uređaja, to je jako jednostavan i jasan način kontrole. Digitalnim kontrolisanjem analognih kola, smanjuje se osetljivost na šumove. Mnogi današnji PLC-ovi imaju brze izlaze što omogućava primenu PWM-a.

Network 5

Network 5 vrši skaliranje izmerene vrednosti (naponski signal na analognom ulazu A+) zbog ispisivanja izmerenog ugla na TP-u.



Slika 11. Network 5

Network 5 kroz niz blokova izvršava funkciju:

$$O_V = \frac{(O_{SH} - O_{SL}) * (I_V - I_{SL})}{(I_{SH} - I_{SL})} + O_{SL}$$

- O_{SH} – skalirana vrednost maksimalnog ulaznog napona (10624, što odgovara naponu 3,11 V na potenciometru)
- O_{SL} – skalirana vrednost minimalnog ulaznog napona (720, što odgovara naponu 0,069 V na potenciometru)
- I_{SH} – maksimalni ugao (85)
- I_{SL} – minimalni ugao (0)
- O_V – skalirana vrednost trenutnog ulaznog napona
- I_V – trenutna vrednost ugla

Kada se ujednačonu unesu vrednosti za konkretan slučaj imamo:

$$O_V = \frac{(10624 - 720) * (I_V - 0)}{(85 - 0)} + 720$$

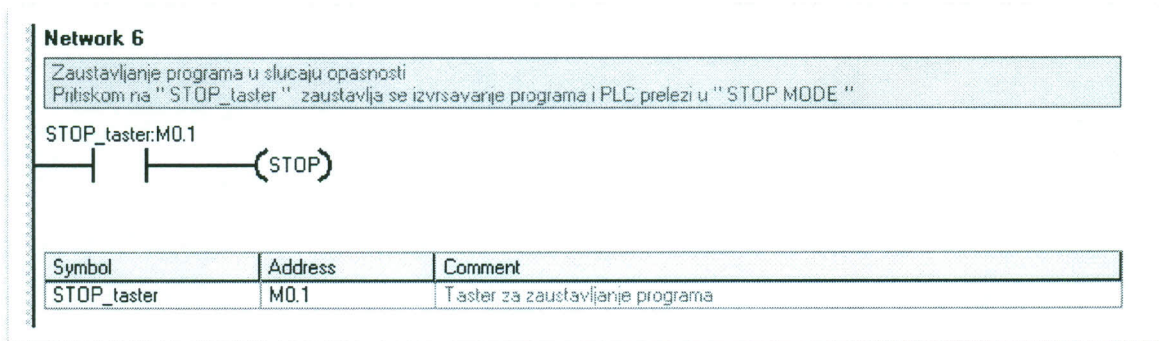
Posle sređivanja jednačina ima oblik:

$$I_V = \frac{(O_V - 720) * 85}{9904}$$

Prva tri bloka *Network-a 5* služe za prebacivanje celobrojne promenljive koja se nalazi na adresi **AIW0** u realnu promenljivu koja se upisuje na adresi **VD400**, bez promene njene vrednosti. Blok *SUB_R* vrši oduzimanje $(O_V - 720)$ upisujući vrednost rezultata na adresu **VD420**. Blok *MUL_R* vrši množenje $(O_V - 720) * 85$ upisujući vrednost rezultata na adresu **VD440**. Blok *DIV_R* deli prethodno dobijene vrednosti na adresi **VD440** sa 9904 čime se dobija trenutna vrednost ugla koju ploča zaklapa sa vertikalom, upisana na adresu **VD480**. Vrednost sa adrese **VD480** se dalje šalje na TP. Jasno je da poslednja tri bloka *Network-a 5* samo izvršavaju proste matematičke operacije. Ovakvim pristupom je moguće rešavanje i mnogo složenijih matematičkih operacija.

Network 6

Network 6 služi za zaustavljanje programa i prebacivanje PLC-a iz *Run* u *Stop Mode*. Program se zaustavlja pritiskom tastera STOP koji je kreiran na TP-u i čija je adresa **M0.1**. Tasteri za zaustavljanje postoje iz bezbedonosnih razloga na gotovo svim sistemima koji se kontrolisu pomoću PLC-a. Ovim *Network-om* se i završava *Ladder* dijagram.



Slika 12. Network 6

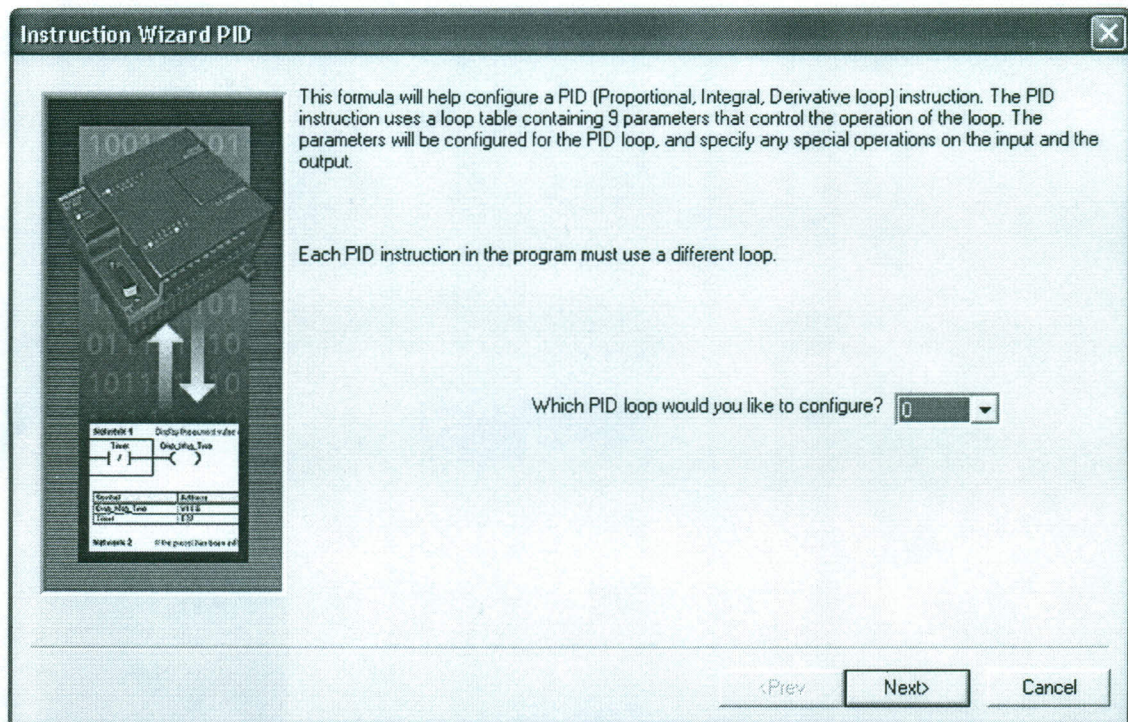
Spisak svih simbola i adresa upotrebljenih za kreiranje ovog Ladder dijagrama zajedno sa pripadajućim komentarima prikazani su tabelarno slikm13.

	Symbol	Address	Comment
1	Zeljeni_ugao	VD220	Vrednost zelenog ugla upisana na TP-u
2	DutyCycle	VD320	Duty Cycle izrazen u procentima
3	PulseWidth	VW200	Sirina impulsa PWM-a
4	Ugao_Setpoint	VD240	Setpoint PID-a → Zeljeni ugao
5	Kontakt	SM0.0	Kontakt ukljucen u svakom prolazu programa
6	Izmereni_ugao	VD480	Vrednost ugla koja se ispisuje na TP-u
7	PID_izlaz	VW100	Procesna promenljiva koja generise sirinu impulsa PWM-a
8	Analogni_ulaz	AIW0	Napon na analognom ulazu A+
9	Prekidac	M0.0	Prekidac za ukljucivanje/iskljucivanje ventilatora
10	STOP_taster	M0.1	Taster za zaustavljanje programa

Slika 13. Symbol Table

3.0.3 Kreiranje podprograma *PID0_INIT*

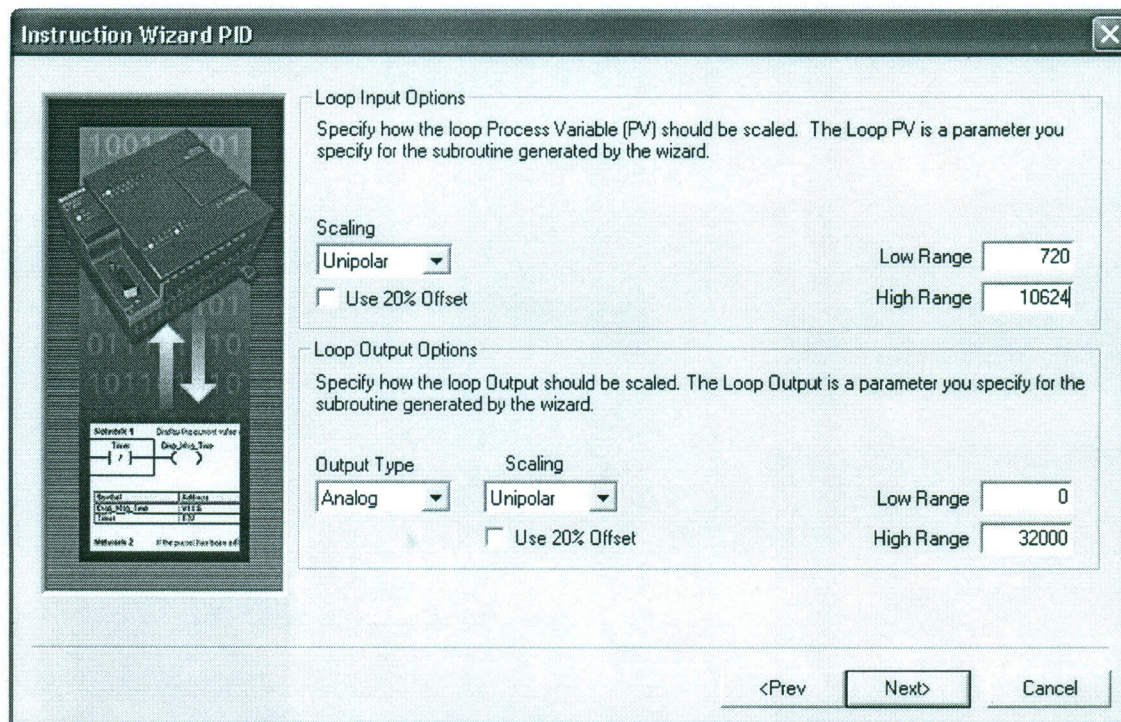
Implementaciju PID-a je najbolje izvršiti primenom *PID Wizard-a*, što je i preporuka proizvođača softvera *STEP 7-MicroWIN*. *PID Wizard* u glavnom programu kreira podprogram (*subroutine*) *PID0_INIT* i rutinu prekida (*interrupt routine*) *PID_EXE*. Podprogram *PID0_INIT* služi za pozivanje PID instrukcije i unos promenljivih, a izračunavanje vrši *PID_EXE*.



Slika 14. Izbor broja PID petlji

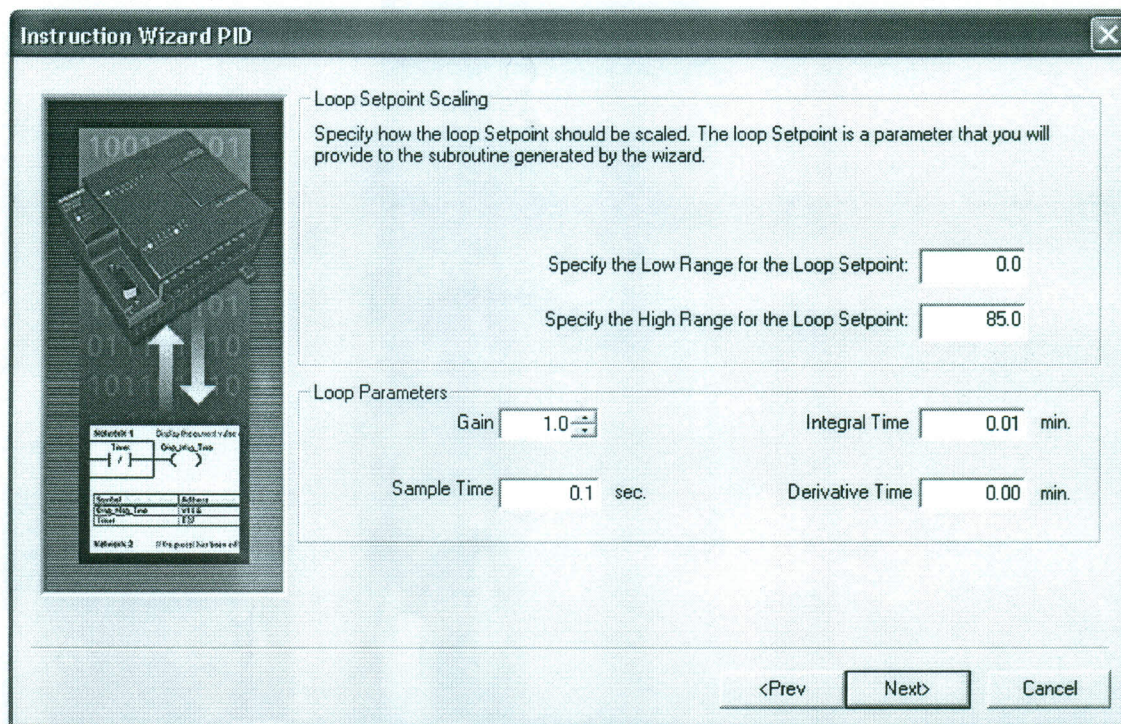
PID Wizard se aktivira izborom **Instruction tree > Wizards > PID**. SIMATIC S7-200 može da radi sa više PID petlji (maksimalno 8). U prvom prozoru se bira broj petlji, slika 14.

Naredni prozor (slika 15) predviđen je za podešavanje ulaznih i izlaznih promenljivih potrebnih za rad PID instrukcije.



Slika 15. Skaliranje Input-a i Output-a

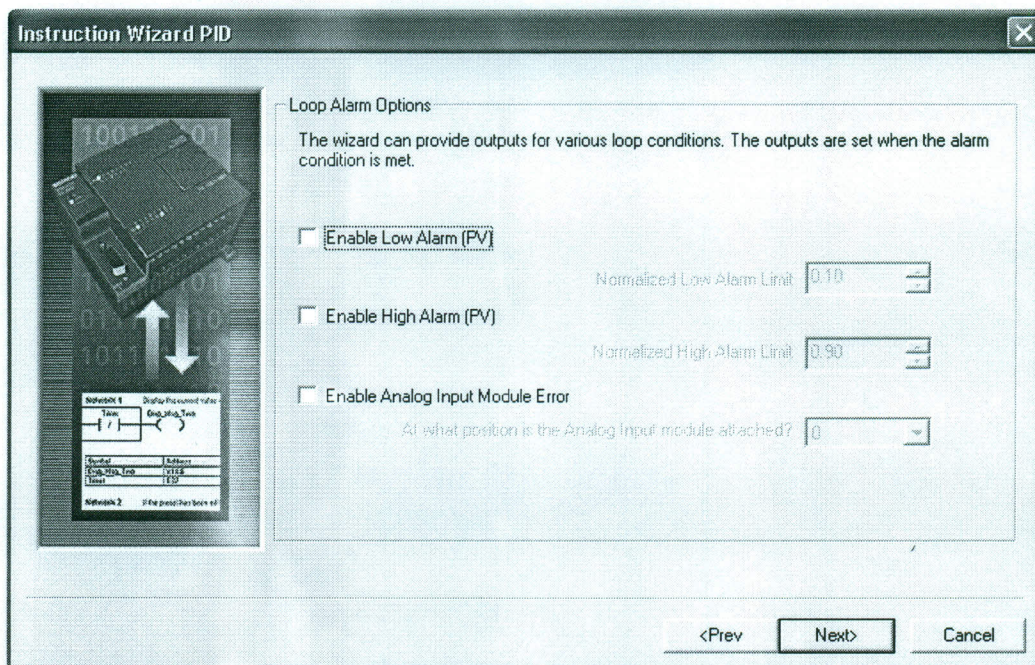
Način skaliranja ulazne veličine u petlju može biti unipolaran ili bipolaran (*Unipolar/Bipolar*). Kod unipolarnog skaliranja ulazna promenljiva može uzimati vrednosti iz opega od 0 do +32000 što odgovara maksimalnom naponu na analognim ulazima (od 0 V do +10 V), a kod bipolarnog iz opega od -32000 do +32000 što odgovara maksimalnom naponu na analognim ulazima (od -10 V do +10 V). U polja *Low Range* i *High Range* se unose digitalizovane vrednosti minimalnog i maksimalnog naponskog signala koji postoji u razmatranom procesu. U konkretnom slučaju *Low Range* je 720 što odgovara naponu 0,225 V koji je izmeren za ugao od 0 stepeni. *High Range* je 10624 što odgovara naponu na potenciometru od 3,32 V odnosno uglu od 85 stepeni između ploče i vertikale. Isto važi i za izlaznu promenljivu. Preporuka proizvođača je da se izlazna promenljiva koristi u punom opsegu, ako je to moguće.



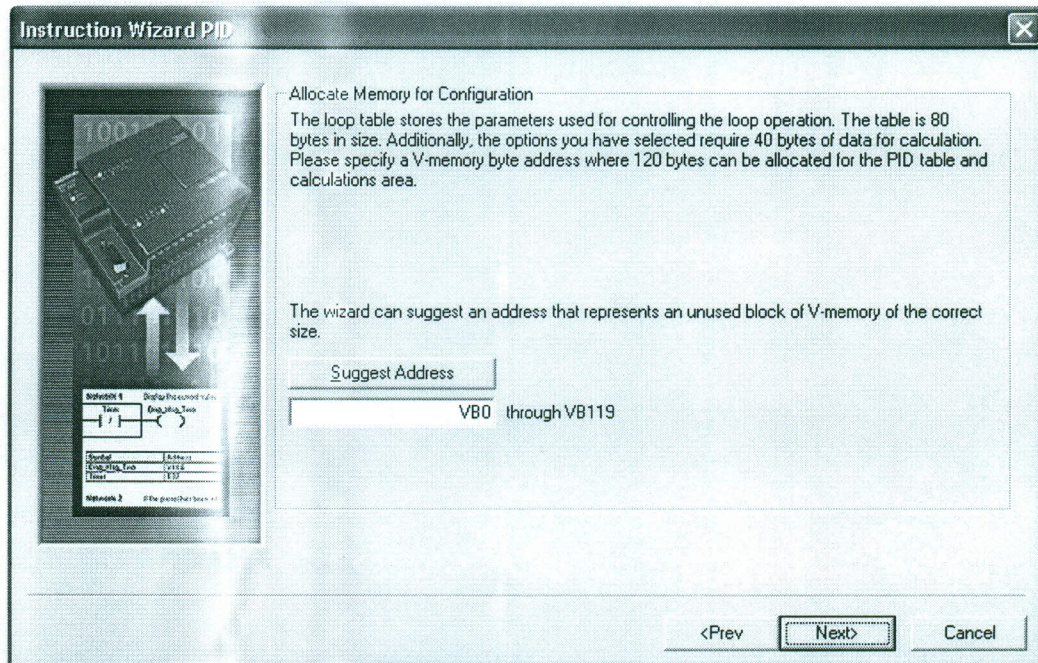
Slika 16. Izbor parametara PID-a

U trećem prozoru (slika 16) se unose granice u kojima će se kretati željena veličina (*Low-High Range for the Loop Setpoint*), što je u ovom slučaju ugao od 0 do 85 stepeni, kao i parametri PID-a (*Gain*, *Integral Time*, *Derivate Time* i *Sample Time*). Bitno je napomenuti da su *Gain*, *Integral Time*, *Derivate Time* za sada fiktivni i služe samo da PLC “zna” koju vrstu upravljanja želimo da primenimo, P, PI, PD ili PID. Da bi se isključilo diferencijalno (D) dejstvo u polje *Derivative Time* je potrebno upisati 0, a da bi se isključilo integralno dejstvo u polje *Integral Time* je potrebno upisati +inf. Parametri PID-a se podesavaju u *PID Tune Control Panel*-u posle završenog *Ladder* dijagrama.

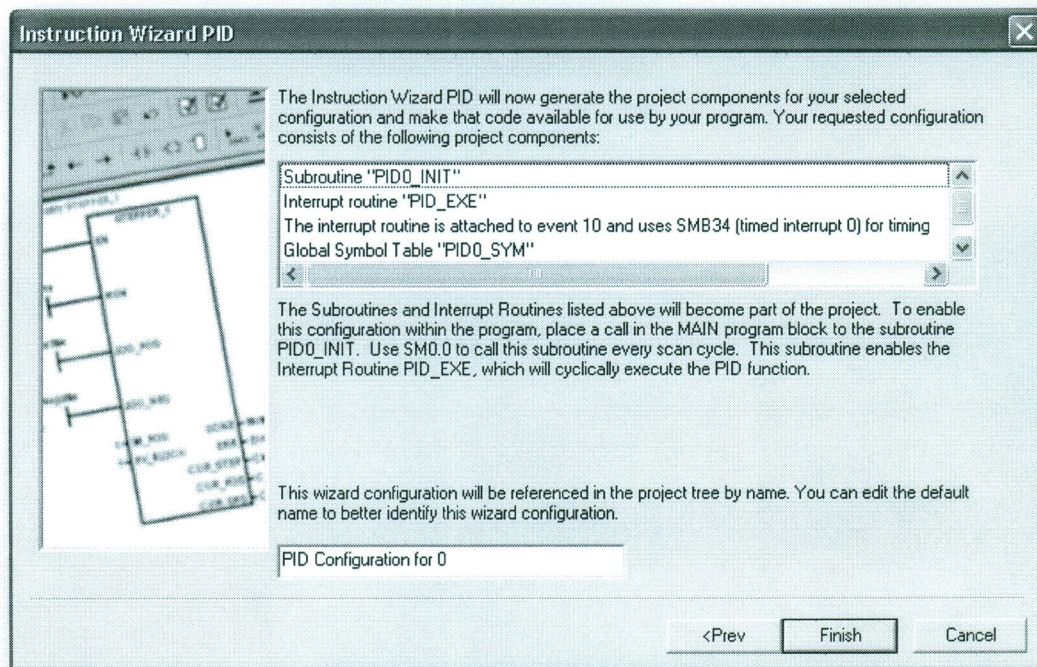
U istom prozoru se definise i dužina periode odabiranja u sekundama. Najkraća perioda odabiranja za A/D konverziju kod SIMATIC S7-200 kontrolera je 125 ms. Ovo je jedno od ograničenja primene ovog industrijskog kontrolera. U polje *Sample Time*, Wizard dozvoljava unos periode odabiranja sa tačnošću od 0,1s.



Slika 17. Podesavanje alarma



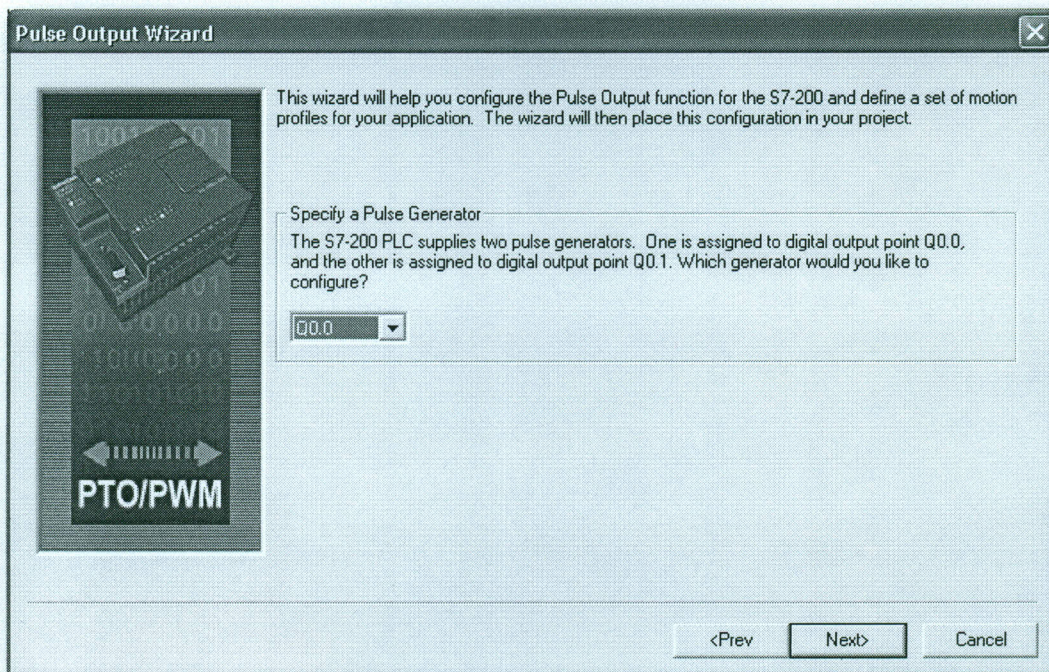
Slika 18. Izbor adrese



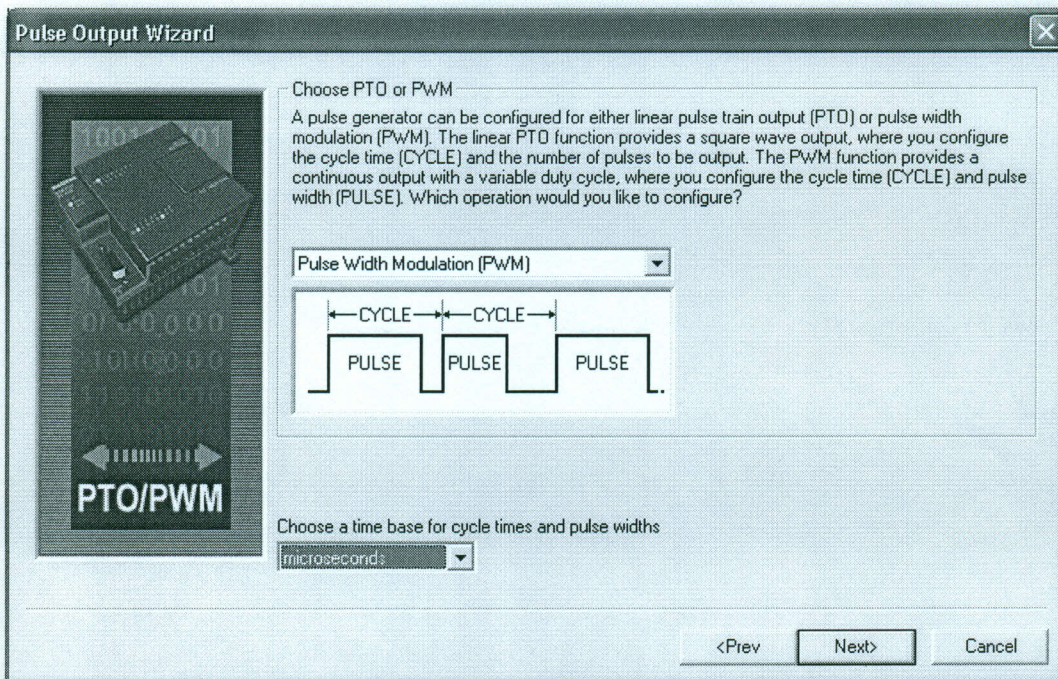
Slika 19. Kraj PID Wizarda

3.0.3 Kreiranje podprograma *PWM0_RUN*

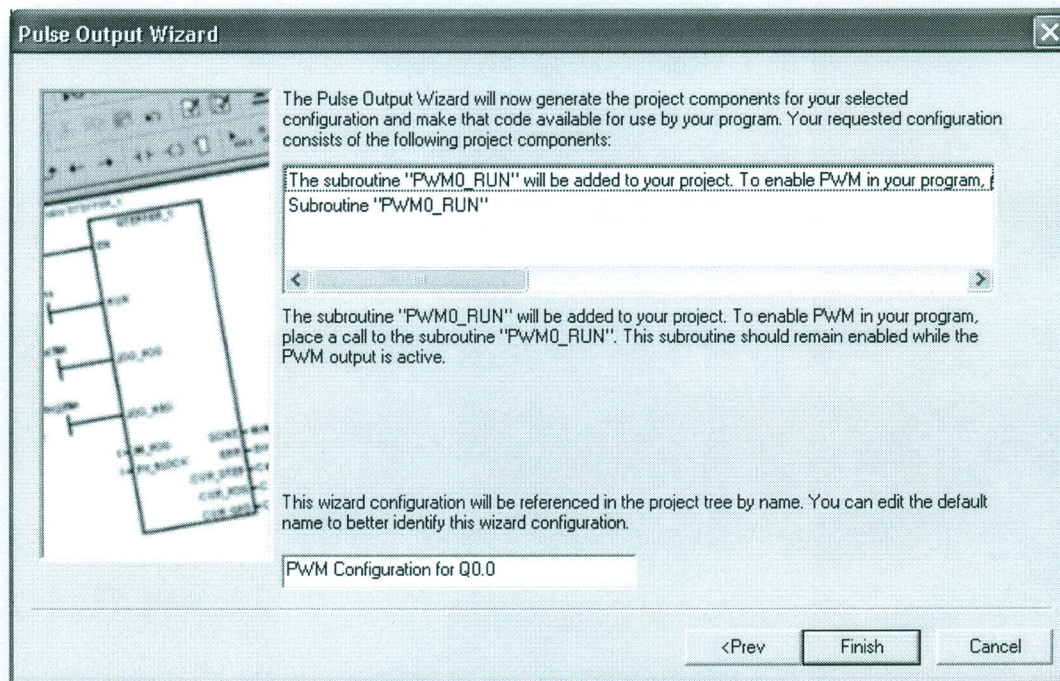
PWM *Wizard* se aktivira izborom **Instruction tree > Wizards > PTO/PWM**. Ovaj *Wizard* korisnika vodi kroz tri prozora (slike 20, 21 i 22) i u glavnom programu kreira podprogram (*subroutine*) *PWM0_RUN*. Podprogram *PWM0_RUN* generise PWM upravljački signal na izlazu **Q0.0**.



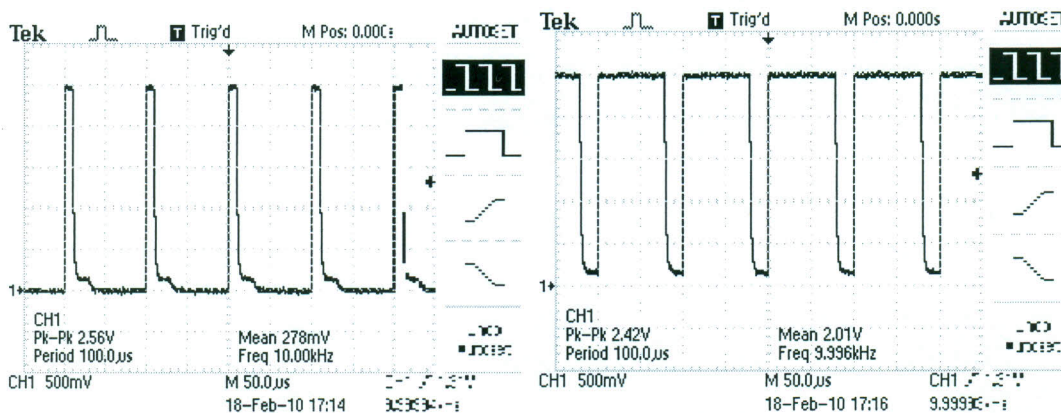
Slika 20. Izbor digitalnog izlaza



Slika 21. Izbor vremenske baze PWM-a



Slika 22. Kraj PWM Wizarda

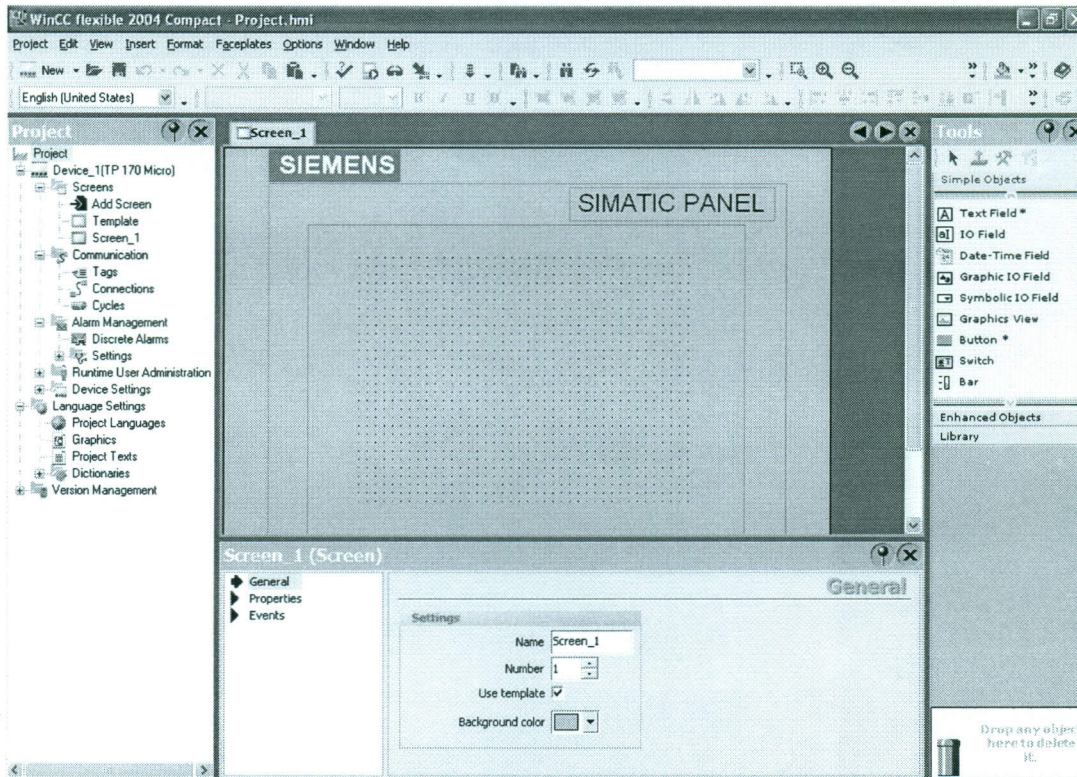


Slika 23. Snimak upravljačkog signala

Slikom 23 predstavljen je upravljački signal sa digitalnog izlaza **Q0.0**, snimljen osciloskopom na realnom modelu, za dva različita režima rada.

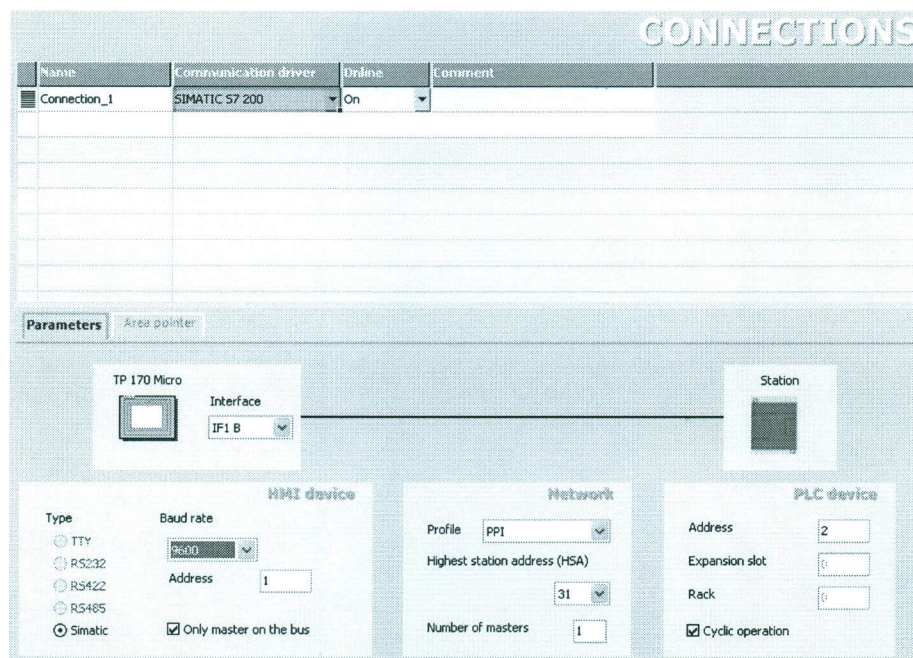
3.0.3 Programiranje *Touch Panel-a*

Za programiranje *Touch Panel-a* koristi se SIMATIC WinCC flexible 2004. Po startovanju ovog programa potrebno je izabrati vrstu projekta i TP-a. Pojaviće se novi prozor koji je dat slikom 24.

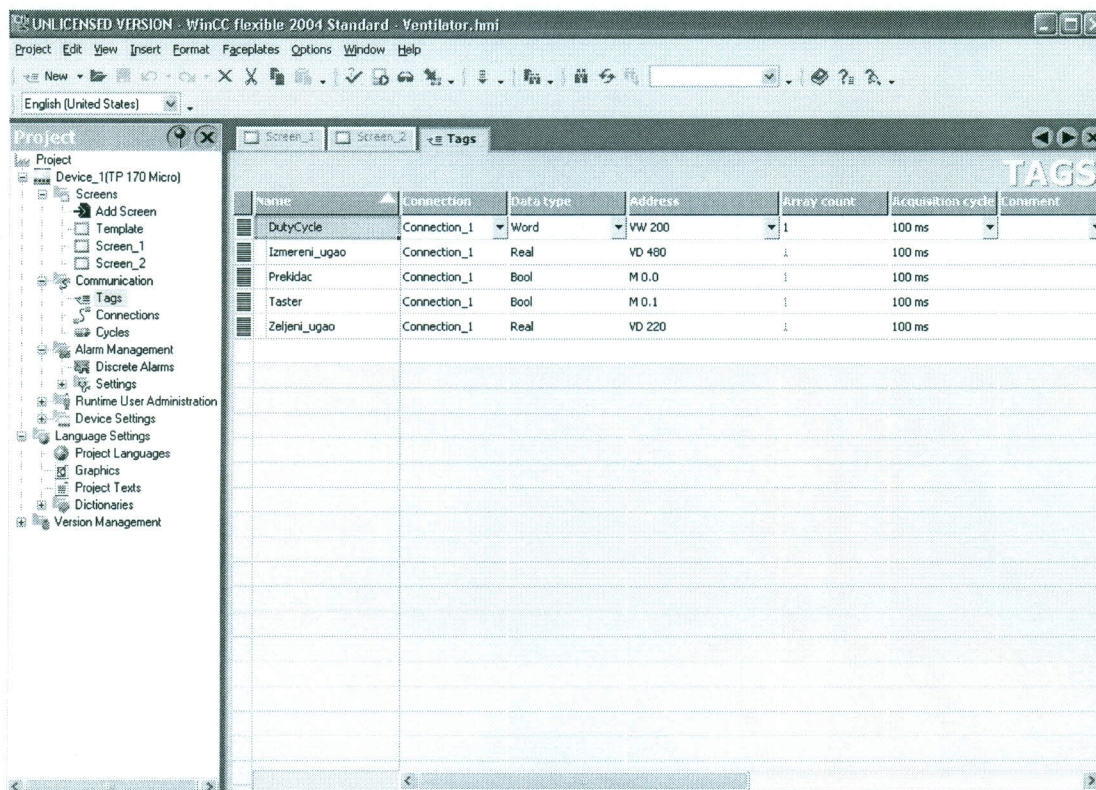


Slika 24. Izgled osnovnog prozora

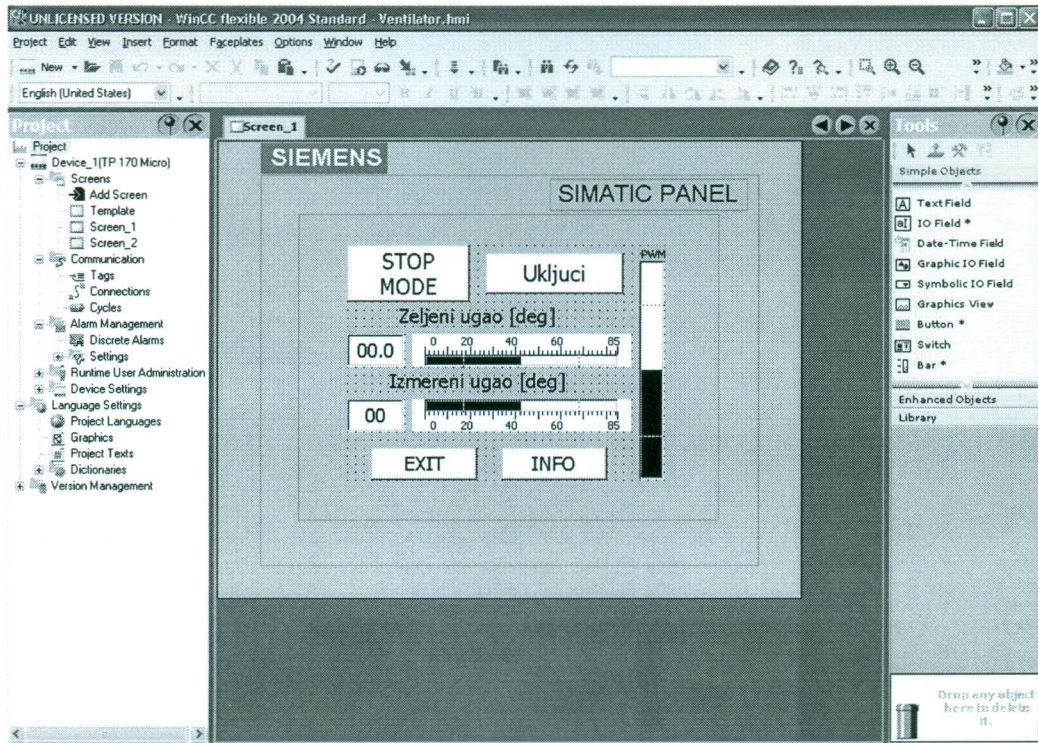
Prvo je potrebno napraviti konekciju klikom na opciju *Connections* koja se nalazi na desnoj strani prozora. U polju *Profile* se postavlja opcija *PPI*, a u polju *Baud rate* vrednost *9600* (slika 25). Sledeće što treba napraviti su *Tag*-ovi koji služe zadeklarisanje grafičkih objekata koji se koriste u aplikaciji. Svaki *Tag* ima svoje ime, grafički izgled (taster, prekidač, polje za unos, skala...) i adresu koja mora da odgovara adresi te iste veličine u *Ladder* dijagramu. Kada je podešavanje *Tag*-ova i konekcije završeno prave se ekrani (*Screen*-ovi). Završeni *Screen*-ovi slike 27 i 28.



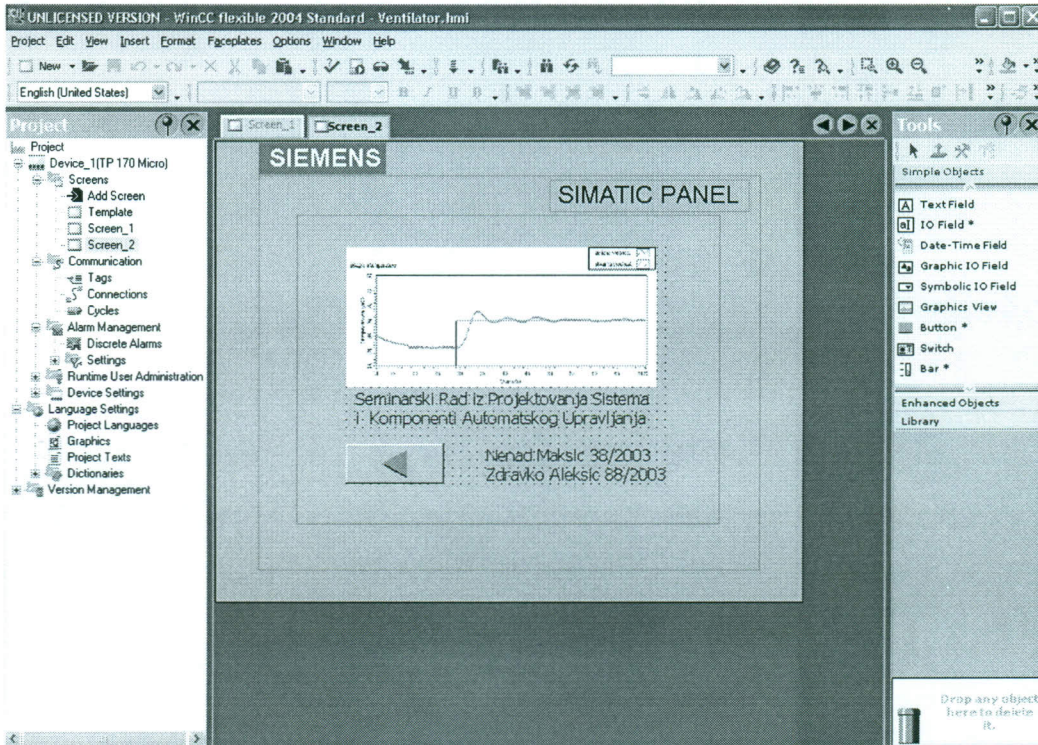
Slika 25. Podešavanje konekcije



Slika 26. Spisak Tag-ova sa adresama



Slika 27. Screen 1



Slika 28. Screen 2

4.0 PID UPRAVLJANJE

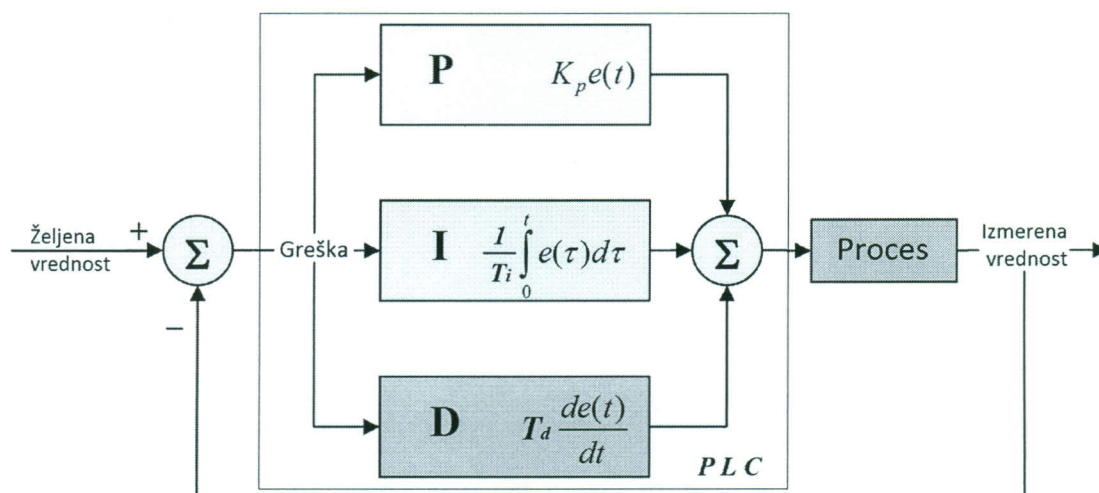
4.0.1 TEORIJSKE OSNOVE PID ZAKONA UPRAVLJANJA

PID kontroleri su najpopularnija familija kontrolera u industriji. Razlog njihove popularnosti je niska cena, jednostavna struktura, laka implementacija, mogućnost modifikacije i pridruživanja funkcija. Savremene verzije PID kontrolera su isključivo digitalne. PID zakon upravljanja se može predstaviti relacijom:

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

gde je K pojačanje, T_i vremenska konstanta integralnog dejstva i T_d vremenska konstanta diferencijalnog dejstva.

SIEMENS-ovi kontroleri imaju implementirani paralelni (nezavisni) PID algoritam. Blok dijagram ovakvog algoritma implementiranog u proces prikazana je slikom 29.



Slika 29. PID algoritam implementiran u SIMATIC

Zadatak svakog kontrolera je da upravlja procesom tako da grešku, koja je razlika željene (*Setpoint*) i izmerene (*PV_I*) vrednosti, svede na nulu. PID zakona upravljanja u S domenu može se predstaviti relacijom:

$$U(s) = K \left(E(s) + \frac{1}{s * T_i} E(s) + s * T_d * E(s) \right)$$

Ako uvedemo smene:

$$K_p = K, \quad K_i = \frac{K}{T_i}, \quad K_d = K * T_d$$

dobijamo jednačinu:

$$M_n = K_c * e_n + (K_i * e_n + MX) + K_d * (e_n - e_{n-1})$$

- M_n - Izlaz PID-a u vremenskom domenu
- K_c - Pojačanje
- e_n - Greška u vremenskom domenu
- e_{n-1} - Prethodna vrednost greške u vremenskom domenu
- K_i - Konstanta integralnog dejstva
- MX - Prethodna vrednost integralnog dejstva
- K_d - Konstanta diferencijalnog dejstva

SIMATIC S7-200 koristi modifikovanu varijantu prethodne jednačine:

$$M_n = MP_n + MI_n + MD_n$$

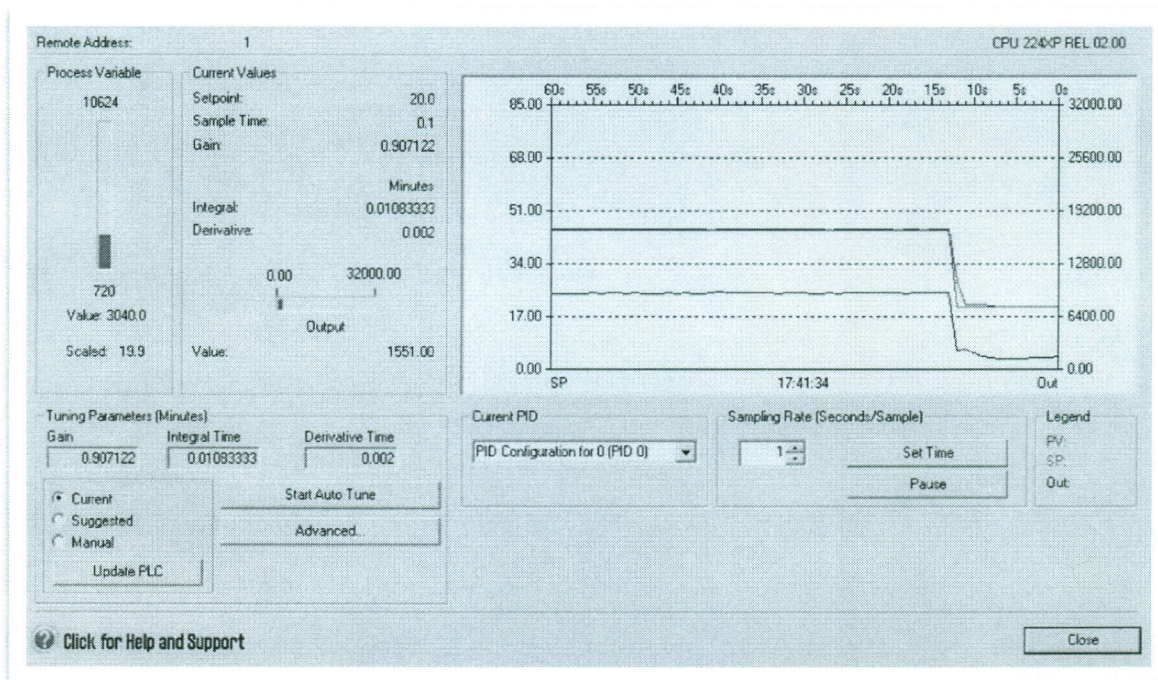
- $MP_n = K_c * (SP_n - PV_n)$
- $MI_n = K_c * \frac{T_s}{T_i} * (SP_n - PV_n) + MX$
- $MD_n = K_c * \frac{T_d}{T_s} * ((SP_n - PV_n) - (SP_{n-1} - PV_{n-1}))$

gde je:

- MP_n - P dejstvo na izlazu iz PID-a
- MI_n - I dejstvo na izlazu iz PID-a
- MD_n - D dejstvo na izlazu iz PID-a
- K_c - Pojačanje
- SP_n - Zadana (željena) vrednost u vremenskom obliku n
- PV_n - Vrednost procesne promenljive u vremenskom obliku n
- T_s - Vreme odabiranja (*loop sample time*)
- T_i - Vreme integracije (*integral time, reset*)
- T_d - Vreme diferenciranja (*derivative time, rate*)
- MX - Vrednost I dejstva u obliku $n-1$ (integralna suma, *bias*)
- SP_{n-1} - Zadana (željena) vrednost u vremenskom obliku $n-1$
- PV_{n-1} - Vrednost procesne promenljive u vremenskom obliku $n-1$

4.0.2 PODEŠAVANJE PARAMETARA PID-A

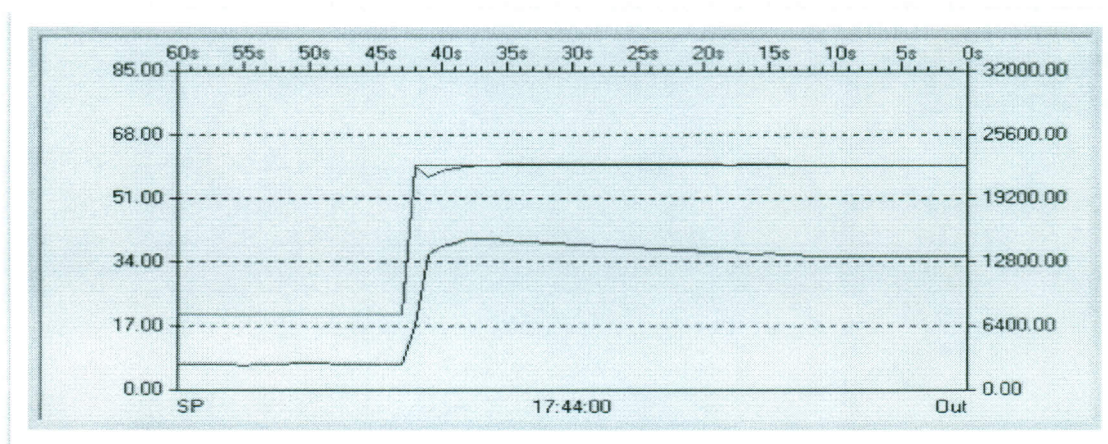
Podešavanje parametara PID-a se vrši u programu *STEP 7 MicroWIN* V4.0 pomoću alata *PID Tune Control Panel...* Izgled alata prikazan je slikom 30.



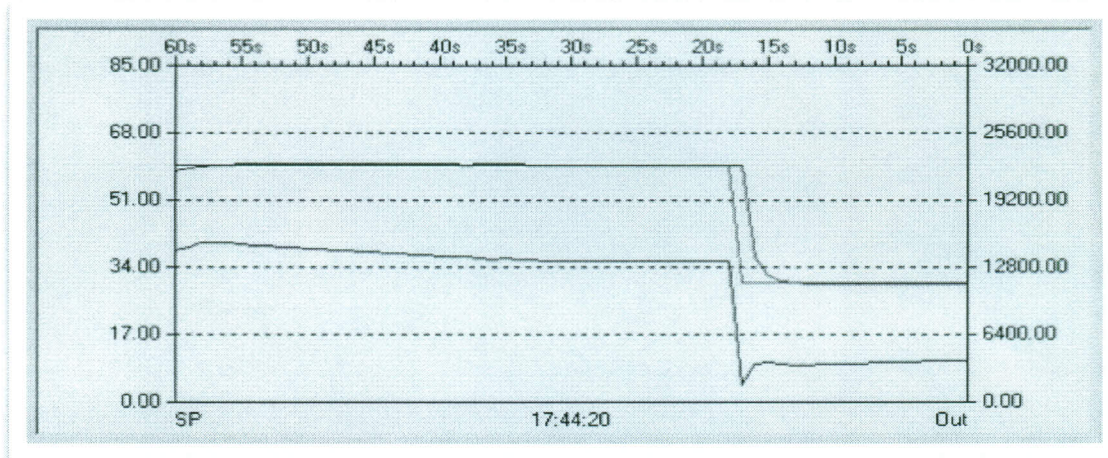
Slika 30. *PID Tune Control Panel...*

PID Tune Control Panel... je verovatno najmoćniji alat SIEMENS-ovog programa *MicroWIN*. Ovaj alat obezbeđuje monitoring zadate veličine (*SP*), izlazne promenljive iz PID-a (*Out*) i izmerene veličine (*PV*) u realnom vremenu. U ovom prozoru se mogu menjati parametri PID-a i to u toku rada kontrolera (*Online*). Najvažnije deo ovog alata je ugrađena sekvenca za samopodešavanje PID-a (*Auto Tune*). Program omogućava automatsko podešavanje za različite brzine odziva sistema koje bira korisnik. Na raspolaganju stoji brzi odziv, srednje brzi odziv, spori i veoma spori odziv sistema. Da bi *Auto Tune* izračunao korektne i optimalne vrednosti parametara, sistem se pre samog pokretanja ove sekvence mora dovesti u stacionarno stanje koje je jednako *Setpoint*-u. Za vreme trajanja ove sekvence ne izvršava se PID dejstvo. *Auto Tuning* algoritam zasnovan je na tehnici podešavanja *relay feedback* koju su predložili *K. J. Åström* i

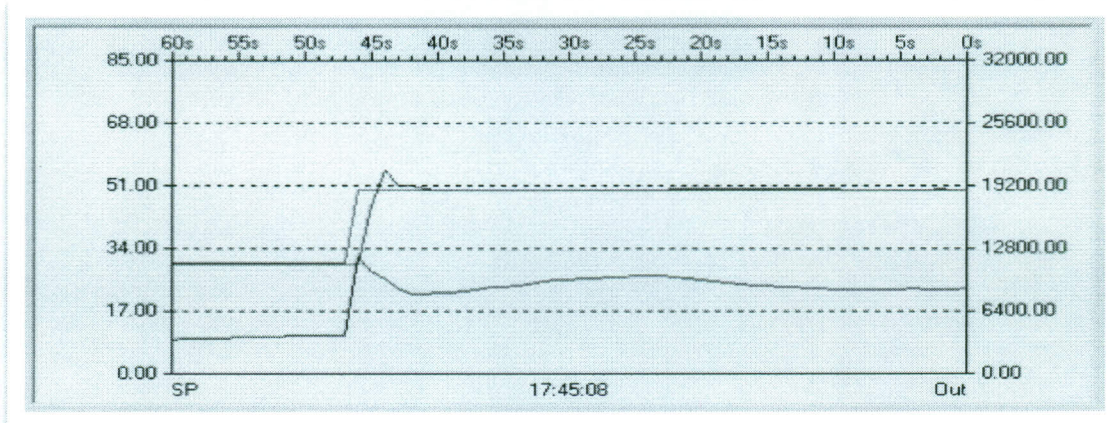
T. Hägglund 1984 godine. Ova tehnika se veoma dobro pokazala kod podešavanja PID kontrolera primenjenih u sistemima sekvencijalnog upravljanja. Tokom podešavanja kontroler izaziva male, ali stalne oscilacije u okolini stacionarnog stanja u kome je sistem bio pre početka podešavanja. Na osnovu amplitude i učestalosti oscilacija, kontroler zapravo vrši identifikaciju sistema i izračunavanje optimalnih vrednosti PID parametara. Vrednosti koje PLC preporuča mogu se snimiti u program u toku rada. Parametre je takodje moguće i ručno podešavati radi postizanja kvalitetnijih karakteristika sistema. Slikama 31, 32, 33, 34 i 35 su prikazani odzivi sistema sa parametrima koje je kontroler izracunao.



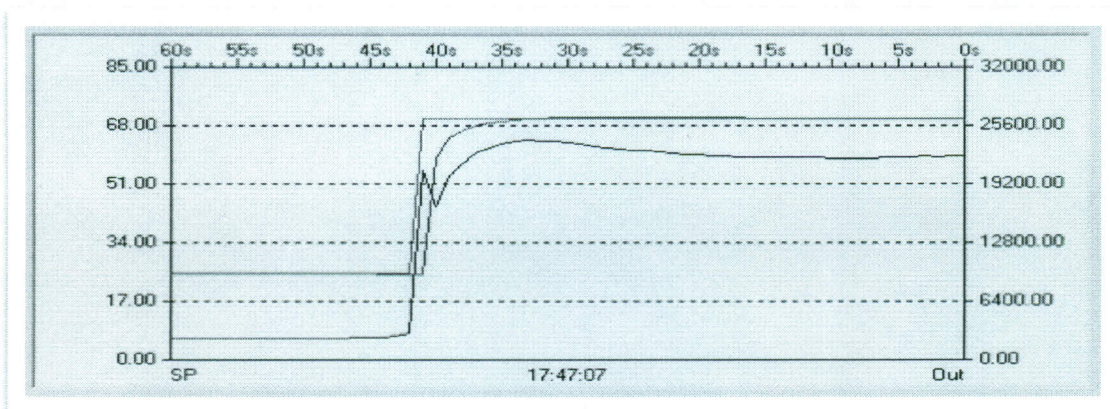
Slika 31. Sa 20 na 60 stepeni



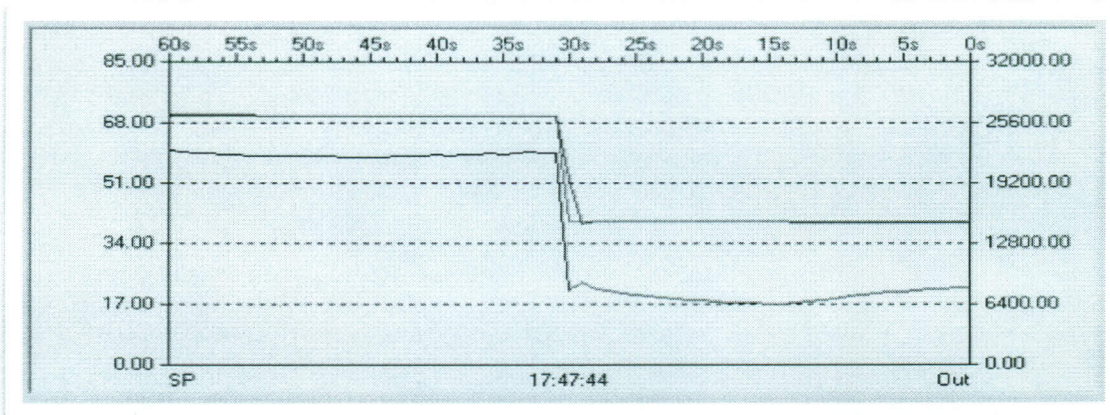
Slika 32. Sa 60 na 30 stepeni



Slika 33. Sa 30 na 50 stepeni

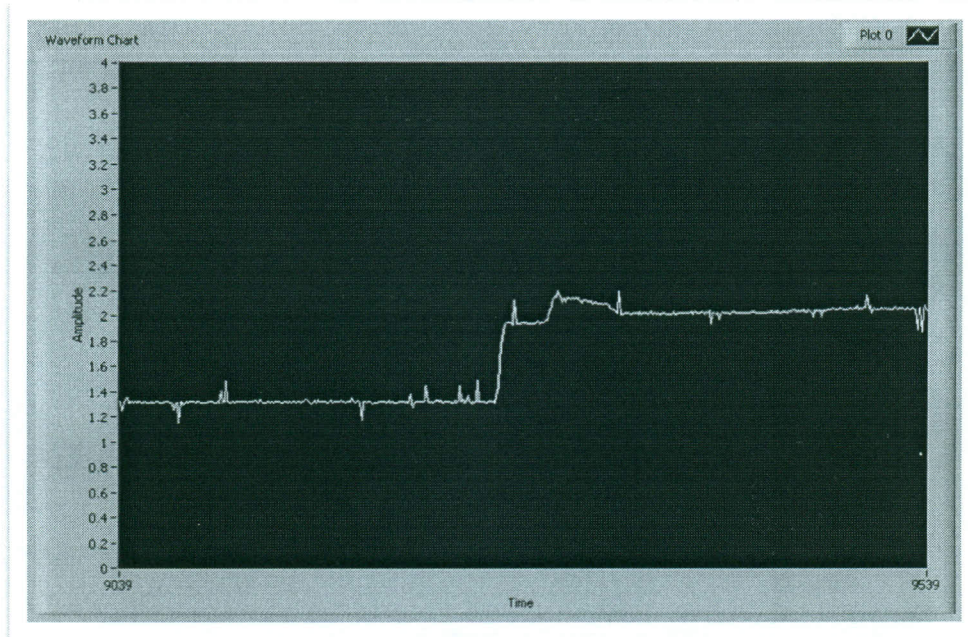


Slika 34. Sa 25 na 70 stepeni

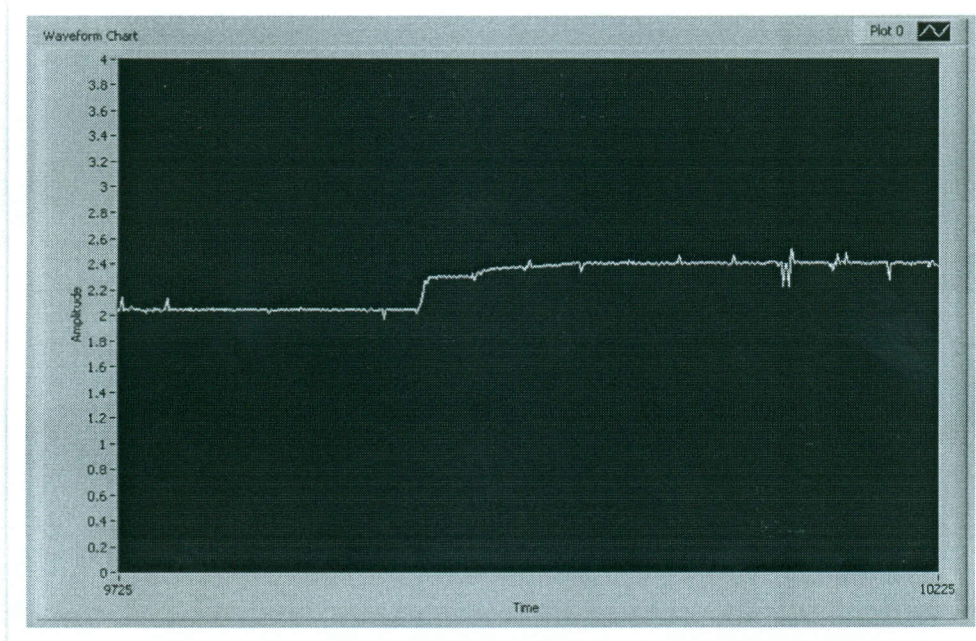


Slika 35. Sa 70 na 40 stepeni

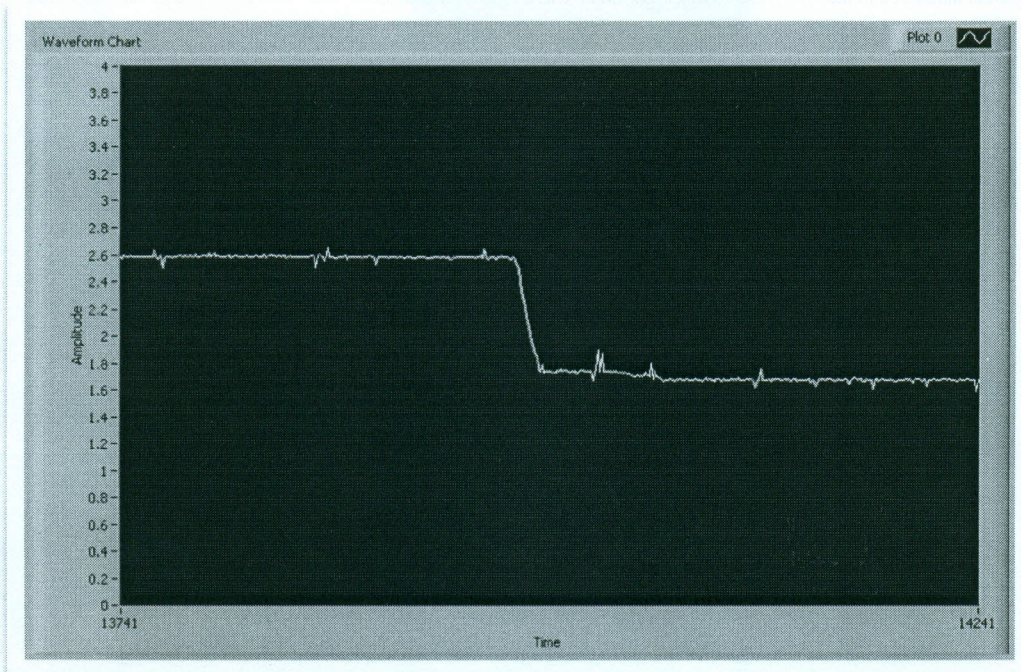
Odzivi su snimani i u programskom paketu LabVIEW 8.2 pomoću kartice NI USB 6009. Rezultati ovih snimanja su prikazani slikama 35, 36, 37, 38



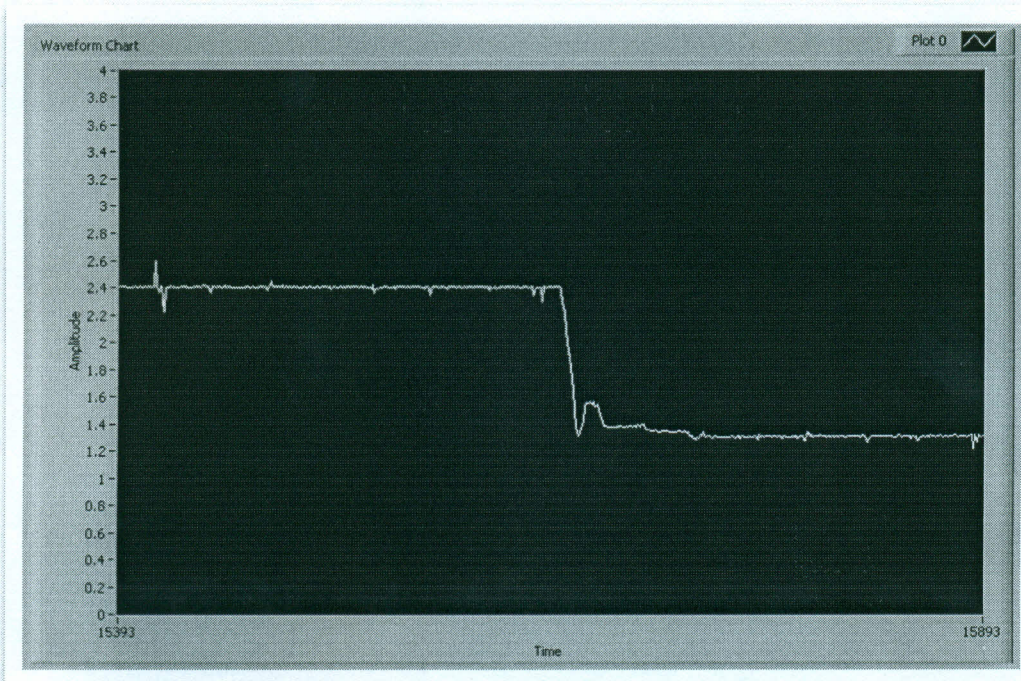
Slika 35.



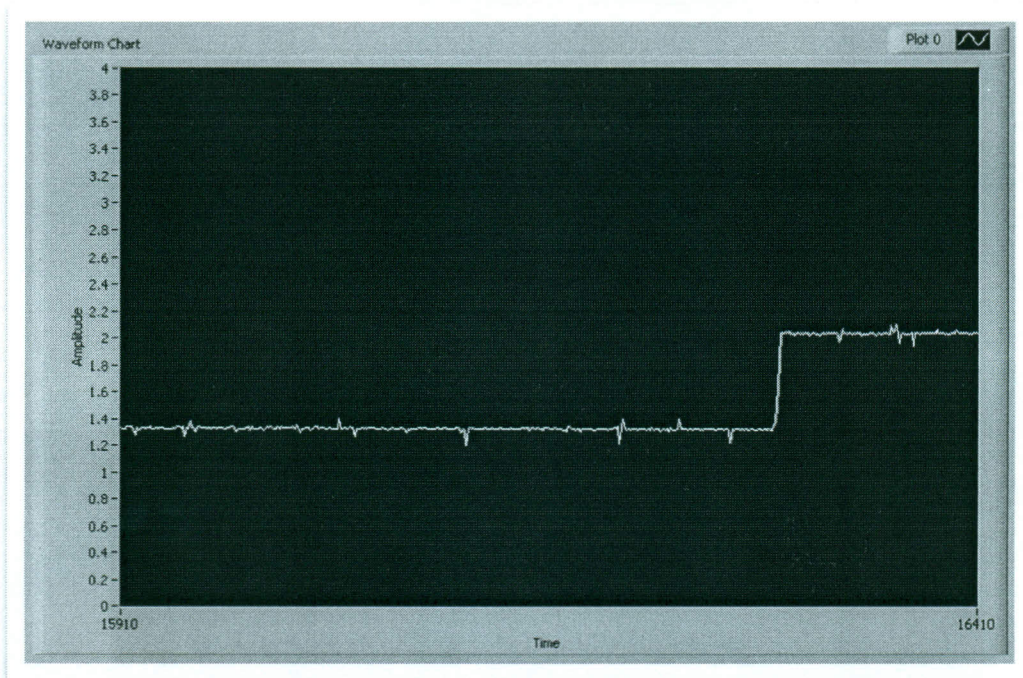
Slika 36.



Slika 39.



Slika 40.



Slika 41.

LITERATURA

- [1] Milan Matijević, Goran Jakupović, Jelena Car, *Računarski podržano merenje i upravljanje*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2005.
- [2] Dačić Ivan, *Realizacija PID upravljanja modelom sušare PT400 upotrebom SIEMENS-ovog PLC-a CPU 224XP*, diplomski rad, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2009.
- [3] Siemens AG, *S7-200 Programmable Controller System Manual*, order number: 6ES7298-8FA24--8BH0
- [4] Hans Berger, *Automating with SIMATIC*, 2003
- [5] Karl J. Åström and Tore Hägglund, *PID Controllers: Theory, Design, and Tuning*, Instrument Society of America, 1995.
- [6] ETF Beograd - Signali i sistemi / Signals&Systems Department, <http://automatika.etf.bg.ac.yu/>