



Gregor Arčan

PROGRAMIRANJE SISTEMOV INDUSTRIJSKE AVTOMATIZACIJE Z UPORABO SIEMENS PROGRAMSKE OPREME

Diplomsko delo

Maribor, september 2010

Diplomsko delo univerzitetnega študijskega programa

PROGRAMIRANJE SISTEMOV INDUSTRIJSKE AVTOMATIZACIJE Z UPORABO SIEMENS PROGRAMSKE OPREME

Študent:	Gregor Arčan
Študijski program:	UN ŠP Elektrotehnika
Smer:	Avtomatika in robotika
Mentor(ica):	izr. prof. dr. Boris TOVORNIK
Somentor(ica):	izr. prof. dr. Nenad MUŠKINJA
Lektor(ica):	Nina Vozlič, prof.

Maribor, september 2010





Številka: BE-1 Datum in kraj: 11. 05. 2010, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. 1. RS, št. 1/2010)

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

- 1. **Gregorju Arčanu**, študentu univerzitetnega študijskega programa Elektrotehnika, smer Avtomatika in robotika, se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu Gradniki sistemov vodenja.
- 2. MENTOR: izred. prof. dr. Boris Tovornik SOMENTOR: izred. prof. dr. Nenad Muškinja
- 3. Naslov diplomskega dela: PROGRAMIRANJE SISTEMOV INDUSTRIJSKE AVTOMATIZACIJE Z UPORABO SIEMENSOVE PROGRAMSKE OPREME
- 4. Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: PROGRAMMING SYSTEM OF INDUSTRIAL AUTOMATION WITH USE OF SIEMENS SOFTWARE
- 5. Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z "Navodili za izdelavo diplomskega dela" in ga oddati v treh izvodih (en vezan izvod in dva nevezana izvoda) ter en izvod elektronske verzije do 11. 05. 2011 v referatu za študentske zadeve.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.



Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Borisu Tovorniku za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem somentorju dr. Nenadu Muškinji in vsem članom Laboratorija za procesno avtomatizacijo.

Posebna zahvala velja tudi staršem, ki so mi omogočili študij.

PROGRAMIRANJE SISTEMOV INDUSTRIJSKE AVTOMATIZACIJE Z UPORABO SIEMENS PROGRAMSKE OPREME

Ključne besede: Avtomatizacija, regulacija pretoka, pnevmatski ventil, programabilni krmilniki, nadzorni sistemi.

UDK: 681.532(043.2)

Povzetek

Diplomsko delo obsega nadgradnjo obstoječega sistema za regulacijo pretoka zraka in avtomatizacijo sistema v programskem okolju Step7 in INTELLUTION iFIX 3.5 (SCADA). Predstavljeni so elementi celotnega sistema ter programska oprema, s katero je avtomatiziran sistem in prikazan grafični model delovanja procesa. Prikazan je tudi postopek načrtovanja parametrov regulatorja PID.

PROGRAMMING SYSTEM OF INDUSTRIAL AUTOMATION WITH USE OF SIEMENS SOFTWARE

Key words: Automation, flow control, pneumatic valve, programmable logic controllers, control systems.

UDK: 681.532(043.2)

Abstract

The diploma work embraces upgrading the existing system for regulating air flow and automation system in the software package Step7 and INTELLUTION iFIX 3.5 (SCADA). Presented are elements of the system and the software equipment, with which is the system automated and displayed a graphic model of working process. Below is a planning procedure for PID parameters.

KAZALO VSEBINE

1	UV	OD		1
2	PR	0G]	RAMSKA IN STROJNA OPREMA	2
	2.1	SI	EMENS SIMATIC S7-400	2
	2.2	ON	леžје MPI	3
	2.3	Pr	ETVORNIKI ELEKTRIČNIH IN PNEVMATSKIH SIGNALOV	4
	2.3.	1	Merilni pretvornik Eckardt pI 111	5
	2.3.	2	Merilni pretvornik ∆p/I – pretvornik DD133	6
	2.3.	3	Merilni pretvornik I/p	7
	2.3.	4	Napajalnik Eckardt MUS/TV 924 in programabilni merilni pretvornik	
	Eck	ard	t TSV 175	8
	2.4	Re	GULACIJSKI VENTIL	8
	2.4.	1	Pnevmatski pogon ventila	8
	2.4.	2	Pnevmatski položajni regulator	10
	2.5	GF	REBENASTA SKLOPKA KONČAR	11
	2.6	Pr	OGRAMSKI PAKET STEP7	12
	2.6.	1	SIMATIC manager	12
	2.6.	2	Konfiguracija strojne opreme	12
	2.6.	3	Programsko orodje v okolju Step7	13
	2.7	Pr	OGRAMIRANJE V STEP7	16
	2.8	SC	CADA	17
	2.8.	1	Intellution iFIX 3.5	17
	2.9	St	REŽNIK KEPWARE OPC	19
3	PR	EDS	STAVITEV PROCESA	20
	3.1	BL	OKOVNA SHEMA	21
4	IZV	/ED	BA PROGRAMSKEGA DELA ZA KRMILNIK	22
5	IZV	/ED	BA SISTEMA SCADA	24
	5.1	Ро	VEZAVA	24
	5.2	Or	DJEMALEC OPC (OPC CLIENT)	25

	5.3	IFIX SCADA	
6	DC	DLOČANJE PARAMETROV REGULATORJA PID	
	6.1	NAČRTOVANJE PARAMETROV REGULATORJA PID V ODPRTI ZANKI	
	6.2	NAČRTOVANJE PARAMETROV REGULATORJA PID V ZAPRTI ZANKI	
	6.3	DOLOČANJE PARAMETROV REGULATORJA PID NA REALNEM SISTEMU	
7	SK	LEP	
8	VI	RI IN LITERATURA	35
9	PR	ILOGE	
	9.1	NASLOV ŠTUDENTA	
	9.2	KRATEK ŽIVLJENJEPIS	
	9.3	PROGRAM KRMILNIKA ZA REGULACIJO PRETOKA ZRAKA	

KAZALO SLIK

Slika 1: SIEMENS S7-400	2
Slika 2: Vmesnik MPI	4
Slika 3: Merilni pretvornik Eckardt pI 111	5
Slika 4: Merilni pretvornik Δp/I – pretvornik DD133	6
Slika 5: Merilni pretvornik I/p	7
Slika 6: Napajalnik, merilni pretvornik MUS/TV 924 in TSV 175 Eckardt	8
Slika 7: Ventil s pnevmatskim pogonom	9
Slika 8: Položajni regulator Eckardt SRP981	10
Slika 9: Grebenasta sklopka Končar	11
Slika 10: Električna shema povezave	11
Slika 11: Step 7	12
Slika 12: Programski bloki	13
Slika 13: Višjenivojski programski jezik (SCL) – funkcija linearne interpolacije	16
Slika 14: Zagon programa iFIX	
Slika 15: Strežnik Kepware OPC	19
Slika 16: Proces regulacije pretoka zraka	20
Slika 17: Blokovna shema kaskadne regulacije	21
Slika 18: Primer spremenljivke v strežnik OPC	24
Slika 19: Nastavitev odjemalca OPC	25
Slika 20: Zagon programa iFIX	
Slika 21: Nastavitve sistema SCADA	
Slika 22: Točke v Database Managerju	27
Slika 23: Končni model procesa	

Slika 24: Regulator PID	29
Slika 25: Stopnični odziv realnega sistema	31
Slika 26: Dinamičen odziv realnega sistema z regulatorjem PI	32
Slika 27: Statična karakteristika regulacijskega ventila	33

KAZALO TABEL

Tabela 1: Izmerjene vrednosti karakteristike razlike tlakov glede na pretok	22
Tabela 2: Tabela za izračun parametrov – odprta zanka	29
Tabela 3: Tabela za izračun parametrov – zaprta zanka	30

1 UVOD

Laboratorijski sistem za regulacijo pretoka zraka, kjer lahko izvajamo eksperimentalne metode določanja parametrov regulacije, služi za obravnavo procesov v avtomatizaciji. V sistemu je uporabljen regulacijski ventil z dvema tlačnima posodama, zato je regulacijska proga 3. reda. Zrak, ki je neprestano napajan iz kompresorja, potuje preko tlačnega regulatorja, ki je nameščen na vhodu regulacijskega ventila, in preko dveh tlačnih posod na prikazovalnik pretoka (rotameter). Temu pravimo regulacija pretoka zraka.

V diplomskem delu je predstavljen nadgrajen sistem že obstoječega laboratorijskega sistema za regulacijo pretoka zraka. Sistem vsebuje lastnosti procesnih elementov, nelinearnost in možnost ročnega ter avtomatskega nastavljanja parametrov regulatorja. Preko sistema SCADA je avtomatiziran celoten proces regulacije pretoka zraka. Ta omogoča nadzor, zajemanje in spreminjanje podatkov procesa preko krmilnika SIEMENS SIMATIC S7-400. Sistem je namenjen pedagoškim procesom ter za izvajanje raznovrstnih nalog, med drugim tudi za načrtovanje regulatorjev (npr. PID).

Namen diplomskega dela je pregledati in spoznati strojno, programsko opremo podjetja SIEMENS in izdelati vzporedni sistem za avtomatizacijo laboratorijskega sistema za regulacijo pretoka zraka, ki bo omogočal primerjavo izvedbe avtomatizacije s krmilniki različnih proizvajalcev.

V naslednjih poglavjih je predstavljena vsa strojna in programska oprema, ki smo jo uporabili za avtomatizacijo laboratorijskega sistema za regulacijo pretoka zraka.

Cilj je izdelati vzporedni sistem za avtomatizacijo laboratorijskega sistema za regulacijo pretoka zraka, ki bo omogočal primerjavo avtomatizacije s krmilniki različnih proizvajalcev.

2 PROGRAMSKA IN STROJNA OPREMA

2.1 SIEMENS SIMATIC S7-400

SIEMENS-ov krmilnik S7-400 je najmočnejši krmilnik v družini SIMATIC. S7-400 je avtomatizacijska platforma za sistemske rešitve v proizvodnji in procesni tehniki.



Slika 1: SIEMENS S7-400

Strojna oprema:

- napajalnik SIEMENS PS 407 10A,
- centralno procesna enota SIEMENS CPU 414-2 DP,
- profilna letev vodilo za V/I module,
- komunikacijski Ethernet modul SIEMENS CP343-1.

Osnovne karakteristike uporabljene enote CPU 414-2 DP:

- 1 MB pomnilnika RAM,
- čas obdelave ukaza je 0,045 µs,
- Profibus-DP in vmesnik MPI,
- do 65563 digitalnih kanalov za vhode in izhode

• do 4096 analognih kanalov za vhode in izhode.

Krmilnik je sestavljen iz več modulov, ki sestavljajo celoto krmilnika. Napajalnik krmilnika priskrbi znižano transformatorsko napetost za potrebe krmilnika.

S pomočjo centralne procesne enote CPU 414-2 DP se realizirajo različna programska opravila, ki zajemajo enostavne operacije. Uporabniški programi se prenesejo v CPU iz računalnika, kjer je aplikacija prevedena v krmilniku razumljiv jezik. Program se naloži v pomnilnik RAM.

Na vodila za module V/I lahko priklopimo različne module za zajemanje podatkov, module za oddajanje podatkov, komunikacijske module itd.

Na enoti se nahajata tudi dva komunikacijska vmesnika: MPI – večtočkovni vmesnik (ang.: multi point interface) za priklop prosto programabilne naprave ter vmesnik Profibus za povezovanje enote CPU z zunanjimi napravami.

2.2 Omrežje MPI

Večtočkovni vmesnik (MPI) ima možnost priključitve do 32 naprav, kot so: programirne naprave (PG), nadzorne plošče, krmilni sistemi S7-300 ali S7-400 itd.

Omrežje MPI povezuje CPU-je z napravami PG in od tod tudi ime: iz večjih mest lahko dostopamo do CPU-ja. Možnost komunikacije preko »vmesnika MPI« (Multipoint Interface) nam omogoča komunikacijo med večjimi procesnimi enotami in operacijskimi paneli hkrati. S tem lahko komuniciramo med dvema procesnima enotama preko tabele »globalnih podatkov«, ki jih procesna enota servira na vodilo, vzame pa jih tista enota, ki jih potrebuje.

Hitrost prenosa informacij v omrežju MPI:

- 187.5 kbit/s,
- 19.2 kbit/s.

Dolžina segmenta je v omrežju MPI omejena na največ 50 metrov – to je od prvega vozlišča do zadnjega vozlišča v segmentu. Če potrebujemo daljšo povezavo, moramo uporabiti repeater (ojačevalec) RS 485. Med dvema ojačevalcema lahko imamo kabel dolžine največ 1000 m (v omrežju MPI).

Možna vozlišča v omrežju MPI:

- naprave PG (PG ali PC z ustrezno programsko opremo),
- naprave za vnos in prikaz (OP),
- krmilniki serij S7.



Slika 2: Vmesnik MPI

2.3 Pretvorniki električnih in pnevmatskih signalov

Za izvedbo sistema regulacije pretoka zraka je uporabljen napajalnik Eckardt z merilnim napajalnim pretvornikom z galvansko ločitvijo MUS/TV 924, ki omogoča napajanje senzorja, in univerzalni programabilni merilni pretvornik Eckardt TSV 175, ki omogoča programiranje merilnega območja senzorja. Uporabljen je tudi merilni pretvornik Eckardt pI 111, I/p ter $\Delta p/I$ – pretvornik DD133.

2.3.1 Merilni pretvornik Eckardt pI 111

Merilni pretvornik Eckardt pI 111 pretvori tlak v tokovni signal 4 do 20 mA, katerega peljemo na univerzalni programabilni pretvornik Eckardt TSV 175.



Slika 3: Merilni pretvornik Eckardt pI 111

Karakteristika merilnega pretvornika pI:



2.3.2 Merilni pretvornik Δp/I – pretvornik DD133

Merilni pretvornik $\Delta p/I$ – pretvornik DD133 pretvarja razliko tlakov, ki ju dobimo iz zaslonke, v tokovni signal 4 do 20 mA. Tokovni signal peljemo na merilni napajalni pretvornik MUS/TV 924.



Slika 4: Merilni pretvornik Δp/I – pretvornik DD133

Karakteristika merilnega pretvornika $\Delta p/I$:



2.3.3 Merilni pretvornik I/p

Merilni pretvornik I/p pretvarja tokovni signal 4 do 20 mA v tlačni signal (tlak). Na pretvornik moramo pripeljati tudi napajalni tlak 1,4 bara. Tlačni signal nato uporabljamo za krmiljenje regulacijskega ventila.



Slika 5: Merilni pretvornik I/p

Karakteristika merilnega pretvornika I/p:



2.3.4 Napajalnik Eckardt MUS/TV 924 in programabilni merilni pretvornik Eckardt TSV 175

Napajalnik Eckardt MUS/TV 924 omogoča napajanje senzorja, medtem ko programabilni merilni pretvornik Eckardt TSV 175 omogoča programiranje merilnega območja senzorja.



Slika 6: Napajalnik, merilni pretvornik MUS/TV 924 in TSV 175 Eckardt

2.4 Regulacijski ventil

2.4.1 Pnevmatski pogon ventila

Pnevmatski pogoni ventilov so po zgradbi enostavni, robustni in zanesljivi. Lahko jih uporabljamo v agresivnih okoljih, kajti niso eksplozivno nevarni. To so razlogi, da jih uporabljamo predvsem v industriji. Delimo jih na:

- pnevmatske batne pogone in
- pnevmatske membranske pogone.

V našem procesu je uporabljen ventil z membranskim pogonom. Ta pogon je sestavljen tako, da je v prostor z membrano na eno stran pripeljan krmilni tlak, ki je funkcija signala za pogon ventila. Na nasprotni strani membrane se nahaja vzmet (sila vzmeti), ki deluje nasproti sili tlaka. Ventil krmilimo s tlakom, ki mora premagati silo vzmeti, ki poganja ventil v nasprotni smeri. Položaj pnevmatskega ventila je zaradi tega vedno odvisen od razlike sil tlaka in vzmeti $F_p - F_v$. Zaradi stalno napetega stanja je pogon ventila občutljiv

na majhne spremembe signala. Hod je od zaprtega do odprtega položaja linearno odvisen od krmilnega signala.¹



Slika 7: Ventil s pnevmatskim pogonom

Določanje smeri delovanja pnevmatskega pogona

Pnevmatski pogon ventila krmilimo z normiranim tlačnim signalom 0,2–1 bar. Od izvedbe pogona je odvisno, ali se bo ventil odpiral z večanjem tlaka in zapiral z manjšanjem tlaka ali obratno. Če se vzmet nahaja nad membrano, potem sila vzmeti zapira ventil in ga z večanjem krmilnega tlaka odpiramo. V nasprotnem primeru je vzmet pod membrano in odpira ventil ter z večanjem krmilnega tlaka ventil zapiramo.

Smer delovanja pogona ventila lahko nastavljamo tudi na položajnem regulatorju. Pnevmatsko stikalo zavzame dva položaja: N – normalno delovanje in U – obratno delovanje. Normalno pomeni, da povečan vhodni signal povzroči povečanje izhodnega signala. Način dela U – obratno pomeni, da izhodni signal pomnožimo z -1 (zmanjšamo izhodni signal). Takšna stikala imajo vsi pnevmatski regulatorji.

¹ Opis pnevmatskega pogona ventila je povzet iz gradiva *Pnevmatski elementi*.

2.4.2 Pnevmatski položajni regulator

Položajni regulator je sestavni del regulacijskega ventila. Skrbi za natančen položaj hoda ventila glede na dan signal. Pravimo, da skrbi za položaj (odprtost) ventila. V splošnem ima položajni regulator vse lastnosti običajnega regulatorja. Pomembna lastnost je, da lahko deluje v težkih pogojih umazanije in pri visokih temperaturah. Za premagovanje velikih proti sil v ventilu je mogoče dodati močnostni ojačevalnik, ki ustrezno poveča moč. Položajni regulator je pritrjen ob ventilu in je sestavni del regulacijskega ventila.²

Glavne naloge so:

- omogoči pozicioniranje ventila;
- hitri odzivni časi pnevmatskega pogona na spremembe vhodnega signala;
- izboljša kvaliteto regulacije pretoka.

Prednosti pogona ventila s položajnim regulatorjem so:

- uporaba višjih tlakov za pogon pri premagovanju večjih pogonskih sil ventila;
- prilagoditev na tehnološke pogoje s pomočjo obračanja delovnega režima, N-U normalno-obrnjeno delovanje,
- omogoča način z razcepljenim režimom dela (split-range).



Slika 8: Položajni regulator Eckardt SRP981

² Opis pnevmatskega položajnega regulatorja je povzet iz gradiva *Pnevmatski elementi*.

2.5 Grebenasta sklopka Končar

Grebenaste sklopke Končar so izdelane iz visoko kakovostnih izolacijskih materialov in kontaktov iz srebrnih zlitin. Njihove prednosti so visoka zmogljivost prekinitve, električna in mehanska trajnost ter majhne dimenzije.

Sklopko Končar (tip GN12-53-P) smo dodatno namestili na laboratorijski sistem za regulacijo pretoka zraka. Služi za preklop treh aktivnih signalov ($\Delta p/I$, p/I, I/p), ki jih potrebujemo za povezavo na krmilnik SIEMENS in krmilnik OMRON. Tako lahko izberemo krmilnik, s katerim želimo avtomatizirati proces.

Poleg treh aktivnih signalov so tu prisotne še »mase«, ki pa smo jih v našem primeru vezali ločeno z vrstno električno sponko.



Slika 9: Grebenasta sklopka Končar

Električna shema preklopa treh aktivnih signalov:



Slika 10: Električna shema povezave

2.6 Programski paket Step7

Programski paket Step7 je sestavljen iz naslednjih osnovnih komponent:

- SIMATIC manager (glavno okno),
- Hardware configuration (konfiguracija strojne opreme),
- Program editor (programiranje),
- Symbol editor (urejanje simbolov),
- Net Pro (komunikacija).



Slika 11: Step 7

2.6.1 SIMATIC manager

SIMATIC manager je osnovno (glavno) okno programskega paketa Step7. Ta nam s pomočjo različnih aplikacij zbere vse potrebne podatke za kreiranje celotnega projekta na krmilni enoti. Iz glavnega okna lahko dostopamo do ostalih komponent, ki so namenjene opravljanju različnih funkcij (programiranju, povezovanju, parametriranju).

2.6.2 Konfiguracija strojne opreme

Pri strojni konfiguraciji določimo strojno opremo krmilnika. Določiti je potrebno, kateri moduli so priključeni na rack (podnožje, v katerega so nameščeni moduli krmilnika). Vsi moduli se konfigurirajo glede na tip. Izbiramo pa jih iz ponujenega kataloga strojne opreme. Najprej moramo poiskati in dodati ustrezen napajalnik. Sledi izbira procesorske

enote, ki zasede dva priključka na racku (vsebuje še komunikacijsko enoto). Nazadnje dodamo še želene module I/O, ki so analogni in digitalni. Celotno konfiguracijo nato naložimo v sam krmilnik.

2.6.3 Programsko orodje v okolju Step7

Programsko orodje v okolju Step7 delimo na tri dele:

- viri: v tem delu se nahajajo izvorne kode programov v jeziku SCL;
- bloki: v tem delu se nahajajo organizacijski bloki (OB), funkcijski bloki (FB), funkcije (FC) itd.
- simbolna tabela: služi za določitev imena funkcij, imena blokov itd.

Uporabniški program se deli na samostojne bloke. Ločimo šest tipov blokov, ki se med seboj razlikujejo po svoji funkciji ter nalogi. Vsak tip bloka ima tudi svojo prioriteto v sistemu. Tipi blokov:

- organizacijski bloki (OB),
- funkcijski bloki (FB),
- funkcije (FC),
- podatkovni bloki (DB),
- sistemski funkcijski bloki (SFB),
- sistemske funkcije (SFC).

🌽 SIMATIC Manager - Diploma					
File Edit Insert PLC View Opti	ons Window Help				
🗋 🗁 🔡 🛲 👗 🖻 🔂		🔚 🔠 💼 < No Filte	D 🖌 🏹	1 號 🎯 着 🗖 🗖] <u>k</u> ?
🗟 Diploma D: \Program File	s\Siemens\Step7\S	;7Proj\Diploma			
🖃 🎒 Diploma	Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me	Туре
🖻 📷 SIMATIC 400(1)	System data		110	1220	SDB
E- CPU 414-2 DP	🕀 0B32	CYC_INT2	FBD	70	Organization Block
E ST S7 Program(1)	FB3	interpolacija	SCL	566	Function Block
D Sources	🕞 FB7	Pretvorba_enote	SCL	64	Function Block
BIOCKS	5 FB41	CONT_C	SCL	1462	Function Block
	FC1	Al_Signali	FBD	224	Function
	FC2	Regulacije	FBD	480	Function
	5 FC105	SCALE	STL	244	Function
	5 FC106	UNSCALE	STL	324	Function
	DB1	Kontrola_Delovanja_Al	DB	132	Data Block
	DB2	SP	DB	40	Data Block
	DB3	linearna_interpolacija	DB	184	Instance data block
	DB5	DATA_SCADA_READ	DB	52	Data Block
	DB6	DATA_SCADA_WRITE	DB	48	Data Block
	🕞 DB7	Pretvorba	DB	44	Instance data block
	DB41	Instance_DB_FB41	DB	162	Instance data block
	VAT_1	VAT_1			Variable Table

Slika 12: Programski bloki

Organizacijski bloki (OB)

Organizacijski bloki so vmesniki med sistemskim in uporabniškim programom. Omogočajo nam zelo poenostavljeno izdelavo uporabniškega programa. Najpomembnejši je osnovni organizacijski blok (OB1), ki se edini izvaja ciklično. Tako se uporabniški program v OB1 izvaja ciklično. Vsi ostali bloki se izvajajo prekinitveno. Poznamo pa tudi druge skupine blokov:

- bloki OB10–OB17: izvajajo se enkrat ali na časovno periodo (predhodno nastavljena);
- bloki OB20–OB23: izvajanje se začne po časovni zakasnitvi (predhodno nastavljena);
- bloki OB30–OB38: periodično izvajanje (intervali od 1ms do 1 min);
- bloki OB40–OB47: izvajanje se prične, ko se na prekinitvenem vhodu pojavi signal in
- blok OB60: omogoča sinhrono delovanje CPU-jev.

Funkcijski bloki (FB)

V funkcijskih blokih nastajajo uporabniški programi. Vsak funkcijski blok ima rezerviran določen del pomnilnika. Pri klicu funkcijskega bloka se ustvari nov podatkovni blok, ki ga je potrebno ustrezno poimenovati. Parametri in lokalne spremenljivke funkcijskega bloka se shranijo v novo nastali podatkovni blok, medtem ko se začasne spremenljivke shranijo v lokalni sklad. Parametri, ki se shranijo v ustrezen podatkovni blok, so dostopni po zaključku izvajanja funkcijskega bloka, parametri, ki se shranijo v lokalni sklad, pa po zaključku izvajanja funkcijskega bloka niso več dostopni. Funkcijski blok kličemo z ukazom: CALL FBx, DBx.

Funkcije (FC)

V funkcijah prav tako nastajajo uporabniški programi, vendar se glede na funkcijske bloke pojavi razlika v tem, da funkcije nimajo pripadajočega podatkovnega bloka. Uporabljamo

jih predvsem za programiranje pogosto uporabljenih funkcij, ki ne potrebujejo shranjevanja podatkov lokalnih spremenljivk.

Podatkovni bloki (DB)

Podatkovni bloki v nasprotju s programskimi bloki ne vsebujejo programskih ukazov. Namenjeni so shranjevanju podatkov, ki so dostopni vsem delom programa. Poznamo več različnih formatov hranjenja podatkov (BOOL, BYTE, WORD, DWORD, INT, REAL, STRING).

Sistemski funkcijski bloki (SFB)

Sistemski funkcijski bloki so funkcijski bloki, ki so sestavni del operacijskega sistema procesorske enote. Za razliko od funkcijskih blokov (FB) sistemski funkcijski bloki ne potrebujejo rezerviranega pomnilnika. Prav tako pa je potrebno tudi tukaj ob klicu imenovati nov pripadajoči podatkovni blok. Krmilniki Step7 uporabljajo funkcijske bloke za komunikacijo in za izvedbo integriranih posebnih funkcij.

Sistemske funkcije (SFC)

Sistemske funkcije so funkcije, ki so sestavni del operacijskega sistema procesorske enote. Ne moremo jih nalagati kot del programa. Tudi te ne potrebujejo rezerviranega pomnilnika. Krmilniki Step7 uporabljajo funkcije za:

- preverjanje programa,
- prenašanje podatkov,
- upravljanje s prekinitvenimi in cikličnimi organizacijskimi bloki,
- diagnostiko krmilnega sistema,
- naslavljanje modulov,
- komunikacijo podatkov,
- upravljanje s krmilnikovim blokom.

2.7 Programiranje v Step7

Programiranje v programskem jeziku Step7 lahko izvedemo na več različnih načinov, ki so opisani v standardu IEC 61131-3. Načini programiranja, ki jih omogoča programski jezik, so:

- funkcijski blokovni diagram (FBD),
- lestvični diagram (LAD),
- strukturiran tekst (STL),
- grafični sekvenčni diagram (GRAPH) in
- višjenivojski programski jezik (SCL).

```
🗱 SCL - [Linearna_interpolacija -- Diploma\SIMATIC 400(1)\CPU 414-2 DP]
File Edit Insert PLC Debug View Options Window Help
 ₩ ● → C → h
 1 % % %
     IX: REAL;
  END VAR
  VAR_OUTPUT
   Q: REAL;
izhod: REAL;
  END_VAR
  VAR_TEMP
      i : INT;
  END VAR
  BEGIN
  IF Ix <= X[1]
  THEN
  Q:=0.0;
ELSIF Ix >= X[17]
  THEN
 Q:=16.0;
ELSE
   FOR i:= 1 TO 17 DO
     IF Ix >= X[i]
      THEN
         Q:=Y[i]+(Ix-X[i])*((Y[i+1]-Y[i])/(X[i+1]-X[i]));
      END IF;
 <
```

Slika 13: Višjenivojski programski jezik (SCL) - funkcija linearne interpolacije

2.8 SCADA

Program SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) služi za nadzor in kontrolo procesa s pomočjo osebnega računalnika. Te vrste programov srečujemo tudi pod imenom programi za vizualizacijo, nadzor ali pa programi za nadzor in vodenje procesov.³ Sistemi SCADA so zelo zanesljivi in multifunkcionalni (voditi moramo tudi več naprav z enim samim sistemom).

Sistem SCADA omogoča uporabniku dokaj hitro in enostavno izdelavo grafičnega prikaza procesa. Elementom, ki jih narišemo v grafičnem urejevalniku, lahko dodamo tudi dinamične lastnosti (njihove vrednosti se spreminjajo). Običajno uporabljamo sistem SCADA za vizualizacijo, ostale zahtevne naloge pa rešujemo s pomočjo programabilnega krmilnika.

Na tržišču je že zelo veliko sistemov SCADA. Večina jih deluje v operacijskih sistemih Windows.

2.8.1 Intellution iFIX 3.5

iFIX je programsko orodje, namenjeno za izdelavo, nadzor in vodenje sistemov SCADA. Nudi možnost zajemanja in prikazovanja podatkov v realnem času. Zajemanje podatkov poteka v povezavi z vhodno/izhodno napravo. Podatki, ki so shranjeni v pomnilniku programabilnega krmilnika, se zajemajo preko senzorjev. Krmilnik te podatke prenese na naslov v tako imenovano tabelo DIT (Driver Image Table). Iz te tabele pa se podatki najprej preberejo, obdelajo in na koncu pošljejo v bazo podatkov.

Program iFIX deluje v dveh načinih. Prvemu načinu pravimo draw in je namenjen risanju aplikacije. Drugemu načinu pa pravimo view, kjer nadzorujemo celoten sistem.

³ Opis SCADA je povzet iz gradiva Programabilni krmilniki in programski paketi SCADA.

Programski paket SCADA iFIX služi za vizualno predstavitev nekega procesa. Izdelava nadzora poteka po naslednjih korakih:

- sestava in vpis tabele DIT,
- optimizacija oken,
- testiranje programa in morebitne korekcije,
- risanje grafičnega vmesnika, ki vizualno predstavlja proces.

Povezljivost z ostalimi programi je izvedena preko programskih protokolov za povezovanje programov. Te protokole so uvedli sodobni operacijski sistemi, ki omogočajo sodelovanje med programi. Protokola v okolju Windows sta DDE in OPC. Večina sistemov SCADA podpira ta dva standarda.

DDE (**Dynamic Data Exchange**) omogoča, da medsebojno komunicirata dva programa, tako da si pošiljata podatke ali ukaze. V največ primerih ena aplikacija ustvarja in pošilja podatke drugi aplikaciji. Aplikacijo, ki je izvor podatkov, imenujemo server (strežnik), aplikacijo, ki sprejema podatke, pa imenujemo client (odjemalec).

OPC (OLE for Process Control) je namenjen dostopanju podatkov iz omrežnega serverja (strežnika). V najnižjem nivoju lahko poskrbi podatke iz fizičnih naprav (npr. PLK) in jih posreduje npr. sistemu SCADA ali obratno.



Slika 14: Zagon programa iFIX

2.9 Strežnik Kepware OPC

KEPServerEX je najmlajša generacija Kepwareove OPC-strežnik tehnologije. Namenjen je hitri pripravi komunikacijskih povezav z nadzornimi sistemi. Ima širok spekter razpoložljivih gonilnikov naprav. Je enostaven za uporabo, saj ni pomembno, katero komponento imamo oziroma jo želimo povezati z OPC-platformo. Nekaj tehnologij, ki jih server podpira:

- OPC Data Access Version 1.0a,
- OPC Data Access Version 2.0,
- OPC Data Access Version 2.05a,
- FastDDE for Wonderware,
- DDE Format CF_text,
- DDE Format AdvancedDDE.

Večina serverjev OPC je lahko povezanih največ z eno napravo. Posebnost serverja OPC pa je, da omogoča povezljivost na večje število naprav.

Med množico gonilnikov, ki jih vsebuje, smo našli kompatibilnega tudi za SIEMENS-ov krmilnik S7-400 in ga dodali v aplikacijo (gonilnik S7 MPI).



Slika 15: Strežnik Kepware OPC

3 PREDSTAVITEV PROCESA

Celoten laboratorijski sistem za regulacijo pretoka zraka je pritrjen na premičnem vozičku in na delu stene. Premični voziček nam služi zato, da lahko regulacijski ventil s tlačnim regulatorjem in dve tlačni posodi pripeljemo in odpeljemo od mesta na delu stene. Na steni so pritrjeni merilni pretvorniki, krmilnik, cev in rotameter.

Laboratorijski sistem za regulacijo pretoka zraka je izveden za pretok do 16 m³/h. Kot smo že omenili, je sistem sestavljen iz regulacijskega ventila, dveh tlačnih posod in tlačnega regulatorja na vhodu sistema. S tlačnim regulatorjem nastavljamo tlak na vhodu procesa. Kompresor skrbi za neprekinjeno napajanje zraka, kar omogoča nemoten potek regulacije.

Zrak potuje skozi regulacijski ventil, preko dveh zaporedno vezanih tlačnih posod, do zaslonke (pretvornik $\Delta p/I$) in rotametra na izhodu sistema. Na pretok zraka vplivamo z odpiranjem ali zapiranjem regulacijskega ventila.

Za izvedbo je bilo potrebno sprojektirati PID-regulator ter ga realizirati s programabilnim krmilnikom SIEMENS SIMATIC S7-400.



Slika 16: Proces regulacije pretoka zraka

3.1 Blokovna shema⁴



Slika 17: Blokovna shema kaskadne regulacije

Pomen oznak:

- Nr referenčni pretok (želena vrednost pretoka)
- Nd dejanski pretok (pretok, merjen s pomočjo pretvornikom $\Delta p/I$)
- Y izhod regulatorja PI
- E regulacijsko odstopanje
- Pd dejanska pozicija ventila
- Pr referenčna pozicija ventila (želena pozicija ventila krmilni tlak)

Položajni regulator je izveden analogno na ventilu, zato ga ni bilo potrebno načrtovati in realizirati s programabilnim krmilnikom.

⁴ Blokovna shema je povzeta iz diplomskega dela *Prenova laboratorijskega sistema za regulacijo pretoka zraka (Bojan Mikiš, 2009).*

4 IZVEDBA PROGRAMSKEGA DELA ZA KRMILNIK

Pred začetkom izvedbe avtomatizacije procesa smo morali ustrezno nastaviti oziroma kalibrirati pretvornike signalov. Eden izmed teh pretvornikov je tudi pretvornik $\Delta p/I$. Posneti smo morali karakteristiko razlike tlakov (Δp) glede na pretok. Tlačni regulator smo odprli do te mere, da je bil pri odprtem regulacijskem ventilu maksimalen pretok ($16m^3/h$). Nato smo regulator postopoma zapirali (od $16m^3/h$ do vrednosti $0m^3/h$) in odčitavali tok pretvornika $\Delta p/I$. Tok smo merili s pomočjo multimetra na merilno napajalnem pretvorniku Eckardt MUS/TV 924. Postopek smo izvedli tudi v obratni smeri (od $0m^3/h$ do vrednosti $16m^3/h$).

Pretok (m^3/h)	Tok (mA) Δp/l		Tok (mA) Δp/l	
16	13,75		13,74	
15	12,85		12,87	♠
14	12,1		12,06	
13	11,28		11,28	
12	10,64		10,62	
11	9,89		9,88	
10	9,18		9,18	
9	8,37		8,37	
8	7,55		7,56	
7	6,82		6,81	
6	6,13		6,12	
5	5,55		5,55	
4	5,06		5,05	
3	4,63		4,63	
2	4,32		4,31	
1	4,12	¥	4,11	
0	3,99		3,99	

Tabela 1: Izmerjene vrednosti karakteristike razlike tlakov glede na pretok



V programu smo z vrednostmi karakteristike razlike tlakov glede na pretok linealizirali karakteristiko merilnega pretvornika $\Delta p/I$. V programu smo to izvedli s pomočjo funkcije za linearno interpolacijo. Funkcija je napisana v višjenivojskem programskem jeziku SCL (Step7).⁵

⁵ Program je priložen na koncu diplomskega dela.

5 IZVEDBA SISTEMA SCADA

5.1 Povezava

Z zaključitvijo programskega dela na krmilniku moramo vse spremenljivke, ki jih želimo brati oziroma spreminjati, dodati v strežnik OPC. V našem primeru smo uporabili strežnik KEPServerEx OPC. Spremenljivkam so dodani tudi naslovi, preko katerih strežnik OPC pridobiva podatke oziroma vrednosti.

🖷 KEPServerEx - [D:\Program Files\KEPServerEx\P	Projects\SIEMENS.opf]		
File Edit View Users Tools Help			
다 🚅 🖬 🛜 🋅 🛅 😁 😭 🔍 🖄 🛍 🛍 🗙	🐍 🌮 🐁		
E P SIEMENS	Tag Name	Address	Data Type
		DB6.DBD 6 DB5.DBD 12 DB5.DBD 8 DB6.DBD 6 DB41.DBD 28	Float Float Float Float DWord
Tag Properties		DB41.DBD 24	DWord
General Scaling Identification Name: Vrednost_izhoda_reg Address: DB5.DBD 0 Description:		DB6.DBA 10.0 DB6.DBA 0.0 DB5.DBD 0 DB3.DBD 12 DB3.DBD 48 DB3.DBD 52 DB3.DBD 56 DB3.DBD 60 DB3.DBD 64 DB3.DBD 64 DB3.DBD 72 DB3.DBD 76 DB3.DBD 16 DB3.DBD 16 DB3.DBD 16 DB3.DBD 16	Boolean Boolean Float Float Float Float Float Float Float Float Float Float Float
	illiseconds idr \KE 	iver. EPServerEx\Project: EPServerEx\Projec ed successfully. ver. 4.28 - U	s\SIEMENS.o ts\SIEMENS.

Slika 18: Primer spremenljivke v strežnik OPC

Za prenos podatkov iz strežnika OPC v nadzorni sistem SCADA je potreben odjemalec OPC.

5.2 Odjemalec OPC (OPC client)

Odjemalca OPC zagotovijo proizvajalci programske opreme oziroma sistema SCADA. Primer iFIX-ovega odjemalca OPC, ki smo morali ustrezno povezati s strežnikom KEPServerEx OPC, prikazujemo na naslednji sliki.

D: DYNAMICS \SIEMENS. OPC	- PowerToo	l		
File Edit View Display Mode Op	tions Help	Nastavitve		
	– <u>%</u>			
OPC	Ø	Item Stal	tistics for Zelena_vred	nost_PR_ZR
Vklop_regulacije	Zagon odj	emalca Stat	-	
Vklop_regulator	Transmits:	lb.	Access Rights:	Read/Write
Regulacija_rocn	Receives:	0	Data Quality:	
Procesna_velicir	Errors:	0	Server Datatype:	Float
- 10 x2 - 10 x3	Read Data:		Last Read Time:	2.9.2010 11:28:48
10 X4	Write Data:		Last Write Time:	2.9.2010 11:28:48
	Last Error:	0	Last Error Time:	2.9.2010 11:28:48
X8 X9 X10 X11 X12	— Dodane t	točke		Troubleshooting
🗃 X13				
X14				
+3 +1	+		×I	
For Help, press F1				NUM

Slika 19: Nastavitev odjemalca OPC

Po končani nastavitvi odjemalca shranimo nastavitve in pričnemo z nastavitvijo sistema SCADA.

5.3 iFIX SCADA

Z zagonom programa iFIX se nam pojavi okno iFIX Startup, v katerem izberemo nastavitve sistema SCADA (System Configuration Utility).



Slika 20: Zagon programa iFIX

Med vhodno/izhodne gonilnike dodamo OPC OLE for Process Control Client 7.21e. Z izvršitvijo dvoklika nanj ga odpremo, nakar se mora avtomatsko zagnati tudi strežnik OPC. Tako vemo, da je odjemalec OPC vzpostavil povezavo s strežnikom.



Slika 21: Nastavitve sistema SCADA

Po končanem urejanju nastavitev te tudi shranimo in zaženemo iFIX. Najprej odpremo *Database Manager* in dodamo vse točke, ki jih želimo brati oziroma spreminjati.

IX D	atabase Manager - [FIX:45 row	s				
ataba	ise Edit View Blocks Drivers Tool:	s Help				
🖻 I		B 🗣	¶% ∰ # ? ₩?			
	Taq Name	Type	Description	Scan Time	1/0	I/O Add
1	LMN_REG_ROCNO	AI	LMN_reg_rocno	1	OPC	Pretok;SIEM
2	PRETOK_V_PROCENTIH	AI	Pretok v procentih	1	OPC	Pretok;SIEN
3	PROCESNA_VELICINA	AI	Pretok	1	OPC	Pretok;SIEN
4	TD_PID	AI	Diferencialna konstanta	1	OPC	Pretok;SIEM
5	TI_PID	AI	Integralna konstanta	1	OPC	Pretok;SIEM
6	VREDNOST_IZHODA_REG	AI	Vrednost_izhoda_reg	1	OPC	Pretok;SIEM
7	×1	AI	X1	1.	OPC	Pretok;SIEM
8	×2	AI	X2	1	OPC	Pretok;SIEM
9	×3	AI	X3	1	OPC	Pretok;SIEM
0	×4	AI	×4	1	OPC	Pretok:SIEM
1	×5	AI	×5	1	OPC	Pretok;SIEN
2	×6	AI	×6	1	OPC	Pretok;SIEM
3	×7	AI	X7	1	OPC	Pretok;SIEM
4	×8	AI	×8	1	OPC	Pretok;SIEM
5	×9	AI	X9	1.	OPC	Pretok;SIEM
6	×10	AI	×10	1	OPC	Pretok;SIEM
7	X11	AI	X11	1	OPC	Pretok;SIEM
8	×12	AI	X12	1	OPC	Pretok;SIEM
9	×13	AI	×13	1	OPC	Pretok:SIEN
20	×14	AI	X14	1	OPC	Pretok:SIEM
21	×15	AI	×15	1	OPC	Pretok:SIEN
22	×16	AI	×16	1	OPC	Pretok:SIEM
23	×17	AI	X17	1.	OPC	Pretok:SIEM
4	XP PID	AI	Proporcionalno oiačanie	1	OPC	Pretok:SIEN
5	Y1	AI	Y1	1	OPC	Pretok:SIEM
26	Y2	AI	Y2	19	OPC	Pretok:SIEM
27	Y3	AI	Y3	1	OPC	Pretok:SIEN
8	Y4	AI	Y4	1	OPC	Pretok:SIEM
29	Y5	AI	Y5	1	OPC	Pretok;SIEM
30	Y6	AI	Y6	1	OPC	Pretok:SIEM
1	Y7	AI	Y7	1	OPC	Pretok:SIEN
32	Y8	AI	Y8	1	OPC	Pretok:SIEM
33	Y9	AI	Y9	1	OPC	Pretok:SIEM
34	Y10	A	Y10	1	OPC	Pretok:SIEM
35	Y11	AI	Y11	1	OPC	Pretok:SIEN
36	Y12	AI	Y12	1	OPC	Pretok:SIEM
37	Y13	A	Y13	1	OPC	Pretok SIEN
38	Y14	AI	Y14	1	OPC	Pretok SIEN
10	VIE	1 41	Var		000	

Slika 22: Točke v Database Managerju

Po nastavitvi lahko pričnemo z grafičnim oblikovanjem procesa. Narišemo in animiramo lahko poljubne elemente. Kočno izdelan grafični model procesa omogoča preklop med ročnim in avtomatskim delovanjem, vnos parametrov regulatorja PID, umerjanje meritve pretoka in vpogled v zgodovino delovanja procesa.



Slika 23: Končni model procesa

6 DOLOČANJE PARAMETROV REGULATORJA PID

S pomočjo nadzornega sistema SCADA smo lahko vnašali in načrtovali parametre regulatorja PID. Sistem za regulacijo pretoka zraka predstavlja progo 3. reda, saj vsebuje regulacijski ventil in dve tlačni posodi.

Parametre regulatorja PID smo določili po metodi Ziegler-Nichols. Seveda obstajajo tudi druge metode, vendar je ta še najbolj primerna.



Slika 24: Regulator PID

6.1 Načrtovanje parametrov regulatorja PID v odprti zanki

Parametre smo določili po metodi Ziegler-Nichols na osnovi stopničnega odziva. Čas zakasnitve (Tu) smo odčitali pri 10 % amplitude, čas izravnave (Tg) pa pri 90 % amplitude. Odčitati smo morali tudi ojačanje sistema (Ks). Nato parametre določimo (izračunamo) na osnovi podane tabele.

	Kr	Ti	Td
Regulator P	Tg/(Tu*Ks)		
Regulator PI	(0.9*Tg)/(Ks*Tu)	3.3*Tu	
Regulator PID	(1.2*Tg)/(Ks*Tu)	2*Tu	0.5*Tu

Tabela 2: Tabela za izračun parametrov - odprta zanka

V oknu REGULACIJA PID nato vpišemo izračunane parametre. Preden začnemo s preizkušanjem regulatorja PID, moramo nastaviti vrednost krmilnega tlaka tako, da bo pretok približno $8m^3/h$. Sistem preklopimo v avtomatski režim delovanja in vpišemo vrednost želenega pretoka. Preizkus naredimo čez celotno območje delovanja (od $0m^3/h$ do vrednosti $16m^3/h$).

6.2 Načrtovanje parametrov regulatorja PID v zaprti zanki

Sistem moramo imeti v avtomatskem načinu delovanja. V oknu REGULACIJA PID nastavimo integralno konstanto Ti na maksimalno vrednost (∞) in diferencialno konstanto Td na minimalno vrednost (0). Proporcionalno ojačenje Xp nastavimo na večjo vrednost, da ohranimo regulacijski sistem stabilen. Nato pa ojačenje zmanjšujemo tako dolgo, dokler regulacijski sistem ne začne nihati s konstantno amplitudo. V tistem trenutku odčitamo čas trajanja periode nihanja Tk in mejno vrednost ojačenja X_{pkr}.

$$\mathbf{K}_{\mathrm{kr}} = \frac{1}{X_{pkr} [\%]} \cdot 100$$

Nato parametre izračunamo iz podane tabele.

	Kr	Ti	Td
Regulator P	0.5* K _{kr}		
Regulator PI	0.45* K _{kr}	0.85*Tk	
Regulator PID	0.6* K _{kr}	0.5*Tk	0.12*Tk

Tabela 3: Tabela za izračun parametrov – zaprta zanka

V oknu REGULACIJA PID vpišemo izračunane parametre. Nato ponovno preizkusimo delovanje čez celotno območje (od $0m^3/h$ do vrednosti $16m^3/h$).

6.3 Določanje parametrov regulatorja PID na realnem sistemu

V nadzornem sistemu SCADA smo preklopili proces v ročni način delovanja. Sledila je sprememba krmilnega tlaka, s katerim reguliramo odprtost regulacijskega ventila. Odziv spremembe dejanskega pretoka smo spremljali preko grafa v samem nadzornem sistemu. Parametre regulatorja PID smo določili po Ziegler-Nichols metodi na osnovi stopničnega odziva. Čas zakasnitve (Tu) smo odčitali pri 10 % amplitude, čas izravnave (Tg) pa pri 90 % amplitude.



Slika 25: Stopnični odziv realnega sistema

Odčitki in izračuni parametrov:

Tu = 4s

$$Tg = 17s$$

Izračunamo ojačanje sistema Ks:

$$K_{s} = \frac{\Delta PV(\%)}{\Delta CV(\%)} = \frac{12,5\%}{3\%} = 4,167$$

Po tabeli Ziegler-Nichols izračunamo parametre regulatorja PI (v odprti zanki):

$$T_{i} = 3, 3 \cdot T_{u} = 3, 3 \cdot 4s = 13, 2s$$
$$K_{R} = 0, 9 \cdot \frac{T_{g}}{T_{u}} = 0, 9 \cdot \frac{17s}{4s} = 3,825$$

$$X_{p} = \frac{1}{K_{R}} \cdot 100(\%) = \frac{1}{3,825} \cdot 100(\%) = 26,14\%$$

Te parametre smo vpisali v SCADA sistem in posneli dinamično karakteristiko reguliranega sistema z regulatorjem PI za eno delovno točko.

PV PV 16,00 - 16,00 -14,93 - 14,93 -13,87 - 13,87 -12,80- 12,80-11,73- 11,73-10,67 - 10,67 -9,60 - 9,60 -8,53 - 8,53 -7,47 - 7,47 -6,40 - 6,40 -5,33 - 5,33 -4,27 - 4,27 -3,20 - 3,20 -2,13- 2,13-1,07- 1,07-0,00 - 0,00 -14:50:40 14:50:44 14:50:48 14:50:52 14:50:56 14:51:00 14:51:04 14:51:08 14:51:12 14:51:16 14:51:20 14:51:24 14:51:28 14:51:32 14:51:36 Čas Fix32.FIX.PROCESNA_VELICINA.F_ Fix32.FIX.ZELENA_VREDNOST_PR 8,04 8,00 Pretok željen prel Zgodovina NAZAJ

Slika 26: Dinamičen odziv realnega sistema z regulatorjem PI

GRAFI

Regulacija ni ravno uspešna, saj je statična karakteristika regulacijskega ventila na začetku zelo strma, na koncu pa zelo položna.



Slika 27: Statična karakteristika regulacijskega ventila⁶

Statično karakteristiko dobimo tako, da krmilni tlak enkrat povečujemo od 0 do 1 bar in drugič zmanjšujemo od 1 do 0 bara po koraku 10%.

⁶ Statična karakteristika regulacijskega ventila je povzeta iz diplomskega dela *Prenova laboratorijskega* sistema za regulacijo pretoka zraka (Bojan Mikiš, 2009).

7 SKLEP

V diplomskem delu smo opisali nadgrajen laboratorijski sistem za regulacijo pretoka zraka. Navedli smo strojno in programsko opremo, ki smo jo uporabili za avtomatizacijo sistema.

Cilj je bil izdelati vzporedni sistem, ki omogoča primerjavo avtomatizacije s krmilniki različnih proizvajalcev. V našem primeru smo izvedli nadgradnjo sistema s krmilnikom podjetja SIEMENS. V sam sistem je bila dodana tudi grebenasta sklopka, ki omogoča izbiro krmilnika za avtomatizacijo.

Sistem smo avtomatizirali tako, da smo najprej posneli pretočno karakteristiko sistema. Sledilo je pisanje programa za krmilnik SIEMENS S7-414. Za tem smo izdelali celoten proces v nadzornem sistemu SCADA, kjer lahko nadzorujemo avtomatizacijo samega procesa. Nazadnje smo načrtali parametre regulatorja PID, ki smo jih uporabili za izboljšanje delovanja sistema. Komunikacija med nadzornim sistemom SCADA in krmilnikom je potekala preko večtočkovnega vmesnika (MPI).

Celoten sistem je namenjen v pedagoške namene, uporablja pa se tudi v industriji, kjer se srečujejo s pnevmatskimi sistemi.

8 VIRI IN LITERATURA

[1]

http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7controller/s7-400/cpu/Documents/simatic-controller_s7-400-tabellen_en.pdf [26. 7. 2010]

[2]

https://eb.automation.siemens.com/goos/catalog/Pages/ProductData.aspx?region=SI&lang uage=sl&tree=CatalogTree&nodeid=10008582®ionUrl=%2fsi&activetab=product [26. 7. 2010]

[3] B. Mikiš, *Prenova laboratorijskega sistema za regulacijo pretoka zraka*, Tehniška fakulteta, Maribor, 2009.

[4] *Navodila za Step7*, SIEMENS AG.

[5] N. Muškinja, Programabilni krmilniki in programski paketi SCADA.

[6] M. Golob, *Gradniki sistemov vodenja: zbrano gradivo in laboratorijske vaje*, Maribor, FERI, COBISS.SI-ID 11027734.

[7] B. Bratina, OPC kot univerzalni vmesnik v industrijskih aplikacijah.

[8] E. Ahmetović, *Avtomatizirano merjenje H-Q karakteristik črpalk*, Tehniška fakulteta, Maribor, 2005.

9 PRILOGE

9.1 Naslov študenta

Ime in priimek: Gregor Arčan

Naslov: Šmiklavž 1a

Pošta: 3202 Ljubečna

Tel.: 041 258 796

E-mail: gregor.arcan@uni-mb.si

9.2 Kratek življenjepis

Rojen: 5. 10. 1988

Šolanje:

- Osnovna šola: OŠ Ljubečna (1995–2003)
- Srednja šola: Šolski center Celje, Splošna in strokovna gimnazija Lava (2003– 2007)
- Študij: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (2007–2010)

9.3 Program krmilnika za regulacijo pretoka zraka

UNIVER LA MARIBORN



Smetanova ulica 17 2000 Maribor

IZJAVA O USTREZNOSTI DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani mentor	Boris Tovornik	izjavljam, da je
	(ime in priimek mentorja)	
študent	Gregor Arčan	izdelal diplomsko
	(ime in priimek študenta-tke)	
delo z poslovom: D	rogramironia sistemay industriiska autom	atizaaiia za. h. Ci

delo z naslovom: <u>Programiranje sistemov industrijske avtomatizacije z uporabo Siemens</u> programske opreme

(naslov diplomskega dela)

v skladu z odobreno temo diplomskega dela, Navodili o pripravi diplomskega dela in mojimi navodili.

Datum in kraj:

Podpis mentorja:

Maribon , 12.9.2010

UNIVERZA V MARIBORU Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (ime fakultete)

IZJAVA O ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE VERZIJE DIPLOMSKEGA DELA IN OBJAVI OSEBNIH PODATKOV AVTORJA

Ime in priimek avtorja (avtorice):	Gregor Arčan	
Vpisna številka:	E1006467	
Študijski program:	FERI-E UNI AVTOMATIKA IN ROBOTIKA	
Naslov diplomskega dela:	PROGRAMIRANJE SISTEMOV INDUSTRIJSKE AVTOMATIZACIJE Z	
UPORABO SIEMENSOVE PROGRAMSKE OPREME		

Mentor:

Somentor:

Boris Tovornik Nenad Muškinja

Podpisani-a <u>Gregor Arčan</u> izjavljam, da sem za potrebe arhiviranja oddal-a elektronsko verzijo diplomskega dela v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru. Diplomsko delo sem izdelal-a sam-a ob pomoči mentorja. V skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. I. RS, št. 16/2007) dovoljujem, da se zgoraj navedeno diplomsko delo objavi na portalu Digitalne knjižnice Univerze v Mariboru.

Tiskana verzija diplomskega dela je istovetna elektronski verziji, ki sem jo oddal-a za objavo v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru. Podpisani-a izjavljam, da dovoljujem objavo osebnih podatkov, vezanih na zaključek študija (ime, priimek, leto in kraj rojstva, datum zagovora, naslov zaključnega dela) na spletnih straneh in v publikacijah UM.

Kraj in datum: Maribor, 12.09.2010 Podpis avtorja (avtorice):