

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE
ÚSTAV INFORMATIZÁCIE, AUTOMATIZÁCIE A
MATEMATIKY**



**Laboratórny experiment DTS200: Tri zásobníky
kvapaliny z pohľadu priemyselného riadenia**

Diplomová práca

FCHPT-5414-70048

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE
ÚSTAV INFORMATIZÁCIE, AUTOMATIZÁCIE A
MATEMATIKY**



**Laboratórny experiment DTS200: Tri zásobníky
kvapaliny z pohľadu priemyselného riadenia**

Diplomová práca

FCHPT-5414-70048

Študijný program:	automatizácia a informatizácia v chémii a potravinárstve
Číslo študijného odboru:	2621
Študijný odbor:	5.2.14 automatizácia
Školiace pracovisko:	Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky
Vedúci záverečnej práce:	prof. Ing. Richard Valo, PhD.

Bratislava 2015

Bc. Viktor Kukla



ZADANIE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študent: **Bc. Viktor Kukla**

ID študenta: 70048

Študijný program: automatizácia a informatizácia v chémii a potravinárstve

Študijný odbor: 5.2.14. automatizácia

Vedúci práce: Ing. Richard Valo, PhD.

Názov práce: **Laboratórny experiment DTS200: Tri zásobníky kapaliny z pohľadu priemyselného riadenia**

Špecifikácia zadania:

Proces pozostáva z troch valcových zásobníkov kvapaliny s interakciou. Experiment obsahuje šesť elektricky polohovateľných ventilov. Dva spojovacie a štyri odtokové. Voda poháňaná dvomi čerpadlami cirkuluje v uzavretej slučke. Experiment bude riadený pomocou programovateľného logického regulátora (PLC). PLC je relatívne malý priemyselný počítač používaný pre automatizáciu procesov v reálnom čase – riadenie strojov, alebo výrobných liniek v továrni. PLC sú odlišné od bežných počítačov nielen tým, že spracovávajú program cyklicky ale aj tým, že ich periférie sú priamo prispôsobené na pripojenie sa k technologickým procesom.

- Opis laboratórneho experimentu DTS200.
- Návrh všeobecného modelu laboratórneho experimentu DTS200.
- Návrh vylepšení existujúceho riešenia konverzie vstupno/výstupných signálov a ich implementácia v prostredí Matlab/Simulink.
- Voľba vhodných vstupno/výstupných signálov potrebných na pripojenie k PLC.
- Voľba vhodného PLC (výrobca, nevyhnutné moduly).
- Zapojenie zvoleného PLC na DTS200.
- Implementácia konverzie signálov ventilov do PLC.
- Návrh a implementácia HMI rozhrania panela.

Rozsah práce: 40

Riešenie zadania práce od: 19. 03. 2015

Dátum odovzdania práce: 24. 05. 2015

L. S.

Bc. Viktor Kukla
študent

prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.
vedúci pracoviska

prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.
garant študijného programu

Abstrakt

Diplomová práca obsahuje návrh a aplikáciu automatizovaného riadenia prevádzky troch zásobníkov kvapaliny DTS-200. Riadenie je realizované automati-
začným systémom od firmy Siemens, konkrétne model PLC Simatic S7-300 so
softvérom Simatic STEP7 a WinCC Explorer. Odhalené hardvérové problémy s
analogovými dátovými signálmi zo senzorov polohy ventilov boli opravené na
softvérovej báze. Vytvorená HMI vizualizácia bola testovaná na stolnom počítači.

Kľúčové slová: Siemens, PLC, Simatic S7-300, Simatic STEP 7, WinCC
Explorer, DTS 200 - systém troch zásobníkov kvapaliny

Abstract

The thesis contains design and practical application of automation control of three tank system DTS-200. It is implemented by automation system manufactured by Siemens, specifically PLC model Simatic S7-300 with software Simatic STEP7 and WinCC Explorer. Discovered hardware problems with analog data signals from position valve sensors were fixed on the software basis. Created HMI visualization was tested on desktop PC.

Keywords: Siemens, PLC, Simatic S7-300, Simatic STEP 7, WinCC Explorer, DTS 200 - Three tank system

Týmto sa chcem poďakovať Ing. Richardovi Valovi, PhD. za jeho odborné vedenie, ochotu a cenné rady, ktoré mi poskytol pri vypracovávaní diplomovej práce.

Bc. Viktor Kukla

Zoznam skratiek

PLC	–	Programmable Logic Controller
DCS	–	Distributed Control System
HMI	–	Human Machine Interface
ABB	–	ASEA Brown Boveri
TIA Portal	–	Totally Integrated Automation Portal
OB	–	Organization Block
FB	–	Function Block
P & ID	–	Piping and instrumentation diagram
obr.	–	obrázok
tzv.	–	takzvane
a pod.	–	a podobne
č.	–	číslo

Zoznam obrázkov

1.1	Experimentálne zariadenie DTS 200	2
2.1	PLC SIMATIC S7-300	6
2.2	Schéma PLC	7
2.3	Systém SIMATIC S7-300	7
2.4	STEP 7 - Hardvérová konfigurácia	8
2.5	SIMATIC Manager	9
2.6	STEP 7 - Tabuľka symbolov	9
2.7	STEP 7 - Dátový blok	10
2.8	WinCC Explorer	11
2.9	P & ID schéma	12
3.1	Pohon	14
3.2	Priebeh signálu zo senzora polohy ventilu č. 2	15
3.3	Simulačná schéma konverzie signálu polohy ventilu v prostredí Matlab/Simulink	17

3.4	Priebeh modifikovaných dát zo senzora polohy ventilu č. 2	18
3.5	Priebeh upravených modifikovaných dát zo senzora polohy ventilu č. 2	19
3.6	Finálny priebeh otvorenia ventilu č. 2	20
4.1	STEP 7 - detail FB41	23
4.2	Vývojový diagram pre riadenie pomocou časovača	25
4.3	Vývojový diagram relé riadenia	26
4.4	Simulačná schéma relé riadenia v prostredí Matlab/Simulink . . .	28
5.1	Hlavná obrazovka	31
5.2	Hlavná obrazovka - zobrazený „Overlay” pre prvé čerpadlo . . .	32
5.3	Obrazovka pre podsystém 1	33
5.4	Obrazovka pre podsystém 2	35
5.5	Obrazovka trendov	36
5.6	Obrazovka alarmov	37

Obsah

1	Úvod	1
2	Priemyselná automatizácia	3
2.1	Technické náležitosti v praxi	3
2.2	Siemens	5
2.2.1	PLC SIMATIC S7-300	5
3	Zariadenie DTS 200	13
3.1	Opis zariadenia DTS 200	13
3.2	Analýza chýb v zariadení	14
3.2.1	Riešenie problému konverziou výstupu zo senzora	16
4	Hlavný program	21
4.1	Riadenie výšok hladín	22
4.2	Ovládanie otvorenia ventilov	24
4.2.1	Riadenie pomocou časovača	24

4.2.2	Relé riadenie	24
5	Vytvorená HMI	29
5.1	Procesné displeje	29
5.1.1	Hlavná obrazovka	30
5.1.2	Obrazovka pre podsystém 1	30
5.1.3	Obrazovka pre podsystém 2	34
5.1.4	Obrazovka trendov	34
5.1.5	Obrazovka alarmov	34
6	Záver	39
	Literatúra	39

KAPITOLA 1

Úvod

Zásobníky kvapaliny patria k jedným zo základných riadených procesov v chemicko - technologickom priemysle. Na prvý pohľad jednoduchá úloha udržať konštantnú výšku hladiny v zásobníku kvapaliny častokrát ovplyvňuje oveľa komplexnejší systém, ako napríklad rektifikačnú kolónu, chemický reaktor alebo čističku odpadových vôd. Preto je užitočné venovať pozornosť aj takýmto procesom.

Proces pozostáva z troch valcových zásobníkov kvapaliny s interakciou (obr. 1.1). Experiment obsahuje šesť elektricky polohovateľných ventilov - dva spojovacie a štyri odtokové. Voda poháňaná dvomi čerpadlami cirkuluje v uzavretej slučke [1].

Experiment bude riadený pomocou programovateľného logického regulátora (PLC). PLC je relatívne malý priemyselný počítač používaný pre automatizáciu procesov v reálnom čase – riadenie strojov alebo výrobných liniek v továrni. PLC sú odlišné od bežných počítačov nielen tým, že spracovávajú program cyklicky ale aj tým, že ich periférie sú priamo prispôbené na pripojenie sa k technologickým procesom.



Obr. 1.1: Experimentálne zariadenie DTS 200

KAPITOLA 2

Priemyselná automatizácia

Táto kapitola sa bude zaoberať priemyselnou automatizáciou súčasnosti, uvedie rôzne distribúcie autmatizačného hardvéru a softvéru a objasní voľbu výberu použitého v tejto práci.

2.1 Technické náležitosti v praxi

Automatizácia je v súčasnosti neodlučiteľnou súčasťou každého priemyselného odvetvia, ktoré sa venuje výrobe, spracovávaním alebo distribúcií tovarov. V tom najkomplexnejšom prípade, s ktorým sa najčastejšie stretávame, sa všetky spomínané úlohy plnia naraz. V chémii a potravinárstve sa automatizácia venuje riadeniu technologických procesov ako napríklad zásobníkov kvapaliny, výmenníkov tepla, rektifikačných kolón, chemických reaktorov, riadeniu kvality výrobkov, udržiavaní konštantnej výšky hladiny, meraniu a regulácii teploty, ako aj bezpečnosti v prevádzke alebo odosielaní informácií cez internet do webových aplikácií.

Hlavnou úlohou automatizácie v priemysle je najčastejšie automatizácia výroby,

riadenie kvality a procesy s manipuláciou materiálu. Pri zhrnutí podstatných prvkov priemyselnej automatizácie, ktoré zabezpečujú prepojenia priemyselných zariadení s riadiacimi prístrojmi, je dobré spomenúť medzi sebou navzájom komunikujúce hardvérové alebo softvérové súčasti. Sú to napríklad [2]:

- pohony a ventily,
- čerpadlá,
- senzory,
- káble a prepojenia,
- priemyselné počítače, PLC,
- DCS,
- scada systémy,
- HMI, hardvér a softvér.

Medzi popredné firmy, ktoré sa zaoberajú návrhom, výrobou, inštaláciou, konfiguráciou a technickou podporou týchto jednotlivých súčastí patria napríklad ([2], [3], [4], [5]):

- Siemens,
- ABB,
- Emerson Process Management,
- Rockwell Automation,
- Schneider electric,
- Honeywell Process Solutions/Sensing & Control,
- Mitsubishi Electric,
- Yokogawa Electric,
- SAIA burgess,
- B & R,
- VIPA.

Častokrát sa však spomínané firmy zaoberajú len istou časťou automatizácie, a preto aj ich technické náležitosti bývajú len čiastočné, prislúchajúce k ich zameraniu.

Na priemyselné prepojenie procesu troch zásobníkov kvapaliny boli vybrané hardvérové a softvérové súčasti od firmy Siemens, konkrétne PLC - SIMATIC S7-300.

2.2 Siemens

Firma Siemens sa zaoberá priemyselnou automatizáciou v oblastiach výroby a vývoja [6]:

- automatizačných systémov,
- identifikačných systémov,
- priemyselnej komunikácie,
- priemyselných regulátorov,
- operátorského rozhrania,
- automatizácie na báze počítačového rozhrania,
- napájacích zdrojov,
- procesných riadiacich systémov,
- procesného prístrojového vybavenia,
- softvéru na správu životného cyklu produktov,
- produktov pre špecifické požiadavky.

V súčasnosti je firma Siemens známa - z pohľadu na ich vývoj týkajúci sa PLC - novými modelmi SIMATIC S7-1200 a SIMATIC S7-1500 a ich inovovaného softvéru TIA Portal [7]. V tejto práci však bolo vybrané staršie prevedenie jedného z doteraz najpoužívanejších PLC od firmy Siemens, model S7-300. Má široké obsadenie v priemyselnej automatizácii, a preto je užitočné ovládať prácu s ním, jeho prídavnými vstupno-výstupnými modulmi a softvérom na jeho konfiguráciu.

2.2.1 PLC SIMATIC S7-300

Používané PLC SIMATIC S7-300 (obr. 2.1) sa skladá z napájacieho zdroja, procesora a vstupno-výstupných modulov, ku ktorým sa dajú pripájať ďalšie moduly



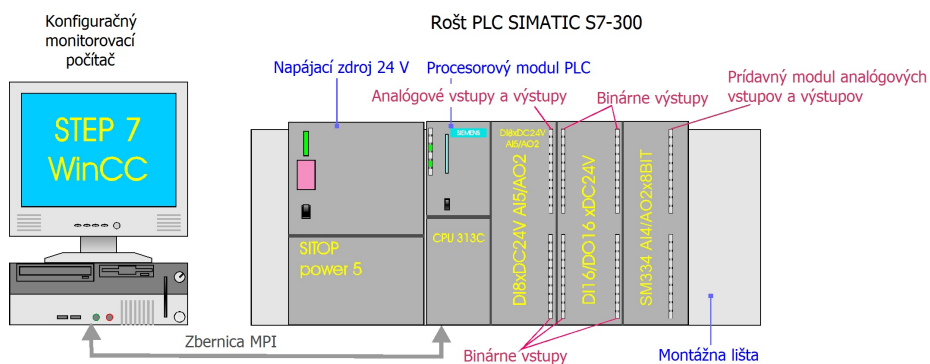
Obr. 2.1: PLC SIMATIC S7-300

pre analógové vstupy a výstupy, moduly pre digitálne vstupy alebo výstupy, alebo napríklad sieťový modul pre pripojenie sa na internet.

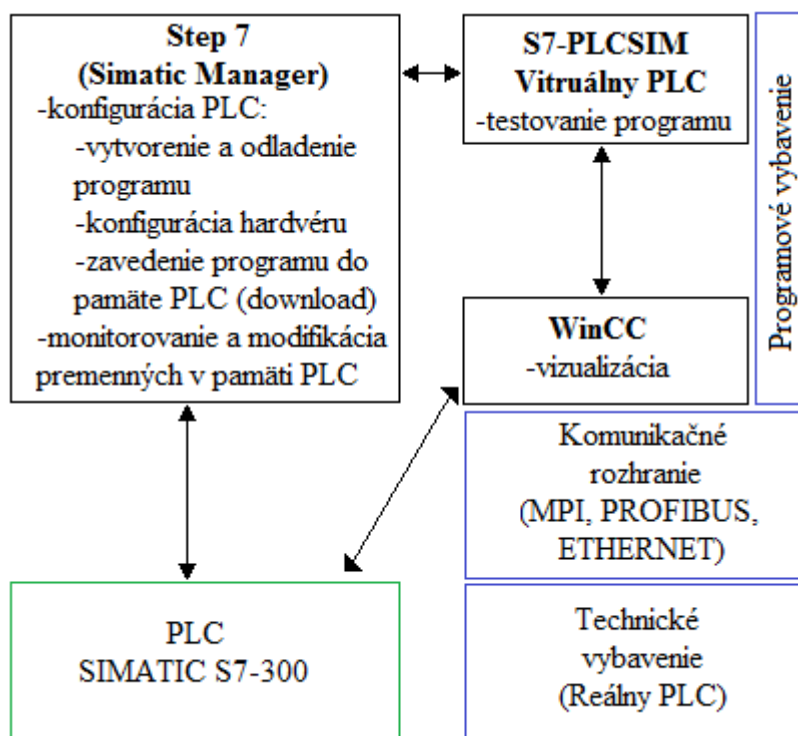
Na priloženej schéme (obr. 2.2) môžeme názorne vidieť jednotlivé časti PLC a ich zasadenie na montážnu lištu. Vstupno-výstupné moduly nadmieru pokrývajú signály, ktoré vedú do zariadenia, aj signály vedúce zo senzorov zariadenia. Čo sa týka analógových vstupov do pohonu sú to signály zo senzorov hladín v zásobníkoch kvapaliny, polohy otvorenia ventilov a výkony čerpadiel. Analógové výstupy z pohonu boli výstupmi do čerpadiel na reguláciu ich výkonu. Digitálne výstupné signály z pohonu sa týkali ovládania polohy ventilov.

Systém SIMATIC S7-300 sa skladá z programového vybavenia, komunikačného rozhrania a technického vybavenia (obr. 2.3). Programovým vybavením sa myslia programy STEP 7 a WinCC Explorer. Patrí sem aj prípadne virtuálne PLC, na ktorom sa dá otestovať vytvorený program.

Jednotlivé komponenty celého systému SIMATIC S7-300 pracujú na báze vzájomnej komunikácie medzi sebou. Vytvorený program nahratý do PLC potom funguje v cykloch v nastavenej perióde vzorkovania - je to veličina vyjadrujúca, ako často číta PLC aktuálne hodnoty na vstupoch zo zbernice a zapisuje hodnoty



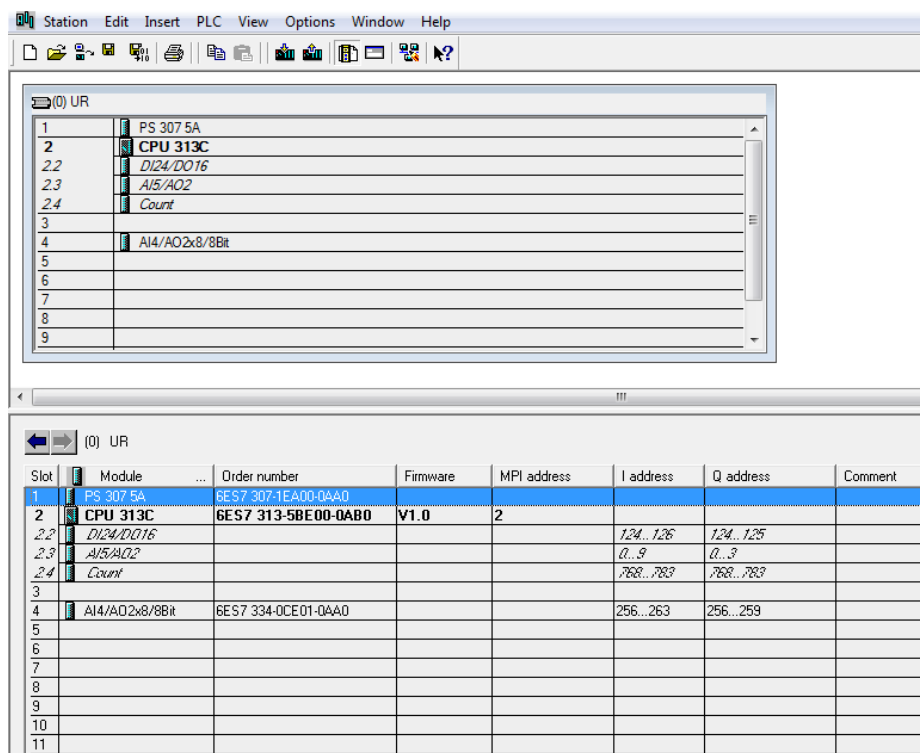
Obr. 2.2: Schéma PLC



Obr. 2.3: Systém SIMATIC S7-300

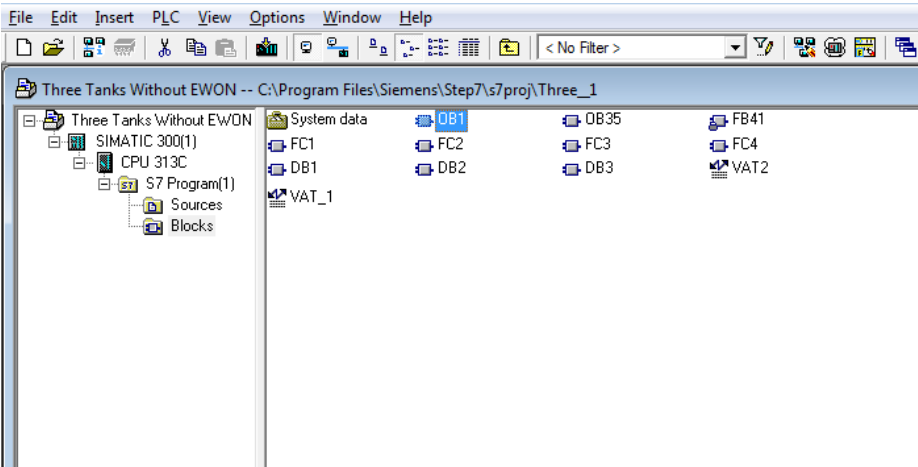
na výstupy. V tejto perióde je takisto zahrnutý cyklus spustenia celého programu, ktorý aktuálne hodnoty spracuje a pošle nové hodnoty vo forme príkazu na výstupy.

STEP 7 je konfiguračný softvér, v ktorom sa tvoria projekty, konfiguruje hardvér (obr. 2.4), programuje v nízkoúrovňových jazykoch (Ladder Logic, Statement List, Function Block Diagram), spracováva prenos údajov do PLC a z PLC a monitorujú zvolené premenné. V okne programu SIMATIC Manager (obr. 2.5) sú dostupné všetky spomenuté funkcie.



Obr. 2.4: STEP 7 - Hardvérová konfigurácia

Vytvorenie logiky, na ktorej by malo fungovať PLC, prebieha v hlavných *Organizačných blokoch* (OB1-OB100). Premenné, s ktorými vytvorený program chce pracovať, sú buď lokálne, vytvorené priamo v bloku, alebo priamo hardvérové vstupy a výstupy PLC, ktoré sa môžu zapísať do tzv. *Symbolovej tabuľky* („Symbol table”) (obr. 2.6), čo sa robí hlavne kvôli prehľadnosti kódu. V symbolovej



Obr. 2.5: SIMATIC Manager

tabuľke má každý hardvérový vstup alebo výstup svoju adresu, názov, uvedený dátový typ a prípadný komentár. Zo symbolovej tabuľky sa potom vyberú zvolené symboly a zapíšu sa do *Dátového bloku* (obr. 2.7), s ktorým priamo komunikuje ten daný organizačný blok.

Symbol Table					
Edit Insert View Options Window Help					
All Symbols					
	Statu	Symbol /	Address	Data type	Comment
1		CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
2		CYC_INT3	OB 33	OB 33	Cyclic Interrupt 3
3		h1	PIW 0	WORD	
4		h1_real	MD 0	REAL	vstup do PID
5		h2	PIW 4	WORD	
6		h2_real	MD 4	REAL	vstup do PID
7		h3	PIW 2	WORD	
8		h3_real	MD 8	REAL	vstup do PID
9		pid_pump1	DB 2	FB 41	
1		pid2	DB 3	FB 41	
1		q1	PQW 0	WORD	
1		Q1_i	MW 12	INT	
1		q2	PQW 2	WORD	
1		Q2_i	MW 14	INT	

Obr. 2.6: STEP 7 - Tabuľka symbolov

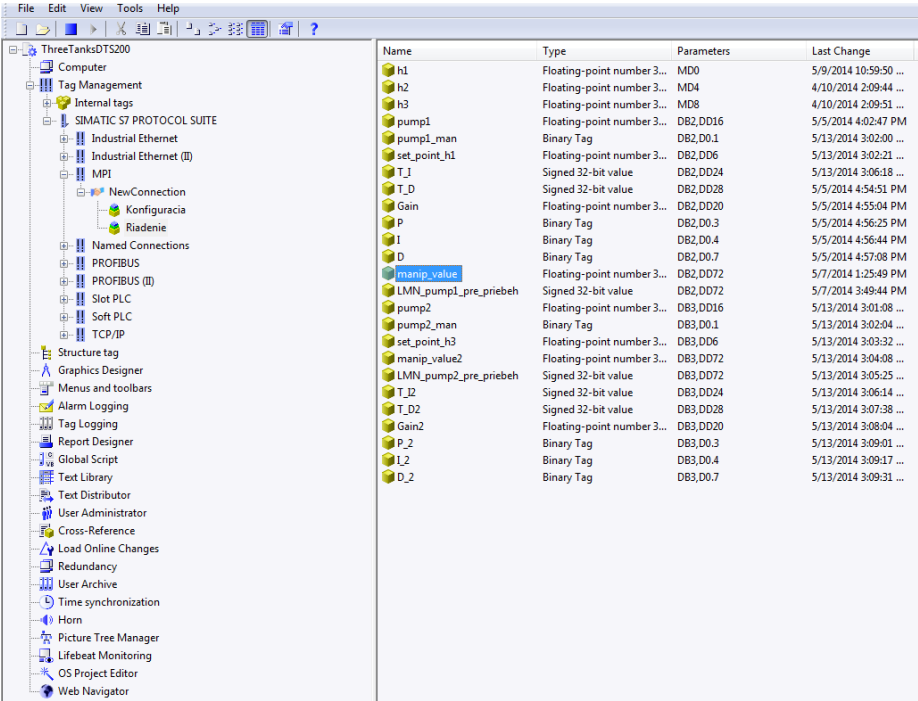
Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	stav_PUMP1	BOOL	FALSE	1 - PUMP1 on, 0 - PUMP1 off
+0.1	stav_PUMP2	BOOL	FALSE	1 - PUMP2 on, 0 - PUMP2 off
+2.0	vlv1_position	REAL	1.000000e+002	100 - opened vlv, 0 - closed vlv
+6.0	vlv4_phase1	REAL	0.000000e+000	
+10.0	vlv4_phase2	REAL	0.000000e+000	
+14.0	vlv2_position	REAL	0.000000e+000	
+18.0	vlv5_position	REAL	0.000000e+000	
+22.0	vlv3_position	REAL	0.000000e+000	
+26.0	vlv4_position	REAL	0.000000e+000	
=30.0		END_STRUCT		

Obr. 2.7: STEP 7 - Dátový blok

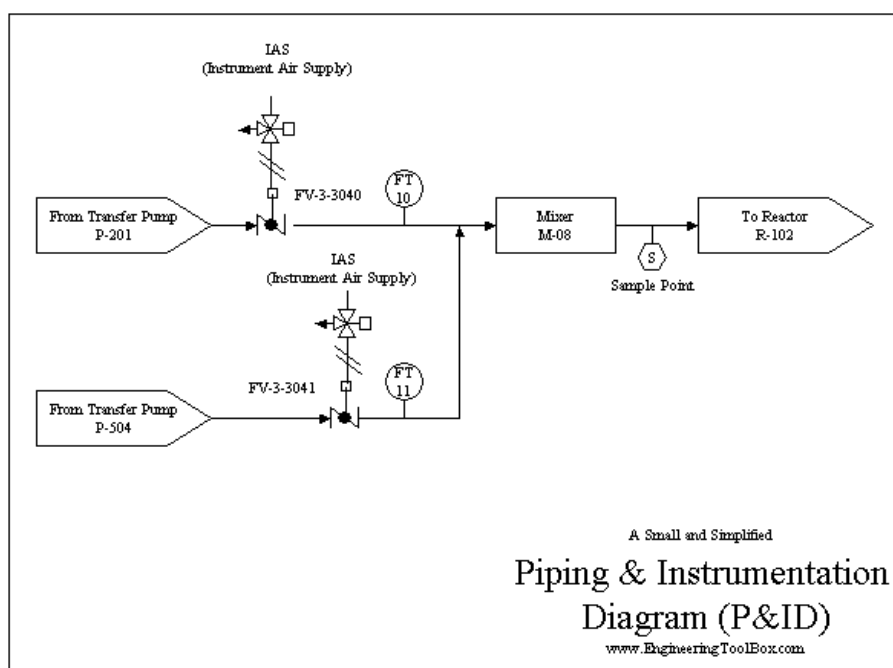
WinCC Explorer (obr. 2.8) je softvér na tvorbu HMI („Human Machine Interface“) alebo tzv. procesných displejov, ktoré vo finálnej verzii nainštalovania, nakonfigurovania a spozajdenia celého automatizačného systému vidí operátor v prevádzke a prostredníctvom nich pracuje a monitoruje procesy. V tomto softvéri je komunikácia s premennými PLC založená na báze tzv. „tagov“, ktoré sú odkazmi na premenné alokované alebo vytvorené v STEP 7. Ďalej má funkciu alarmovania a archivácie nameraných dát.

V praxi sa na jeden projekt, čiže zavedenie štruktúry automatizácie do jednej alebo viacerých prevádzok, vytvorí okolo 200-300 procesných displejov (uvedený rozsah je iba približný, závisí to od rozsahu projektového zámeru, veľkosti, zložitosti prevádzky a pod.). Keďže je tvorba takýchto displejov časovo náročná, konvencia ich vzhľadu sa často veľmi nelíši od P & ID schém (obr. 2.9) [8].

Výhoda potom spočíva v jednoduchom pochopení samotného displeja na prvý pohľad. Odlišnosti od schém spočívajú vo výskyte tzv. tagov, farieb (dôležité hlavne z pohľadu na stav zariadenia - otvorený ventil, vypnuté čerpadlo, alarm) a v ďalších možnostiach ovládania a interakcie so zariadeniami alebo v prestavovaní parametrov regulátorov a pod.



Obr. 2.8: WinCC Explorer



Obr. 2.9: P & ID schéma

Zariadenie DTS 200

V tejto kapitole sa zhrnú všetky poznatky týkajúce sa zariadenia DTS 200, jeho stručný opis a rozoberú sa problémy odhalené pri jeho analýze.

3.1 Opis zariadenia DTS 200

Experimentálne zariadenie DTS 200 sa skladá z:

- troch zásobníkov kvapaliny s tlakovými senzormi vysielajúcimi cez prevodník v pohone analógový signál do PLC. Kvapalina je do nich vháňaná cez úzku rúrku vo vnútri zásobníka smerom nahor tak, že privedená kvapalina padá na dno zásobníka,
- dvoch čerpadiel,
- šiestich tlakových ventilov,
- základne, v ktorej sa nachádza namodro zafarbená destilovaná voda privádzaná čerpadlami do zásobníkov.



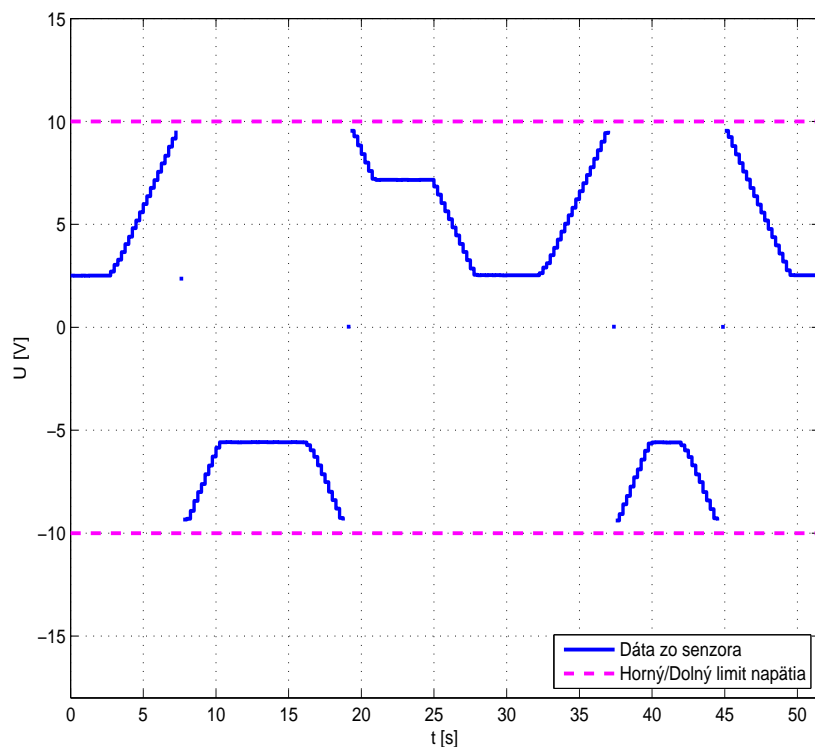
Obr. 3.1: Pohón

Vstupné a výstupné signály čerpadiel a ventilov vstupujú najprv do prevodníka, ktorý je súčasťou pohonu (obr. 3.1), a ďalej pokračujú do PLC. Na tom istom princípe je zapojené aj elektrické napájanie jednotlivých súčastí.

3.2 Analýza chýb v zariadení

Po podrobnej analýze zariadenia, čiže meraní jeho výstupných signálov a porovnaní so skutočnosťou, sa došlo k záveru, že analógové signály vykazujú problémy s kolísaním výstupných hodnôt a značným preskokom v ich rozsahoch.

Čo sa týka nepresnosti a kolísania hodnôt analógových signálov, ktoré posielali senzory na výstupy, išlo tu hlavne o merače výšok hladín v zásobníkoch a polôh ventilov. Každý z týchto senzorov je ovplyvňovaný vonkajšími vplyvmi prostredia a ich hodnota je teda nepresná s chybou približne 1-5 %. Keďže sa tieto analógové signály potom ďalej používali na prepočítavanie skutočnej výšky hladiny, resp.



Obr. 3.2: Priebeh signálu zo senzora polohy ventilu č. 2

skutočného otvorenia ventilu, ich hodnoty sa vedeli zmeniť presunom zariadenia, opotrebovaním zariadenia alebo na to vplývali chyby káblového prepojenia s PLC. Prepočtové konštanty potom neprepočítali správne namerané dáta, a teda vo výslednej vizualizácii sa údaj zobrazoval nepresný, niekedy až nezlučiteľný s fyzikálnymi vlastnosťami zariadenia (otvorenie ventilu na 105 %).

Druhý, oveľa závažnejší problém, bol preskok v rozsahoch senzorov polohy ventilov. Pre upresnenie a lepšiu interpretáciu je priložený priebeh výstupu na obr. 3.2. Tento výstup bol spôsobený zlým hardvérovým nastavením. Keďže neboli povolené žiadne zásahy do súčastí hardvéru, bolo potrebné ošetriť takýto výstup na strane softvéru. Modifikácia si vyžadovala prepočty pomocou vypočítaných konštánt. Problém preskoku v rozsahoch senzorov polohy ventilov sa vyskytoval na štyroch zo šiestich ventilov, šiesty ventil však nebol zapojený k vstupno - výstupným modulom.

3.2.1 Riešenie problému konverziou výstupu zo senzora

Pri riešení konverzie signálov sa v prvom rade použil softvér Matlab/Simulink. Posutpovalo sa v nasledujúcich krokoch (obr. 3.3):

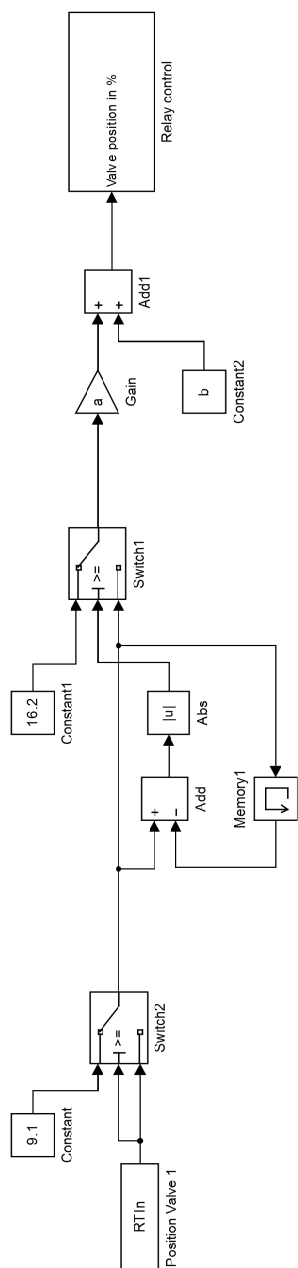
- modifikácia dát,
- odstránenie výskytu chybných vzoriek dát pri skoku nadol,
- finálny priebeh po prevode na percentá otvorenia ventilu.

V prvom kroku sa dáta zo senzora porovnávali s rozsahom, v akom sme chceli aby sa nachádzali. Ak klesli pod spodnú hranicu zvoleného rozsahu, pripočítali sme konštantu ku každej vzorke dát (obr. 3.4).

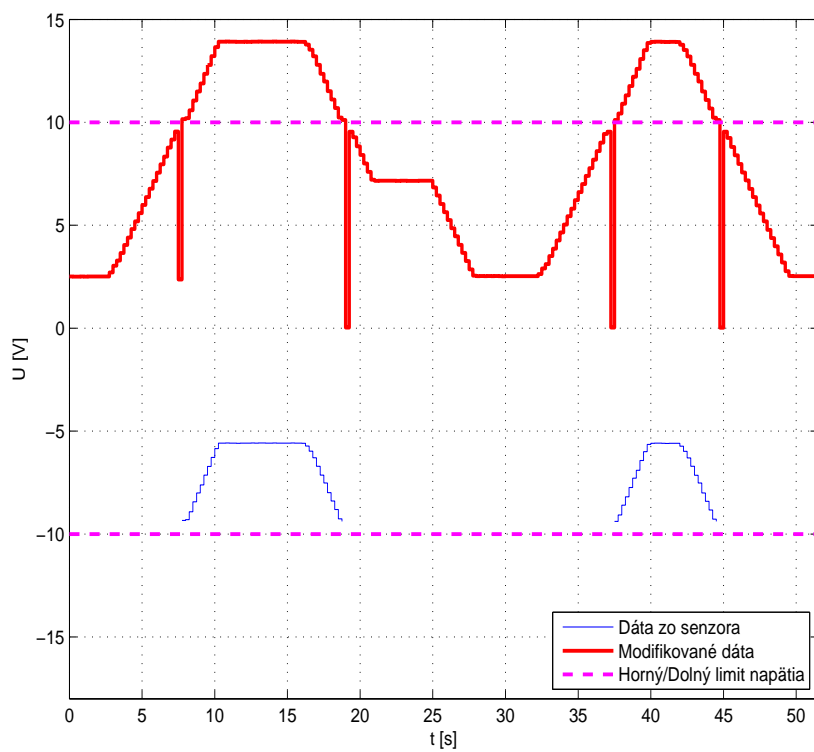
V druhom kroku konverzie sa ošetroval náhly skok nadol v dátach spôsobený vzorkou dát, ktorá sa vyskytla v strede rozsahu medzi najvyššou hodnotou a najnižšou hodnotou dát zo senzora (obr. 3.4). V tomto prípade sa musel zaviesť do simulačnej schémy blok „Memory”(pamäť), ktorý si pamätal predošlú vzorku dát. Po odčítaní predošlej od aktuálnej vzorky dát sa vyhodnotil ich rozdiel ako skok, ktorý sa porovnal s najväčším možným skokom medzi vzorkami. Ak presiahol uvedenú hodnotu skoku, nahradila sa vzorka dát zo senzora zistenou konštantou, ktorá reprezentovala správnu hodnotu výstupu senzora (obr. 3.5).

V treťom kroku sa výsledné modifikované dáta previedli do rozsahu 0-100% (obr. 3.6).

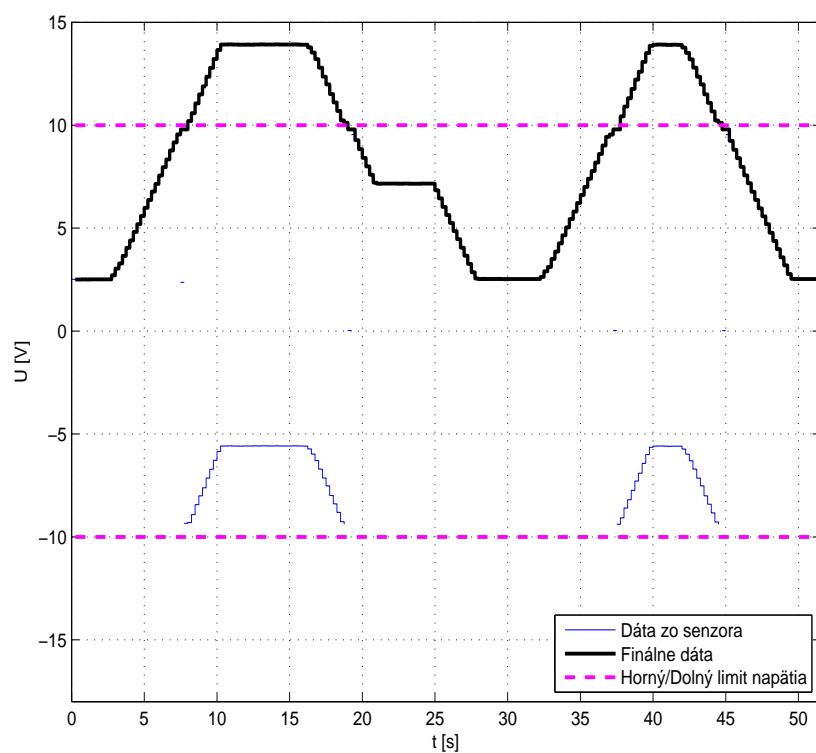
V programe PLC sa pre algoritmus prepočítavania dát vytvorila všeobecná funkcia, v ktorej kroky konverzie boli analógiou prevedenia v prostredí Matlab/Simulink. Výstup tejto konverzie mohol byť potom použitý na zobrazenie otvorenia ventilov vo finálnej vizualizácii. Takýto problém senzora sa vyskytoval v štyroch ventiloch zo šiestich, šiesty ventil sa však nepoužil v prevedení do programu PLC kvôli neprepojeniu jeho výstupných signálov do PLC.



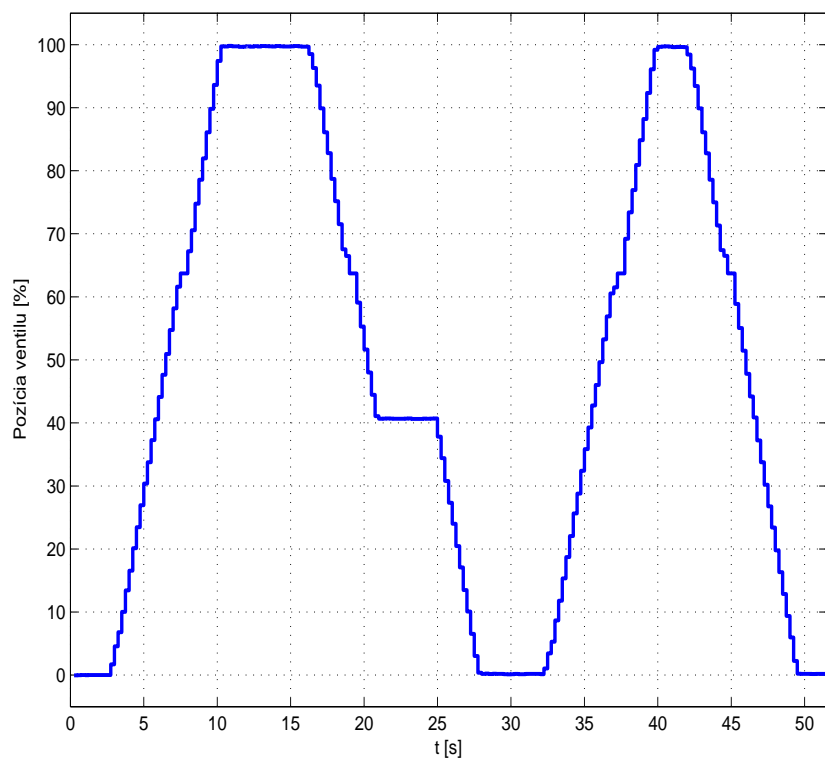
Obr. 3.3: Simulačná schéma konverzie signálu polohy ventilu v prostredí Matlab/Simulink



Obr. 3.4: Priebeh modifikovaných dát zo senzora polohy ventilu č. 2



Obr. 3.5: Priebeh upravených modifikovaných dát zo senzora polohy ventilu
č. 2



Obr. 3.6: Finálny priebeh otvorenia ventilu č. 2

Hlavný program

Táto kapitola priblíži funkcionality a účel vytvoreného programu nahratého do PLC. Hlavný program, ktorý sa spúšťa v každej perióde vzorkovania, je v Simatic STEP 7 reprezentovaný organizačnými blokmi. V nich sa nachádzajú všetky funkcie a celá logika, pomocou ktorej má PLC riadiť zvolené veličiny v zariadení. Programovací jazyk, v ktorom je program písaný sa volá „Ladder Logic” alebo priečkový diagram. Tento jazyk je z pohľadu štandardov, na ktorých si zakladajú priemyselné zariadenia a softvéry, veľmi užitočný vďaka:

- nezávislosti na hardvéry automatizačného systému,
- možnosti ladenia pri tvorbe programu,
- jednotný spôsob programovania („prenositelnosť” kódu),
- štruktúrovanosti a modularite.

Princíp rebríkového diagramu spočíva v jednej priečke, na ktorej sú pripojené všetky logické operácie v štruktúre pod sebou a vytvorený program prebieha zhora nadol. Jeho jednoduchosť je užitočná aj na preloženie kódu do priebehových diagramov.

4.1 Riadenie výšok hladín

Riadenie výšky hladiny je založené na regulačnej odchýlke, čiže na rozdiеле nameranej a žiadanej výšky hladiny vstupujúcej do PID regulátora. Správne navrhnutý regulátor prepočíta hodnotu akčného zásahu, v tomto prípade je to hodnota výkonu čerpadla, ktorú vyšle PLC prevodom signálov pomocou pohonu priamo do procesu. Čerpadlo potom mení prietok prečerpávanej kvapaliny do príslušného zásobníka až kým sa neustáli výška jej hladiny v zásobníku. Štruktúra regulátora ovplyvní, či sa výkon čerpadla bude neustále meniť alebo sa ustáli na konštantnej hodnote a bude udržiavať aj konštantnú výšku hladiny.

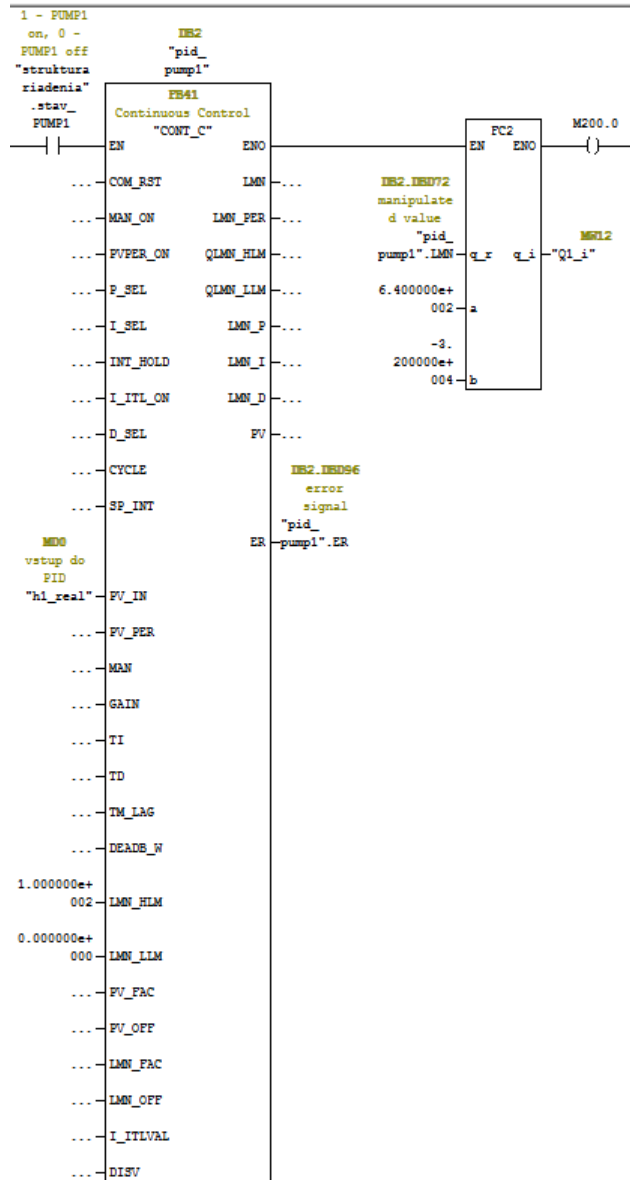
Z pohľadu návrhu a tvorby programu je v STEP 7 priamo navrhnutý objekt FB41 (obr. 4.1). Vstupnými parametrami boli:

- nameraná výška hladiny,
- požadovaná výška hladiny.

Použitými výstupnými parametrami boli:

- MAN_ON - binárna premenná, ktorá hovorila o tom či je PID regulátor zapnutý v manuálnom alebo automatickom režime,
- P_SEL, I_SEL, D_SEL - binárne premennébinárne premenné informujúce o aktivnosti konkrétnej zložky PID regulátora,
- GAIN, TI, TD - zosilnenie regulátora, dátového typu REAL, integračná a derivačná zložka, dátového typu TIME,
- LMN - parameter akčného zásahu, dátového typu REAL,
- LMN_H, LMN_L - horná a dolná hranica akčného zásahu, dátového typu REAL.

Keďže proces bol rozdelený na dva akoby samostatné subsystemy - jeden zásobník kvapaliny a dva zásobníky kvapaliny s interakciou, boli navrhnuté aj dva PID regulátory pre každý proces zvlášť.



Obr. 4.1: STEP 7 - detail FB41

4.2 Ovládanie otvorenia ventilov

Cieľom práce bolo prevedenie ovládania všetkých prvkov do automatizovaného systému, ďalšia podstatná časť spočívala v umožnení ovládania polohy ventilov. So signálom priamo zo senzora sa nedalo pracovať, preto po konverzii, podrobnejšie rozobratej v predošlej kapitole, sa modifikované dáta mohli ďalej spracovať v dvoch variantách riadenia polohy otvorenia ventilov:

- riadenie pomocou časovača („Timer“),
- relé riadenie.

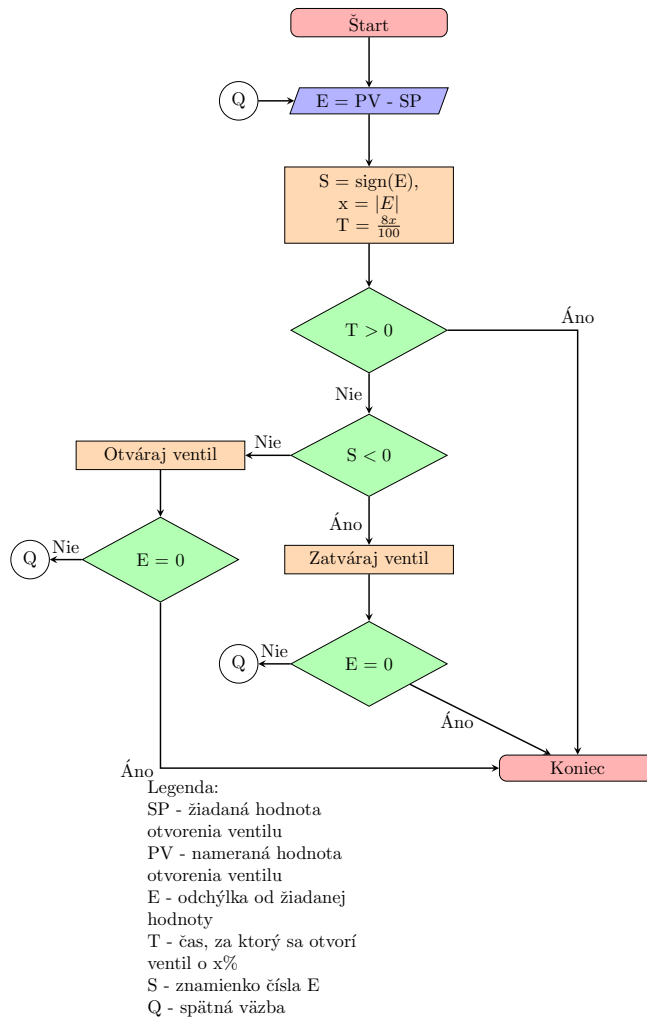
Návrh riadenia otvorenia ventilov musel brať do úvahy fakt, že nebola nijaká možnosť priamo pristupovať k otáčkam motorov ventilov. Bolo možné iba spustiť otváranie ventilu, zatváranie ventilu alebo zastavenie ventilu.

4.2.1 Riadenie pomocou časovača

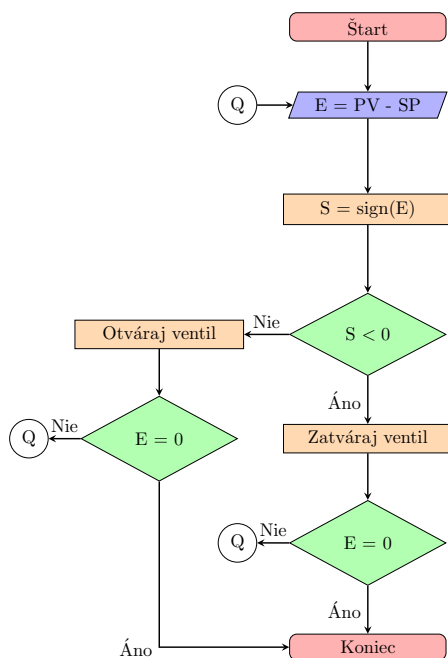
Riadenie pomocou časovača je založené na prepočte percentuálneho otvorenia ventilu na čas, ktorý prejde ak nastane otvorenie ventilu o 1%. Tento čas potom prenášobil aktuálny rozdiel nameranej polohy ventilu žiadanou polohou otvorenia ventilu v absolútnej hodnote a na základe odchýlky od týchto dvoch hodnôt sa spustil časovač na vypočítaný čas. Smer, ktorým sa mal ventil otvárať, udávalo znamienko odchýlky od žiadanej hodnoty. Pre lepšie pochopenie je priložený obr. 4.2 s vývojovým diagramom spomínanej logiky.

4.2.2 Relé riadenie

Relé riadenie je o čosi jednoduchšie, princíp spočíva iba na odchýlke nameranej hodnoty otvorenia ventilu od požadovanej. Problém by však mohol nastať, ak by perióda vzorkovania čítania dát zo senzora otvorenia ventilu značne vplývala na ustálenie sa na hodnote v danom rozmedzí. Ak by bola perióda príliš veľká, program by príliš neskoro dostával dáta zo senzora a motor by neskoro otváral a zatváral ventil a nevedel by sa ustáliť. Stručná interpretácia algoritmu je zobrazená na priloženom vývojovom diagrame (obr. 4.3).



Obr. 4.2: Vývojový diagram pre riadenie pomocou časovača



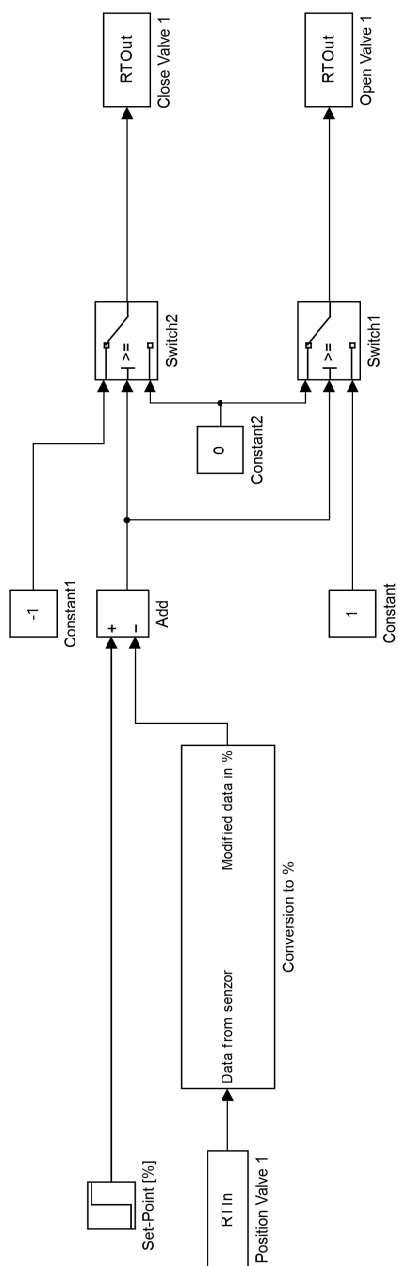
Legenda:
 SP - žiadaná hodnota
 otvorenia ventilu
 PV - nameraná hodnota
 otvorenia ventilu
 E - odchýlka od žiadanej
 hodnoty
 S - znamienko čísla E
 Q - spätná väzba

Obr. 4.3: Vývojový diagram relé riadenia

Funkcionalita relé riadenia bola zároveň otestovaná v prostredí Matlab/Simulink. Modifikované dáta z konverzie signálu polohy ventilu sa použili na porovnávanie s požadovanou hodnotou otvorenia ventilu a na základe ich rozdielu sa posielal signál otvárania alebo zatvárania. Ak ich rozdiel bol nulový, ventil sa zastavil. Možnosť ovládania polohy ventilov pred začiatkom tejto práce vôbec nefungovala. Ventily bolo možné buď len úplne otvoriť alebo úplne zatvoriť. Navyše stolný počítač pri tejto konfigurácii neustále posielal príkaz do pohonu, aby sa ventil otváral alebo zatváral. To znemožnilo prípadné manuálne nastavenie polohy ventilu na prednom paneli pohonu.

Na základe prepínania medzi vstupnými signálmi 0,1 alebo -1, ktoré boli posielané do pohonu, pracovali dva bloky v simulačnej schéme (obr. 4.4). Prepínače („Switch1” a „Switch2” na obr. 4.4) na základe rozdielu medzi aktuálnou a požadovanou polohou ventilu posielali vstupné signály cez pohon do ventilu. Ventil sa buď otváral, zatváral alebo sa zastavil, čím sa dosiahla žiadaná funkcionality. Navyše sa eliminovalo zbytočné vysielanie signálu na otváranie alebo zatváranie ventilov, čo umožnilo aj manuálne nastaviť ventil na požadovanú polohu pomocou predného panela pohonu.

Vytvorené riadenia - pomocou časovača a relé riadenie sa aplikovali na päť zo šiestich ventilov.



Obr. 4.4: Simulačná schéma relé riadenia v prostredí Matlab/Simulink

Vytvorená HMI

Kapitola uvádza popis vytvorenej vizualizácie, prehľad procesných displejov a ich funkcionality.

5.1 Procesné displeje

Vytvorená operátorská vizualizácia bola rozdelená do piatich procesných displejov:

- hlavná obrazovka,
- obrazovka riadeného procesu jedného zásobníka,
- obrazovka riadeného procesu dvoch zásobníkov,
- obrazovka pre všetky alarmy,
- obrazovka trendových priebehov.

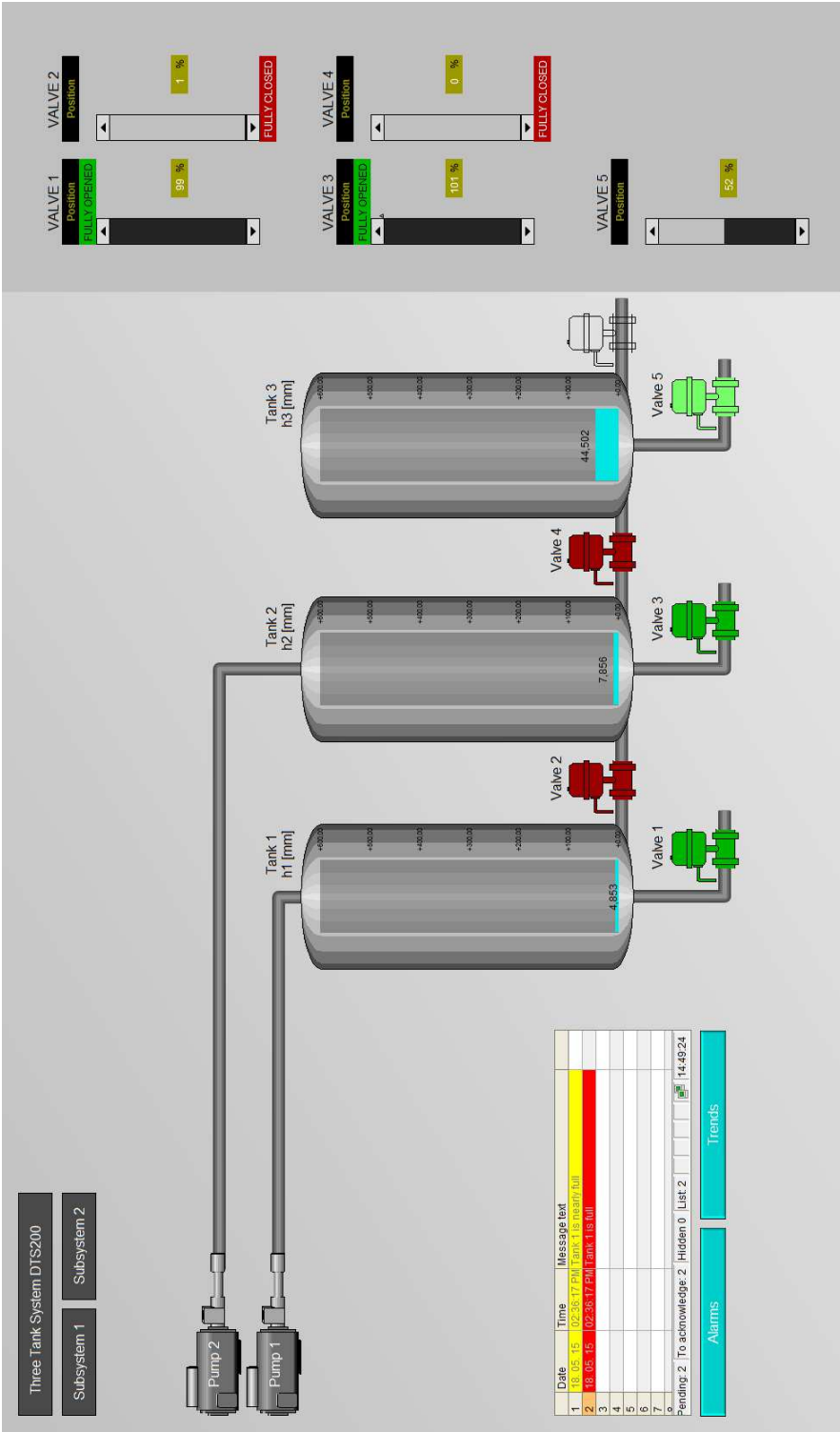
5.1.1 Hlavná obrazovka

Na hlavnej obrazovke (obr. 5.1) je zobrazené celé zariadenie, čiže všetky tri zásobníky kvapaliny so zobrazovaním hodnôt výšok hladín, obe čerpadlá meniace dynamicky farbu na základe hodnoty výkonu na zelenú v prípade, že výkon je väčší než nula, čiže čerpadlo pracuje. V inom prípade sú sivé. Päť spojazdnených ventilov mení farbu na základe hodnoty ich percenta otvorenia. Ak je otvorenie vyššie ako 96 %, zmenia sa na sýto zelené, naopak, ak je nižšie ako 5 %, sú sýto červené. Akákoľvek iná hodnota otvorenia zmení farbu ventilov na svetlo zelenú.

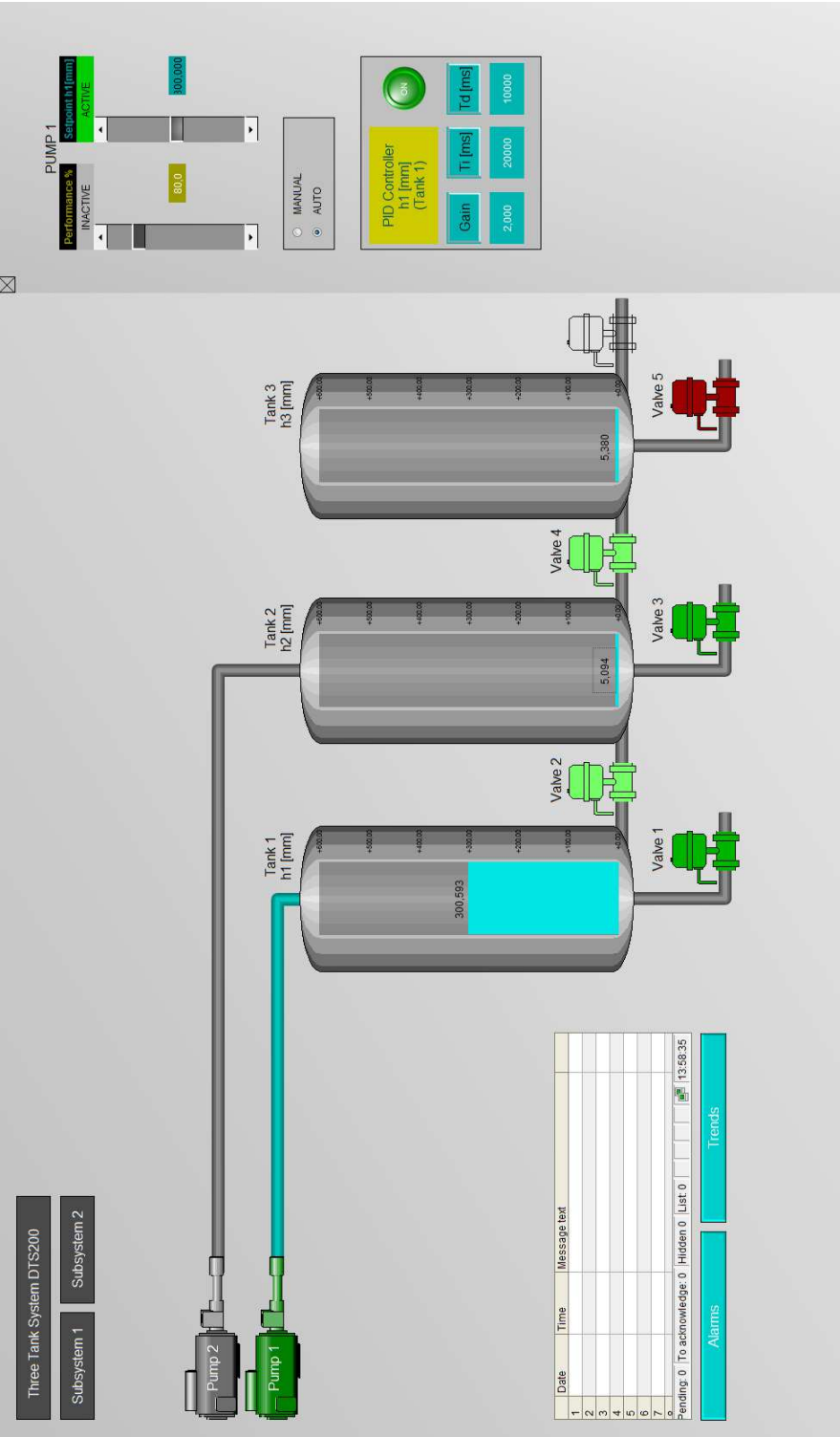
Na hlavnej obrazovke je viacero interaktívnych prvkov. Navrchu je možnosť prepnutia sa na tzv. „Subsystémy” - rozdelenie celého zariadenia na dva samostatné celky z pohľadu riadenia pomocou PID regulátorov, ktorých riadiace veličiny sú výkony čerpadiel. Po kliknutí na objekt niektorého z čerpadiel sa zobrazí tzv. „Overlay” (obr. 5.2), v ktorom sú prístupné možnosti manuálneho nastavenia výkonu daného čerpadla alebo prepnutia sa do automatického módu. Automatický mód je taký mód, v ktorom je možné nastaviť žiadanú hodnotu výšky kvapaliny v danom zásobníku a takisto je možné prestaviť konštanty regulátora alebo ich deaktivovať. Taktiež v spomínanom móde nachádzame okno alarmov a tlačidlá na prepnutie na displej všetkých alarmov a všetkých trendov. Každá obrazovka v celej vizualizácii obsahuje priame prepínanie medzi všetkými displejmi.

5.1.2 Obrazovka pre podsystém 1

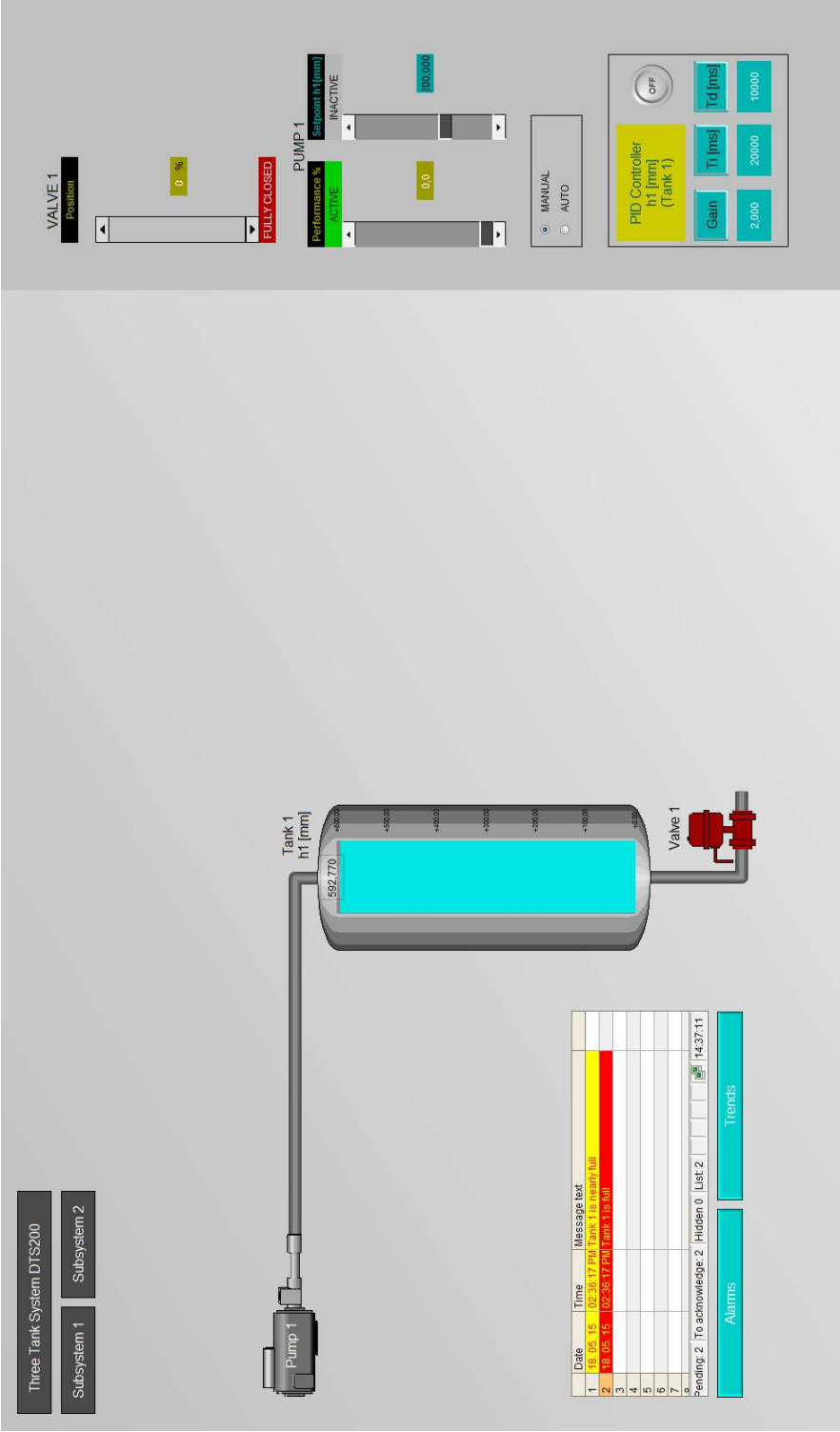
Displej pre prvý podsystém (obr. 5.3) zobrazuje prvý zásobník kvapaliny zariadenia - čerpadlo privádzajúce kvapalinu a ventil na prvej pozícii v zariadení. Na pravej strane na mieste, kde sa na hlavnej obrazovke zobrazuje „Overlay”, sa nachádzajú prístupné možnosti patriace pod tento podsystém. Nachádzame tu možnosť nastaviť výkon prvého čerpadla, opäť je tu funkcia prepnutia do automatického režimu prvého PID regulátora a zadania žiadanej hodnoty výšky hladiny v zásobníku, a zároveň možnosť nastavenia otvorenia ventilu.



Obr. 5.1: Hlavná obrazovka



Obr. 5.2: Hlavná obrazovka - zobrazený „Overlay“ pre prvé čerpadlo



Obr. 5.3: Obrazovka pre podsystem 1

5.1.3 Obrazovka pre podsystém 2

Obrazovka druhého podsystému (obr. 5.4) je zobrazením procesu dvoch zásobníkov kvapaliny s interakciou zapojených v sérii. V automatickom móde druhého PID regulátora sa nastavuje žiadaná výška hladiny v treťom zásobníku kvapaliny. Funkcionalitou je teda ekvivalentná ako na displeji pre prvý podsystém.

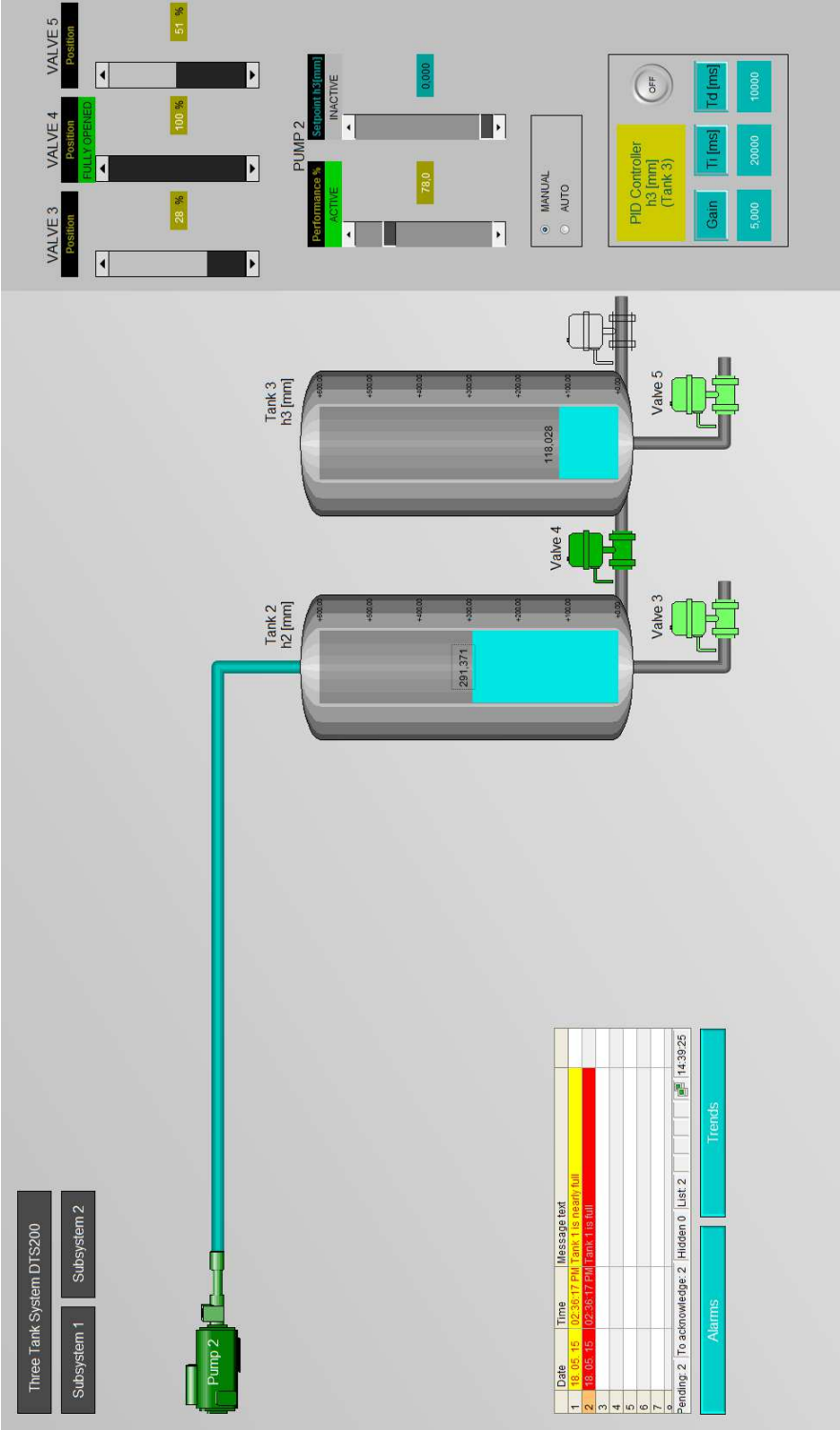
5.1.4 Obrazovka trendov

Na obrazovke trendov sú zobrazené základné priebehy riadených výšok hladín a priebehy výkonov čerpadiel. Každá zo zobrazených veličín má vytvorené úložisko v sekcii „Tag Logging“, ktoré umožňuje archiváciu a exportovanie zobrazených dát do súborov s príponou *.csv*. Takto archivované dáta umožňujú prepínanie medzi displejmi bez straty zobrazených priebehov, ktoré by zmizli v prípade, ak by neboli zadefinované vo vyššie spomínanej sekcii. Ďalej je tu možnosť otvorenia „Overlay“ pre obe čerpadlá pre prípad, ak by operátor chcel sledovať priebehy zobrazovaných dát, a zároveň vykonávať skokové zmeny na riadiacich, resp. žiadaných veličinách.

5.1.5 Obrazovka alarmov

Obrazovka alarmov slúži na zobrazovanie všetkých alarmových hlások a ich prípadne potvrdenie. Opäť je tu možnosť archivácie alebo exportu daného reportu alarmov alebo zoradenie alarmov podľa dátumu či času.

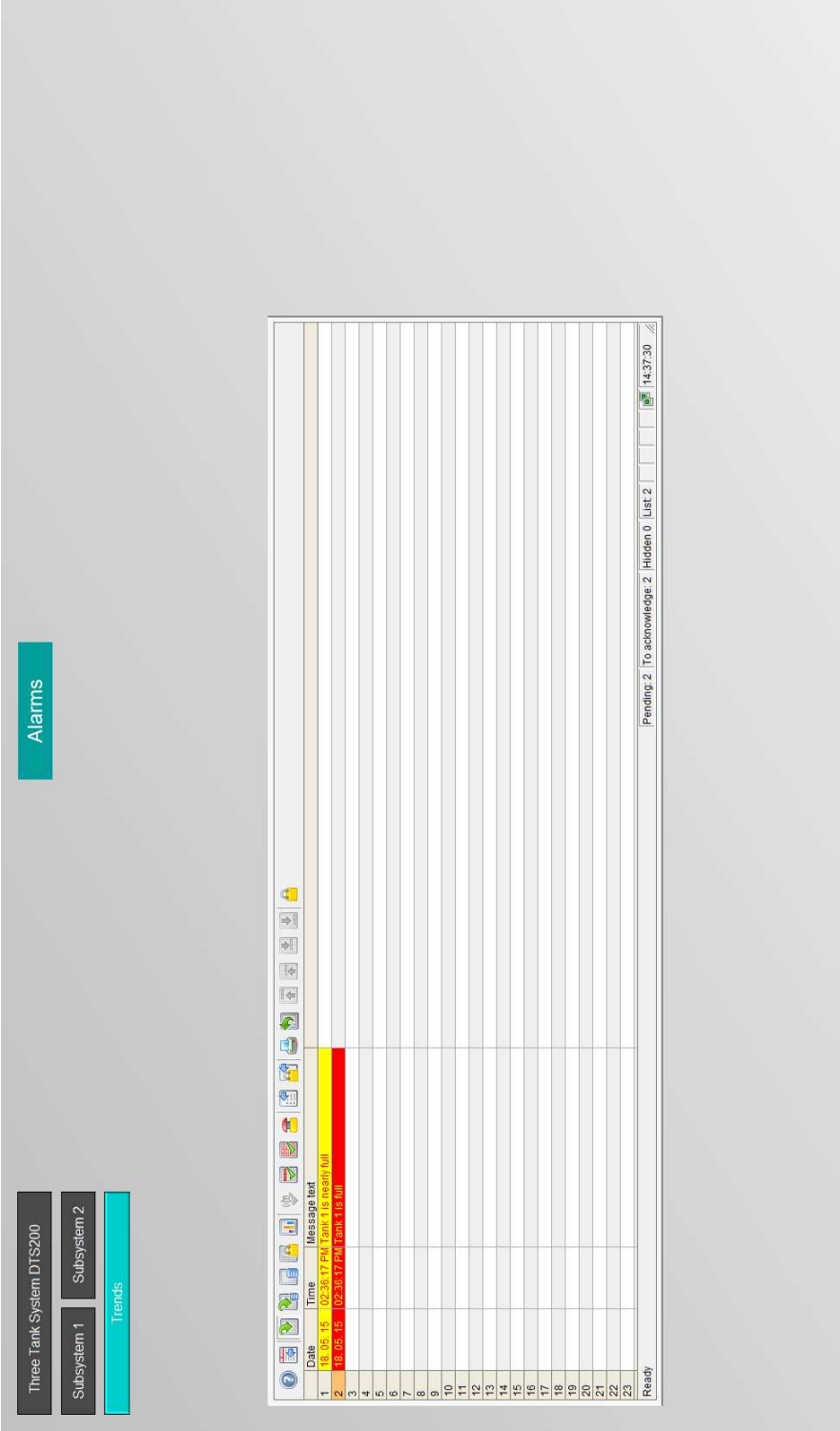
Alarmované veličiny sú výšky hladín v zásobníkoch. Ak výška hladiny v jednom zo zásobníkov presiahne horný limit 580 mm, zobrazí sa hlásenie, že zásobník je takmer naplnený a vysvieti sa červeným písmom v objekte zobrazujúcom alarmy. Ak výška hladiny presiahne limit 595 mm, zobrazí sa alarm o úplnom naplnení zásobníka žltým písmom na červenom pozadí. V takomto prípade sa vypne čerpadlo a čaká sa, kým výška hladiny neklesne pod dolný limit - vtedy sa opäť spustí.



Obr. 5.4: Obrazovka pre podsystem 2



Obr. 5.5: Obrazovka trendov



Obr. 5.6: Obrazovka alarmov

V práci sa opísalo experimentálne zariadenie DTS 200 troch zásobníkov kvapaliny a zhrnuli sa všetky dostupné vstupné a výstupné signály a ich prípadná konverzia. Umožnilo sa ovládanie polohy ventilov na žiadané percento ich otvorenia a opravili sa signály zo senzorov polôh ventilov, ktoré sa vyskytovali na štyroch zo šiestich senzorov. Konverzia a riadenie polôh ventilov bola najprv úspešne implementovaná v prostredí Matlab/Simulink a Simatic STEP 7.

Pri výbere vhodného výrobcu PLC sa spomenuli súčasní svetoví distribútori automatizačných systémov. Popísala sa aj vhodnosť výberu automatizačného systému.

Na návrh riadenia sa použil automatizačný systém od firmy Siemens, na strane hardvéru sa jednalo o PLC Simatic S7-300, na strane softvéru boli použité programy Simatic STEP 7 a WinCC Explorer. Opísala sa funkcionality jednotlivých častí riadiaceho programu a zavedenie konverzie signálov. Vytvorená HMI aplikácia bola otestovaná na stolnom počítači. Úspešne sa dokázalo ovládať výšky hladín v zásobníkoch kvapaliny a ovládanie polohy otvorenia ventilov.

Literatúra

- [1] Gurski – Schramm. *DTS200 Documentation V 3.0*. 2009. Duisburg, Germany.
- [2] Automation World. Leadership in Automation. <http://www.automationworld.com/leaders>, 2015. online.
- [3] B & R. Products. <http://www.br-automation.com/en/products/>, 2015. online.
- [4] A YASAKAWA COMPANY VIPA. Products. <http://www.vipa.com/en/products/>, 2015. online.
- [5] SBC SAIA BURGESS CONTROLS. Infrastructure Automation. <http://www.saia-pcd.com/automation/infrastructure-automation/>, 2015. online.
- [6] Inc. Siemens Industry. Automation Technology. <http://www.industry.usa.siemens.com/automation/us/en/Pages/automation-technology.aspx>, 2015. online.
- [7] Inc. Siemens AG, Siemens Industry. SIMATIC STEP 7 Professional (TIA Portal). <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7-professional-tia-portal/pages/default.aspx?ismobile=true>, 2015. online.
- [8] www.EngineeringToolBox.com The Engineering Toolbox. P & ID - Piping and Instrumentation Diagram. http://www.engineeringtoolbox.com/p-id-piping-instrumentation-diagram-d_466.html, 2015. online.

Prílohy

CD médium s vytvoreným programom a vizualizáciou