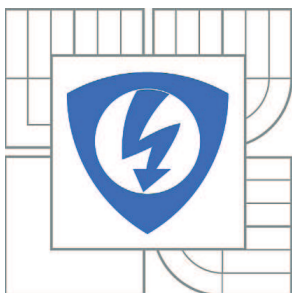


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

DISTRIBUOVANÝ ŘÍDICÍ SYSTÉM PRO PID REGULACI V HYDRAULICKÉM MODELU

DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR PID CONTROL IN A HYDRAULIC MODEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

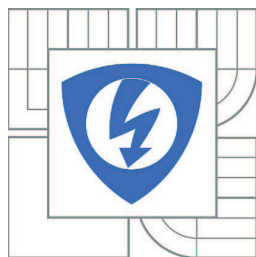
IVO FALTUS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PÁSEK, CSc.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Ivo Faltus

ID: 115168

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Distribuovaný řídicí systém pro PID regulaci v hydraulickém modelu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem bakalářské práce je sestavení PID regulátoru průtoku, příp. teploty u laboratorního modelu hydraulického obvodu řízeného programovatelným automatem (PLC) SIMATIC 300 (Siemens). K řízení budou použity snímače a regulační ventil komunikující s PLC na síti PROFIBUS.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Manuály řídicího systému SIMATIC, průtokoměru SIRTANS a ventilu SIPART.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 30.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Jan Pásek, CSc.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Práce se zabývá vytvořením a oživením hydraulického modelu, potřebného k napuštění teplé kapaliny a poté její zchlazení pomocí studené vody.

V první části jsou uvedeny teoretické informace, které jsou potřebné pro vypracování a pochopení projektu.

V druhé části je popsána jak softwarová, tak hardwarová část modelu.

Klíčová slova

SIMATIC S7-300, SIPART PS2, SITRANS F, SITRANS P, HMI, CPX terminál, MPA terminál, Profibus, distribuovaný řídicí systém.

Abstract

The work deals with the creation and recovery of hydraulic model needed for filling hot liquid and then cooling it with cold water.

The first section contains theoretical information needed to develop and understanding of the project.

The second part describes how software and hardware part of the model.

Keywords

SIMATIC S7-300, SIPART PS2, SITRANS F, SITRANS P, HMI, CPX terminal, MPA terminal, Profibus, distributed control system.

Bibliografická citace:

FALTUS, I. *Distribuovaný řídicí systém pro PID regulaci v hydraulickém modelu.*
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních
technologií, 2009. 51s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Jan Pásek, CSc.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Distribuovaný řídicí systém pro PID regulaci v hydraulickém modelu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **26. května 2011**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Páskovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: **26. května 2011**

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Teoretické informace	9
2.1	Regulace a řízení	9
2.1.1	Základní pojmy používané v řízení a regulaci.....	9
2.1.2	Regulátor PID	9
2.2	Distribuované řídicí systémy.....	12
2.2.1	Instrumentální vybavení jednotlivých úrovní.....	12
2.3	Profibus (Process Field Bus).....	13
2.3.1	Vrstvy ISO/OSI u Profibusu	13
2.3.2	Komunikační standarty:.....	15
2.3.3	Propojení Profibusu PA a DP:	16
3	Model pro regulaci teploty v nadřži.....	18
3.1	Základní popis	18
3.2	Automatický chod modelu	19
3.3	Hardware	19
3.3.1	PLC	20
3.3.2	Ventilový ostrov	20
3.3.3	Sitrans FUS	23
3.3.4	Sitrans P	25
3.3.5	Sipart PS 2	25
3.3.6	Operátorský panel (HMI).....	28
3.3.7	Celková konfigurace	28
3.4	Software	28
3.4.1	Konfigurace hardwaru	29
3.4.2	Zpracování dat	33
3.4.3	Program.....	36
3.4.4	Vizualizace a ovládání	39
4	Závěr	45

1 Úvod

V oblasti průmyslu se přechází od „náročných“ centralizovaných systémů na výhodnější decentralizované systémy. To umožňuje řízení pomocí menších lokálních řídicích prvků, ty jsou většinou zastoupeny programovatelnými automaty. Rozdělení umožňuje kromě snížení ceny za výkonný hardware a nákladnou kabeláž, také zrychlení možnosti vytvoření rozsáhlého technologického procesu. Při rozdělení totiž můžeme již vytvořené procesní buňky¹ opakovaně použít vždy kdy je potřeba. V této práci byl vytvořen hydraulický model pro napuštění teplé kapaliny a její následné zchlazení pomocí dopuštěné studené vody a poté ochlazováním výměníku. Vytvořený hydraulický model se nachází v laboratoři E135 a při jeho vytváření bylo hlavním účelem vytvořit komunikaci programovatelného automatu se senzory a jeho snadné ovládání, tak aby byl připraven pro praktickou regulaci teploty vody v nádrži.

Úvodní část práce se zabývá teoretickými informacemi potřebnými k vytvoření distribuovaného řídicího systému. Do první části tedy spadají informace o hierarchii distribuovaných řídicích systémů, komunikaci po sběrnici Profibus a základní informace o regulaci.

Ve druhé části se již dostáváme k praktické stránce vytvoření modelu, který je předmětem mé práce. Na začátku jsou uvedeny stručné informace, jak vlastně model funguje. Poté jsou popsány všechny hardwarové vlastnosti a softwarová konfigurace všech přístrojů použitých v práci. Na závěr této části je stručně popsán vytvořený program a to jak pro programovatelný automat, tak operátorský panel, ve kterém je vytvořena vizualizace pro vytvořený model.

Na závěr je celá práce zhodnocena a jsou uvedeny možnosti dalšího možného pokračování a vylepšení tohoto modelu.

¹ procesní buňka je podle standartu S88 jednotné vyjádření pro technologický celek, který vytváří výrobek nebo plní určitou funkci. Např. hydraulický model v této BP, výroba džusu, betonu...

2 Teoretické informace

2.1 Regulace a řízení

Řízení je cílevědomé působení na řízený objekt, s cílem dosáhnout předem daného stavu. Pokud takové řízení probíhá automaticky, mluvíme o automatickém řízení. [2]

2.1.1 Základní pojmy používané v řízení a regulaci

- **Regulovaná veličina** je výstupní veličina řízeného systému (bývá značena y)
- **Řídicí veličina**, je to žádaná hodnota nebo vstupní veličina, hodnota a časový průběh této veličiny určuje, jaká má být hodnota a časový průběh regulované veličiny (bývá značena ω)
- **Regulační odchylka** je rozdíl mezi žádanou hodnotou a regulovanou veličinou (bývá značena e , a platí $e = \omega - y$)
- **Akční veličina**, též regulační veličina, je vstupní veličina regulované soustavy a vstupní veličina regulátoru (bývá označena u nebo x)
- **Porucha je veličina**, která působí buď na vstupu, výstupu nebo na libovolném místě regulované soustavy. V praxi může na jednu soustavu působit několik poruch v různých místech (bývá označena v) [2]

2.1.2 Regulátor PID

PID je nejčastěji používaným typem regulátoru v praxi, skládá se ze tří složek – proporcionální, integrační a derivační. Přenos regulátoru je:

$$F_r(p) = r_0 + \frac{r_i}{p} + r_d p = K_R \left(1 + T_D p + \frac{1}{T_I p} \right) = k_r \frac{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}{p}$$

2.1.2.1 PID regulace v Simaticu

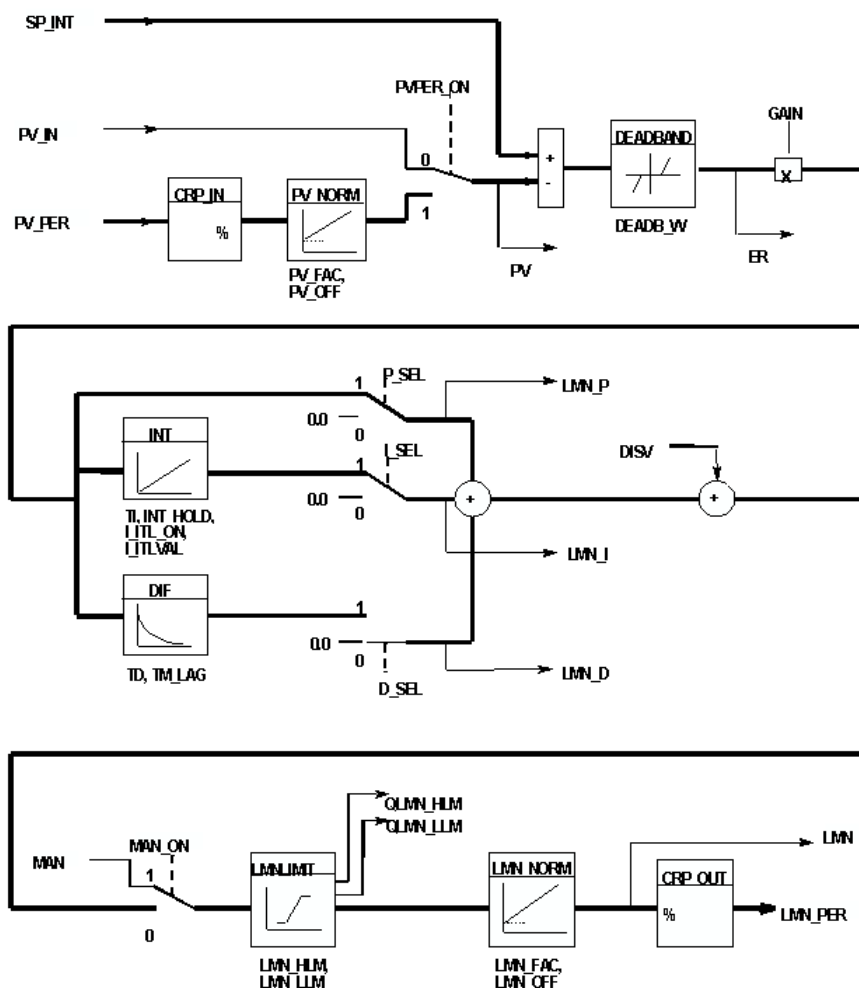
Pro možnost regulace jsou v programu STEP 7 přímo vytvořeny systémové bloky FB41, FB42 a FB43. Díky nim je při regulaci zajištěna přesná doba vzorkování a množstvím nastavitelných parametrů můžeme regulátor nastavit přesně podle našich potřeb. Vnitřní funkce bloků FB41 a FB42 je přehledně zachycena pomocí blokového schématu na obrázku: viz. Obrázek 1.

Název	Typ dat	Popis
COM_RST	BOOL	COMPLETE RESTART - Bude-li tento parametr ve stavu true bude PID regulátor resetován a nastaven na přednastavené hodnoty
MAN_ON	BOOL	MANUAL VALUE ON - Pokud je tento parametr nastaven na hodnotu true je proces činnosti regulátoru zastaven a aktivuje se manuální režim
PVPER	BOOL	PROCESS VARIABLE PERIPHERAL ON - Nastavením tohoto parametru na hodnotu true je možno provádět čtení přes vstup PV_PER
P_SEL	BOOL	PROPORTIONAL ACTION ON - Parametr ve stavu true aktivuje P složku regulátoru
I_SEL	BOOL	INTEGRAL ACTION ON - Parametr ve stavu true aktivuje I složku regulátoru
INT_HOLD	BOOL	PROPORTIONAL ACTION HOLD - Výstup z I regulátoru bude nastaven na konstantní hodnotě, pokud bude tento parametr ve stavu true
I_ITL_ON	BOOL	INICIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION - Výstup z integrátoru může být připojen na I_ITL_VAL nastavením parametru I_ITL_ON jako true
D_SEL	BOOL	DERIVATE ACTION ON - Parametr ve stavu true aktivuje D složku regulátoru
CYCLE	TIME	SAMPLING TIME - Čas mezi voláním jednotlivých bloků PID regulátoru musí být konstantní. Tímto parametrem nastavíme pravidelní volání bloků PID regulátoru v určitém časovém intervalu (čas vzorkování)
SP_INT	REAL	INTERNAL SETPOINT - Vstup pro žádanou veličinu
PV_IN	REAL	PROCESS VARIABLE IN - Na tento vstup se připojí regulovaná (procesní) veličina
PV_PER	WORD	PROCESS VARIABLE PERIPHERAL - Regulovaná (procesní) hodnota čtená z I/O periferie se přivádí na tento vstup
MAN	REAL	MANUAL VALUE - Tento vstup je použit pro zadání hodnoty akční veličiny v manuálním režimu PID regulátoru dle požadavků operátora
GAIN	REAL	PROPORTIONAL GAIN - Parametr určující hodnotu proporcionálního zesílení K regulátoru
TI	TIME	RESET TIME - určuje hodnotu integrační časové konstanty T regulátoru
TD	TIME	DERIVATE TIME - Určuje hodnotu derivační časové konstanty T regulátoru
TM_LAG	TIME	TIME LAG OF THE DERIVATE ACTION - Algoritmus D členu obsahuje derivační zpoždění, které může být přiřazeno touto proměnou
DEADB_W	REAL	DEAD BAND WIDTH - Nastavením tohoto parametru definujeme pásmo necitlivosti regulační odchylky
LMN_HLM	REAL	MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT - Určí horní limit akční veličiny PID regulátoru (max. hodnota, která z PID regulátoru vystupuje)
LMN_LLM	REAL	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT - Určí dolní limit akční veličiny PID regulátoru (min. hodnota, která z PID regulátoru vystupuje)
PV_FAC	REAL	PROSESS VARIALBE FACTOR - parametr udávající řádový rozsah regulované veličiny na vstupu PID regulátoru
PV_OFF	REAL	PROCESS VARIALBE OFFSET - Připočte k regulované veličině konstantní hodnotu (offset)
LMN_FAC	REAL	MANIPULATED VALUE FACTOR - Udává řádový rozsah akční veličiny na výstupu PID regulátoru
LMN_OFF	REAL	MANIPULATED VALUE OFFSET - Připočte k akční veličině konstantní hodnotu (offset) na výstupu PID regulátoru
I_ITLVAL	REAL	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION - Výstup z integrátoru může být nastaven vstupem I_ITL_ON (true), tím se na výstup integrátoru dostane právě hodnota I_ITLVAL
DISV	REAL	DISTURBANCE VARIABLE - Na tento vstup se připojuje poruchová veličina

Tabulka 1, přehled vstupních parametrů regulátoru z FB41

Název	Typ dat	Popis
LMN	REAL	MANIPULATED VALUE - přímý výstup z PID regulátoru, akční veličina
LMN_P ER	WORD	MANIPULATED VALUE PERIPHERAL - Normovaný výstup z PID regulátoru, je-li zpracovávána hodnota z I/O periferie. Je-li na vstup PV_PER přivedena regulovaná (procesní) hodnotaz I/O periferií QLMN_HLM =TRUE
QLMN_HLM	BOOL	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED - Akční veličina je většinou limitována horním a dolním limitem. Je-li nastavena LMN_HLN a je-li překročena =>
QLMN_LLM	BOOL	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED - Akční veličina je většinou limitována horním a dolním limitem. Je-li nastavena LMN_LLN a je-li překročena => QLMN_LLM=TRUE
LMN_P	REAL	PROPORTIONAL COMPONENT- Tímto výstupem lze získat samotnou proporcionální hodnotu akční veličiny
LMN_I	REAL	INTEGRAL COMPONENT - Tímto výstupem lze získat samotnou integrační hodnotu akční veličiny
LMN_D	REAL	DERIVATE COMPONENT - Tímto výstupem lze získat samotnou derivační hodnotu akční veličiny
PV	REAL	PROCESS VARIABLE - Výstup pomocí kterého lze sledovat regulovanou hodnotu přivedenou na vstupy (PV_IN, PV_PER) regulátoru
ER	REAL	ERROR SIGNAL - Výstup pomocí kterého lze sledovat regulační odchylku

Tabulka 2, přehled výstupních parametrů regulátoru z FB41



Obrázek 1, blokové schéma regulačních bloků FB41 a FB42

2.2 Distribuované řídicí systémy

Při řízení větších celků, jsou v současnosti distribuované řídicí systémy (dále jen DŘS), preferovány před centrálními systémy řízení, které mají řadu nevýhod, např. v podobě drahé kabeláže, kdy se dráty musí propojovat senzory a akční členy s centrální jednotkou a to většinou na velkých vzdálenostech. Tento problém řeší DŘS. Další velkou výhodou DŘS je, že každá oblast klade jiné nároky na výkonnost použité komunikační sítě, na rychlost odezvy, na množství přenášených dat a díky rozložení do menších celků se může každá část optimalizovat přesně na dané potřeby.

Pro DŘS je charakteristická hierarchická skladba s první úrovní procesní instrumentace a dvěma úrovněmi řízení. [3]

2.2.1 Instrumentální vybavení jednotlivých úrovní

Úroveň procesní instrumentace

Na procesní úrovni jsou umístěna vstupní/výstupní zařízení provádějící sběr dat a výměnu dat s elektrickými prvky technologického procesu (procesní přístroje), jako jsou snímače, pohony, topidla apod. Tuto část komunikace zajišťují v této práci Profibus-DP a proudová smyčka. Starají se o to, aby se příslušné signály dostaly z procesu (DP-slave) do programovatelného automatu PLC (DP-master).

Jednotka DP-Slave může být samostatný přístroj nebo periferní I/O stanice. Jde-li o samostatný přístroj, označuje se jako inteligentní zařízení (snímač, pohon, ventil, frekvenční měnič, apod.). Častěji se u přístrojů DP setkáváme s periferními stanicemi, které představují skupinu decentralizovaných vstupů a výstupů. Připojují se centrálnímu procesoru PLC pomocí rozhraní Profibus-DP. [3]

Úroveň řídicích buněk

Je to úroveň, na které jsou signály z procesu shromážděné vstupními/výstupními zařízeními, předávány komunikačním systémem do programovatelného automatu. Na úrovni řídicích buněk jsou propojovány programovatelné automaty, PC a operátorské stanice SCADA pro ovládání a vizualizaci procesu. Na této úrovni si PLC předávají data, aby mohly vykonávat společné úlohy. Operátorské stanice SCADA si vyměňují s programovatelnými automaty data potřebná pro ovládání a vizualizaci. Operátorská úroveň. [3]

Úroveň řízení výroby

Na této úrovni se provádějí úkoly zastřešující celý výrobní proces (manažerské funkce). Tyto úlohy zahrnují ukládání, zpracovávání a archivaci procesních hodnot, analytické a optimalizační funkce, bilanční a statistické vyhodnocování. Požadovaná data mohou být shromažďována z více provozních řídicích buněk nebo z více závodů a

zpracovávána centrálně. Na základě rozhodnutí provedených na této úrovni se vytvářejí výrobní příkazy (např. receptury), které se posílají do podřízených výrobních buněk. [3]

2.3 Profibus (Process Field Bus)

Jedná se o nejrozšířenější komunikační sběrnici používanou v automatizaci. Hlavní výhodou je výrobní flexibilita, stabilita, otevřenost a zabezpečená komunikace mezi zařízeními od různých výrobců. Reprezentuje síť na procesní úrovni i na úrovni řídicí buňky (prostor PLC) v otevřeném komunikačním systému s mnoha účastníky. [1]

2.3.1 Vrstvy ISO/OSI u Profibusu

Profibus používá kvůli rychlosti a optimalizaci pouze tři vrstvy ISO/OSI a to:

- Fyzickou
- Linkovou
- Aplikační (pouze Profibus FMS)

2.3.1.1 Fyzická vrstva

Definuje fyzické spojení mezi zařízeními a současně je v této vrstvě definována topologie sítě. Profibus podporuje přenos po sběrnici RS-485 (Profibus DP/FMS), RS-485iS, po optickém vláknu (Profibus DP/FMS) a ve výbušném prostředí po proudové smyčce IEC 1158-2 (Profibus PA). Základní elektrické **parametry jsou:**

- max. přenosová rychlost – 12 Mb/s
- max. počet účastníků – 126
- délka kabelu – je závislá na druhu kabelu a pohybuje se mezi 200m a 90km.

[1]

Podrobnější popis komunikačních technologií tvořících fyzickou vrstvu:

RS-485 se vyznačuje jednoduchostí. Je tvořen dvou vodičovým propojením jednotek a síť může mít stromovou i přímou strukturu. Rychlost se pohybuje od 9,6 Kb/s až 12 Mb/s podle délky. Na sběrnice struktuře může být připojeno až 32 stanic v segmentu (master, slave). Maximální celkový počet stanic na síti je 127. Jako konektor se nejčastěji používá 9 pinový D-sub konektor, mohou se ale také používat konektory M12, Han-Brid konektor nebo Siemens hybridní konektor. [1]

RS-485iS, jedná se o upravenou verzi RS-485, která zabezpečuje jiskrovou bezpečnost pro nebezpečné prostředí ex zóna 1. Tento druh ochrany před výbuchem umožňuje uskutečňování údržby na aktivním zařízení bez povolení k práci pod napětím. Jiskrová bezpečnost je založená na principu omezení výkonu nebo energie v systému. Přenosové médium se používá stíněná kroucená dvojlinka s omezenou přenosovou rychlostí na 1.5Mbit/s. [1]

BP Proudová smyčka IEC 1158-2 je synchronní technologie přenosu využívající manchastrové kódování. Je použita u Profibusu PA. Konstantní přenosová rychlost je 31,25 kb/s. [1]

Optické vlákno, které odolává vysokým elektromagnetickým interferencím, to nám umožňuje použít tuto technologii v prostředí s vysokým elektromagnetickým rušením a také slouží pro přenos dat na velké vzdálenosti. Rozsah vzdálenosti je určen typem optického vlákna. Je vhodné jak pro Profibus DP tak FMS a podporuje technologie sběrnice, hvězda i kruh. [1]



Obrázek 2, 9 pinový D-sub konektor

2.3.1.2 Linková vrstva (spojová vrstva)

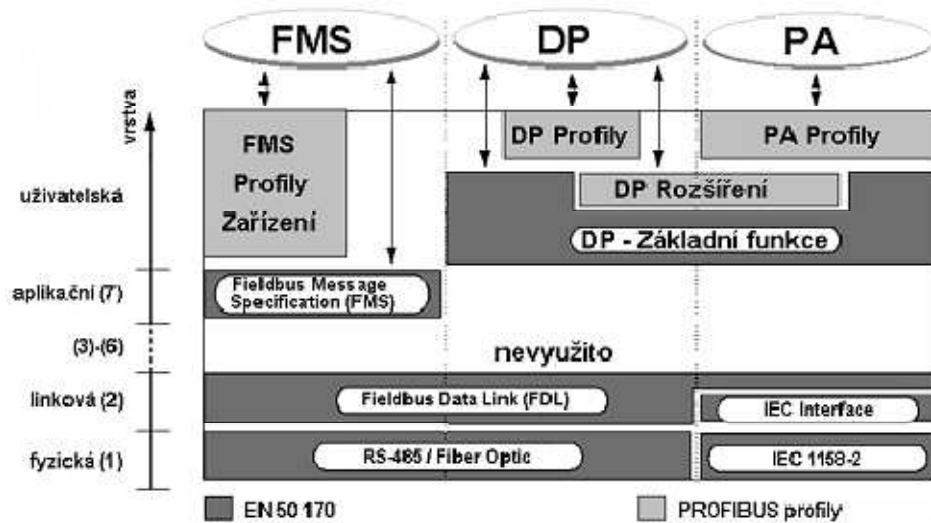
Neboli Fieldbus Data Link definuje mechanismus přístupu účastníka na přenosové médium a zabezpečuje tvorbu zprávy na úrovni bitového řetězce včetně generování kontrolních částí. [1]

Protokol je schopen detekovat nefunkční stanici, ztracený token, dva tokeny, přenosové chyby a další druhy možných závad na síti. Zařízení typu master a slave mohou být kdykoliv přidána nebo vyjmuta a linková vrstva automaticky překonfiguruje logický kruh, popř. master provede parametrizaci a konfiguraci zařízení slave. [1]

Je stejná u všech typů Profibusu.

2.3.1.3 Aplikační vrstva

Nejvyšší vrstvou v referenčním modelu ISO/OSI. Poskytuje jednotlivé služby nezbytné pro realizaci komunikace z hlediska uživatele. Je použita pouze u Profibusu FMS.



Obrázek 3, architektura protokolu Profibus

2.3.2 Komunikační standardy:

V současnosti jsou nejpoužívanější tyto:

2.3.2.1 Datová komunikace:

1. Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)

Který vznikl jako vůbec první a je vhodný pro komunikaci v heterogenním prostředí na vyšší úrovni.

Procesní a field komunikace:

2. Profibus DP (Decentralized Peripherals)

- Jedna z nejpoužívanějších variant v průmyslových sítích. Především je určena pro rychlou komunikaci mezi řídicími jednotkami (master) a decentralizovanými periferiemi (slave).
- Má velmi krátkou časovou odezvu, která se pohybuje v oblasti 1ms.
- Přenosová rychlost může být až 12 Mb/s, nejčastěji se ale používá rychlost 1,5 Mb/s
- Na jeden segment sběrnice sítě je možno připojit až 32 zařízení (master/slave), pro připojení více zařízení (až 126) je nutno použít opakováče.

přenosová rychlost v kb/s	9,6	19,2	45,45	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	12000
maximální délka vedení v m	1200	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100

Tabulka 3, přenosové rychlosti Profibusu DP

3. Profibus PA (Process Automation)

- Je to následník Profibusu DP, který je určen především do výbušných prostředí.
- Rozdíl mezi PA a DP je hlavně ve fyzické vrstvě. U Profibusu PA se používá ke komunikaci dvou vodičový kabel. Komunikuje se na základě změny proudu a díky tomu je schopen napájet připojená zařízení. Na síť lze připojit až 30 stanic, odebíraný proud ale nesmí být větší než 320mA

2.3.3 Propojení Profibusu PA a DP:

K přechodu mezi rozhraními Profibus DP a Profibus PA se využívají tyto varianty:

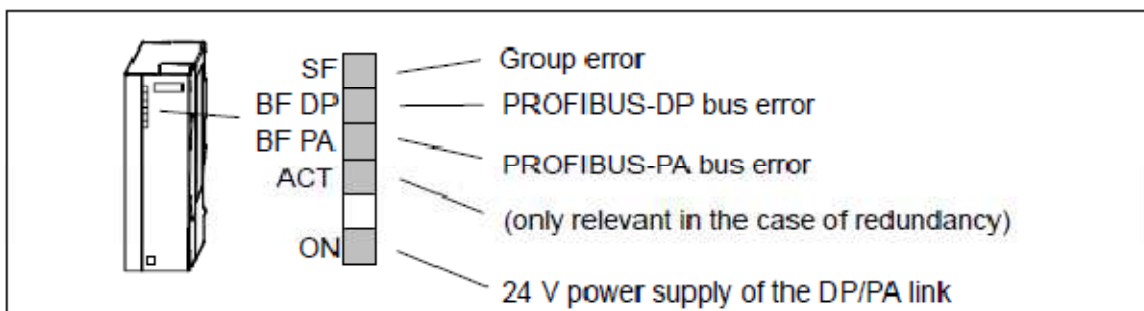
DP/PA coupler – Pokud je použito pouze toto zařízení, tak je nutné, aby byla se sítí transparentní. To znamená, že všechny přístroje, připojené na síť PA tohoto zařízení, jsou adresovány přímo řídicí stanicí. Tento způsob se využívá při přenosu malého množství dat.

IM 157(DP/PA link+ DP/PA coupler) – DP/PA link se chová jako podřízené zařízení v síti Profibus DP, ale v síti Profibus PA jako řídicí stanice. To je výhodné z důvodu, že rychlost může být až 12 Mb/s a navíc lze k této jednotce připojit až 5 zařízení DP/PA coupler. DP/PA link má přidělenou jednu adresu v síti Profibus DP a adresování zařízení v síti Profibus PA je uskutečněno nepřímo skrze něj.

2.3.3.1 Možné chyby při použití IM 157

Při použití IM 157 může nastat celá řada chyb. Většina z nich je sepsána v tabulce viz. Tabulka 4. A přehled panelu s kontrolkami je na obrázku: Obrázek 4.

Další chybou, která není uvedena v tabulce, ale může nastat, je situace kdy několik LED svítí v nepravidelných intervalech. V tomto případě je chyba ve fyzické konfiguraci Profibusu-PA. Chyba tedy může být v nastavení sběrnice, např. ukončení Profibusu-PA linky. [10]



Obrázek 4, kontrolky modulu IM 157 [10]

Kontrolky					Funkce
SF(čer.)	BF DP (čer.)	BF PA(čer.)	ACT(žlutá)	ON(zelená)	
Off	Off	Off	Off	On	Normální provoz, 24V napájení je připojeno
Off	Off	Off	Off	Off	24 V napájení není připojeno
On	On	On	On	On	Stav nastává 1s po zapnutí pokud zůstane, jedná se o chybu přístroje

-	On	-	Off	On	PROFIBUS-DP je vadný. DP master není v provozu
Bliká	-	Bliká	Off	On	Chybějící nebo špatné přiřazení parametrů
Off	-	Bliká	Off	Bliká	Chyba na PROFIBUSU PA, alespoň jedno zařízení chybí, je vadné nebo je špatně nakonfigurováno
Off	Off	Bliká	Off	Bliká	Zpoždění startu IM 157, je aktivní
On	On	Bliká	Off	Bliká	Adresa PROFIBUSU 0(chybná adresa)
Bliká	On	Bliká	Off	Bliká	Adresa PROFIBUSu je 127: IM 157 nebude spuštěn. Změňte Profibusovou adresu.
-	Bliká	Bliká	Off	On	IM 157 zjistí přenosové rychlosti na PROFIBUS-DP a automaticky nastaví správnou přenosovou rychlost.

Tabulka 4, chyby pro různé kombinace svitu kontrolky [10]

3 Model pro regulaci teploty v nádrži

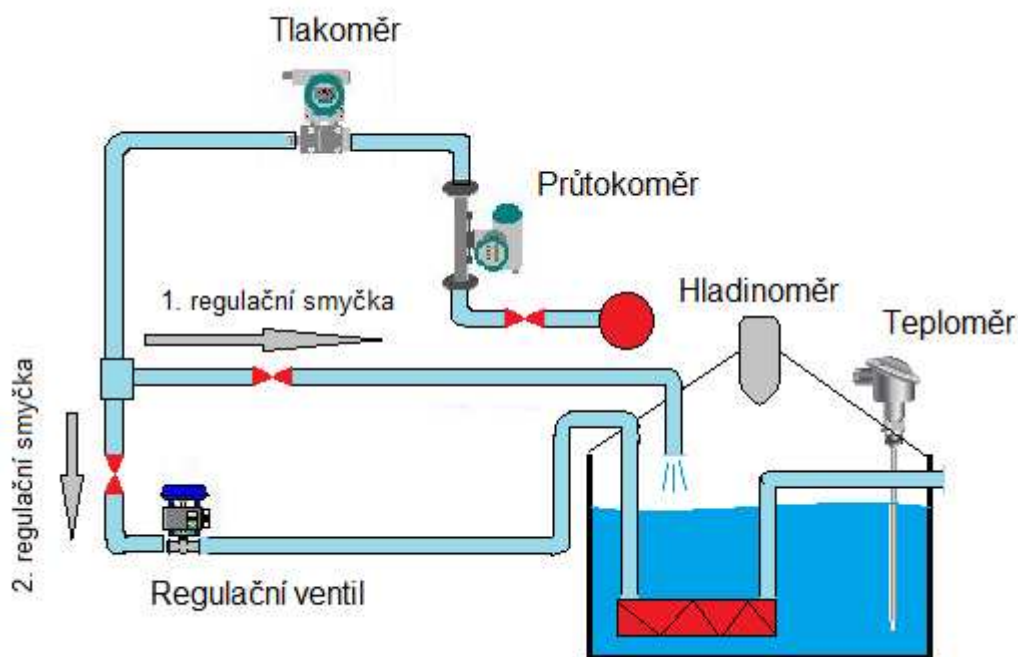
3.1 Základní popis

Model vytvořený v této BP je určen k chlazení teplé kapaliny v nádrži. Chlazenou a chladicí kapalinou je v našem případě studená, respektive teplá voda z vodovodního potrubí. Jelikož není v laboratoři e135 přítomen žádný použitelný přívod teplé vody, není napouštění teplé vody do nádrže nijak zautomatizováno, a proto se musí nádrž napustit teplou vodou ručně. Studená voda je připojena přímo na vodovodní potrubí a můžeme jí tedy do modelu pouštět pomocí elektrického ventilu. Pro studenou vodu jsou v modelu přístupné dvě větve. Pro obě větve je společný pouze ultrazvukový průtokoměr a tlakoměr, za ním se pomocí elektrického a pneumatického ventilu určí, do které větve bude voda proudit. První smyčka je ovládána pneumatickým ventilem firmy APV, při jeho otevření teče studená voda přímo do nádrže. Druhá větev je otevírána a zavírána elektrickým ventilem a vede přes regulační ventil, který umožňuje volitelný stupeň otevření, čímž můžeme ovlivnit hodnotu průtoku vody touto smyčkou, do výměníku. Výměník je touto studenou vodou chlazen. Z něj poté teče voda do odpadu.

Všechny ventily jsou ovládány přes ventilový ostrov. Elektrické ventily jsou otevírány přes jeho digitální modul, zatímco pneumatický ventil je ovládán tlakem spínaným jeho ventilovým rozvaděčem. Pracovní tlak, jenž spíná pneumatický ventil a ovládá regulační ventil je vytvořen kompresorem.

Na nádrž je připevněn ultrazvukový hladinoměr určený k měření výšky napuštění vody v nádrži. K zjištění teploty vody je k nádrži připevněn také teploměr PT100. Posledním zařízením použitým v tomto modelu je tlakoměr, který však nemá žádnou důležitou funkci pro chod programu a je zde použit pouze pro informaci o tlaku kapaliny v hadicích propojujících přístroje mezi sebou.

Model lze ovládat ve dvou režimech: v **manuálním** a **automatickém**. V manuálním režimu můžeme přes OP pomocí obrazovky pro manuální režim (viz. Obrázek 16) spínat jednotlivé ventily, nebo pustit vzduch do regulačního ventilu a poté do něj poslat požadovanou hodnotu procentuálního otevření. V automatickém režimu se tyto činnosti vykonávají samočinně. Před spuštěním automatického režimu stačí pouze nastavit požadované parametry pro chod systému, kterými jsou výška napuštění teplé vody a žádaná teplota vody v nádrži. Dále je možné nastavit parametry PID regulátoru, jenž bude přes Sipart PS2 regulovat teplotu výměníku změnou protékajícího proudu studené vody. Popis funkce automatického režimu je popsán níže.



Obrázek 5, schéma hydraulického modelu

3.2 Automatický chod modelu

V první části probíhá **napouštění teplé vody**. Jak již bylo zmíněno, v laboratoři e135 není žádný použitelný přívod teplé vody, proto se musí teplá voda napustit do předem nastavené výšky ručně.

Po napouštění teplé vody nastává druhý krok, kterým je **rychlá regulace teploty**. Ta se provádí dopuštěním studené vody do nádrže, přes první větev. Napouštění studené vody trvá do doby, než dosáhneme regulační odchylky alespoň 5°C.

Jako poslední krok nastává **jemná regulace teploty**. Ta je řešena výměníkem umístěným v nádrži, jehož teplotu měníme regulací průtoku studené vody druhou regulační smyčkou.

Specifikace programu plnění a chlazení kapaliny	Ventily			Reg. ventil
	V.all	V.1	V.2	
Krok				
1. Napouštění teplé vody	0	0	0	zavřený
2. Rychlá regulace teploty	1	1	0	zavřený
3. Jemná regulace teploty	1	0	1	otevření podle PID regulátoru

Tabulka 5, matrice funkčního popisu chodu systému

3.3 Hardware

-v této kapitole jsou popsány přístroje použité v modelu

3.3.1 PLC

V našem projektu zajišťuje úroveň bezprostředního řízení. V PLC je použito standardní CPU typu 315-2 DP, ve kterém je zabudováno jak rozhraní MPI, tak i rozhraní Profibus DP. Jehož parametry jsou:

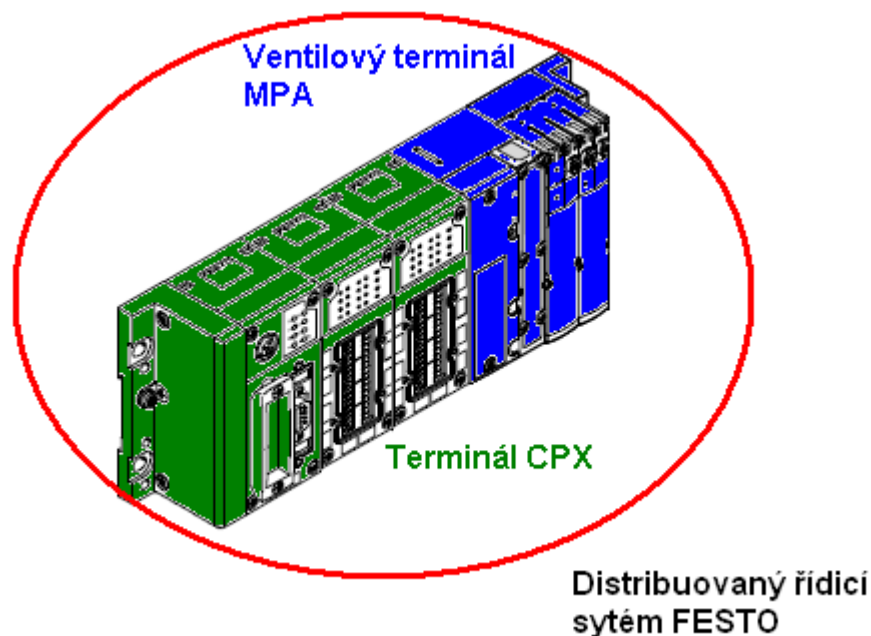
- pracovní paměť 128 KB, rozšířená externí paměť (MMC) 2 MB
- rychlost 0,1 ms / 1000 instrukcí
- možnost rozšíření až na 32 modulů
- konstantní profibusová rychlost
- routing

Použité doplňující přídavné moduly:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------|
| • Napájení 2A | PS 307 2A |
| • Karta digitálních vstupů a výstupů | DI16/DO16x24V/0.5A |
| • Karta analogových vstupů | AI2x12Bit |

3.3.2 Ventilový ostrov

Ventilový ostrov použitý v projektu je od firmy Festo. Je složen z ventilového terminálu MPA a terminálu CPX.



Obrázek 6, distribuovaný řídicí systém FESTO

3.3.2.1 Terminál CPX [11]

Napájecí bloky

Jeho základ tvoří napájecí bloky (CPX-GE-EV a CPX-GE-EV-S), tyto bloky zajišťují elektrické napětí 24V a maximální proud 20mA pro všechny ostatní moduly

v CPX. Kromě napájení zajišťují také sériovou komunikaci, přes kterou se dá komunikovat se všemi bloky.

Uzel síť

V modelu je použit uzel sítě s označením FB13. Ten může s PLC komunikovat pomocí Profibusu DP. Jeho správné propojení s PLC po síti Profibusu nám indukuje kontrolka Bus-Fault (BF). Nastavení a propojení je správné, pokud kontrolka nesvítí ani neblíká.

Digitální elektronický modul

V tomto modelu je použit modul s 8mi vstupy a 8mi výstupy. Jeho vlastnosti a adresování se dají nastavit v hardwarové konfiguraci v programu Step 7.

Analogový elektronický modul

Modulární elektrický terminál s 2 analogovými vstupy pro napětí a proud. Analogové vstupy slouží ke snímání analogových signálů dle norem, např. snímačů tlaku, teploty, průtoku atd. Analogový modul může měřit v rozmezích:

- 0 ... 10 V
- 0 ... 20mA
- 4... 20mA

Měřená rozmezí se dají konfigurovat jak hardwarově pomocí přepínačů dill, tak softwarově v programu STEP7, v případě softwarové konfigurace musí být na vypínačích dill daného kanálu nastaveno OFF. [11]

Hodnoty z analogového modulu mají velikost 2 byty, tedy 1 word.

Kryt CPX-AB-8KL-4POL s připojeným digitálním modulem CPX-8DE-8DA			
kanál 0		kanál 1	
X1.0	24 VSEN	X5.0	Output x+4
X1.1	0 VSEN	X5.1	0 VOUT
X1.2	Input x	X5.2	Output x
X1.3	FE	X5.3	FE
X2.0	Input x+4	X6.0	Output x+5
X2.1	Input x+5	X6.1	0 VOUT
X2.2	Input x+1	X6.2	Output x+1
X2.3	FE	X6.3	FE
X3.0	24 VSEN	X7.0	Output x+6
X3.1	0 VSEN	X7.1	0 VOUT
X3.2	Input x+2	X7.2	Output x+2
X3.3	FE	X7.3	FE
X4.0	Input x+6	X8.0	Output x+7
X4.1	Input x+7	X8.1	0 VOUT
X4.2	Input x+3	X8.2	Output x+3
X4.3	FE	X8.3	FE

Obrázek 7, adresování digitálního modulu FESTA

V.vall- ventil uzavírající přívod vody do modelu, V.v2- ventil, pouští vodu do Sipartu

3.3.2.2 Terminál MPA [12]

Je také složen z více částí jako např. **pneumatické rozhraní**, které vytváří napěťové a komunikační rozhraní mezi terminály CPX a MPA. V pneumatickém rozhraní je také hlavní přívod tlaku, ten je odtud dále rozveden do celého terminálu. Na výběr jsou **dvě různé velikosti** připojeného pneumatického tlaku:

- Vnitřní přívod řídicího tlaku. Je dimenzován pro pneumatické tlaky o velikosti 3 až 8 bar. Řídicí tlak se v pneumatickém rozhraní získává uvnitř z napájení 1.
- Vnější přívod řídicího tlaku. Vnější přívod použijeme, pokud požadujeme tlak menší než 3 bar, nebo větší než 8 bar. V tomto případě je nutné přivést do ventilového terminálu MPA vnější řídicí tlak

Terminál MPA dále obsahuje **ploché tlumič hluku**, pro odvětrávání řídicího tlaku. **Připojovací desku**, na kterou se dají umístit ventily. V terminálu MPA je také umístěn **elektronický modul**, jehož funkcí je dekodování signálů pro ventilové rozvaděče.

Ventilové rozvaděče

Jsou vybaveny pístovým šoupátkem a patentovaným principem těsnění, umožňující velký rozsah tlaku a dlouhou životnost.

Ventilové rozvaděče se dělají ve dvou různých provedeních:

- **Monostabilní** – Je složen z jedné cívky. Po sepnutí této cívky se ventil otevře, po rozepnutí je okamžitě uzavřen díky pružině.
- **Impulsní** – Ten obsahuje dvě cívky a díky tomu může být rozvaděč otevřen i v případě, že na něj není přiváděn žádný signál. Sepnutím jedné cívky kohoutek v rozvaděči otevřeme a sepnutím druhé jej uzavřeme. Proto pokud není na žádnou z cívek přiváděn žádný signál, kohoutek zůstává v poslední poloze.

Sepnutí cívek je signalizováno rozsvícením oranžových kontrolky na jednotlivých rozvaděčích.

Pravidla adresování

Adresování probíhá zleva doprava, bez vynechání. V řazení použitým v projektu (monostabilní rozvaděč, pak impulsní rozvaděč) bude adresace:

Adresa	Rozvaděč	Funkce
X.1	Monostabilní rozvaděč	ovládání prvního ventilu
X.2		nevyužito
X.3	Impulsní rozvaděč	otevření druhého ventilu
X.4		uzavření druhého ventilu

Tabulka 6, adresace ventilových rozvaděčů

3.3.3 Sitrans FUS [4]

Ultrazvukový průtokoměr SITRANS FUS se používá pro měření průtoku elektricky vodivých i nevodivých kapalin. V tomto projektu tedy zastupuje funkci procesní instrumentace. Níže jsou uvedeny jeho základní vlastnosti, podrobnější popis je uveden v [4].

Průtokoměr se skládá z vyhodnocovací elektroniky a z měřicího úseku potrubí se zabudovanými ultrazvukovými senzory. Vyhodnocovací elektronika zajišťuje jak napájení čidla, tak vyhodnocování signálu o průtoku kapaliny. K jednoduchému ovládnutí je na průtokoměru zabudován zobrazovací panel se čtyřmi bezkontaktními tlačítky, přes která může být modifikováno více jak 70 parametrů.

Komunikace s PLC probíhá pomocí Profibusu PA. Díky cyklické výměně dat mezi PLC a tímto přístrojem může být v telegramu pomocí služby Data_Exchange přenášeno těchto **7 vstupních dat**:

- Průtok (objemový nebo hmotnostní)
- Rychlost zvuku
- Přenesené množství vpřed i vzad
- Teplota
- Amplitudu zvuku
- Přenesené množství vpřed i vzad

- Přenesené množství vzad

Jednotlivé vstupní data se skládají z 5ti bytů. Které jsou vždy rozděleny na 4 byty pro vyjádření neměřené hodnoty. Tato hodnota je reprezentována normou IEEE – 754. A pátý byt určený pro diagnostiku.

Byt č.	7(MSB)	6	5	4	3	2	1	0(LSB)
5	Kvalita		Pomocný status				Limity	

Tabulka 7, složení stavového bytu pro průtokoměr

Bit		Význam	Popis
7	6		
0	0	špatně	Měřená hodnota nemůže být použita
0	1	neznámý	Neznáme kvalitu měřené hodnoty
1	0	dobry	Měřená hodnota je ok

Tabulka 8, kvalita (stav. bity u průtokoměru)

Výstupní data tohoto průtokoměru se skládají pouze z jednoho bytu použitého pro nastavení počítadla u objemového průtoku. Z něj se však používají jen dva nejnižší bity a ostatní by měli být nastaveny na hodnotu 0. Jejich význam je popsán v tabulce: Tabulka 9.

Bit		Význam	Popis
1	0		
0	0	zrušit	Počítadlo běží
0	1	resetovat	Počítadlo je zastaveno a resetováno na 0
1	0	nastavit	Počítadlo je zastaveno a resetováno na nastavenou hodnotu (PRESENT_TOT parameter)

Tabulka 9, složení vstupního bytu na nastavení počítadla

3.3.4 Sitrans P [5]

Jedná se o jednoduchý tlakoměr od firmy Siemens. Komunikace s PLC i napájení je umožněno pomocí rozhraní Profibus PA. Přes něj dochází k cyklické výměně dat posílaných tlakoměrem pro PLC. A to:

- Aktuální tlak
- Celkový tlak

Měření celkového tlaku se dá nastavovat pomocí dvou bytového vstupu, viz. Tabulka 10.

Název	Byte	Hodnota	Popis
Reset counter output	0	0	Normální stav, čítač běží
		1	Zastavení čítání a reset hodnoty na 0
		2	Zastavení čítání a reset hodnoty na přednastavenou hodnotu
Operating mode	1	0	Obyčejný čítač, čítá směrem před i vzad
		1	Čítá vpřed
		2	Čítá vzad
		3	Zastavení čítání

Tabulka 10, vstupních dat tlakoměru

Podrobnější informace jsou v [5].


3.3.5 Sipart PS 2 [6]

SIPART PS 2 je elektromagnetický polohovací regulátor pro lineární a rotační akční člen. V projektu tedy zastupuje úroveň procesní instrumentace. Podrobné informace o tomto přístroji jsou v [6].

Základní popis



Pozicionér působí prostřednictvím tyčového jezdce, po dráze 2cm, na lineárně uzavíratelný mechanismus ventilu.

Výhodou pozicionéru je jeho mikroprocesor, který při inicializaci určí nulu a maximální hodnotu výchylky, rychlost a směr pohybu ventilu. Díky těmto hodnotám určí minimální dobu trvání pulsu, čímž optimalizuje řešení.

Součástí pozicionéru je také display a tři tlačítka. Pomocí nich můžeme s pozicionérem pracovat ve třech režimech, které můžeme postupně aktivovat pomocí tlačítka MODE .

Dostupné režimy:

- **Konfigurační** – do něj se dostaneme stlačením tlačítka MODE po dobu 5s.

Zde můžeme tlačítka PLUS  a MINUS  měnit parametry pozicionéru. Tabulka s nastavením parametrů přístroje v této práci je uvedena v příloze.

- **Manuální** – pomocí tlačítek PLUS a MÍNUS se dá měnit pozice otevření ventilu.
- **Automatický** – zde jsou tlačítka PLUS a MÍNUS zablokovány a my můžeme pouze sledovat zobrazovanou hodnotu otevření ventilu na displeji

Komunikace mezi tímto přístrojem a PLC probíhá pomocí Profibusu PA, přes který je také napájen.

SIPART PS 2 nabízí k cyklické výměně kombinaci těchto **vstupních a výstupních dat**:

- **SP** – žádaná vstupní hodnota požadované polohy
- **Readback** - výstupní hodnota aktuální polohy
- **POS_D** – diskrétní hodnota polohy
- **Checkback** – stavové informace
- **RCAS_IN** – kaskádní vstup (není použito v projektu)
- **RCAS_OUT** – kaskádní výstup (není použito v projektu)

3.3.5.1 SP (Setpoint)

Je to 5bytová vstupní hodnota, určující procentuální požadavek na otevření ventilu. Je rozdělena na 4bytové číslo typu float (požadavek) a pátý byt určený pro diagnostiku, proto **aby posílaná hodnota požadavku byla přijata, musí být diagnostický byt nastaven na hodnotu 80hex – vše v pořádku.**

3.3.5.2 POS_D

Tato proměnná informuje pomocí jednoho bytu o poloze ventilu. Může nabývat pouze 4 různých hodnot:

- 0 – pozice nezjištěna
- 1 – ventil uzavřen
- 2 – ventil otevřen

- 3 – ventil je v mezipoloze

K hodnotě je ještě přiřazen stavový byte. Ten informuje o kvalitě této informace.

3.3.5.3 Checkback

Checkback je 3bytová vstupní proměnná, která nás podle různých bitů v logické 1 informuje o stavu Sipartu. Význam jednotlivých bitů je v tabulce: Tabulka 11.

Byte	Bit	Význam pro "1"
0	0	Zařízení ve špatné poloze
	1	Požadavek pro lokální operaci
	2	Zařízení pracuje lokálně
	3	Nouzový provoz aktivní
	4	Odchylka ze směru pohybu
	5	Zastavení (ventil plně otevřen)
	6	Zastavení (ventil plně uzavřen)
	7	Časový limit
1	0	Ventil otevřen
	1	Ventil uzavřen
	2	Změna parametrů
	3	Simulace provozu
	4	Chyba
	5	Chyba v řízení
	6	Řízení není aktivní
	7	Self-test aktivní
2	0	Int. konst. překročena
	1	Další vstup aktivní
	2	nespecifikováno
	3	nespecifikováno
	4	nespecifikováno
	5	nespecifikováno
	6	nespecifikováno
	7	nespecifikováno

Tabulka 11, checkback informace

3.3.5.4 Stavový byte

Jak již bylo zmíněno některým výše popsaným vstupním a výstupním datům je přiřazen stavový byt informující o kvalitě přijatých, nebo poslaných dat. Nejdůležitějšími bity jsou 7 a 6, ty informují přímo o kvalitě. Kvalita je určena pomocí hodnoty těchto bitů a to:

- 0 – špatná
- 1 – neznámá
- 2 – dobrá
- 3 – dobrá (při kaskádním zapojení)

Bits 2,3,4 a 5 přenáší podrobnější informace o stavu a poslední dva bity (0,1) jsou určeny k signalizaci limitních stavů. Přesné informace o jednotlivých stavech jsou v [6].

3.3.6 Operátorský panel (HMI)

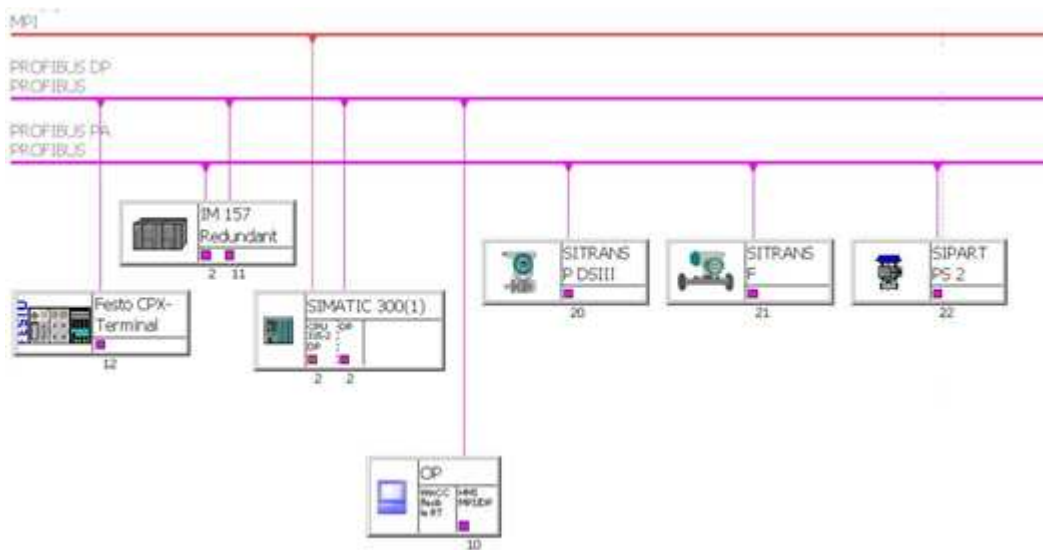
Operátorský panel zastupuje v našem distribuovaném řídicím systému operátorskou úroveň. Pomocí něj můžeme, z pozice operátora, proces sledovat nebo do něj přímo vstupovat.

Programová vizualizace do panelu se vytváří v prostředí softwaru WinCC. Ve kterém je možno nastavit nejen vzhled jednotlivých obrazovek, funkci tlačítek panelu, ale také zobrazování alarmů a chybových hlášení, to napomáhá větší kvalitě a bezpečnosti provozu.

V panelu je integrovaná řada rozhraní jako například Ethernet, Profibus, USB, RS232 nebo LPT. V tomto projektu jsou využívány rozhraní Profibus, určené pro výměnu dat mezi HMI a PLC a sériová linka RS232, která slouží pro nahrávání projektu vytvořeného v PC.

3.3.7 Celková konfigurace

Celkovou konfiguraci si můžeme prohlédnout v podprogramu „Stepu“ s názvem NetPro, kde je konfigurace zobrazena graficky a my jí ještě můžeme pozměnit přesně podle našich požadavků.



Obrázek 8, konfigurace modelu v sekci NetPro

3.4 Software

Ke konfiguraci všech zařízení a následnému vytvoření programu byly pro tento projekt použity dva programy od firmy Siemens:

1. **STEP 7**, pomocí něj bylo nakonfigurováno PLC a všechny ostatní přístroje připojené na Profibusu. Dále zde byl vytvořen program technologického procesu.
2. **WinCC**, ve kterém byla vytvořena vizualizace pro OP.

3.4.1 Konfigurace hardwaru

3.4.1.1 Operátorský panel (OP 270)

Nejprve musíme operátorský panel připojit k projektu. To uděláme kliknutím levého tlačítka do okna přehledu projektu a v nabídce zvolíme přidání SIMATIC HMI STATION. Poté v menu „HW config“ v konfiguraci operátorského panelu nastavíme typ jeho komunikace. Ta je provedena přes Profibus DP, adresu má nastavenou na hodnotu **10**. Správné nastavení komunikace můžeme zkontrolovat i v programu WinCC v záložce „Communications“.

3.4.1.2 Instalace GSD souboru

Abychom v hardwarovém katalogu programu STEP7 měli všechny použité zařízení je potřeba napřed do tohoto programu zavést dané GSD soubory, které definují vlastnosti těchto zařízení. GSD soubory, které potřebujeme, jsou ke stažení na stránkách www.automation.siemens.com. Pro ventilový ostrov se také dají na stránkách www.festo.cz stáhnout soubory s koncovkou dip, ty slouží ke zlepšení grafického přehledu v konfiguračním zapojení, neboť ventilový ostrov bude znázorněn pomocí oken signalizujících stav ventilového bloku.

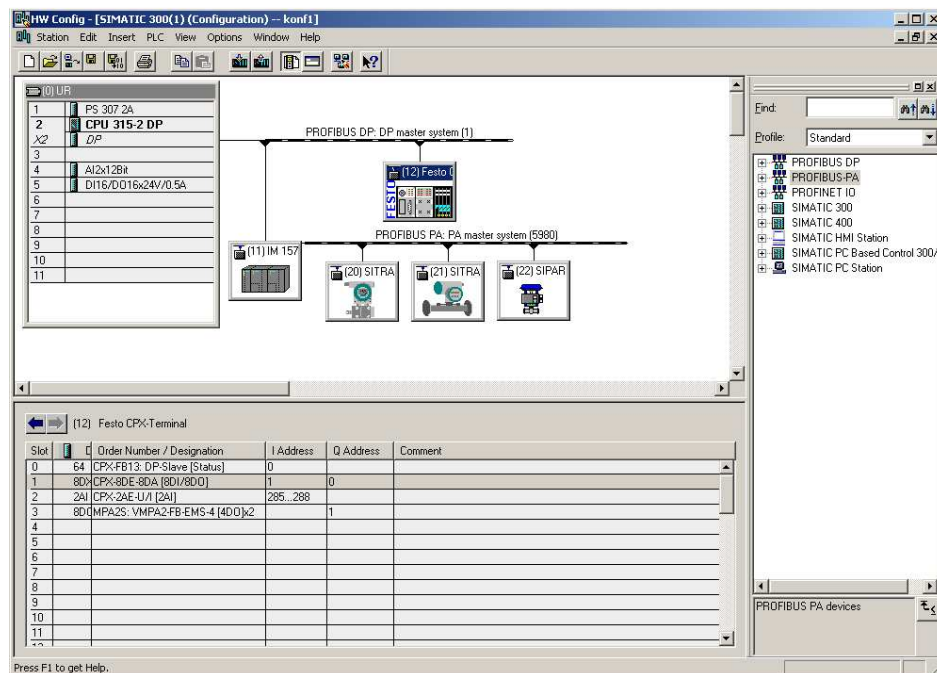
GSD soubor do projektu načteme v okně HW config pomocí menu OPTIONS/INSTALL NEW GSD, kde si najdeme daný soubor a ten otevřeme pro instalaci.

3.4.1.3 Ventilový ostrov

Po nainstalování GSD souboru najdeme terminál v hardwarovém katalogu pod cestou PROFIBUS–DP\Additional Field devices\Valves. Zde nalezneme FESTO CPX-TERMINAL a ten přetáhneme na Profibus DP. Poté ho rozklikneme a v nabídce PROPERTIES nastavíme adresu, která se dá nastavit ručně přímo na ostrovu. V tomto případě je nastavena na adresu **12**. Poté musíme připojit moduly, které obsahuje fyzická konfigurace ventilového ostrova, viz. Obrázek 9. Seznam modulů je v tabulce: Tabulka 12.

	V.Č./Popis
64	CPX-FB13: DP Slave (Status)
8DX	CPX- 8DE-8DA (8DI/8DO)
2AI	CPX-2AE-U/I [2AI]
8DO	MPA2S: VMPA2-FB-EMS-4 [4DO]x2

Tabulka 12, použité moduly v DŘSF



Obrázek 9, nastavení ventilového ostrovu v HW Config

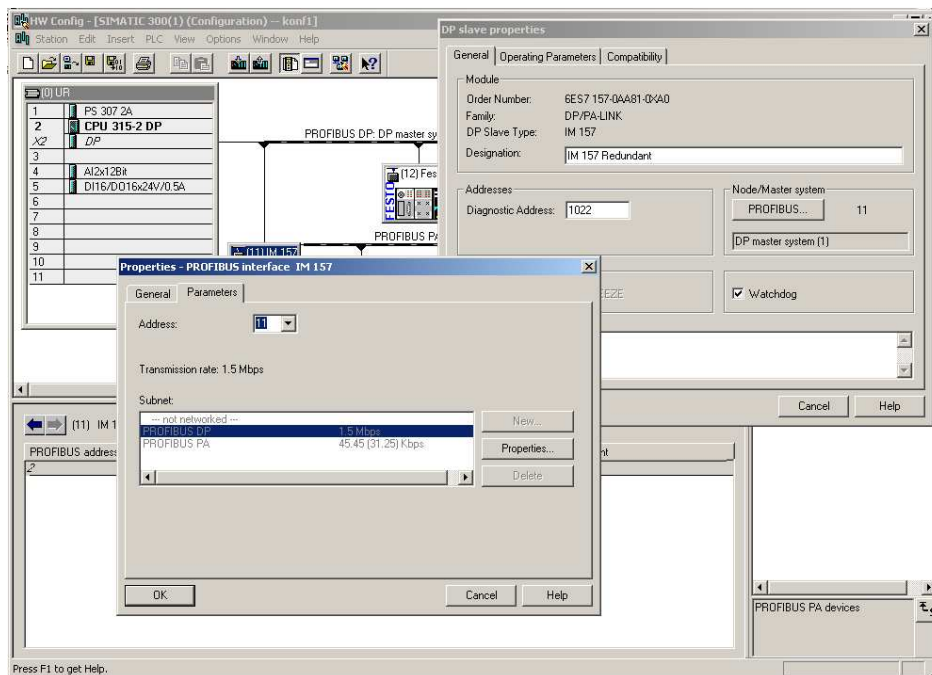
Parametrizace

Některé moduly je potřeba parametrizovat. Parametrizace se provádí dvojklikem na daný modul, poté vyvoláme okno PROPERTIES, kde můžeme v záložce Parameter Assignment parametrizovat různé vlastnosti daného modulu.

3.4.1.4 IM 157

Protože, v CPU je rozhraní pouze pro Profibus DP a v projektu je také potřeba Profibus PA, je potřeba zapojit na Profibus DP zařízení IM 157 (DP/PA link + DP/PA coupler). To nám vytvoří Profibus PA vhodný pro připojení průtokoměru, tlakoměru a regulačního ventilu.

V hardwarovém katalogu najdeme IM 157 (v.č. 6ES7 157-0AA81-0XA0) a přetáhneme ho na Profibus DP. Poté ho rozklikneme a v zobrazeném okně klikneme na Profibus, kde musíme nastavit jeho adresu, která se nastavuje přímo na přístroji. My ji máme nastavenou na hodnotu 11. Dále pokud se nevytvořil, tak musíme vytvořit Profibus PA, který bude z přístroje vycházet. Okna s nastavením jsou na obrázku: Obrázek 10.



Obrázek 10, nastavení IM157 v HW Config

3.4.1.5 Elektromagnetický reg. ventil (Sipart PS 2)

Z hardwarové konfigurace jej přetáhneme na Profibus PA. Jeho adresa na Profibusu je nastavena na hodnotu 22. Poté v konfigurační tabulce tohoto ventilu musíme určit požadované složení dat cycklické výměny s PLC. V tomto projektu jsou k výměně určeny: **READBACK, CHECKBACK, POS_D, SP**.

3.4.1.6 Ultrazvukový průtokoměr (Sitrans F)

Ultrazvukový průtokoměr najdeme v hardwarové konfiguraci, poté jej přetáhneme na Profibus PA a nastavíme adresu na 21.

Dále musíme nastavit, jaké hodnoty budeme chtít přenášet do PLC. Nastavení se provede přenesením požadovaných veličin z HW katalogu do konfigurační tabulky průtokoměru. Na prázdné sloty musíme přenést FREE PLACE. Konfigurace byla provedena viz. Tabulka 13.

U průtokoměru musí být měřené veličiny zavedeny do konf. tabulky v tomto pořadí:

1. Objemový nebo hmotnostní průtok [l/min, kg/s]
2. Rychlost zvuku v kapalině [m/s]
3. Objem nebo hmotnost [l, kg]
4. Teplota [°C]
5. Amplituda ultrazvuku
6. Objem nebo hmotnost vpřed [l, kg]

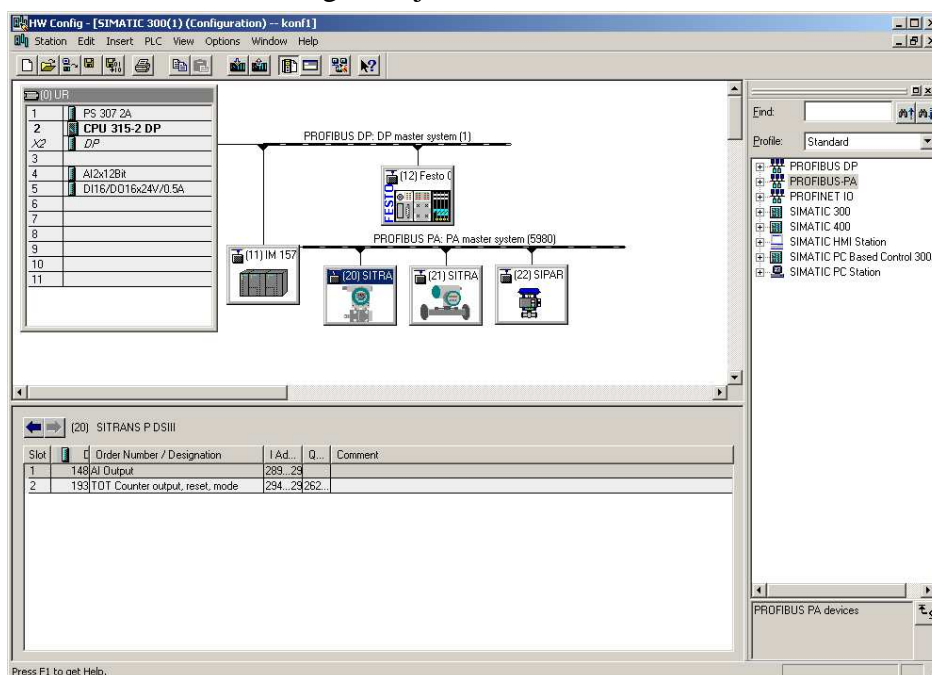
7. Objem nebo hmotnost vzad [l, kg]

Slot	Prvek
0	Flow(short)
1	Free Place
2	Resettable quant forw. (long)
3	Temperature(short)
4	Free Place
5	Free Place
6	Free Place

Tabulka 13, konfigurace průtokoměru SITRANS F

3.4.1.7 Tlakoměr (Sitrans P)

Po nainstalování GSD souboru pro tlakoměr SITRANS P ho můžeme najít v hardwarové konfiguraci. Odtud ho přetáhneme na Profibus PA. A poté nastavíme jeho adresu na hodnotu **20**. Konfigurace je zobrazena na obrázku: Obrázek 11



Obrázek 11, konfigurace zařízení Sitrans P

3.4.1.8 Adresy všech vstupů a výstupů

	Přístroj	Modul	IN	OUT	
MPI	SIMATIC 300	Analogový I/O	256-259	-	
		Digitální I/O	4-5	4-5	
DP	DŘSF	FB13 diagnostika	0	-	
		Digitální I/O		1	0
			V.ALL	-	0.0
			V.2	-	0.1
		Analogový I/O		285-288	-
			Teplota	285-286	-
			Hladina	287-288	-
		Ventily		-	1
Reg. ventil	-		1.2/1.3		
PA	SITRANS P	AI output	289-293	-	
		Tot Couter Output, reset...	294-298	262-263	
	SITRANS F	Průtok	270-274	-	
		Objem, hmotnost	275-279	261	
		Teplota	280-284	-	
	SIPART PS2	Otevření ,požadavek	-	256-260	
		Otevření, doopravdy	260-264	-	
		Checkback	265-267	-	
Pozice diskretně		267-269	-		

Tabulka 14, adresace všech vstupů a výstupů

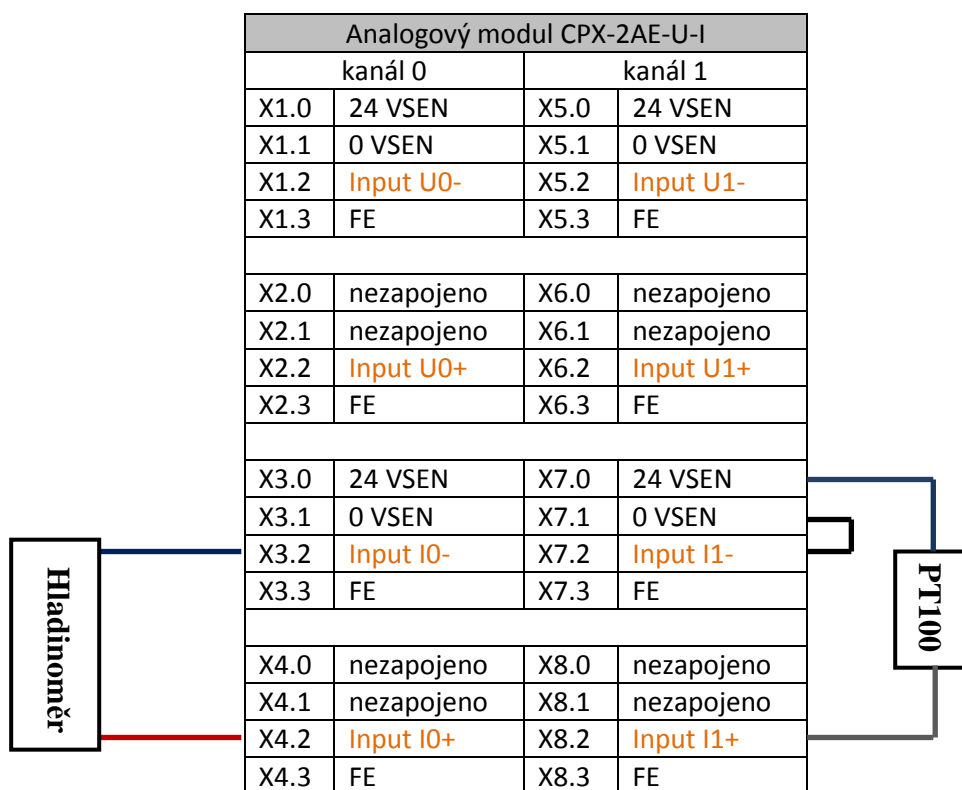
3.4.2 Zpracování dat

3.4.2.1 Z analogového modulu ventilového ostrovu

Přístroje komunikující přes proudovou smyčku 4-20mA jsou připojeny na analogový modul ventilového ostrovu. Tento analogový modul má stejně jako analogový modul u PLC rozlišovací schopnost 12bitů. Avšak nastávají zde dva problémy a to:

- Hodnoty z modulu ventilového ostrovu jsou uloženy v little endian architektuře zatímco Simatic pracuje s architekturou big endian. Proto je potřeba ve slově dat získaných z ventilového ostrovu prohodit jednotlivé byty.
- Další problém je způsoben rozdílným vyjádřením hodnoty z proudové smyčky 4-20 mA, kdy maximální hodnota u Simaticu je 27 648 dec (0110 1100 0000 0000 bin), zbytek bytů je totiž určen pro diagnostiku, kterou analogový modul ventilové ostrovu nedisponuje a využívá tedy celý rozsah což je (32 767 dec (0111 1111 1111 1111 bin)

Sběr a standardizace dat z proudové smyčky je prováděn pro hodnoty z hladinoměru a teploměru a je řešen ve funkčním bloku **FC5**.



Tabulka 15, zapojení hladinoměru a teploměru na analog. modul

3.4.2.2 Příklad zpracování vstupní hodnoty z hladinoměru:

```

L PIW 285 //načtení slova dat z adresy vstupu
T MW 50 //prohození 1. a 2. bytu ve slovu

L MB 50
T MB 53
L MB 51
T MB 52

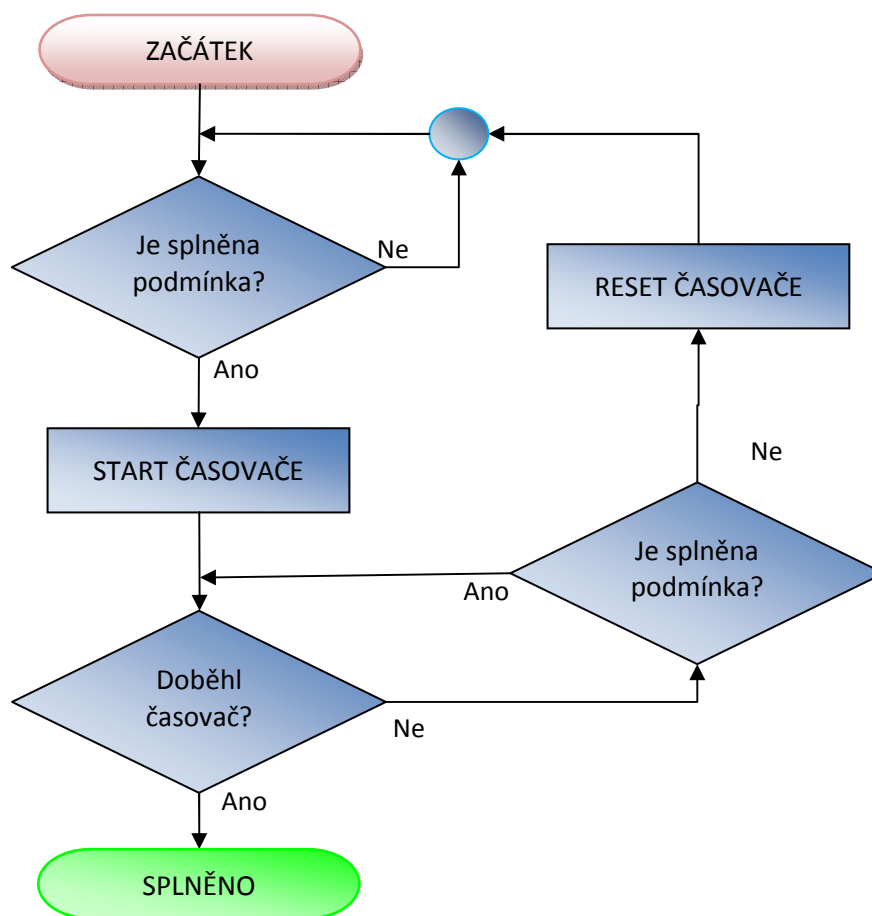
L MW 52
ITD //převod čísla z 16bit INT na 32bit DINT
DTR //převod čísla z 32bit INT na 32bit REAL
L 4.650000e+001
/R
T "hladinomer" //uložení standardizovaného čísla

```

Kontrola stálosti dat z analogového modulu

Analogové hodnoty získané z proudové smyčky používáme vždy pro porovnávání s požadovanými hodnotami výšky hladiny respektive teploty. A aby byla zaručená správnost porovnání – může nastat chyba při měření, požadujeme, aby daná velikost

požadované hodnoty byla splněna minimálně po dobu 2 sekund. Na obrázku: Obrázek 12, je stavový diagram, který znázorňuje princip tohoto procesu.



Obrázek 12, vývojový diagram kontroly analogové hodnoty

3.4.2.3 Z Profibusu PA

Dle specifikace Profibusu PA probíhá mezi PLC a všemi zařízeními připojenými na Profibusu PA cyklická výměna dat. Ty se většinou skládají z více bytů, které musí být posílány nebo přijímány současně. K tomu se používají speciální systémové funkce SFC14 a SFC15 pro příjem dat z přístroje respektive posílání dat do přístroje. [6]

Komunikace přes Profibus je obsluhována ve funkčním bloku **FC4**. A to s přístroji Sitrans P, Sipart PS2 a Sitrans FUS.

SFC 14 - DPRD_DAT

Příklad

```

CALL "DPRD_DAT"
LADDR :=W#16#10E
RET_VAL:=MW102
  
```

RECORD :=P#M 104.0 BYTE 5

Popis

CALL - Volání funkce SFC 14.

LADDR - Hexadecimální nastavení vstupní adresy ze které budeme data číst.

RET_VAL - Dočasná proměna v datovém typu Integer.

RECORD - Nastavení počáteční adresy markeru v paměti S7-300. Další číslo nám říká, kolik vstupních adres se od zadané vstupní adresy zapíše do paměti S7-300

SFC 15 - DPWR_DAT

Příklad

CALL "DPWR_DAT"

LADDR :=W#16#100

RECORD :=P#M 190.0 BYTE 5

RET_VAL:=MW198

Popis

CALL - Volání funkce SFC 15.

LADDR - Hexadecimální nastavení výstupní adresy do které budeme zapisovat data.

RECORD - Nastavení počáteční adresy markeru v paměti S7-300. Další číslo nám říká kolik adres v paměti S7-300 se zapíše do zadané vstupní adresy. Tyto parametry zadáváme decimálně.

RET_VAL - Dočasná proměna v datovém typu Integer.

3.4.3 Program

3.4.3.1 Stručný popis a rozdělení

Funkce FC 1,3,4,5 jsou volány z organizačního bloku OB1. Tím je zajištěno cyklické volání těchto funkcí. Funkce FC2 je volána z bloku OB35 díky tomu je volán přesně po 100ms.

Všechny zdrojové kódy jsou v příloze: Příloha 2.

FC1

Tento blok je psán v jazyce LAD. Jeho úkol je propojení výstupních proměnných s proměnnými z datového bloku k tomu určených. Dále jsou zde ošetřeny kritické stavy (současné otevření automatického a manuálního režimu, neoprávněné otevření ventilu,...).

FC2

Jak již bylo zmíněno funkce FC2 je volána z OB35 a provádí se tedy každých 100ms. Z tohoto bloku je volána tzv. systémová funkce SFC41, ve které je implementován PID regulátor.

FC3

Funkce psaná jazykem LAD. Je zde vyřešen průběh automatického režimu. Jeho činnost je popsána stavovým diagramem: Obrázek 13.

FC4

Tento blok je psán jazykem STL. A jak již bylo řečeno výše, je v něm realizován příjem a posílání dat přístrojům připojených na Profibusu PA.

FC5

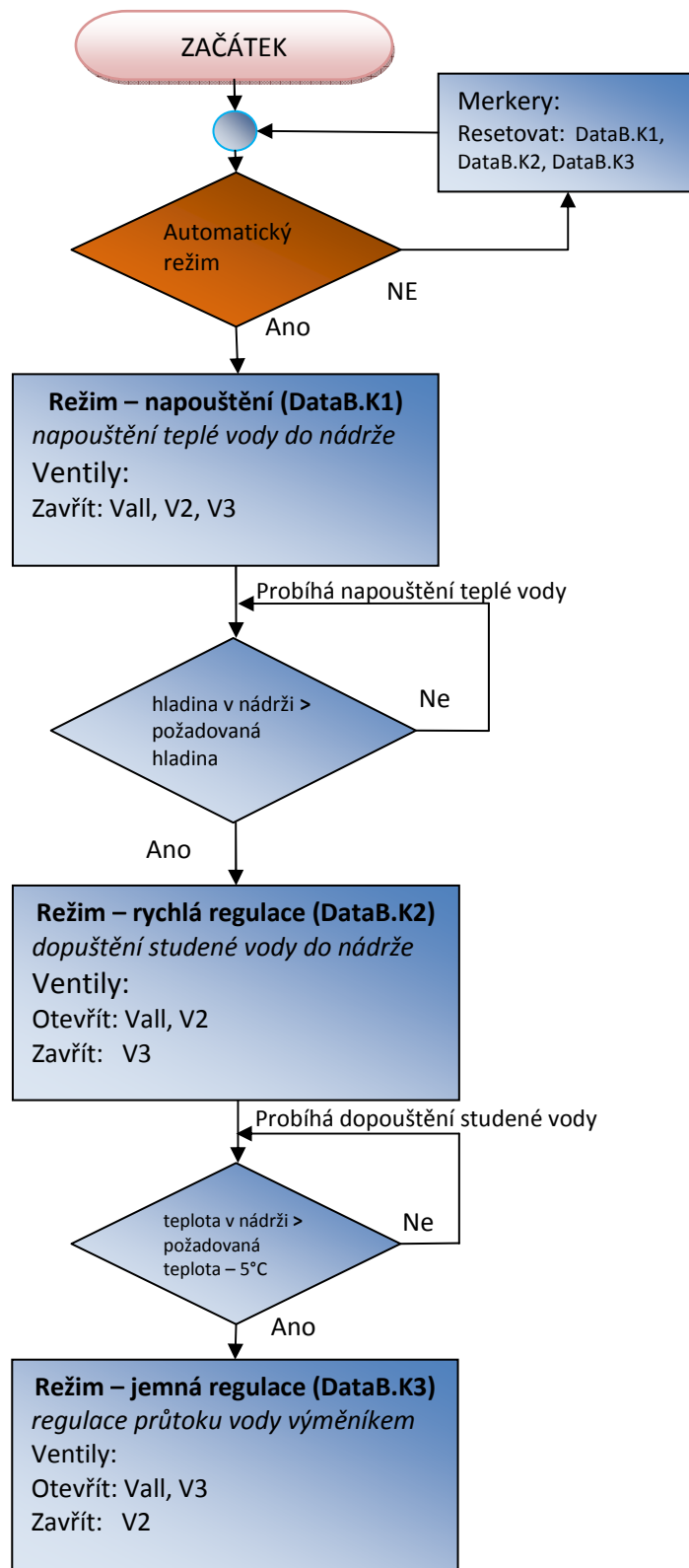
Stejně jako funkce FC4 je napsán v jazyce STL a řeší příjem a standardizaci dat z analogového modulu ventilového ostrova.

DB10

V tomto datovém bloku jsou proměnné určené k výměně s operátorským panelem.

DB11

Zde jsou proměnné potřebné k parametrizaci PID regulátoru.



Obrázek 13, vývojový diagram automatického režimu

3.4.4 Vizualizace a ovládání

3.4.4.1 Tagy

Tagy jsou proměnné, se kterými pracuje OP. Existují dva druhy proměnných. Prvním druhem jsou tagy určené pro komunikaci s PLC, tyto proměnné odkazují přímo na proměnné z datového bloku ve Simaticu. Pro tyto tagy můžeme určit periodu, se kterou jsou aktualizovány. Dalším druhem jsou data používaná interně přímo ve WinCC.

Pro všechny tagy můžeme nastavit jejich archivaci.

K výměně dat mezi operátorským panelem a PLC jsou určeny proměnné v datových blocích **DB10** a **DB11**.

3.4.4.2 Alarmy

Alarmy slouží k zobrazování kritických nebo nebezpečných stavů při vykonávání daného procesu. Ve WinCC jsou dva druhy alarmů: diskrétní a analogové. Diskrétní alarmy se aktivují při aktivaci daného bitu. Analogové hodnoty se aktivují v případě, že je porovnávána proměnná větší („On rising edge“) nebo menší („On falling edge“), než nastavená kritická hodnota. V nastavení můžeme povolit jejich archivaci, která nám pomůže při zpětném sledování běhu procedury. K alarmu můžeme přidat infotext, který lze po aktivaci alarmu zobrazit pomocí tlačítka „Help“.

Pokud není alarm nebezpečný pro vykonávání procesu, můžeme jej kvitovat stisknutím tlačítka „Ack“ a pokračovat dále ve vykonávání procesu.

Název	Druh	Popis
Vysoká hladina - A	error	Nastává při zjištění hladiny v nádrži vyšší než 70cm. Kontrola, aby nepřetekla nádrž.
Chybná data z tlakoměru - A	warning	Nastává, pokud diagnostický byte přijatých dat z tlakoměru signalizuje špatný nebo neznámý stav
Chybná data z průtokoměru - A	warning	Nastává, pokud diagnostický byte přijatých dat z průtokoměru signalizuje špatný nebo neznámý stav
Chybná data z reg. ventilu - A	warning	Nastává, pokud diagnostický byte přijatých dat z reg. ventilu signalizuje špatný nebo neznámý stav
Chladicí kapalina - A	warning	Nastává, pokud chladicí kapalina má vyšší teplotu než je teplota, na kterou regulujeme teplotu v nádrži
Nepředpokládané zvýšení hladiny - D	warning	Aktivuje se, pokud dojde ke zvýšení hladiny nádrže o více než 5cm během regulace teploty nádrže přes výměník

Tabulka 16, přehled nastavených alarmů.

Za názvem alarmu je označení druhu A - analogové, D - diskrétní

3.4.4.3 Ovládání

Ovládání je umožněno pomocí tlačítek umístěných na OP. Pro nás jsou důležité především funkční klávesy (klávesy F1-F14 a K1-K10). U kterých můžeme nastavit jejich funkci při stisku. V tomto projektu jsou při stisku tlačítka vykonávány funkce:

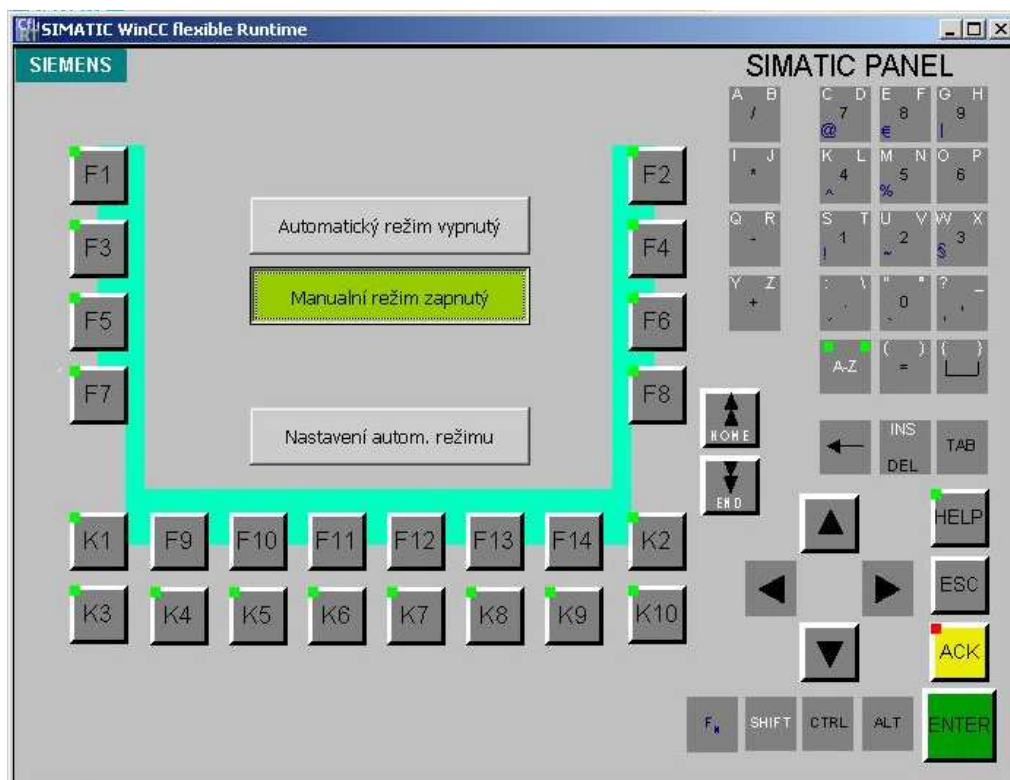
- „activatescreen“ – zobrazí vybranou obrazovku
- „reset bit (in tag)“ – resetuje určený tag (in tag – resetuje určený bit v tagu)
- „set bit (in tag)“ - nasetuje určený tag (in tag – nasetuje určený bit v tagu)

Pro funkční tlačítka F1-F14 můžeme nastavit rozsah jejich působnosti. Ten může být lokální nebo globální. Lokální nastavení značí, že funkce daného tlačítka platí pouze na obrazovce, na které je definovaná. Zatímco globální nastavení, které se provádí v okně „template“, platí na všech obrazovkách. Pro tlačítka K1-K10 je povoleno pouze globální použití.

Přehled globálních funkcí v projektu je v tabulce: Tabulka 17.

Tlačítko	Zobrazení obrazovky	Další funkce, podrobnosti...
K1	Manuální režim	Obrazovka se zobrazí pouze, pokud je aktivní manuální režim (tag „MANUAL“)
K2	Základní obrazovka	----
K3	Automatický režim	----
K4	Diagnostika přístrojů	----
K5	Grafy	----
K6	Model systému	----
K7	Obrazovka alarmů	----
K10	----	Uzavře ventil přívodu vody do systému a ukončí prováděný režim, pokud je nějaký spuštěn
F14	Zpět o jednu obrazovku	----

Tabulka 17, globální funkce tlačítek na OP



Obrázek 14, vzhled OP s otevřenou základní obrazovkou

3.4.4.4 Vizualizace

Základní obrazovka

Základní obrazovka již byla uvedena na Obrázek 14. Na této obrazovce jsou dva přepínače, kterými se dá zapnout, nebo vypnout vybraný režim:

- Automatický režim vypnutý (zapnutý) - setování/resetování tagu „AUTOMAT“
- Manuální režim vypnutý (zapnutý) - setování/resetování tagu „MANUAL“

a tlačítko:

- Nastavení autom. režimu – po stisku se zobrazí okno „Nastavení“

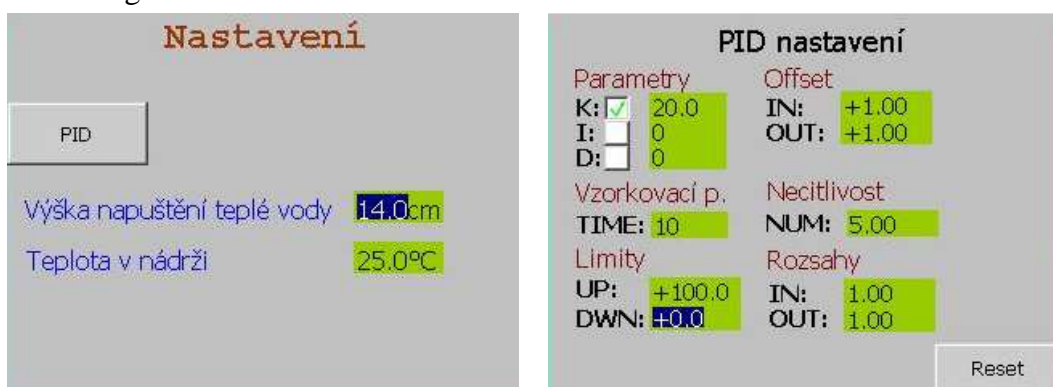
Nastavení + PID

V okně „Nastavení“ můžeme nastavit hodnoty pro výšku napuštění teplé vody do nádrže a požadovanou teplotu kapaliny v nádrži.

Z této obrazovky také můžeme stiskem tlačítka „PID“ vyvolat okno s názvem „PID“. V něm je možné nastavit různé parametry regulátoru potřebného pro 3. cyklus automatického režimu. **Nastavení parametrů je rozděleno do šesti částí:**

- **Parametry** – dá se povolit proporcionální složka a nastavit její zesílení (**P**), integrační složka a její časová konstanta [ms] (**I**) a derivační složka s její časovou konstantou (**D**)

- **Vzorkovací p.** – Tímto parametrem nastavíme pravidelné volání bloku PID regulátoru v určitém časovém intervalu (čas vzorkování). Čas volání musí být kvůli integrační a derivační složce konstantní.
- **Limity** – Zde se nastavuje maximální - **UP** a minimální - **DWN** hodnota akčního zásahu z regulátoru. Ta je přednastavena na 0-100 a je asi zbytečné jí měnit, protože to je to přesný rozsah hodnot, s nimiž pracuje regulační ventil.
- **Offset** – Těmito parametry můžeme přednastavit hodnoty, které budou přičteny k vstupní hodnotě do regulátoru – IN, nebo akčního zásahu z regulátoru – OUT.
- **Necitlivost** – Necitlivostí se dá nastavit rozmezí hodnot od hodnoty žádané. Tzn., že pokud se dosáhne hranic tohoto rozmezí, regulační děj bude splněn a akční zásah bude roven nule.
- **Rozsahy** – určuje řádový rozsah na vstupu (IN), respektive výstupu (OUT) regulátoru.



Obrázek 15, obrazovky pro nastavení automatického režimu

Manual

Okno s názvem „manual“ je vytvořeno pro možnost ovládání modelu v manuálním režimu. Jsou zde přepínače pro otvírání a zavírání ventilu a vstupní pole, do kterého se zadává procentuální požadavek otevření reg. ventilu. To je zbarveno zeleně, pokud je regulační ventil pod tlakem a tudíž může správně pracovat a červeně v případě, že je bez tlaku. Pod tímto polem je výstupní pole určené k signalizaci aktuálního otevření ventilu.



Obrázek 16, obrazovka manuálního režimu

Automat

Tato obrazovka je vytvořena pro snadnou kontrolu průběhu automatického režimu. Jsou zde prvky pro sledování teploty v nádrži, výšky hladiny, kroku technologického postupu, otevření reg. ventilu a množství proteklé vody během cyklu. Také je zde pole pro zobrazování alarmů, o kterých můžeme po výběru zjistit bližší informace tlačítkem „Help“, nebo je kvitovat pomocí tlačítka „ACK“. Signálka v horním pravém rohu oznamuje stav aktivace automatického režimu: zelená – aktivní, červená – neaktivní.



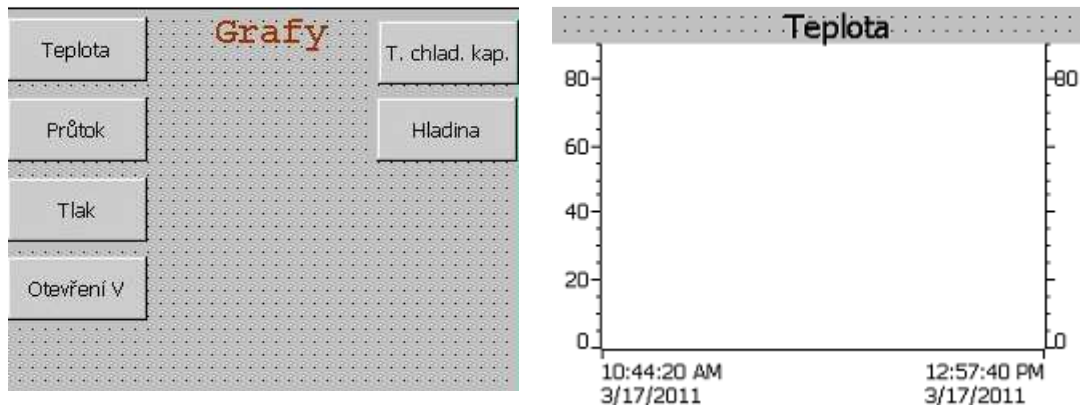
Obrázek 17, obrazovka automatického režimu

Grafy

Z okna s názvem „Grafy“ můžeme zobrazit pomocí šesti tlačítek grafy měřených veličin v modelu, grafy zobrazují hodnoty změřené za posledních 800 vteřin.

Grafy k zobrazení:

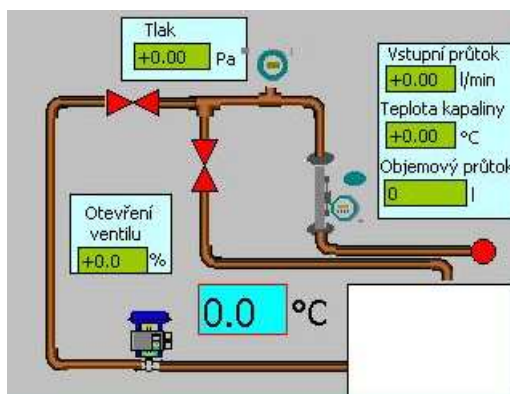
- **Teplota** – teplota kapaliny v nádrži
- **Průtok** – průtok měřený Sitransem F
- **Tlak** – tlak zjištěný Sitransem P
- **Otevření v.** – graf procentuálního otevření regulačního ventilu
- **T. chlad kap.** – teplota chladicí kapaliny. Měřená v průtokoměru.
- **Hladina** – výška napuštění vody v nádrži



Obrázek 18, obrazovka grafů naměřených veličin

Model

Slouží k přehlednému zjištění všech stavů a parametrů modelu. Na obrazovce můžeme vidět jak stav všech ventilů, tak hodnoty všech veličin se kterými model pracuje. Hladina v nádrži je vyjádřena vybarvováním, na začátku bíle nádrže, na modro do výšky hladiny.



Obrázek 19, obrazovka modelu systému

Diagnostika

Přímo na této obrazovce můžeme vidět všechny naměřené hodnoty. Navíc se z ní můžeme pomocí tří tlačítek dostat na obrazovky jednotlivých přístrojů, na kterých vidíme jak naměřené hodnoty z jednotlivých zařízení, tak diagnostiku všech těchto hodnot. Diagnostika je zobrazena jak ve formě čísla v binární soustavě, tak pomocí text listu, který vybere po identifikaci diagnostického bytu odpovídající hlášku.

The image shows two diagnostic screens. The left screen has buttons for 'Průtokměř', 'Tlakoměr', and 'Reg. ventil'. The right screen shows detailed diagnostic data for a 'Průtokoměr' (flow meter).

Průtokoměr	
Průtok	0.0 l/min
Teplota	0.0 °C
Objem	0 l

Reg. ventil	
Otevření	0.0 %

Tlakoměr	
Tlak	0.0 Pa

Teploměr	
Teplota	0.0 °C

Hladinoměr	
Hladina	0.0 cm

Průtokoměr	
Průtok	
Hodnota	000.000
Zpracovaný stav	Bad / configuration error
Nezpracovaný stav	00000000
Teplota	
Hodnota	000.000
Zpracovaný stav	Bad / configuration error
Nezpracovaný stav	00000000
Objemový průtok	
Hodnota	0000000
Zpracovaný stav	Bad / configuration error
Nezpracovaný stav	00000000

Obrázek 20, obrazovka s diagnostikou všech přístrojů

Alarmy

Na této obrazovce můžeme zpětně sledovat všechny alarmy aktivované během chodu systému.

4 Závěr

Cílem této práce bylo sestavit distribuovaný řídicí systém pro regulaci teploty v nádrži. Proces je tvořen napuštěním teplé vody do určené výšky v nádrži a poté je tato teplá voda chlazena na předem zadanou teplotu pomocí studené vody. Chlazení probíhá ve dvou krocích: rychlá regulace pomocí dopuštění studené vody do nádrže, kde se smíchá s dříve napuštěnou teplou a poté pro regulační odchylku menší než 5°C probíhá jemná regulace pomocí výměníku umístěného v nádrži. Tímto je model připraven k následnému řešení návrhu korekčních členů PID regulátoru.

K vytvoření práce bylo potřeba správně nakonfigurovat všechny potřebné přístroje, zprovoznit komunikaci po sběrnici Profibus, potřebnou k připojení PLC a decentralizovaných zařízení, a po proudové smyčce 4-20mA napojené na ventilový ostrov a přenášející informace z hladinoměru a teploměru. K softwarové stránce projektu patřilo vytvoření softwarové konfigurace všech těchto přístrojů a poté naprogramování technologického procesu, což zahrnovalo jak stvoření funkčního programu pro PLC, tak vytvoření vizualizace pro HMI stanici.

Pro řízení modelu bylo použito PLC firmy Siemens (PLC SIMATIC 300) ve spolupráci s HMI stanicí OP270 6''. V PLC bylo použito CPU typu 315-2 DP, ve kterém je zabudováno jak standardní rozhraní MPI, tak i rozhraní Profibus DP. Jelikož některé přístroje potřebují pro připojení sběrnici typu Profibus PA, bylo potřeba použít zařízení IM 157(DP/PA link + DP/PA coupler), které plní funkci rozhraní mezi Profibusy DP a PA.

Na úrovni procesní instrumentace byla použita zařízení pro snímání neelektrických veličin od firmy Siemens a to průtokoměr Sitrans F a tlakoměr Sitrans P. Protože se jedná o model s regulací proudu vody byl potřeba i akční člen, ten je zastoupen regulačním ventilem Sipart PS2, který ke své funkci potřebuje přetlakový vzduch vytvořený v kompresoru. Přetlakový vzduch je ovládán pomocí ventilového ostrova, který kromě této funkce plní funkci decentralizovaných vstupních a výstupních periférií, na jeho digitální výstupy je totiž připojeno ovládání elektrických ventilů, které řídí průtok vody do určitých větví a na vstupním analogovém modulu jsou přijímány informace o hladině a teplotě kapaliny v nádrži z hladinoměru, respektive teploměru. Ke konfiguraci všech přístrojů připojených na sběrnici Profibus bylo potřeba nainstalovat GSD soubory, určující programu STEP 7 jejich vlastnosti. Všechny GSD soubory jsou k dispozici na stránkách www.automation.siemens.co.

Při vytváření programu v programu STEP 7 pro technologický proces jsem se snažil ctít co nejvíce bodů standardizace při programování. Program je pro přehlednost rozdělen do pěti funkčních bloků. Kdy každý blok má určitou funkci, jako například příjem dat ze zařízení připojených na Profibus, nebo na analogový modul a jejich zpracování, vykonávání automatického režimu atd.. Vykonávání automatické režimu jsem řešil sekvenčně, je rozdělen do tří kroků, které odpovídají jednotlivým

technologickým krokům: napouštění teplé vody, rychlá regulace pomocí dopuštění studené vody a jemná regulace chlazeným výměníkem.

Ovládání modelu je umožněno přes operační panel. Vizualizace na něj byla vytvořena v programu WinCC. Systém může fungovat ve dvou režimech: manuálním, potřebným k ověření funkčnosti a ošetření chybových a nepředpokládaných stavů a automatickém. K ovládání byla vytvořena řada obrazovek, na které se můžeme dostat pomocí funkčních kláves na operátorském panelu. Některé lze však zobrazit pouze v určitém režimu, jako například obrazovku pro ovládání v manuálním režimu, tu můžeme zobrazit pouze po aktivování manuálního režimu na úvodní obrazovce. Tato chyba slouží k předejití chybových stavů, které by mohly nastávat při změnách stavů přístrojů během automatického režimu.

V dalším pokračování této práce by bylo možné vyřešit přívod teplé vody a tím i zautomatizovat první krok automatického režimu – napouštění teplé vody. Dále by bylo možné více využít tlakoměr, který je zatím využit pouze pro informační účely a na chod procesu nemá žádný vliv. Další možnosti pokračování je také přesná identifikace soustavy a navržení optimálních parametrů regulátoru regulujícího teplotu vody v nádrži.

Literatura

- [1] ZEZULKA, F. *Prostředky průmyslové automatizace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 161 stran.
- [2] BLÁHA, P., VAVŘÍN, P. *Řízení a regulace 1*. VUT Brno: 2005. s. 54-214.
- [3] PÁSEK, J. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007. 128 stran.
- [4] Siemens AG, *Instruction Manual SITRANS F*, 2007. C79000-B5676-C110-03.
- [5] Siemens AG, *Operating Instructions SITRANS P*, 2002. A5E00053276-03.
- [6] Siemens AG, *Manual SIPART PS2 6DR400x-xx*, C79000-G7476-C158-1.
- [7] Siemens AG, *Operating Instructions SIMATIC HMI TP 270, OP 270, MP 270B (WinCC flexible)*, 2004. 6AV6691-1DD01-0AB0.
- [8] Siemens AG, *Instruction Manual SIPAN 32 and SIPAN 32X*. A5E0 C79000--B5476--C046--020053276-03.
- [9] Siemens AG, *Instruction Manual PL-517*, 2000
- [10] Siemens AG, *Manual DP/PA Bus Coupler*, 2000. EWA 4NEB 780 6020-02 03.
- [11] Festo, s.r.o., *Terminály CPX*. 2007. 137 stran.
- [12] Festo, s.r.o., *Ventilové terminály typ 32 MPA*. 2007. 51 stran.

Obrázek 1, blokové schéma regulačních bloků FB41 a FB42.....	11
Obrázek 2, 9 pinový D-sub konektor.....	14
Obrázek 3, architektura protokolu Profibus.....	15
Obrázek 4, kontrolky modulu IM 157	16
Obrázek 5, schéma hydraulického modelu	19
Obrázek 6, distribuovaný řídicí systém FESTO	20
Obrázek 7, adresování digitálního modulu FESTA.....	22
Obrázek 8, konfigurace modelu v sekci NetPro	28
Obrázek 9, nastavení ventilového ostrovu v HW Config	30
Obrázek 10, nastavení IM157 v HW Config	31
Obrázek 11, konfigurace zařízení Sitrans P	32
Obrázek 12, vývojový diagram kontroly analogové hodnoty.....	35
Obrázek 13, vývojový diagram automatického režimu	38
Obrázek 14, vzhled OP s otevřenou základní obrazovkou	41
Obrázek 15, obrazovky pro nastavení automatického režimu	42
Obrázek 16, obrazovka manuálního režimu	42
Obrázek 17, obrazovka automatického režimu.....	43
Obrázek 18, obrazovka grafů naměřených veličin	43
Obrázek 19, obrazovka modelu systému	44
Obrázek 20, obrazovka s diagnostikou všech přístrojů	44

Seznam tabulek

Tabulka 1, přehled vstupních parametrů regulátoru z FB41	10
Tabulka 2, přehled výstupních parametrů regulátoru z FB41	11
Tabulka 3, přenosové rychlosti Profibusu DP	15
Tabulka 4, chyby pro různé kombinace svitu kontrolky	17
Tabulka 5, matrice funkčního popisu chodu systému.....	19
Tabulka 6, adresace ventilových rozvaděčů	23
Tabulka 7, složení stavového bytu pro průtokoměr.....	24
Tabulka 8, kvalita (stav. bity u průtokoměru)	24
Tabulka 9, složení vstupního bytu na nastavení počítadla.....	25
Tabulka 10, vstupních dat tlakoměru.....	25
Tabulka 11, checkback informace	27
Tabulka 12, použité moduly v DŘSF	29
Tabulka 13, konfigurace průtokoměru SITRANS F.....	32
Tabulka 14, adresace všech vstupů a výstupů	33
Tabulka 15, zapojení hladinoměru a teploměru na analog. modul.....	34
Tabulka 16, přehled nastavených alarmů.	39
Tabulka 17, globální funkce tlačítek na OP.....	40

Seznam zkratek

Zkratka/Symbol	Popis
CPU	(Central Processing Unit) procesor
DP	(Decentralized Periphery) decentralizované periferie
DŘS	Decentralizovaný řídicí systém
GSD	(Gerätstamdatei) soubory pro identifikaci zařízení na Profibusu
IEEE	(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)
MPI	(Message Passing Interface) typ sběrnice
PA	(Process Automation) procesní automatizace
PLC	(Programmable Logic Controller) programovatelný automat

Seznam příloh

- Příloha 1. Fotka modelu vytvořeného v projektu
- Příloha 2. Tabulky pro diagnostiku stavových bytů
- Příloha 3. Nastavení regulačního ventilu
- Příloha 4. Zdrojové kódy
- Příloha 5. CD