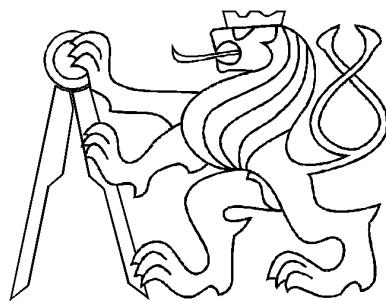


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Automatické řízení tunelového pasteru

Praha, 2008

Autor: Tomáš Pešek

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne

podpis

Poděkování

Děkuji Ing. Petrovi Matiáškovi a vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Fenclovi.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem plně automatického řízení tunelového pasteru, který je používán ve stáčírně nápojů firmy Coca-Cola Beverages ČR k pasteraci balených nápojů, pomocí programovatelného automatu z řady SIMATIC S7-300. Proces pasterizace je rozdělen do několika po sobě jdoucích kroků. Neoddělitelnou součástí řídicího algoritmu je regulace teplot a hladin vody v jednotlivých zónách tunelového pasteru. Další částí této práce bylo vytvořit rozhranní mezi řídicím systémem a obsluhou umožňující sledování a řízení procesu pasterizace, což bylo realizováno vizualizačním rozhranním na operátorském panelu vytvořeném v prostředí WinCC Flexible, programem na PC vytvořeným v programovacím jazyku Delphi 7 a také programem pro monitorování procesních dat přes internet, který byl realizován jako Java applet. Software pro řídicí systém byl vytvořen v prostředí STEP7.

Abstract

This paper deals with the design of full automation of the tunnel pasteur which is used in the factory belonging to company Coca-Cola Beverages CZ for pasteurization of the produced and packaged drinks. The controlling system is based on programmable controller from the serie SIMATIC S7-300. The pasteurization process consists of several successive steps. Controlling algorithm contains also regulation of the temperatures and water levels in the sections of the tunnel pasteur. Next part of this work was creation of an interface between operators and controlling system enabling monitoring and controlling of the pasteurization process, which was realized as the interface created in WinCC Flexible and working on the touch panel, followed by the programm in PC created with Delphi 7 and also by the programm for monitoring of the process data, which was created as a Java applet. The software for the controlling system was made with the programming environment STEP7.

vložit originální zadání!!!!

vložit originální zadání!!!!

Obsah

Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	xi
1 Úvod	1
2 Pasterizace	3
3 Popis tunelového pasteru	7
3.1 Akční členy	10
3.2 Senzory	10
4 Řízení tunelového pasteru	13
4.1 PLC	13
4.1.1 Hardware	15
4.1.2 STEP7	16
4.2 Struktura řízení	21
4.3 Regulace	24
5 Vizualizace technologického procesu	27
5.1 HMI	27
5.2 WinCC flexible	28
5.3 Operátorský panel	31
5.4 Vizualizace na PC	34
6 Komunikace	43
6.1 Komunikace po síti Profibus	43
6.2 Profibus	45
6.3 Simatic NET	46
6.3.1 S7 protokol	47

6.4	Vzdálený přístup	48
6.4.1	CP 343-1 Advanced	49
6.4.2	VPN připojení	50
6.4.3	Java applet pro komunikaci s PLC	51
7	Závěr	53
Literatura		55

Seznam obrázků

2.1	Druhy pasterizačních zařízení	5
3.1	Tunelový paster	7
3.2	Příčný dopravník na výstupu pasteru	8
3.3	Silový rozvaděč s operátorským panelem a skříň s PC	9
3.4	Výstup tunelového pasteru	10
3.5	Detail zóny pasteru	11
4.1		13
4.2	Běžná HW sestava řídicího systému	14
4.3	Hardware	15
4.4	Stromová struktura projektu v prostředí STEP7	17
4.5	LAD	18
4.6	STL	19
4.7	ST	19
4.8	FBD	20
4.9	SFC	21
4.10	Schéma krokového řízení	22
4.11	Regulace teplot	25
4.12	Regulace hladin	26
5.1		28
5.2	Tvorba seznamu poruch	28
5.3	Nastavení komunikace	29
5.4	Uživatelé	29
5.5	Textlist	30
5.6		31
5.7	Vizualizace na operátorském panelu	32
5.8	Dotykový panel Simatic TP 177B	33

5.9	Vizualizace na operátorském panelu	34
5.10	Hlavní menu	35
5.11	Detail akčního členu	36
5.12	Zobrazení poruch	36
5.13	Stavové okno poruch	37
5.14	Detail regulátoru	37
5.15	Recept pro program	38
5.16	Recept online	39
5.17	Parametry produktů	40
5.18	Okno programu	41
5.19	Vizualizace tunelového pasteru na PC	42
6.1	Nastavení komunikace mezi PLC a PC	43
6.2	Schéma komunikace PLC s ostatními zařízeními	44
6.3	Model komunikační sítě Profibus	45
6.4	47
6.5	Schéma vzdáleného přístupu k PLC přes internet s využitím CP 343-1 advanced	48
6.6	49
6.7	Schéma vzdáleného přístupu k PLC přes internet s využitím CP 343-1 advanced	49
6.8	Přístup do flash paměti CP 343-1 advanced prostřednictvím služby FTP	50
6.9	Schéma komunikace mezi Java komponentami pro přístup k datům uloženým v PLC	50
6.10	Schéma komunikace mezi Java komponentami pro přístup k datům v PLC	52

Seznam tabulek

2.1 Pasterizační skupiny produktů FIRMY Coca-Cola	4
2.2 Skupiny pasterizačních teplot	5

Kapitola 1

Úvod

Úkolem této práce je návrh plně automatického řízení tunelového pasteru ve stáčírně nápojů firmy Coca-Cola Beverages ČR sloužícího k pasterizaci balených nápojů (především džusů), k čemuž je použit programovatelný automat z řady SIMATIC S7-300. Pasterizace slouží ke zvýšení trvanlivosti potravin. Součástí tohoto projektu je také vytvoření programů realizujících rozhranní mezi řídicím systémem a obsluhou umožňujících sledování a řízení provozu tunelového pasteru. Dalším cílem práce je snížení spotřeby vody a její lepší využití oproti původní technologii, kdy byla veškerá voda z pasteru vypouštěna do odpadního kanálu bez dalšího využití.

Automatizační technika patří již od svého vzniku k velmi rychle se rozvíjejícím odvětvím průmyslu. Automatizace označuje použití řídících systémů jako jsou regulátory, počítače či programovatelné automaty (PLC - Programmable Logic Controller) k řízení průmyslových zařízení a procesů. Z pohledu industrializace jde o krok následující po mechanizaci. Zatímco mechanizace poskytuje lidem k práci zařízení, které jim usnadňuje práci, automatizace snižuje potřebu přítomnosti člověka při vykonávání určité činnosti. Automatizace hraje důležitou roli v globální ekonomice. Zvyšuje efektivitu produkce, čímž napomáhá ke zvyšování životní úrovně. V dnešní době se pro účely automatického řízení technologických procesů používají ve velké míře programovatelné automaty a tzv. HMI (Human-Machine Interface) systémy, což jsou systémy realizující komunikační rozhranní mezi obsluhou a řídicími systémy umožňující sledování a řízení výroby.

Diplomová práce je rozdělena do několika kapitol, ve kterých jsou popsány jednotlivá téma související s komplexním řešením automatizace tunelového pasteru.

Proces pasterizace je podrobněji popsán v kapitole 2. Lze se zde dočíst o požadavcích na správný průběh pasterizace potravin a také o různých pasterizačních postupech a používaných zařízeních.

Kapitola 3 pak popisuje samotné pasterizační zařízení - tzv. tunelový paster. Je zde

popsán průběh chodu zařízení při pasterizaci a také jednotlivé části zařízení (akční členy, senzory, parní regulační ventily atd.).

V následující kapitole nazvané Řízení tunelového pasteru se lze dočíst o podrobnostech týkajících se samotného řídicího programu. Součástí této kapitoly je také popis regulace teplot a hladin v jednotlivých zónách pasteru. Nalezneme zde také popis programovacího prostření STEP7, které slouží k tvorbě programů pro programovatelné automaty.

Kapitola 5 popisuje vytvořené programy pro vizualizaci a ovládání pasterizačního procesu, které byly vytvořeny pro operátorský panel a PC. Tato část rovněž obsahuje základní informace o programovacím prostředí WinCC Flexible sloužícím k vytváření vizualizačních rozhraní pro operátorské panely.

Následující kapitola obsahuje řešení komunikace mezi PLC a zařízeními pro vizualizaci a řízení tunelového pasteru. Kapitola také obsahuje popis řešení komunikace s řídicím systémem přes síť internet.

Kapitola 2

Pasterizace

Pasterizace (neboli pasterace) [1] je ošetření potravin sloužící k zajištění zdravotní nezávadnosti a trvanlivosti potravin. Vynalezl ji francouzský vědec Louis Pasteur a první testy byly provedeny roku 1862. Při procesu pasterizace dochází k ničení virů a škodlivých organizmů jako jsou některé bakterie, prvoci, plísně a kvasinky. Na rozdíl od sterilizace, pasterizace není určena pro destrukci všech mikroorganismů v potravinách. Dochází při ní pouze k logaritmické redukci počtu živých mikroorganismů tak, aby již nebyli schopni způsobovat nemoci konzumentům potravin. Pokud se zaměříme na pasterizaci nápojů, je tento proces v dnešní době prováděn několika způsoby:

- Tepelná pasterizace
 - HTST (High temperature/Short time)
 - UTH (Ultra-High Temperature)
 - Dlouhodobá nízká pasterace
- Studená pasterizace
 - Vysokým tlakem
 - Ionizujícím záření

Nejpoužívanější metodou je tepelné zpracování, které se dále rozděluje podle pasterizační teploty a doby vystavení nápoje této teplotě. Nejpoužívanější jsou pasterizace HTST, kdy je nápoj vystaven teplotě nad 72°C po dobu 15 sekund a pasterizace UTH, při které je potravina na zlomek vteřiny vystavena teplotě 140°C .

Dále se používá také dlouhodobá nízká pasterace, která trvá kolem 30 minut, využívající teplotu kolem 65°C .

Ohřev potraviny na teploty způsobující denaturaci bílkovin (nad 55°C) vede k inaktivaci většiny mikroorganismů. Záhřevem potraviny jsou také inaktivovány nežádoucí enzymy (mikrobiální i přirozené), které mohou negativně ovlivnit vlastnosti produktu.

Obal	Nápoj
Snadno pasterovatelné	
lahev 0,2 l	CAPPY MULTIVITAMIN
lahev 0,2 l	CAPPY ORANGE 60
lahev 0,2 l	CAPPY GRAPEFRUIT
lahev 0,2 l	CAPPY APPLE 100
lahev 0,2 l	CAPPY SOUR CHERRY
lahev 0,2 l	CAPPY BLACKCURRANT
plechovka 0,33 l	NESTEA LEMON
plechovka 0,33 l	NESTEA PEACH
plechovka 0,33 l	NESTEA GREEN TEA
Středně pasterovatelné	
lahev 0,2 l	CAPPY STRAWBERRY
lahev 0,2 l	CAPPY APRICOT
lahev 0,2 l	CAPPY PINEAPPLE 100
lahev 0,2 l	CAPPY PEAR
Obtížně pasterovatelné	
lahev 0,2 l	CAPPY PEACH

Tabulka 2.1: Pasterizační skupiny produktů FIRMY Coca-Cola

Důležité je, aby byly potraviny vystaveny pasteračním teplotám po určitou dobu. Teploty pasterace a doba, po kterou je nutné určitou potravinu pasterizovat, se mohou u různých potravin lišit. U nápojů je to dánou hlavně jejich hustotou. Nápoje zpracovávané popisovaným tunelovým pasterem a příslušné skupiny pasterizačních teplot popisuje tabulka 2.1 a tabulka 2.2. Je vidět, že hustejší nápoje jako džusy z broskví, meruněk a hrušek potřebují vyšší pasterační teploty, zatímco řidší pomerančovým či jablkovým džusům stačí teplota nižší. Mimo tepelné pasterizace existuje také tzv. studená pasterizace, kdy se požadovaného účinku dosahuje buď vystavením nápoje vysokému tlaku nebo ionizujícímu záření.

Pasterace	Snadná	Střední	Obtížná
Vany			
č. 1 a 8	30°C	30°C	30°C
č. 2 a 7	45°C	45°C	48°C
č. 3 a 6	65°C	65°C	68°C
č. 4 a 5	80,5°C	83°C	88°C

Tabulka 2.2: Skupiny pasterizačních teplot

K pasteraci pomocí zahřívání nápoje se používají dva druhy pasterů - tunelový (viz obr. 2.1(a)) a průtokový (viz obr. 2.1(b)).

Tunelový paster zpracovává nápoje, které jsou již naplněny v obalech, a proto již nehrozí následná kontaminace novými mikroorganizmy. Základem této technologie je tunel, skrz který procházejí na dopravním pásu lahve či plechovky s nápojem. Ohřev je zajištěn sprchováním procházejících obalů horkou vodou. K ohřevu vody se používá pára.



(a) Tunelový paster



(b) Průtokový paster

Obrázek 2.1: Druhy pasterizačních zařízení

Průtokový paster naproti tomu slouží k ošetření nápoje, který ještě nebyl naplněn do obalů. Nápoj proudí tlakovým potrubím a je nahříván na požadovanou teplotu. Nevýhodou tohoto typu pasterizačního zařízení je riziko kontaminace nápoje při následném plnění do obalů způsobené nedostatečným umytím obalů v myčce. Výhodou mohou být nižší tech-

nologické nároky jako je velikost celého zařízení a spotřeba energie, neboť tunelové pastery mají většinou mnohem větší rozměry.

Výsledky pasterizace udávají tzv. pasterizační jednotky, které jsou dány poměrem teploty a doby vystavení potraviny této teplotě. Pasterizace se využívá v různých potravinářských odvětvích. Nejznámější je její použití v pivovarnictví a mlékárenství.

Kapitola 3

Popis tunelového pasteru

Tunelový paster slouží k pasteraci hotových nekarbonovaných nápojů. Zařízení je tvořeno osmi zónami (viz obr. 5.19). Dvojice bloků 1 a 8, 2 a 7, 3 a 6 jsou spojené nádoby. Prostřední dvě zóny (č. 4 a 5) jsou samostatné. Pohyb lahví či plechovek s nápoji pasterem zajišťuje hlavní článkový dopravník, na který je na vstupu (resp. na výstupu) napojen vstupní (resp. výstupní) příčný dopravník. Průchod produktu pasterem trvá při maximální rychlosti dopravníku přibližně 50 minut. Rychlosť dopravníku je jedním z pa-



Obrázek 3.1: Tunelový paster

rametrů produktu a lze ji také nastavit z vizualizačního programu. Teploty jednotlivých zón jsou odstupňovány tak, aby rozdíl teplot mezi sousedními bloky nepřesáhl 20°C , což by mohlo způsobit destrukci skleněných lahví. První tři zóny slouží k postupnému ohřátí

produkту, zatímco poslední trojice bloků slouží k jeho postupnému ochlazení na výstupní teplotu, která je přibližně 30°C . Samotná pasterace probíhá ve 4. a 5. zóně.



Obrázek 3.2: Příčný dopravník na výstupu pasteru

Ohřev a ochlazování nápojů jsou prováděny sprchováním projíždějících obalů vodou z jednotlivých zón. K dopouštění vody a chlazení slouží přívodní potrubí s jedním ventilem pro každou zónu (s výjimkou 3. zóny, která nemá samostatný přívod a zóny 1, jež má dva ventily - jeden pro chlazení a druhý pro dopouštění vody). Přívodní voda je rozvedena do všech van pasteru, ale automatické dopouštění se provádí pouze přes vanu č. 1. Změkčená voda je přivedena k pasteru z vodárny. K pasteru je přivedena též voda z městského vodovodního potrubí, která ale slouží pouze jako alternativní zdroj v případě poruchy na přívodu vody změkčené. Vodu používanou v pasterizačních zónách je nutné dezinfikovat, k čemuž se používá chemikálie Divosan Forte přiváděná do přívodního potrubí s vodou. Při pasteraci produktů v plechovkách se navíc používá inhibitor koroze Nalco, který je dávkován do potrubí vedoucího do sprch u van 4 až 8. Dávkování obou chemikálií je realizováno speciálními dávkovacími čerpadly a dá se také částečně ovládat z vizualizačního

programu. Vany 4 až 8 jsou ohřívány párou, která je přiváděna potrubím přes regulační ventily, jejichž otevření je řízeno na základě měřených teplot a požadovaných teplot jednotlivých zón pro zpracovávaný produkt. Pára je do pasteru přivedena odbočkou hlavního parního potrubí z kotelny. Kromě armatur vedoucích do jednotlivých van přes regulační



Obrázek 3.3: Silový rozvaděč s operátorským panelem a skříní s PC

ventily je možné pouštět páru přes armatury s ručními ventily, což je možné využít pro urychlení nahřívání pasteru při startu pasterizačního procesu z klidového stavu. Odvod kondenzátu vzniklého zkапalněním páry ochlazením o studené stěny přívodního potrubí zabezpečuje plovákové odvaděče. Kondenzát je následně přes sběrnou nádobu vracen zpět do systému parním zvedačem, který slouží k přečerpávání kondenzátu z prostředí s nižším tlakem do prostředí s vyšším tlakem pomocí hnací páry. Z tohoto důvodu musí být ke zvedači stále otevřený přívod páry. V celém pasterizačním systému funguje regulace teplot a hladin vody (viz část 4.3) Odtoková voda z bloků 6, 7 a 8 je vedena do myčky a dále využívána. Z ostatních zón se voda vypouští do odpadového kanálu a není tedy dále nevyužívána.



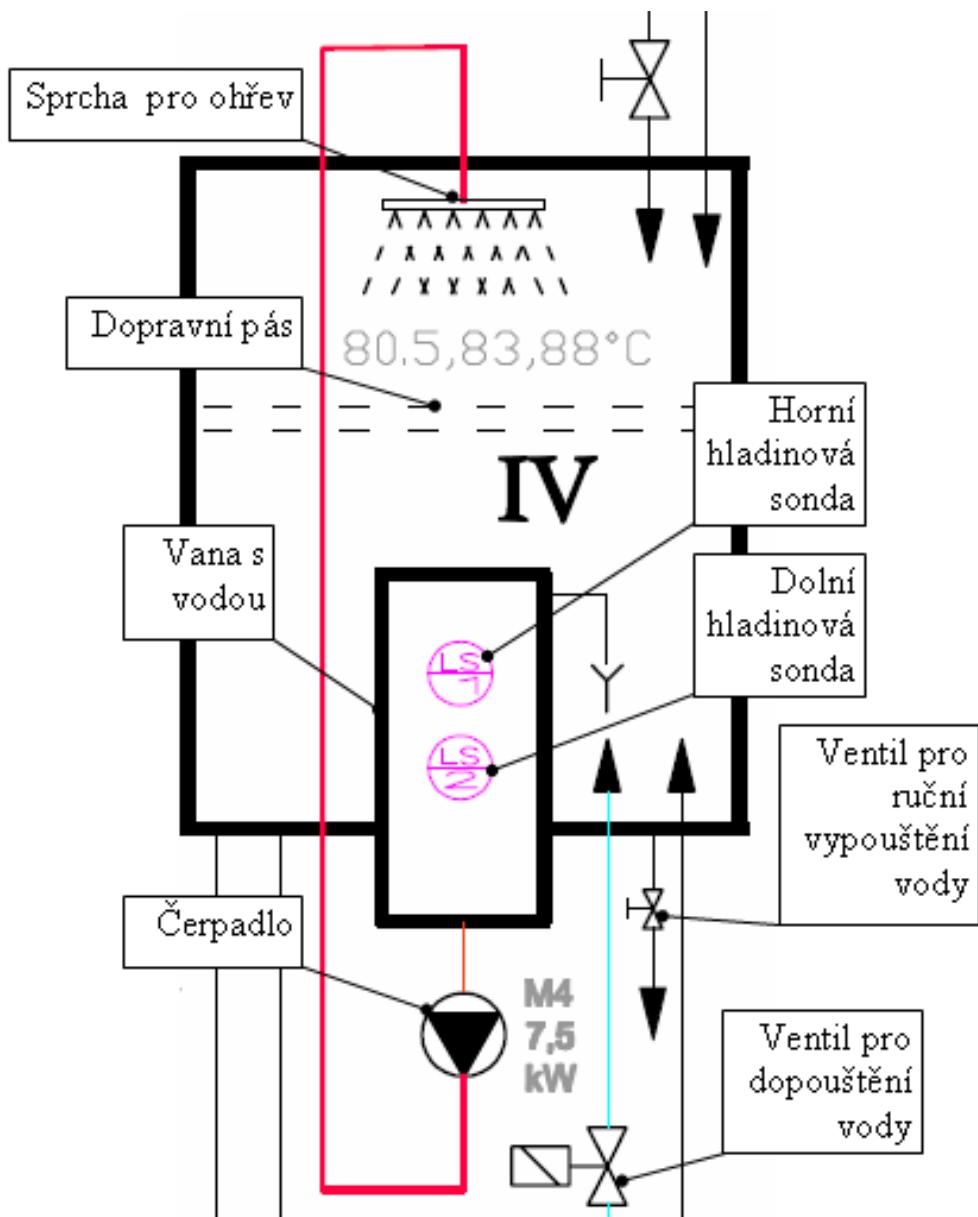
Obrázek 3.4: Výstup tunelového pasteru

3.1 Akční členy

Celé zařízení obsahuje 27 akčních členů. Každá zóna má vlastní čerpadlo, které vhání vodu do odpovídající sprchy. Další dvě speciální dávkovací čerpadla slouží k čerpání chemikálií Divosan Forte sloužícího k dezinfekci přívodní vody a Nalco zabraňujícího korozi plechovek. Poslední čerpadlo vhání přepadovou vodu do myčky. Dopravníky jsou poháněny motory ovládanými frekvenčními měniči. Regulační ventily slouží k regulaci páry vháněné do zón 4 až 8. Využívají převodníky, které jsou napojeny na analogové výstupní karty řídicího PLC, které generuje proud 4 až 20 mA. Vodovodní potrubí pasteru obsahuje dále osm dopouštěcích ventilů, které byly popsány výše.

3.2 Senzory

Měření teploty vody v jednotlivých blocích zajišťují teploměry přišroubované k bočním stěnám van. Pasterační zóny mají dva teploměry z důvodu zajištění lepší kontroly teploty. Vyhodnocuje se rozdíl mezi naměřenými teplotami a pokud tento rozdíl překročí povolenou mez, vyhodnotí se tato situace jako porucha jednoho z teploměrů. Hladina vody je v 1. až 3. zóně měřena spojité analogovým senzorem hladiny. V ostatních vanách jsou umístěny



Obrázek 3.5: Detail zóny pasteru

horní a dolní sondy zaplavení, které určují pracovní oblast hladin ve vanách, a neindikují tedy poruchové stavy. Spotřeba přívodní vody, vody do myčky a chemikálií je měřena impulzními průtokoměry. Na potrubí přívodní vody je průtokoměr. Na pasteru je dále čidlo pro signalizaci zaplnění výstupního dopravníku a čidlo na vstupu, které poskytuje informaci o tom, jestli projíždějí obaly s produktem. Další senzor signalizuje odběr obalů s nápoji čtvrtým dopravníkem, který je napojen na výstupní příčný dopravník pasteru.

Kapitola 4

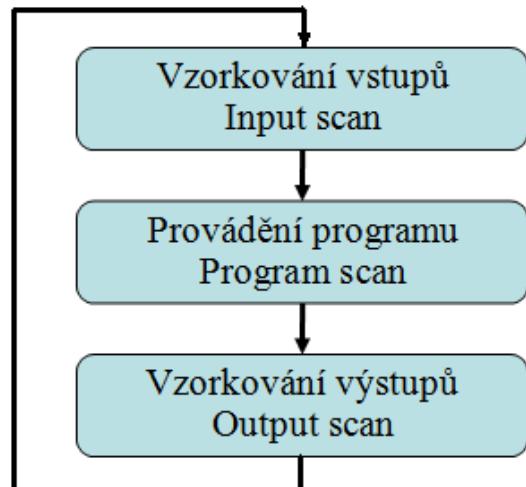
Řízení tunelového pasteru

V této kapitole je popsán návrh řízení tunelového pasteru pomocí programovatelného automatu SIMATIC S7-300 [13] od firmy Siemens. Tato část také obsahuje základní informace o PLC a o tvorbě programů v prostředí STEP7 [4].

4.1 PLC

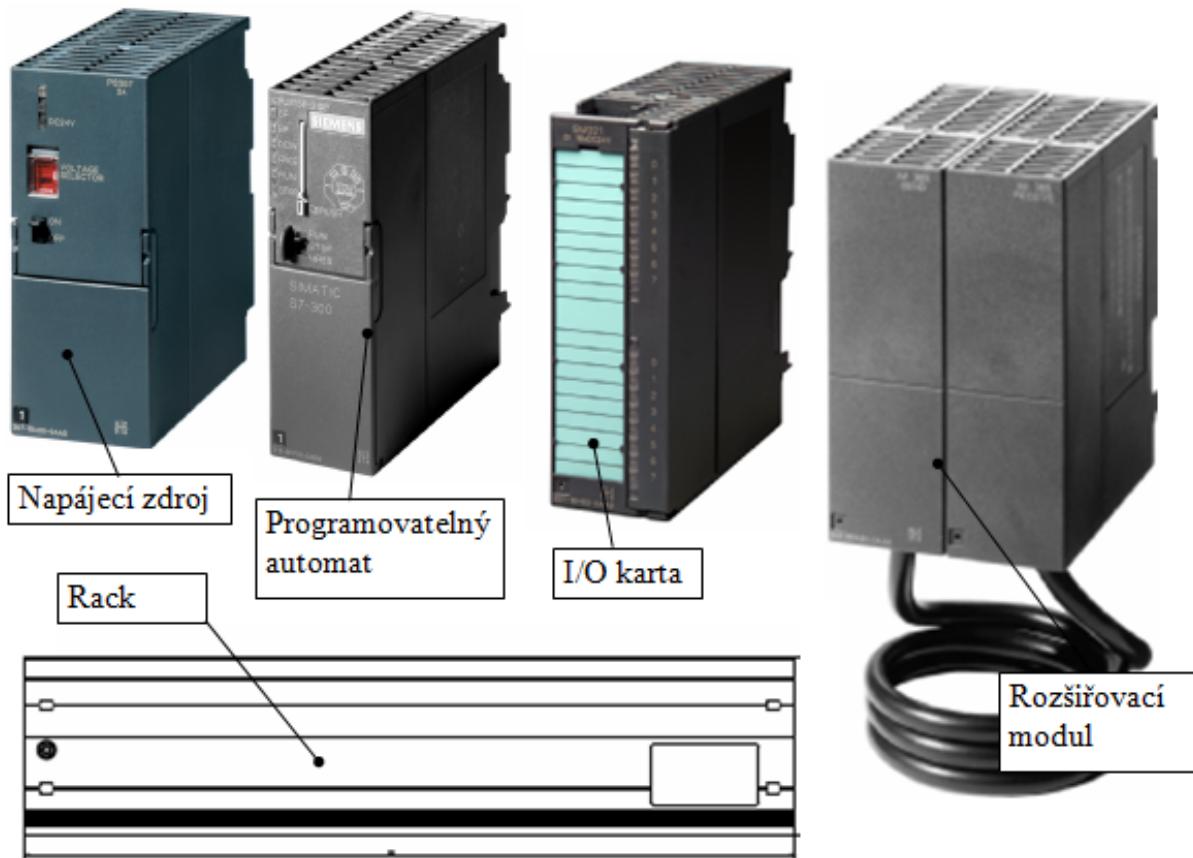
Programovatelné logické automaty označované také zkratkou PLC (Programmable Logic Controllers) jsou hojně využívány v automatizaci technologických procesů. Většinou jsou umístěny přímo v rozvaděčích spolu se silovými prvky jako jsou jističe, stykače a transformátory. Jsou tedy vystaveny silným elektromagnetickým polím a také vlhkosti, prachu a velkým teplotním výkyvům, což má za následek vyšší nároky na odolnost proti vnějším vlivům. Proto se používají místo běžných PC, které jsou sice levnější, ale tyto nároky nesplňují.

PLC je možné rozdělit na kompaktní, které obsahují pevně zabudované vstupně-výstupní (I/O) moduly a modulární s vyměnitelnými moduly, jejichž výhodou je možnost sestavení požadované kombinace vstupů a výstupů a pozdější změny či rozšíření. Kompaktní PLC se používají pro jednoduché řídicí úlohy, kde by bylo použití modulárních automatů zbytečně drahé. Vstupní a výstupní karty dělíme na analogové a digitální.



Obrázek 4.1: Cyklus PLC

Činnost automatu je v PLC emulována nekonečnou programovou smyčkou. Tento periodický cyklus (viz obr. 4.1) je složen ze tří kroků. *Vzorkování vstupů* (input scan), kdy dochází k zápisu hodnot ze vstupních karet do paměti zvané *obraz vstupů* (input image), *provedení programu* (program scan), což je vykonání celého řídicího programu, výpočet nových hodnot výstupů a jejich uložení do paměti zvané obraz výstupů (output image) a *zápis výstupů* (output scan), což je zápis obrazu výstupů do výstupních modulů.

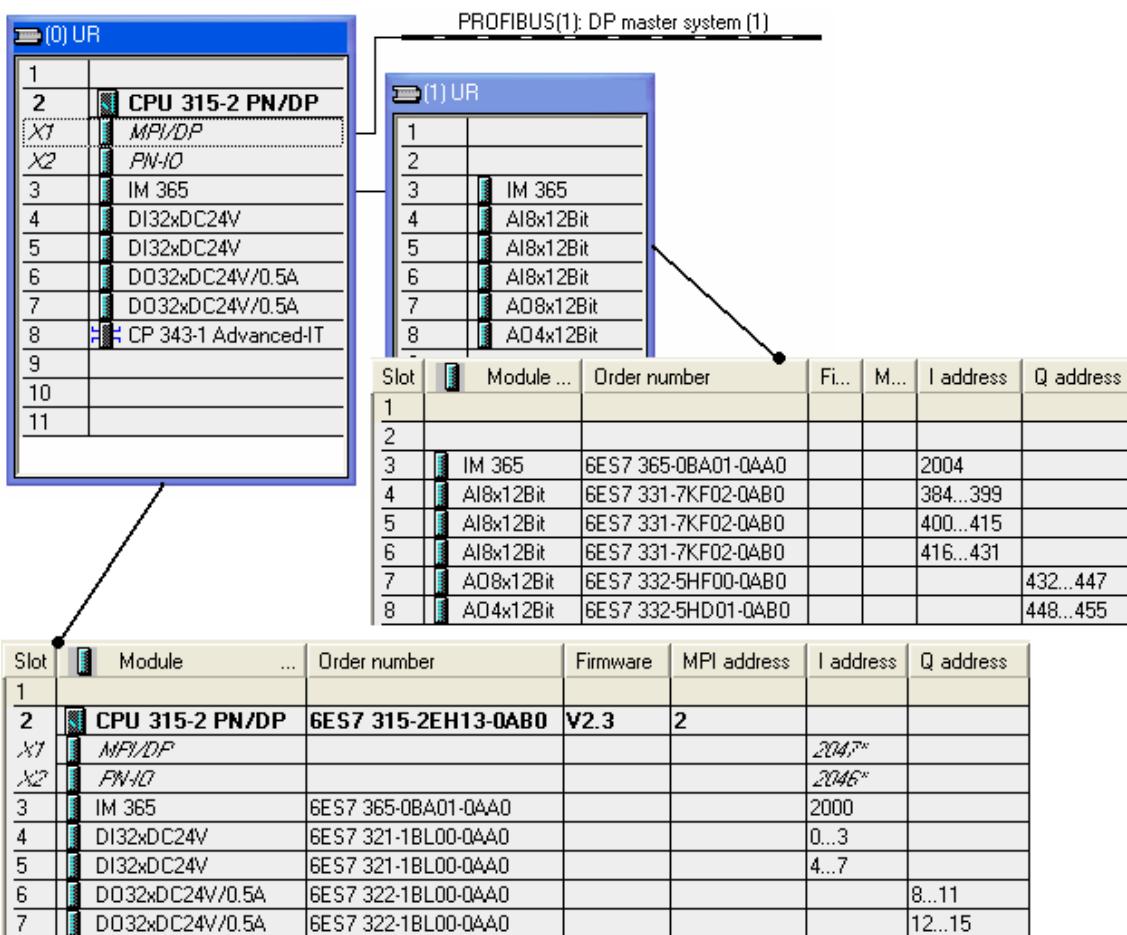


Obrázek 4.2: Běžná HW sestava řídicího systému

S použitím PLC lze realizovat jak centralizované řízení, kdy je vše zpracováváno v centrálním PLC, tak distribuované (decentralizované) řízení, kde je řídicí systém rozdělen na PLC a jednotky ET, což jsou periferní moduly vykonávající část programů připojené k hlavnímu PLC pomocí průmyslových sběrnicových systémů jako je profibus a profinet.

4.1.1 Hardware

Pro řízení pasterizačního zařízení je použit programovatelný automat s procesorem CPU 315-2PN/DP [11] od firmy Siemens patřící do skupiny průmyslových řídicích systémů SIMATIC S7-300, které se řadí k nejpoužívanějším PLC v automatizaci technologických procesů. Pro komunikaci se zařízeními pro vizualizaci je použita technologie Profibus, jejíž podrobnější popis lze nalézt v kapitole 6.



Obrázek 4.3: Hardware

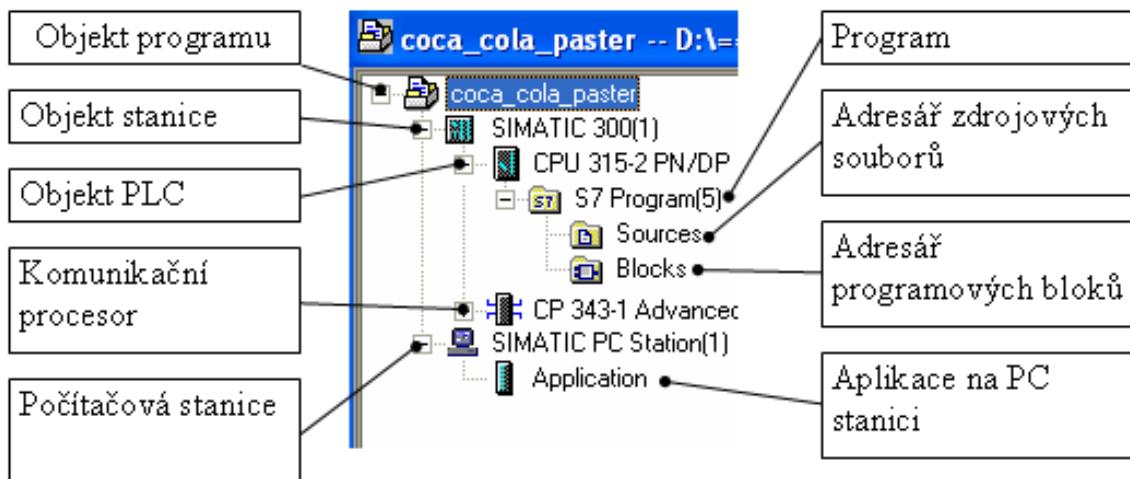
Na obr. 4.3 je vidět celá hardwarová sestava řídicího systému v prostředí STEP7 [5]. Byly použity dvě karty pro binární vstupy (DI), dvě karty pro binární výstupy (DO), tři karty pro analogové vstupy (AI) a dvě karty pro analogové výstupy (AO). Pro uchycení jednotlivých částí bylo nutné použít dva racky (nosné rámy), mezi kterými je komunikace zajištěna rozšiřovacím modulem IM 365. Vstupní a výstupní karty obsluhují vždy 32 signálů s napěťovou úrovni 24V. Analogové karty pracují s proudovými smyčkami v rozsahu proudů 4 - 20mA. K napájení řídicího systému slouží napájecí zdroj.

4.1.2 STEP7

Řídicí program byl vytvořen v prostředí STEP7 pomocí programovacího jazyka STL [15]. Pro programování programovatelných automatů je k dispozici několik programových bloků:

- Organizační bloky (OB - Organization blocks) slouží pro zápis programů. Zde se v určitém sledu volají jednotlivé funkce, čímž je určena struktura programu. Jako příklad uvedeme organizační blok OB1, který se zpracovává v každém cyklu programovatelného automatu. Využívá se většinou pro zápis hlavního řídicího programu. Organizační bloky OB30 až OB38, jsou zpracovávány cyklicky jako takzvané přerušení. OB100 se provádí při přechodu programovatelného automatu z režimu STOP do režimu RUN. Lze ho tedy použít pro počáteční inicializaci programu.
- Funkce (FC - Functions) jsou obdobou funkcí vyšších programovacích jazyků. Dočasné proměnné používané ve funkci jsou uchovávány v zásobníku dat a jsou smazány, jakmile je funkce ukončena. Funkce však může zapisovat data do sdílených datových bloků, kde jsou data uchována i po ukončení funkce.
- Funkční bloky (FB - Function blocks) jsou oproti funkcím rozšířeny tak, že využívají datové bloky (přesněji jejich instance) pro uchovávání statických proměnných a parametrů, se kterými je funkční blok volán. Instance datového bloku zaniká při ukončení zpracovávání funkčního bloku.
- Datové bloky (DB - Data blocks) se dělí na instanční a sdílené. Instanční datový blok je automaticky vytvořen při zpracovávání funkčního bloku, který využívá tento datový blok. Sdílený datový blok slouží k uchovávání dat. Tato data jsou přístupná z ostatních programových bloků.
- Systémové funkce (SFC - System functions) jsou funkce integrované v programovatelném automatu a lze je využívat v programu.
- Systémové funkční bloky (SFB - System function blocks) jsou vytvořené funkční bloky distribuované spolu s programovatelným automatem.

Program v prostředí STEP7 má stromovou strukturu (viz obr. 4.4). Jednotlivé úrovně tvoří objekty. Při založení nového projektu se vytvoří objekt projektu. V něm je nutné vybrat stanici (S7-300, S7-400) a dále zvolit programovatelný automat. V něm je k dispozici program obsahující adresář zdrojových souborů a adresář programových bloků.



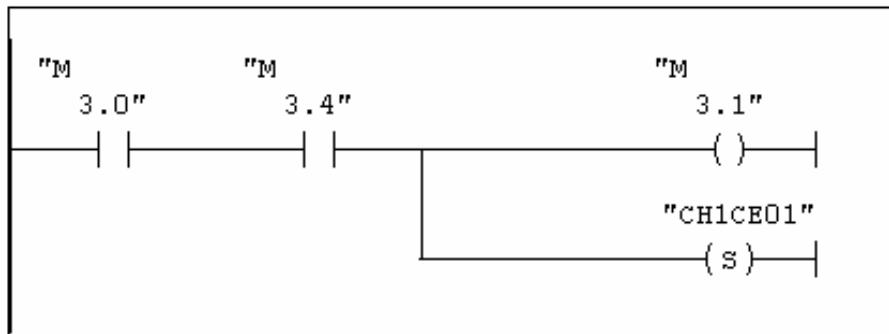
Obrázek 4.4: Stromová struktura projektu v prostředí STEP7

Prostředí STEP7 obsahuje dále editor pro hardwarovou konfiguraci (viz obr. 4.3), který slouží k vytvoření hardwarové sestavy a k nastavení parametrů jednotlivých komponent. Pro nastavení komunikačních parametrů slouží program NetPro (viz obr. 6.1). Zde jsou zobrazeny jednotlivá zařízení účastnící se komunikace a také jsou zde znázorněny komunikační sítě. Důležitou komponentou je také editor programových bloků, jehož obsah může vypadat jako na obr. 4.6. Dalším užitečným nástrojem je program S7-GRAF sloužící k programování sekvenčních řídicích systémů. V prostředí S7-GRAF se program vytváří pomocí uzlů a přechodů. Uzlu lze přiřadit vykonávání nějakých funkcí a přechodu je možné přiřadit podmínu. Pro jednoduché sledování a editaci proměnných slouží tzv. variable table (VAT), což je programový blok, ve kterém se lze pomocí adres připojit k proměnným v programovatelném automatu. V prostředí STEP7 lze také použít simulátor PLC. Po spuštění simulátoru se do něj nahraje program, jako kdyby se nahrával do skutečného PLC. Poté je simulován chod programu, což se využívá při odláďování chyb v nově vytvořených programech.

Pro programování PLC v programovacím prostředí STEP7 [3] je k dispozici několik programovacích jazyků. V rámci normy IEC 61131-3 jsou doporučovány čtyři programovací jazyky s přesně definovanou sémantikou a syntaxí: LD, FBD, STL (IL) a ST. Jako pátý programovací jazyk se často uvádí sekvenční funkční diagram – SFC, který však není v normě zařazen mezi jazyky, ale mezi tzv. společnými prvky, neboť tvoří jakousi nadstavbu pro strukturování celé aplikace. Dále existuje např. nabídka tzv. inženýrských nástrojů STEP7, kam patří S7-Graph, S7-HiGraph a CFC. To jsou však spíše grafické nástroje pro programování, nikoli jazyky s přesně definovanou syntaxí a sémantikou.

- Jazyk příčkového diagramu LAD

Grafický jazyk LAD (Ladder Diagram) je někdy také nazýván jazykem kontaktních schémat a je založen na grafické reprezentaci reléové logiky. Organizační jednotka programu je vyjádřena sítí propojených grafických prvků. Sít v jazyku LAD je zleva i zprava ohraničena svislými čarami, které se nazývají levá a pravá napájecí sběrnice. Mezi nimi je tzv. příčka, která může být rozvětvena. Každý úsek příčky, vodorovný nebo svislý, může být ve stavu ON nebo OFF. Do příček mohou být včleněny kontakty (spínací, rozpínací apod.), cívky (cívka, negovaná cívka apod.) a dále funkce a funkční bloky. Příklad použití tohoto jazyku je na obr. 4.5.



Obrázek 4.5: LAD

- Jazyk seznamu instrukcí STL

Textový jazyk STL (Statement List) označovaný také jako IL (Instruction List) má stejnou syntaxi jako assembler, což znamená, že příkaz musí obsahovat instrukci (např. operátor AND, &, ADD, CAL apod.) a adresu prvku, na kterém se tato instrukce má provést. Tento jazyk je z uvedených možností nejbližší strojovému kódu procesoru PLC. Jeho použitím lze tedy docílit optimalizace využití paměti a doby zpracovávání programu. Příklad této metody programování je na obr. 4.6

```

A(
A(
L    "Analog Inputs".PZ1LIC01.Output_Value_Real      //aktualni hladina
L    "DB_P01-Pracovni".DELTA_HLADIMA      //hystereze
+R
L    "DB_P01-Pracovni".HLADIMA1  //pozadovana hladina
<R
)
ON    "Binär Inputs".PZ8LS01      //8. BLOK je nutno dopustit pres blok 1
)
S    "dopousteni PZ1XV01"

```

Obrázek 4.6: STL

- Jazyk strukturovaného textu (ST)

Textový jazyk ST (Structured Text) je výkonný vyšší programovací jazyk, který má kořeny v jazycích Pascal a C. Syntaxe jazyka (viz obr. 4.7) je dána povolenými výrazy a příkazy. Vyhodnocením výrazu vyjde hodnota v některém z definovaných datových typů. Výraz se skládá z operátorů a operandů. Operandem může být konstanta, proměnná, funkce nebo jiný výraz. Operátory pro jazyk ST jsou definovány pro sedmnáct typů operací (vyhodnocení funkce, negace, násobení, booleovské funkce AND, XOR a OR apod.). Je definováno deset typů příkazů (přiřazení, vyvolání funkce, návrat, výběr apod.). Příkazy jsou odděleny středníkem a může jich být více na jednom řádku. Jazyk ST je vhodným nástrojem pro definování komplexních funkčních bloků, které pak mohou být použity v libovolném programovacím jazyku.

```

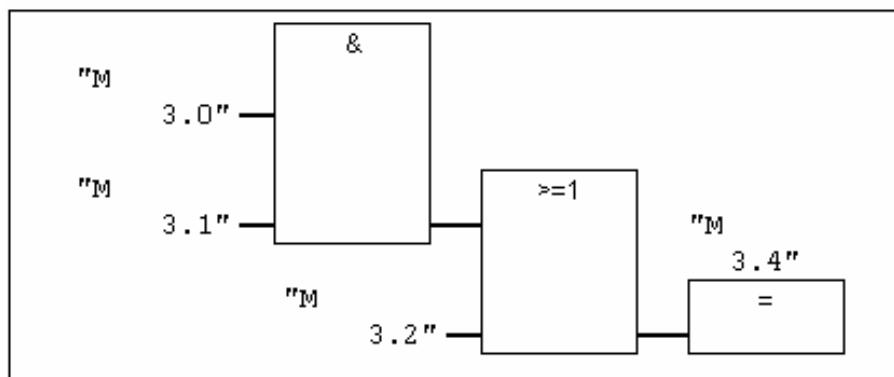
SUM := 0 ;
FOR I := 1 TO 3 DO
    FOR J := 1 TO 2 DO
        IF FLAG THEN EXIT ; END_IF
        SUM := SUM + J ;
    END_FOR ;
    SUM := SUM + I ;
END_FOR ;

```

Obrázek 4.7: ST

- Jazyk funkčního blokového schématu FBD

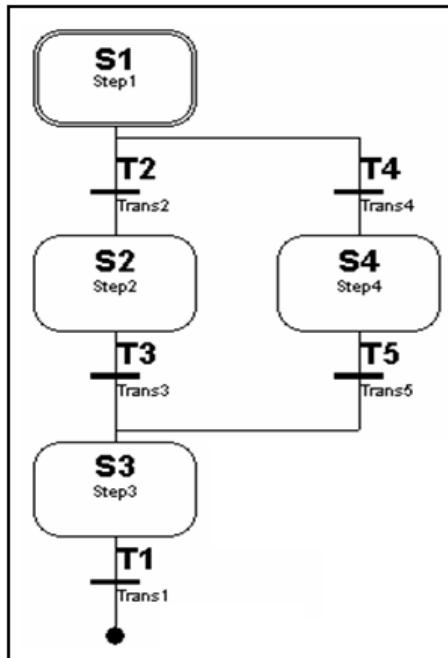
Na obr. 4.8 vidíme příklad grafického jazyku označovaného zkratkou FBD (Function Block Diagram), který vyjadřuje chování funkcí, funkčních bloků a programů jako soubor vzájemně provázaných grafických bloků podobně jako v elektronických obvodových diagramech. Jde o systém prvků, které zpracovávají signály. Často se zde používají standardní funkční bloky, jako jsou např. bistabilní prvky (paměti s dominantním vypnutím nebo sepnutím, semafor), prvky pro detekci náběžné a sestupné hrany, čítače, časovače a komunikační bloky definované v normě IEC 1131-5. Podle potřeby jsou doplňovány speciální bloky a každá firma nabízí ve svém programovacím prostředí poněkud odlišný soubor bloků (např. spínací hodiny týdenní, roční, generátory impulzů, komparátory apod.).



Obrázek 4.8: FBD

- Sekvenční funkční diagram SFC

SFC (Sequential Function Chart) popisuje sekvenční chování řídicího programu. Je odvozen ze symboliky Petriho sítí, ale liší se od nich tím, že grafická reprezentace (viz obr. 4.9) se zde převádí přímo do souboru výkonných řídicích prvků. SFC strukturalizuje vnitřní organizaci programu a umožňuje rozložit úlohu řízení na zvládnutelné části a zachovat přitom přehled o chování celku. Sekvenční funkční diagram se skládá z kroků a přechodů. Každý krok reprezentuje stav řízeného systému a má k sobě přiřazen blok akcí. Přechod je spojen s podmínkami, které musí být splněny, aby mohl být deaktivován krok, který přechodu předchází, a naopak aktivován krok, který následuje. Každý prvek, tzn. přechod i blok akcí, může být naprogramován v libovolném jazyku definovaném v normě, včetně vlastního SFC. K základním strukturám SFC patří lineární sekvence, alternativní větvení se spojením alternativních větví a paralelní souběh více větví s jejich následnou synchronizací.



Obrázek 4.9: SFC

4.2 Struktura řízení

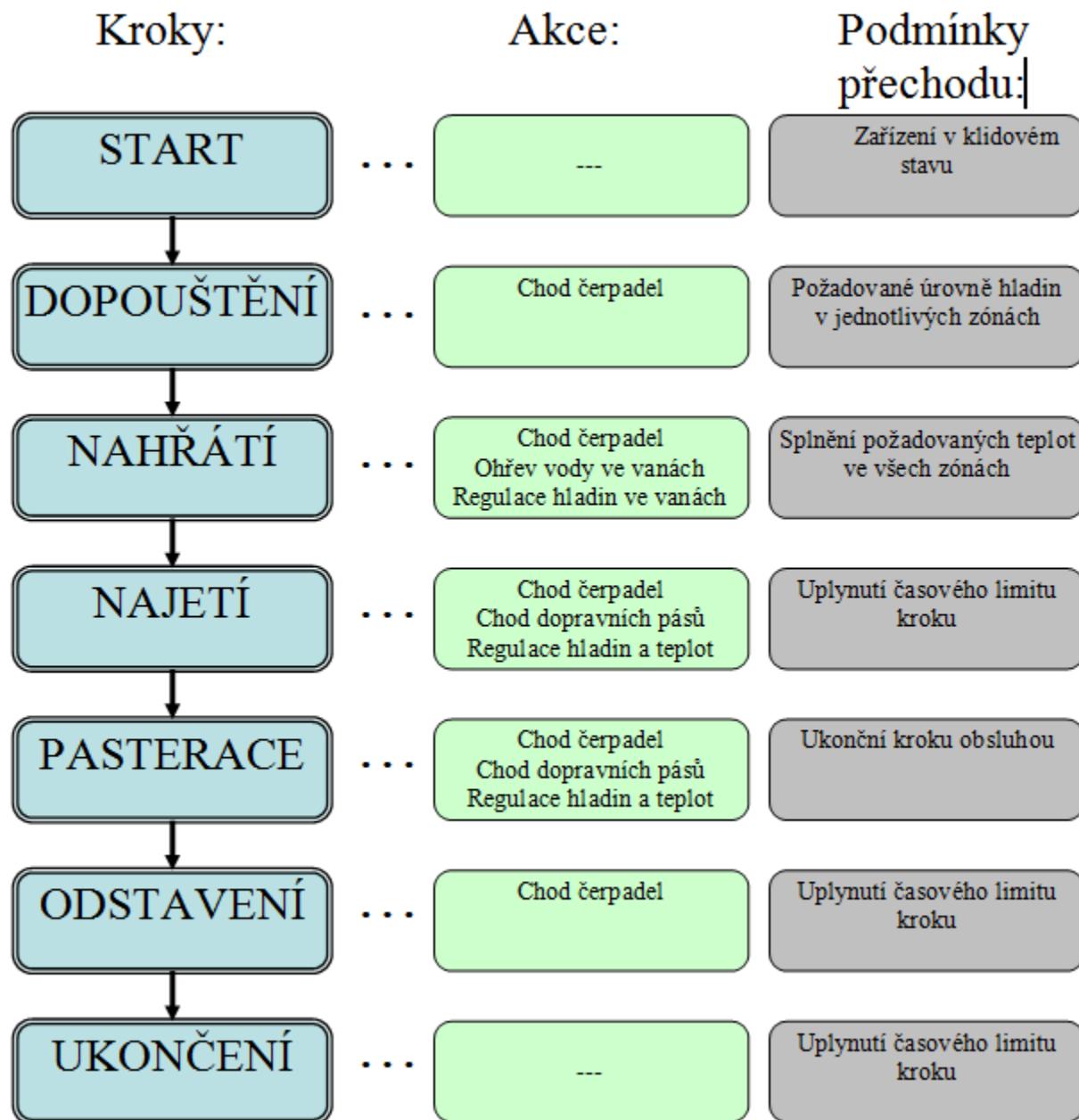
Proces chodu pasteru je rozdělen do několika kroků (viz schéma na obr. 4.10). V kroku START probíhá kontrola podmínek nutných pro další průběh řízení.

Při splnění těchto podmínek se řídicí program dostává do kroku DOPOUŠTĚNÍ, kdy dochází k napuštění van ve všech zónách tím, že se otevřou dopouštěcí ventily a zapnou čerpadla, která vhání přívodní vodu do jednotlivých nádrží. Pro urychlení rozběhu pasteru z klidového stavu je umožněn ohřev vody v zónách již v kroku dopouštění, pokud je v zónách 4, 5 případně dvojicích zón 1-8, 2-7 nebo 3-6 žádaná hladina vody ve vanách. Nemusí se tedy čekat na celkové dopuštění všech bloků pasteru, čímž se ušetří čas.

Pokud jsou ve všech zónách napuštěné vany, přejde řízení do kroku OHŘEV, ve kterém se již ohřívají všechny zóny párou přes regulační ventily, které se otevírají na základě výstupu z PID regulátorů realizovaných programem v PLC, což je podrobněji popsáno v podkapitole 4.3. Krok je ukončen, pokud jsou teploty ve všech zónách v požadovaných pracovních oblastech. Pro ušetření vody, která se spotřebovává při chlazení vody ve vanách při příliš vysokých teplotách, jsou pracovní oblasti při rozjezdu zařízení větší, než při samotné pasteraci.

Dalším krokem je NAJETÍ, při kterém dochází ke spuštění dopravníků a tedy k postupnému zaplňování pasteru obaly produktu. V tomto kroku ještě nefunguje rekuperace

tepla pomocí procházejících lahví či plechovek a přečerpáváním vody mezi spojenými dvojicemi zón.



Obrázek 4.10: Schéma krokového řízení

Po zaplnění třetího bloku produktem přechází řízení do hlavního kroku PASTERIZACE, kdy jsou již požadavky na regulaci teplot přísnější a pracovní oblasti teplot jsou tedy menší. Po zaplnění celého pasteru produktem již funguje rekuperace tepla, která způsobuje ohřívání zón 1, 2 a 3 vodou z bloků 8, 7 a 6. Dokonalý stav regulace je ustálení teplot na požadovaných hodnotách, kdy není třeba žádat chlazení ani ohřev a výstupy

regulátorů jsou tedy nulové. K tomu to stavu se lze přiblížit, pokud pasterem prochází spojité obaly produktu. V praxi jsou však časté situace, kdy jsou na dopravníku mezery, což způsobuje výchylky teplot. Další ztěžení regulace způsobuje měření teplot, neboť teploměry nejsou ve vanách umístěny ideálně a změna teploty se na nich projeví přibližně po 90s.

Po kroku PASTERIZACE následuje krok VYJETÍ, kdy dochází k vypnutí ohrevu. Posledním ukončovacím krokem je krok KONEC, kdy dochází k vypnutí všech akčních členů.

Řídicí program je obsluhován organizačními bloky OB1 a OB35, kde jsou volány jednotlivé funkce programu (viz obr. 4.10), přičemž OB1 obsahuje hlavní program zpracovávaný cyklicky vždy po skončení předchozího scan cyklu. V organizačním bloku OB35, který se spouští cyklicky v pevných časových intervalech (200 ms) a způsobuje přerušení hlavního organizačního bloku, jsou volány funkce pro zpracování PID regulátorů a analogových výstupů. Funkce FC85 slouží ke zpracování analogových signálů z analogových karet (teploměry, hladinové sondy, průtokoměry) a k zápisu těchto hodnot do datového bloku DB85.

Ke zpracování binárních vstupních signálů slouží funkce FC80, kde jsou vyhodnocovány signály z binárních hladinových sond. Za účelem odfiltrování chybových impulzů ze sond je změna výstupního signálu akceptována pouze v případě, že nová logická hodnota je konstantní alespoň určitou stanovenou dobu. Tím je zamezeno zbytečné přepínání stavů některých akčních členů (hlavně ventilů), které by se tímto častým přepínáním opotřebovali. Další funkcí pro zpracování binárních vstupních signálů je FC81, která obsluhuje čítače sloužící k získání objemu kapalin protékajících průtokoměry. Jedná se o přívodní vodu, horkou vodu do myčky a chemikálie Nalco a Divosan.

Zpracování akčních členů je rozděleno do čtyř částí, přičemž každé části náleží jedna funkce. Nejdříve dojde ke kontrole podmínek správného chodu jednotlivých akčních členů. Při nesplnění těchto podmínek dojde k zablokování odpovídajících akčních členů. Další částí je inicializace akčních členů před jejich zpracováním, což se týká především komunikace s vizualizačním programem. Následuje samotné zpracování akčních členů, což obnáší vyhodnocení parametrů jednotlivých akčních členů, komunikaci s vizualizačním programem, ze kterého je možné některé z parametrů měnit, a zápis výsledných dat do datového bloku akčních členů. Posledním krokem při práci s akčními členy je vyhodnocení počtu poruch akčních členů a součtu akčních členů v manuálním režimu (pro vizualizaci).

Po zpracování akčních členů je volána funkce FC90, která obsluhuje regulátory. Jedná se zejména o nastavení regulační sady pro jednotlivé regulátory v závislosti na určitých podmírkách. Podrobnější informace lze nalézt v podkapitole 4.3.

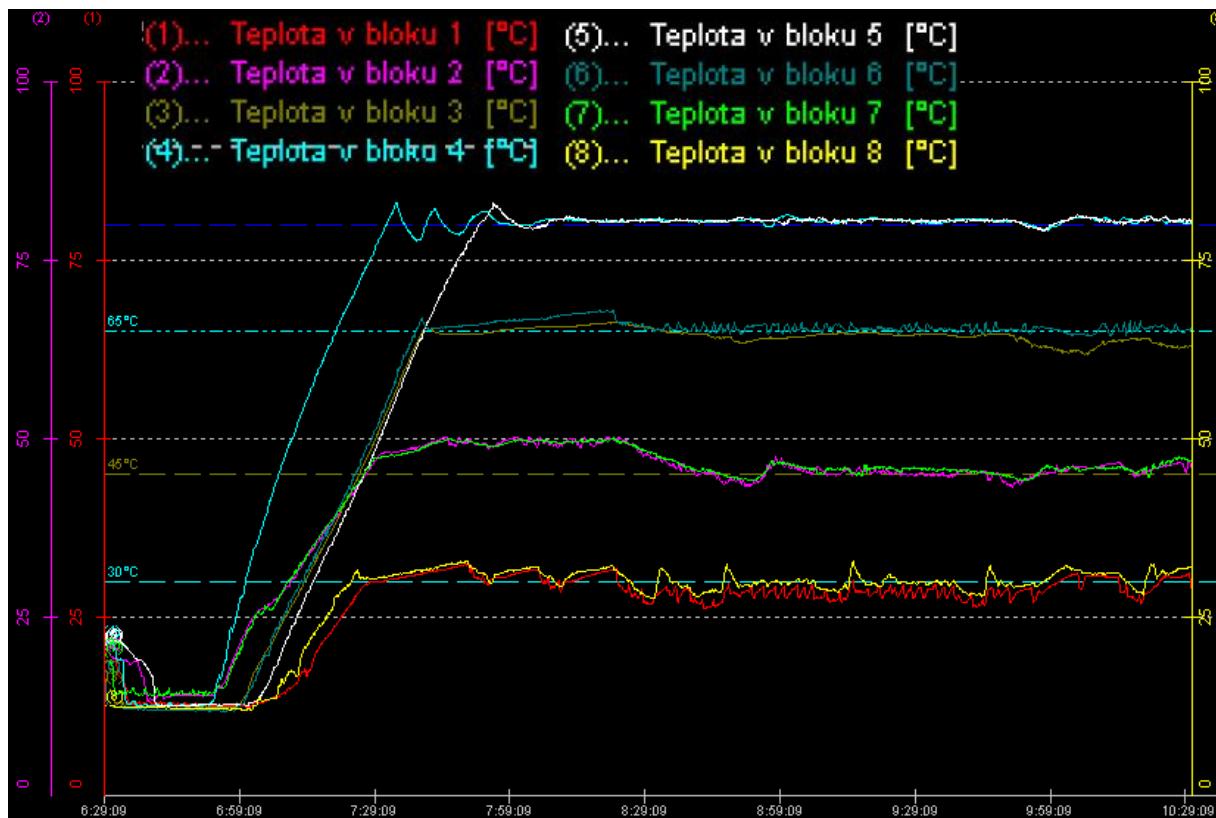
V další části programu dochází ke zpracování binárních výstupů, které jsou zpracovávány ve funkci FC50. Tyto signály slouží k ovládání akčních členů, přičemž převážně se jedná o signály požadavku na otevření jednotlivých akčních členů.

Následuje nastavení poruch, což obnáší nastavování bitů odpovídajícím jednotlivým poruchám při splnění podmínek pro vznik poruchy. Jednotlivé byty jsou v bitovém poli v datovém bloku DB21. Funkce také řeší reakce na poruchy, címž může být přechod stavu programu do pauzy, což je stav, kdy je zastaven chod akčních členů, avšak program zůstává v aktuálním kroku. Toto se však týká pouze některých poruch, při jejichž trvání není přípustný chod zařízení. Jiné poruchy mají jen informační význam a není tedy třeba, aby na ně řídicí program reagoval. Dále jsou v této funkci generovány události a je zde také řešena komunikace s vizualizačními programy na PC a na operátorském panelu, což se týká především kvitování poruch.

4.3 Regulace

Regulace hladin a teplot v tunelovém pasteru je řízena PID regulátory [18], které jsou realizovány softwarově pomocí programu řídicího PLC, které vysílá odpovídající proudové signály z karet pro analogové výstupy k jednotlivým regulačním ventilům. Tyto výstupní analogové signály, které jsou realizovány proudovou smyčkou 4 - 20mA jsou před vstupem do regulačních ventilů upraveny převodníky. Úkolem regulace je udržovat zařízení v pracovní oblasti. Teploty musí být pro jednotlivé zóny udržovány v předepsaných mezích, aby byly splněny podmínky pro pasterizaci a také aby byly zajištěny předepsané rozdíly teplot mezi jednotlivými zónami zamezuječí destrukci skleněných lahví procházejících pasírem. Udržování hladin v jednotlivých vanách slouží ke snazší regulaci teplot, protože dopouštěná voda je studená a ochlazuje teploty v jednotlivých zónách. Dále to zamezuje zničení čerpadel následkem chodu naprázdno. Dalším důvodem snahy o dobrou regulaci hladin je celkové snížení spotřeby vody. V programu je regulace realizována dvěma funkcemi, z čehož jedna slouží k výběru sady PID konstant a druhá provádí výpočet řídicích signálů.

Konstanty pro PID regulátory byly určeny experimentálně tak, aby regulace vyhovovala zadaným požadavkům na pracovní oblasti teplot a hladin v jednotlivých zónách



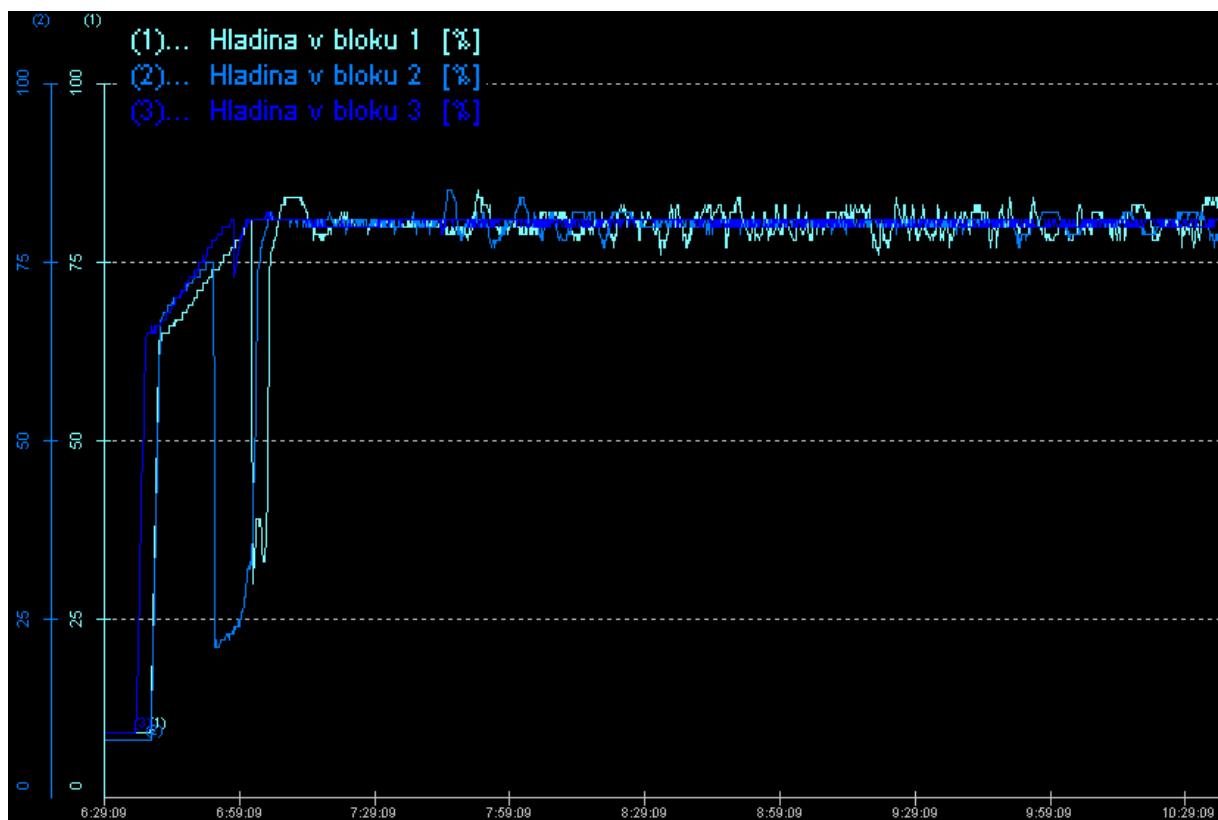
Obrázek 4.11: Regulace teplot

pasterizačního zařízení.

Protože použité regulátory přívodu páry byly určeny pro příliš malý tlak, bylo nutné řídicí proudové signály z analogových karet programově překalibrovat na 17% původní hodnoty. Tím bylo docíleno správné funkce regulačních ventilů ale zároveň došlo ke snížení přesnosti regulace přibližně na šestinu původní hodnoty.

Regulace neprobíhá ve všech krocích pasterizačního procesu stejně. V krocích START a KONEC regulace neprobíhá vůbec. Při ohřevu vody ve vanách je regulace nejprve potlačena a otevření regulačních parních ventilů je řízeno rampou, což zabraňuje prudkým změnám teploty způsobujícím tepelné rázy, které by mohly poškodit parní potrubí. Až po přiblížení teplot požadovaným hodnotám jsou regulátory přepnuty do automatického režimu, kdy generují řídicí signál pro regulační ventily na základě měřené teploty vody v jednotlivých blocích pasteru. V této části programu jsou pracovní oblasti teplot větší, protože v této fázi se systém nachází v přechodovém stavu a snaha o přesnou regulaci by způsobila velkou spotřebu vody.

V kroku PASTERACE jsou požadavky na regulaci teplot přísnější a pracovní oblasti teplot jsou tedy menší, protože je nutné zajistit podmínky pro správnou pasterizaci, které



Obrázek 4.12: Regulace hladin

jsou dány platnými normami. Na obr. 4.11 je vidět, že dvojice protilehlých van mají stejnou teplotu. Navíc je možné odhadnout, kdy přešel program do kroku PASTERIZACE, protože poté došlo ke zpřesnění regulačních odchylek teplot, což je způsobeno přísnějšími požadavky na regulaci v tomto kroku. Na obr. 4.12 jsou výsledky regulace hladin v prvních třech zónách. Hladiny se drží kolem požadovaných 80% naplnění van.

Kapitola 5

Vizualizace technologického procesu

Tato kapitola obsahuje popis vizualizace řízeného zařízení na operátorském panelu Simatic TP 177B naprogramovaném pomocí WinCC flexible 2007 a na PC s vizualizačním programem vytvořeným v Borland Delphi 7 [16].

Vizualizace na PC pracuje v operačním systému MS Windows XP. Program komunikuje s programovatelným automatem přes PC kartu CP5611 pomocí komunikační sítě Profibus (Profibus DP). Operátorský panel je s PLC spojen rovněž sítí Profibus.

5.1 HMI

Pojem HMI (Human-Machine Interface) označuje systémy operátorských rozhraní pro vizualizaci technologických procesů sloužící ke komunikaci mezi technologickým zařízením a jeho obsluhou. HMI aplikace většinou obsahuje grafické znázornění technologického procesu doplněné o naměřená data a různé přehledové tabulky či grafy. Kromě toho je standardně implementována diagnostika technologického zařízení obsahující například zobrazování poruch. Moderní HMI systémy bývají vybaveny i detailními schématy jednotlivých částí technologie a expertními systémy. Uvedeme základní požadavky moderního řešení HMI systémů:

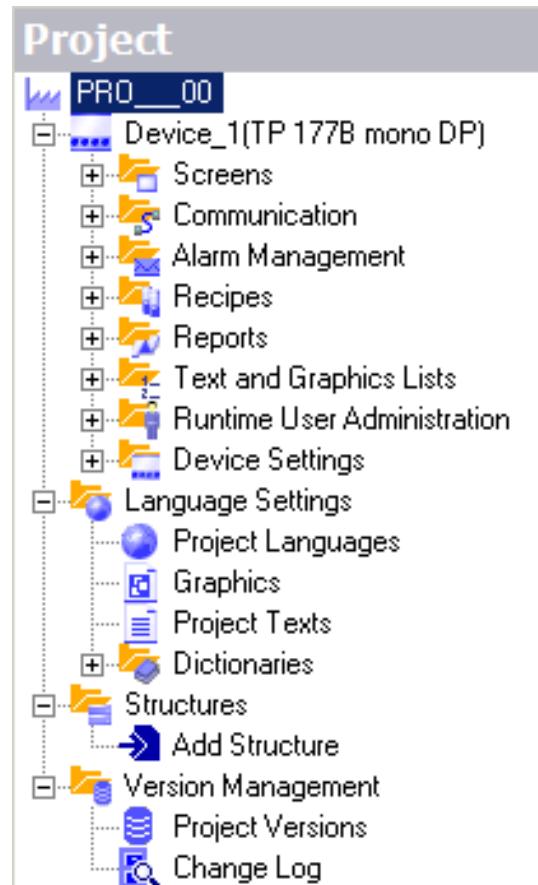
- Distribuovatelnost systému: Rozprostření jednotlivých komponent systému na různých počítačích propojených do sítě.
- Bezpečnost systému: Implementace bezpečného přístupu použitím přístupového hesla. Kryptování dat při komunikaci přes internet.
- Snadná údržba a rozšiřování systému: Možnost provádění administrátorských činností vzdáleným připojením. Snadná změna konfiguračních dat při rozšiřování systému.
- Standardizovaná řešení: Tvorba vizualizačních technologií by měla být založena na určitých standardních řešení, čímž se docílí snížení nákladů na výrobu a inovaci.

5.2 WinCC flexible

WinCC flexible [12] je software sloužící k vytváření programů operátorských rozhraní (Human-Machine Interface - HMI).

Tyto systémy slouží pro řízení a monitorování technologických procesů. HMI systém slouží jako rozhraní mezi obsluhou a technologickým procesem. Tento univerzální inženýrský software je určen pro ovládací panely souboru Simatic HMI a monitorovací zařízení - od nejmenších mikropanelů po PC. WinCC flexible také umožňuje používat VBScript pro tvorbu složitějších funkcí. Důležitá je také schopnost komunikace v sítích využívajících protokol

TCP/IP, což velmi rozšiřuje možnosti zpracování dat. Vedle jednoduchého uživatelského rozhraní jsou k dispozici připravené objekty a obrazové bloky, inteligentní nástroje pro grafické projektování a realizaci algoritmů zpracování velkých objemů dat. Velmi užitečná je také podpora několika jazyčných projektů. Software používá koncept integrované automatizace (Totally Integrated Automation - TIA), což je využito při projektování, programování, ukládání dat a komunikaci. Simatic WinCC flexible lze také začleňovat do různých inženýrských nástrojů (Simatic STEP7, Simatic iMap a Simotion Scout).

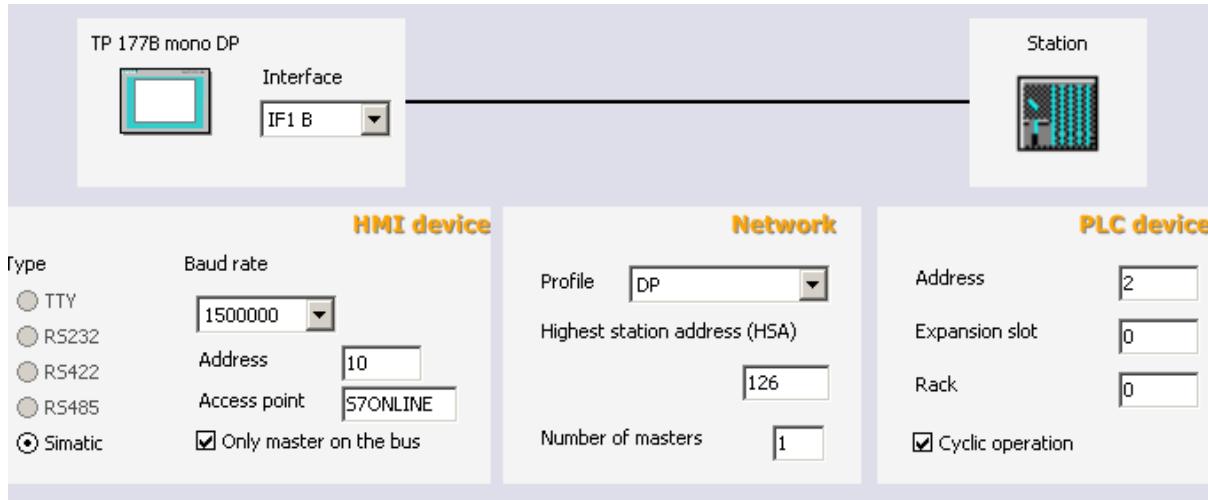


Obrázek 5.1: Stromová struktura projektu ve WinCC flexible

Text	Number	Class	Trigger Tag	Trigger
POR.165 - DBX22.4 - Porucha: Velký rozdíl teplot	2173	Errors	ERR_SET	172
POR.166 - DBX22.5 - Porucha: Velký rozdíl teplot	2174	Errors	ERR_SET	173
Porucha 001: Porucha ventilu PZ1XV01	2009	Errors	ERR_SET	8
Porucha 002: Porucha ventilu PZ1XV02	2010	Errors	ERR_SET	9
Porucha 003: Porucha ventilu PZ2XV01	2011	Errors	ERR_SET	10
Porucha 004: Porucha ventilu PZ4XV01	2012	Errors	ERR_SET	11

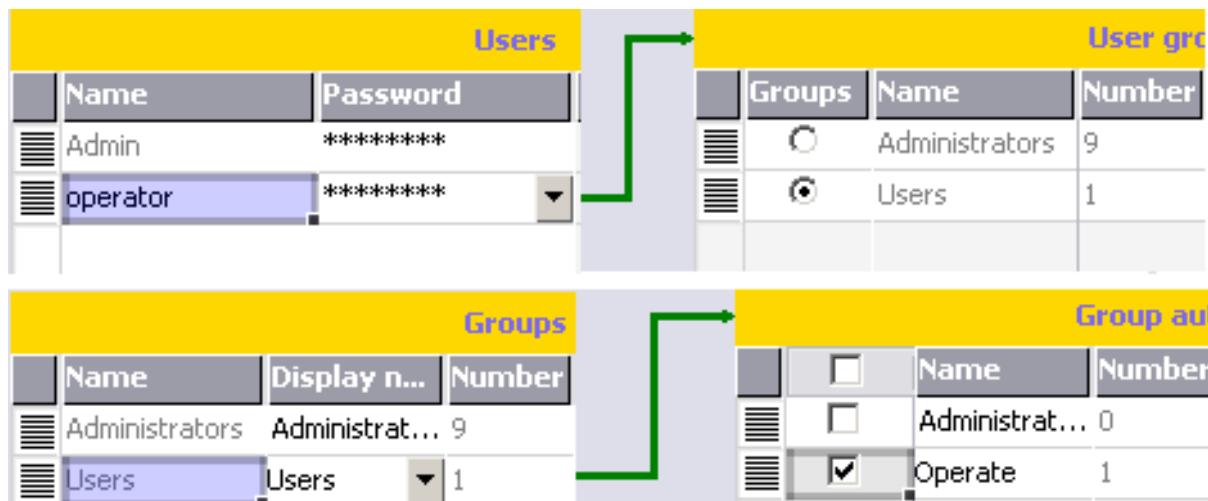
Obrázek 5.2: Tvorba seznamu poruch

Důležitou součástí je WinCC flexible runtime, který slouží k použití vytvořeného vizualizačního programu na PC. WinCC flexible 2007 je oproti předchozím verzím vylepšen o nástroje pro receptury a grafy. Další inovací je možnost exportování a importování



Obrázek 5.3: Nastavení komunikace

projekčních dat (alarmů, textů, obrazovek atd.). Všechny konfigurační data projektu jsou uloženy v projektové databázi. Vyvojové prostředí WinCC flexible také obsahuje speciální editory pro jednotlivé konfigurační úkoly. Na obr. 5.2 je editor pro tvorbu poruch. Je třeba vyplnit text poruchy a nastavit odpovídající adresu indikačního bitu v datovém bloku programovatelného automatu. Administrace poruch je koncipována tak, že je lze potvrdit



Obrázek 5.4: Uživatelé

jak z programovatelného automatu (poruchy jsou potvrzovány přímo programem), tak z operátorského panelu, což obstarává obsluha. Pro nastavení parametrů komunikace slouží Communication editor (viz obr. 5.3). Zde jsou konfigurační data rozdělena na tři části. HMI device označuje parametry operátorského panelu (je třeba nastavit přenosovou rychlost a adresu zařízení). Další parametry se týkají komunikační sítě. Nakonec je třeba nastavit parametry týkající se programovatelného automatu (PLC device). Pro nastavování přístupových práv slouží editor pro administraci uživatelů a editor pro nastavení skupin uživatelů (viz obr. 5.4). Jednotlivým skupinám jsou přiřazena určitá práva pro přístup k jednotlivým funkcím vizualizačního programu. Uživatelé jsou pak přiřazováni do těchto skupin. Tím je zajištěna bezpečnost provozu. Navíc se ukládají informace o jednotlivých přihlášení do systému. Dalším užitečným nástrojem jsou tzv. textlisty (viz obr. 5.5), které umožňují přiřadit texty bitům nebo číslům, což umožňuje efektivnější zpracovávání programu, neboť může program pracovat jednoduše s číselnými hodnotami a bitovými poli namísto dlouhých textových řetězců.

Name	Selection
AI_ID	Range (... - ...)
DOPRAVNIK_STATUS	Range (... - ...)
INFOTEXT_1	Range (... - ...)
INFOTEXT_2	Range (... - ...)
..	-

Default	Value	Entry
○	9	AI9 - PIW400 T7
○	8	AI8 - PIW398 T6
○	6	AI6 - PIW394 T5
○	4	AI4 - PIW390 T4
○	3	AI3 - PIW388 T3

Obrázek 5.5: Textlist

5.3 Operátorský panel

Vizualizace na operačním panelu slouží jako zjednodušená alternativa vizualizace na PC. Její použití se předpokládá pouze v případě výpadku počítačové vizualizace. Pro vizualizaci byl použit panel Simatic TP 177B [7], což je dotykový panel s monochromatickým displejem o úhlopříčce 7" od firmy Siemens.

Program vizualizace na operačním panelu je vytvořen v prostředí WinCC flexible 2007 od firmy Siemens. Je tvořen jednotlivými maskami, které poskytují informace o stavu pasteračního zařízení a umožňují jeho ovládání. Z hlavního menu(viz obr. 5.7(a)) se uživatel může dostat do ostatních masek. Pro sledování a řízení regulace hladin a teplot v jednotlivých zónách pasteru slouží maska z obr. 5.7(b) Obsahuje skutečné hodnoty hladin a teplot příslušných zón a také jejich požadované hodnoty a procenta otevření příslušných akčních členů (čerpadel nebo regulačních ventilů). Dále je zde možné sledovat stav čerpadel a regulačních ventilů. Pro zobrazení detailnějších informací o regulacích slouží maska z obr. 5.7(d), na kterou se lze přepnout pomocí tlačítka "Zóna 1" až "Zóna 8". V této masce je navíc zobrazena regulační odchylka daná rozdílem skutečné a požadované hodnoty regulované veličiny. Dále odtud lze nastavit režim regulátoru, kde na výběr jsou režimy automatický, operátor a servis. Žádaná hodnota pro regulované veličiny pro režimy operátor a servis stejně jako konstanty PID regulátoru lze z této masky rovněž nastavit. Maska na obr. 5.18 slouží ke spuštění programu pasterace. Při spuštění programu je nutné z nabídky vybrat produkt, který bude pasterizován. Maska také obsahuje informace o aktuálním kroku programu, o podmínce přechodu do dalšího kroku a čas trvání aktuálního kroku. Dále je zobrazen stav programu (chod, pauza...) a informace, zda je v chodu hlavní dopravník. Ovládání umožňuje tlačítka "START", "STOP", "PAUZA" a "KROK". Tlačítko "KROK" je nutné použít, pokud je pro přechod do

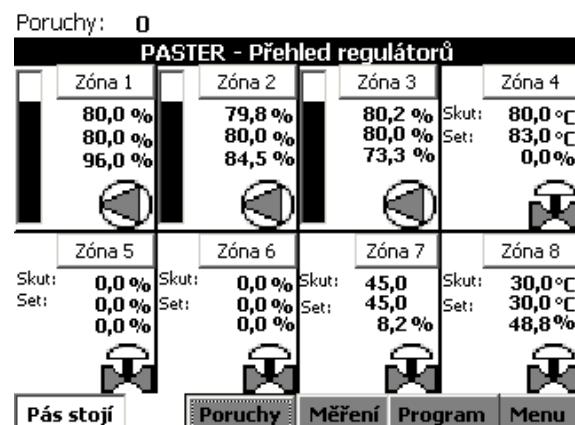
dalšího kroku kromě jiných podmínek nutné také potvrzení od operátora. Vizualizace dále obsahuje masku měření analogových veličin, kterou je možné vidět na obr. 5.7(e). Zde jsou zobrazeny teploty a hladiny v zónách a průtok přívodní vody. Další okno vizualizace (viz obr. 5.9(b)) slouží ke sledování spotřeby přívodní a výstupní vody a také obou používaných chemikalií. Spotřeby jsou dány vždy dvojicí hodnot, přičemž jedna sada hodnot ukazuje celkovou spotřebu od spuštění programu, zatímco druhá sada obsahuje hodnoty, které je možné z vizualizačního programu nulovat. Pro zobrazování poruch činnosti tunelového pasteru



Obrázek 5.6: Simatic
TP 177B



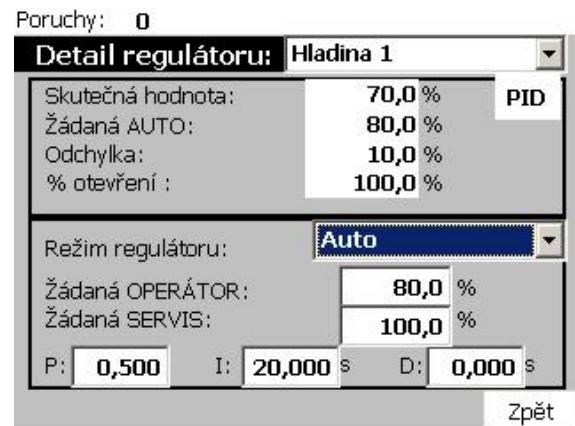
(a) Hlavní menu



(b) Paster



(c) Program



(d) Detail regulátoru



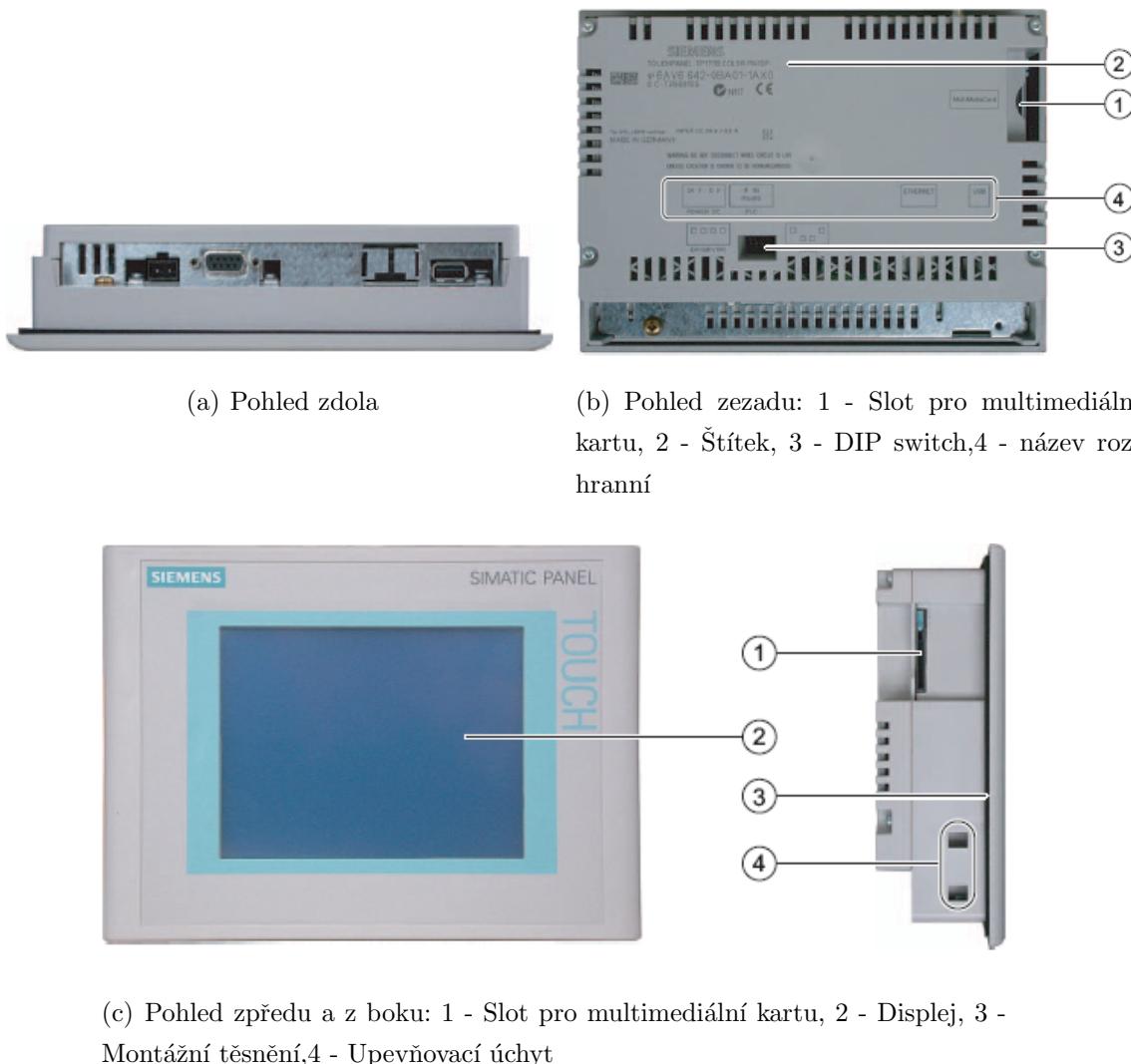
(e) Měření analogových veličin



(f) Servis

Obrázek 5.7: Vizualizace na operátorském panelu

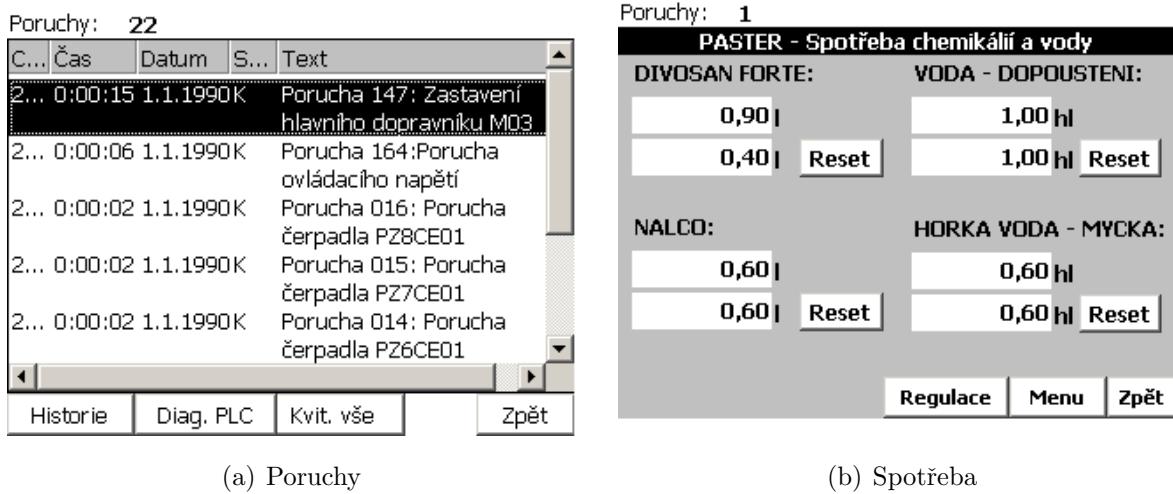
slouží maska na obr. 5.9(a). Zde se zobrazují texty vzniklých poruch a také datum a čas jejich vzniku. Uživatel má možnost potvrdit jednotlivé poruchy. Pokud porucha již netrvá, po potvrzení se z této masky smaže. Uživatel si také může odtud zobrazit masku obsahující historii poruch, kde jsou na jednotlivých řádcích poruchy seřazeny podle pořadí vzniku. Servisní funkce jsou realizovány v masce na obr. 5.7(f). Odtud lze nastavovat datum a čas, zvýšení či snížení kontrastu displeje, dále se lze přepnout do ovládacích panelů a nebo ukončit vizualizační program. Bezpečnost je v programu vizualizace na operátorském pa-



Obrázek 5.8: Dotykový panel Simatic TP 177B

nelu vyřešena přidělením hesel jednotlivým uživatelům, kteří jsou rozděleni do několika skupin. Práva používat všechny funkce programu má skupina administrátorů. Ostatní uživatelé tvoří několik dalších skupin s částečně omezenými právy podle jejich kvalifikace

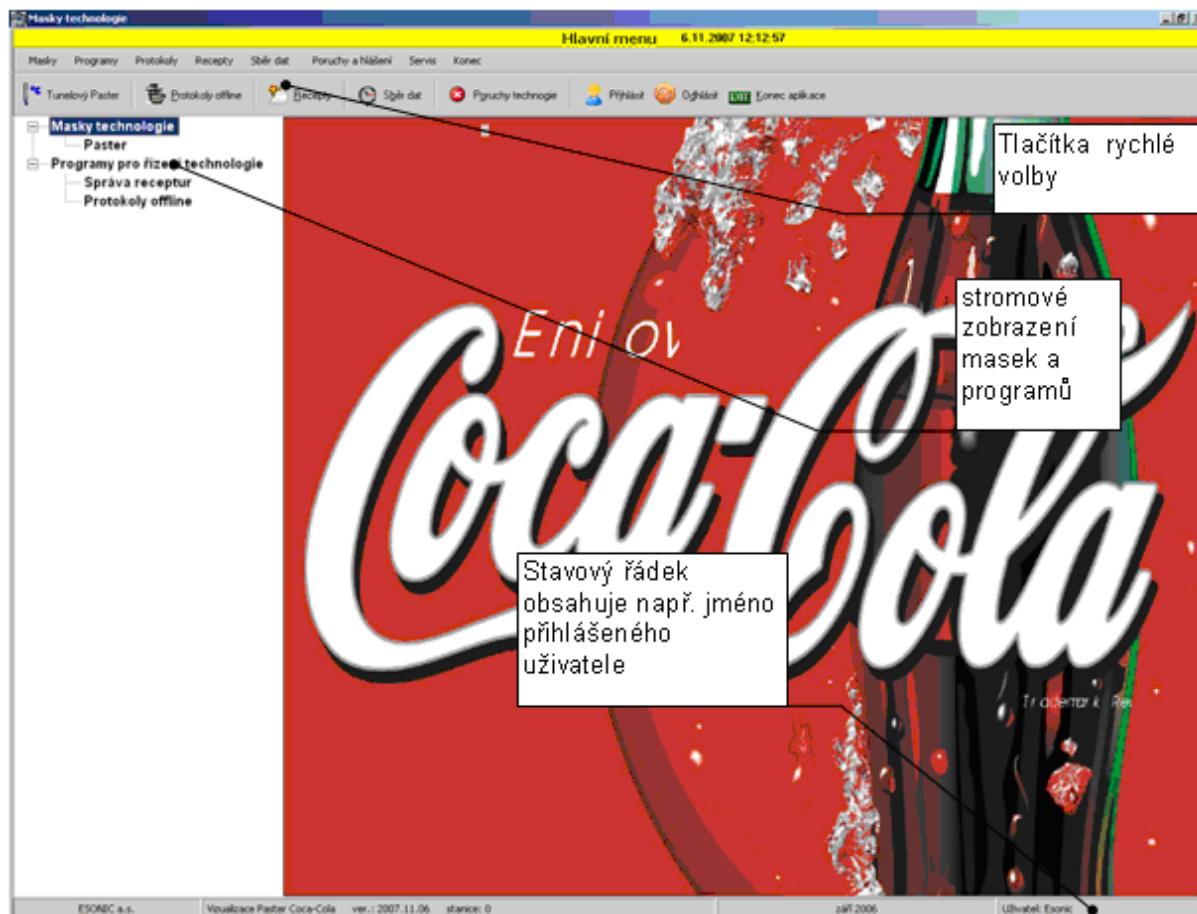
a náplně práce. Pro zvýšení bezpečnosti je přihlášení uživatele platné pouze po určitou nastavenou dobu, poté dojde k automatickému odhlášení.



Obrázek 5.9: Vizualizace na operátorském panelu

5.4 Vizualizace na PC

Vizualizační program pro PC je koncipován jako aplikace pro operační systém Windows XP. Vizualizace se automaticky spouští po zapnutí počítače a aktivaci služeb pro komunikaci s řídicím systémem SIMATIC. Hlavní menu na obr. 5.10 obsahuje menu s jednotlivými volbami přepnutí na masky vizualizace, masky programů, protokoly, recepty, poruchy a servisní funkce, lištu s tlačítka rychlé volby a také stromové zobrazení vizualizačních mask a jednotlivých programů. Na spodním okraji obsahuje hlavní menu stavový řádek s údaji jako je například jméno přihlášeného uživatele. Pro zobrazení detailu akčního člena slouží okno na obr. 5.11 zobrazující doplňující informace k jednotlivým akčním členům, které slouží operátorům k většímu přehledu o stavu prvku. V tomto okně je zobrazen pouze prvek, který je vybrán předvolbou. Pokud není vybraný žádný prvek je zobrazen poslední vybraný prvek. Pokud je vybráno několik prvků, je zobrazen pouze jeden a to ten, který je v programu na prvním místě. Pokud by se např. vyskytl případ, že by byl koncový spínač v poruše a obsluha by se přesvědčila o tom, že je to opravdu chybou koncového spínače, je možné zaškrtnout volbu "Ignoruj koncové spínače" do doby, než údržba opraví příslušný koncový spínač, čímž je zajištěno, že se příslušná porucha nebude opakovat. V jiných případech se například může prodloužit nebo zkrátit čas přepínání

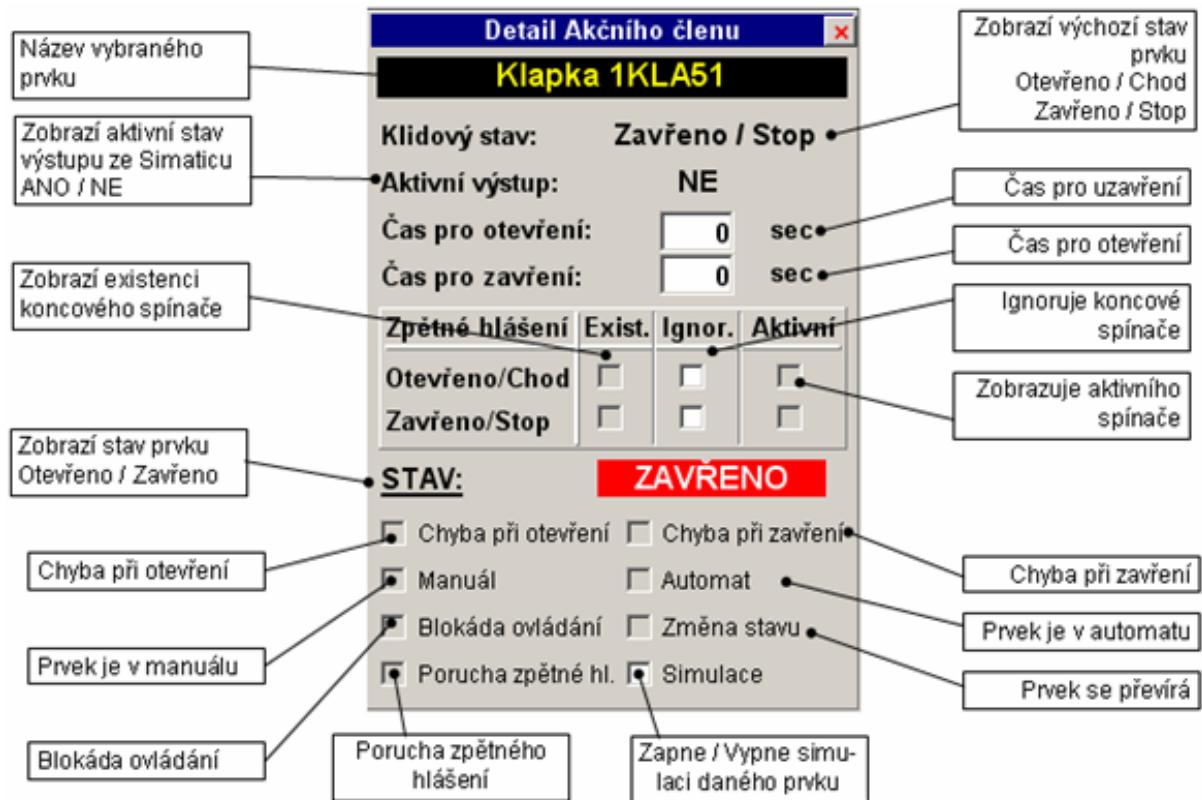


Obrázek 5.10: Hlavní menu

ventilu, který je v poruše a je patrné, že nestihne změnit polohu.

Pokud nastane na zařízení jakákoli porucha, objeví se zpráva v okně poruchy (viz obr. 5.12). V řádce je zobrazeno datum a čas vzniku poruchy, stav poruchy, skupina poruch, číslo a popis poruchy. Ve sloupci stav se zobrazují písmena A - vznik poruchy, Q - potvrzení poruchy uživatelem, K - ukončení poruchy. Po potvrzení všech poruch zmizí okno s poruchami z obrazovky, ale poruchy mohou stále trvat. Pro zobrazení aktuálních trvajících poruch je možné přepnout na záložku "Aktuální poruchy". Okno poruch také umožňuje zobrazit historii poruch (záložka "Poruchy - historie"), kde je popsána posloupnost, kdy porucha vznikla, kdy byla potvrzena a kdy zanikla. Poruchy lze pomocí tlačítek na spodním okraji okna potvrdit a to jednotlivě nebo všechny najednou. Dále je možné poruchy seřadit podle data vzniku nebo čísla poruchy, případně vymazat databázi s historií poruch.

Mimo okno "Aktuální poruchy" je trvale na obrazovce umístěno "Stavové okno poruch", kde je patrné kolik je nových a kolik trvajících již potvrzených poruch.



Obrázek 5.11: Detail akčního členu

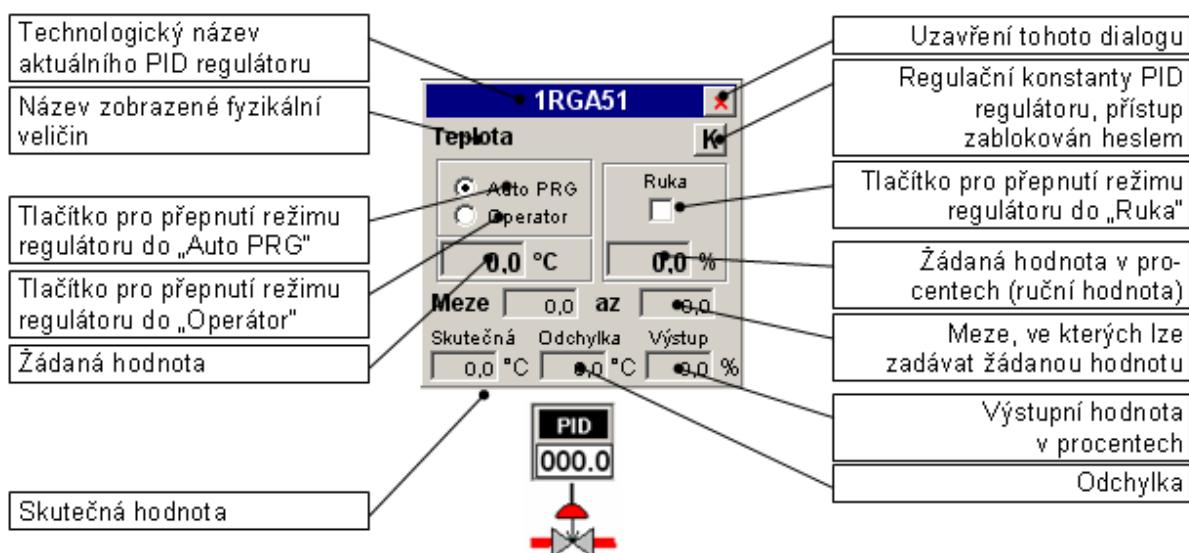
PORUCHY						
Aktuální poruchy			Poruchy - historie			
Datum	Čas	Skupina	Uživatel	Číslo	Porucha	
4.11.2007	14:33:37		Esonic	157	Porucha regulace teploty v bloku 2	
4.11.2007	14:35:28		Esonic	66	Hlášení ruční manipulace s dopravníkem M02	
4.11.2007	14:35:28		Esonic	147	Zastavení hlavního dopravníku M03	
4.11.2007	14:35:30		Esonic	66	Hlášení ruční manipulace s dopravníkem M02	
4.11.2007	14:35:32		Esonic	66	Hlášení ruční manipulace s dopravníkem M02	
4.11.2007	14:36:36		Esonic	147	Zastavení hlavního dopravníku M03	
4.11.2007	14:36:39		Esonic	147	Zastavení hlavního dopravníku M03	
4.11.2007	14:37:26		Esonic	160	Porucha regulace teploty v bloku 5	
4.11.2007	14:38:46		Esonic	156	Porucha regulace teploty v bloku 1	

Kvitovat vše **Podle čísla poruchy** **Hledej** **Vymazat vše** **Zavřít okno** **◀** **◀** **▶** **▶**

Obrázek 5.12: Zobrazení poruch



Obrázek 5.13: Stavové okno poruch



Obrázek 5.14: Detail regulátoru

Na obr. 5.14 je ve spodní části prvek představující symbol PID regulátoru. Tento symbol je umístěn v masce technologického procesu a slouží k zobrazování aktuální výstupní hodnoty PID regulátoru. Pomocí tohoto okénka lze také vyvolat okno detailu PID regulátoru (obr. 5.14). Toto okno obsahuje technologický název aktuálního PID regulátoru, regulovanou fyzikální veličinu, požadovanou hodnotu regulované veličiny pro režim "Auto PRG" či "Operátor" a také žádanou hodnotu regulované veličiny v procentech pro režim "Ruka". Další zobrazovanou informací je maximální a minimální mez pro zadávání žádané hodnoty regulované veličiny. Ve spodní části okna je dále zobrazena skutečná hodnota reg. veličiny, odchylka od požadované hodnoty a také výstup regulátoru v procentech.

Pro přepínání mezi režimy chodu regulátoru slouží zaškrťávací okénka s odpovídajícím názvem.

Volba "Auto PRG" slouží k přechodu do automatického režimu regulátoru. V tomto

režimu pracuje regulátor podle PID algoritmu a výstup regulátoru se mění v závislosti na žádané a skutečné hodnotě regulované veličiny, přičemž žádanou hodnotu určuje program. Bez přepnutí do jiného režimu nelze hodnoty jinak ovlivnit.

V režimu "Operátor" probíhá regulace podobně jako při automatickém režimu. Rozdíl je v tom, že žádanou hodnotu neurčuje program ale volí ji obsluha (operátor). Volba je omezena maximální a minimální povolenoumezí.

Zaškrťvací tlačítko "Ruka" slouží k přechodu do režimu tzv. ruční regulace. V tomto režimu nepracuje regulátor podle PID algoritmu, ale na výstup regulátoru je přebíráno parametr ruční hodnoty, který je možné zadávat v okně detailu regulátoru. Pokud je zaškrtnuta volba "Ruka", je políčko s aktuální výstupní hodnotou PID regulátoru zabarveno žlutě.

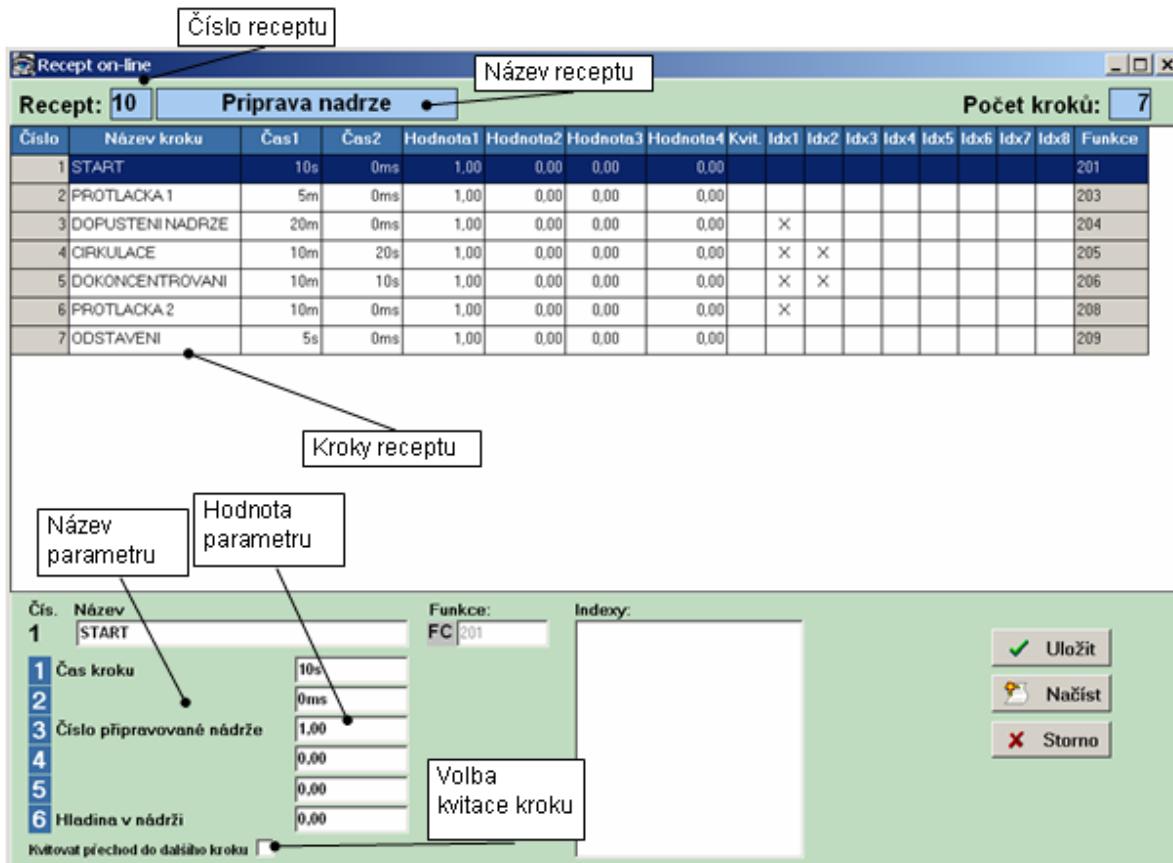
Kr.	Název kroku	Kv.	FC	FC Název	Název 1	Param.1	Název 2	Param.2
1	START		FC 201	Start	Čas kroku	5s		0ms
2	DOPOUŠTĚNÍ		FC 202	Dopouštění hla	Čas kroku	10h		0ms
3	OHŘEV	x	FC 203	Ohřev	Čas kroku	10h	Doba, po kterou	5s
4	NAJETÍ		FC 204	Najetí	Doba najízdění	50m		0ms
5	PASTERACE	x	FC 205	Pasterace	Čas kroku	100h		0ms
6	ODSTAVENÍ		FC 206	Odstavení	Doba odstavení	20s		0ms
7	KONEC		FC 207	Konec	Čas kroku	5s		0ms

Obrázek 5.15: Recept pro program

Pro správu receptů slouží obrazovka Recepty na obr. 5.15, kterou je možné vyvolat stiskem tlačítka Recepty na horní tlačítkové liště v hlavním menu. Tento podprogram umožňuje neomezené přizpůsobování receptů, jejich mazání a zakládání nových. Přístupný je pouze uživatelům s patřičným oprávněním. Při otevření se zobrazí tabulka receptů, ze kterých lze vybrat požadovaný recept pro zobrazení nebo pro editaci.

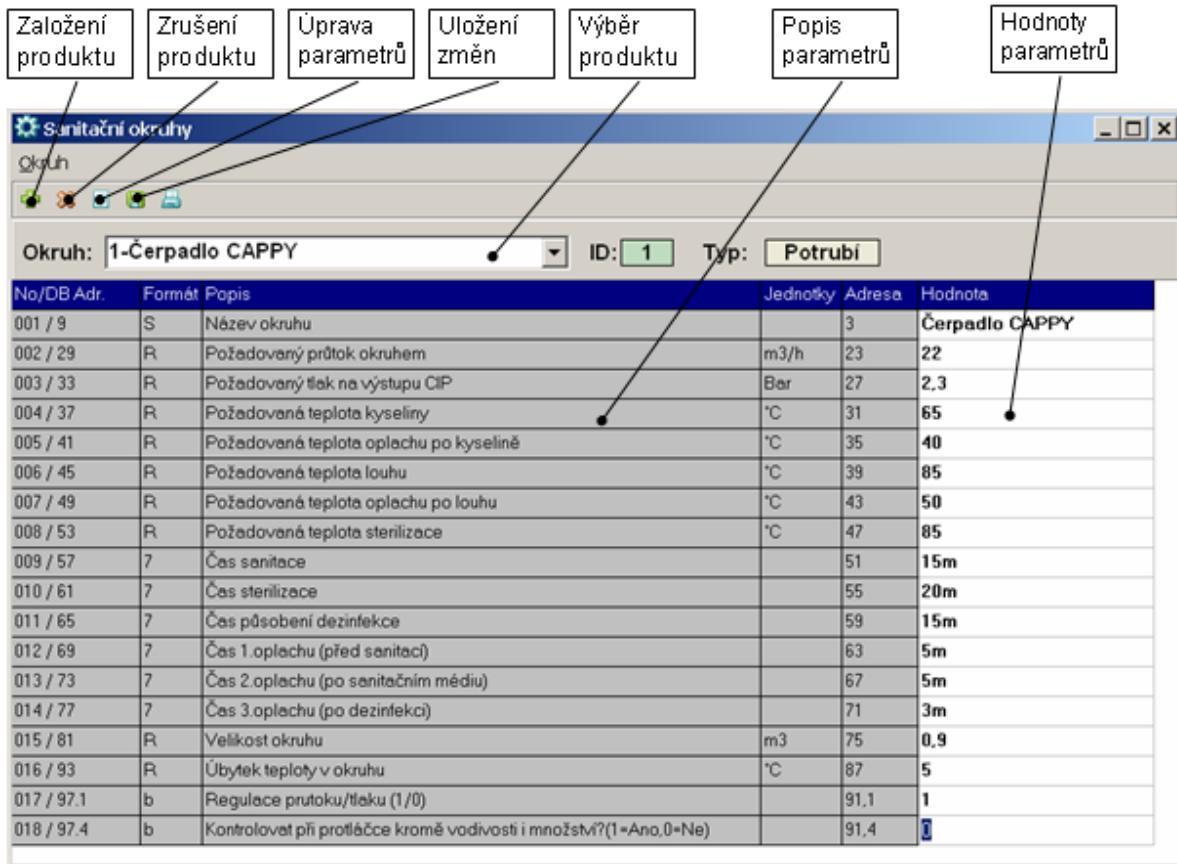
Stiskem tlačítka Recept v okně Programy nebo kliknutím na "detail receptu" ve startovacím okně programu se zobrazí okno (viz obr. 5.16) s podrobnostmi receptu umístěném na aktuální pozici zvoleného programu (tedy v paměti řídicího systému). V případě aktivace této obrazovky ze startovacího okna je můžete vybrané parametry měnit ve spodní části okna na panelu podrobností kroku. Provedené změny je nutno Uložit. Pokud je okno receptu zapnuto z okna Programy, zobrazí se poslední nahraný recept, který však nelze měnit.

Okno na obr. 5.17, které se zobrazí po volbě "Recepty/Produkty" v menu hlavní



Obrázek 5.16: Recept online

obrazovky, slouží k úpravám parametrů produktů. Každý produkt má vlastní sadu parametrů, které lze v programu vizualizace upravovat. Tyto parametry ovlivňují chování programů téměř ve všech jejich krocích. Počet produktů není fixní, proto je možné produkty zakládat a rušit. Produkty jsou číselovány od 1 do 100. Tímto číslováním je dán i maximální možný počet produktů. Při zakládání nového produktu je nutné nejprve zvolit typ nového produktu a následně jeho číslo, které je jedinečné. Produkt můžeme nazvat libovolně. Parametry se vypisují v tabulce okna, v jejímž pravém sloupečku je také možné je měnit. Při zakládání produktu je možné zaškrtnout volbu "Ponechat v tabulce původní parametry", která nám umožní pro nový produkt převzít parametry dříve zobrazeného produktu. Před prováděním změn parametrů je nutno stisknout tlačítko Upravit. Provedené změny je nutné uložit pomocí tlačítka "Uložit".



The screenshot shows a software interface titled 'Světační okruhy'. At the top, there are seven buttons: 'Založení produktu', 'Zrušení produktu', 'Úprava parametrů', 'Uložení změn', 'Výběr produktu', 'Popis parametrů', and 'Hodnoty parametrů'. Below these buttons is a toolbar with icons for creating, deleting, saving, and selecting products. The main area displays a table of product parameters for 'Okruh: 1-Čerpadlo CAPPY'. The table has columns: No./DB Adr., Formát Popis, Jednotky, Adresa, and Hodnota. The data is as follows:

No./DB Adr.	Formát Popis	Jednotky	Adresa	Hodnota
001 / 9	S Název okruhu		3	Čerpadlo CAPPY
002 / 29	R Požadovaný průtok okruhem	m3/h	23	22
003 / 33	R Požadovaný tlak na výstupu CIP	Bar	27	2,3
004 / 37	R Požadovaná teplota kyseliny	°C	31	65
005 / 41	R Požadovaná teplota oplachu po kyselině	°C	35	40
006 / 45	R Požadovaná teplota louhu	°C	39	85
007 / 49	R Požadovaná teplota oplachu po louhu	°C	43	50
008 / 53	R Požadovaná teplota sterilizace	°C	47	85
009 / 57	T Čas sanitace		51	15m
010 / 61	T Čas sterilizace		55	20m
011 / 65	T Čas působení dezinfekce		59	15m
012 / 69	T Čas 1. oplechu (před sanitací)		63	5m
013 / 73	T Čas 2. oplechu (po sanitacním médiu)		67	5m
014 / 77	T Čas 3. oplechu (po dezinfekci)		71	3m
015 / 81	R Velikost okruhu	m3	75	0,9
016 / 93	R Úbytek teploty v okruhu	°C	87	5
017 / 97.1	b Regulace průtoku/tlaku (1/0)		91,1	1
018 / 97.4	b Kontrolovat při protláčce kromě vodivosti i množství?(1=Ano,0=Ne)		91,4	1

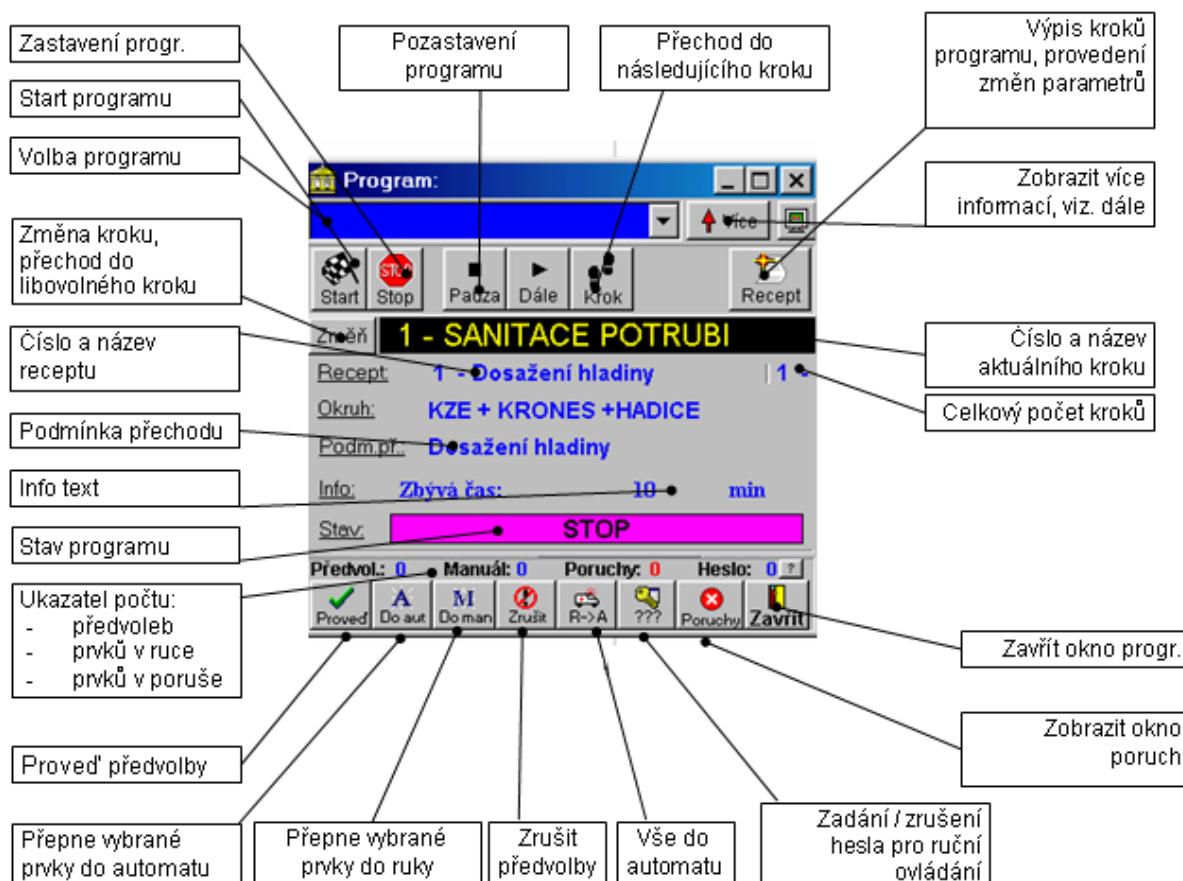
Obrázek 5.17: Parametry produktů

Po spuštění aplikace vizualizace se zobrazí okno pro přihlášení uživatele, které slouží k přiřazení přístupových práv uživateli. Všichni registrovaní uživatelé jsou rozděleni do několika skupin, které lze vytvářet ve speciálním nástroji pro správu uživatelů. Tento nástroj lze spustit v hlavním okně aplikace v menu Servis/Správa hesel. Lze zde vytvářet, upravovat či rušit skupiny a konkrétní uživatele.

Okno pro správu uživatelů obsahuje seznam skupin, které jsou v systému zavedeny. Toto okno umožňuje skupiny upravovat, přidávat či rušit.

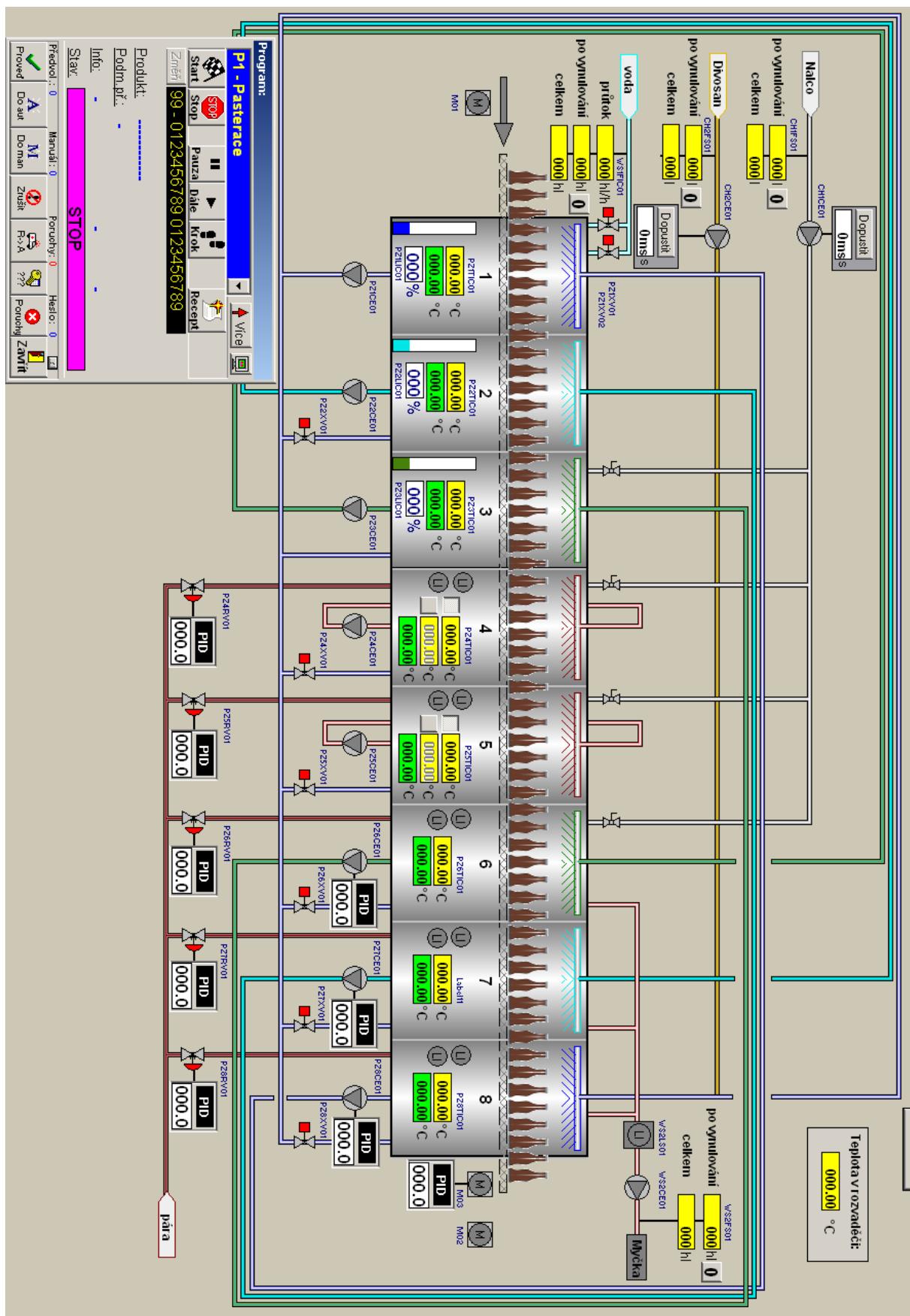
Každá skupina uživatelů má přidělena určitá přístupová práva, která umožňují zamítat přístupu či změnám v příslušných datech uživatelům, kterým to nepřísluší. Každý uživatel patří právě do jedné skupiny, která určuje jeho vlastní přístupová práva. K aktivaci omezení přístupových práv dojde při přihlášení uživatele pomocí jemu přiděleného uživatelského jména a hesla.

Na obr. 5.18 je okno programu, což je univerzální okno pro ovládání všech programů, zobrazení podrobností o každém programu, výpis kroků, nastavení parametrů a konstant programu. Zároveň jsou v tomto okně tlačítka pro ruční ovládání automatických prvků (klapky, ventily, čerpadla, motory) a zadání hesla pro ruční servisní ovládání.



Obrázek 5.18: Okno programu

Pro operátory je nejdůležitější samotná maska tunelového pasteru (obr. 5.19), jejímž základem je technologické schéma zařízení. Tato maska umožňuje sledovat měřené veličiny od senzorů, výstupy regulátorů a také kontrolovat a řídit akční členy. Z této masky je možné zobrazovat ostatní informační a řídicí okna, například okno programu či detail akčního člena. Běžná obsluha pasterizačního procesu tedy probíhá tak, že operátor aktivuje masku tunelového pasteru a v okně programu zahájí pasterizaci. Poté pomocí této masky sleduje stav procesu a v případě nutnosti provádí pomocí vizualizačního programu potřebné zásahy do automatického chodu tunelového pasteru.



Obrázek 5.19: Vizualizace tunelového pasteru na PC

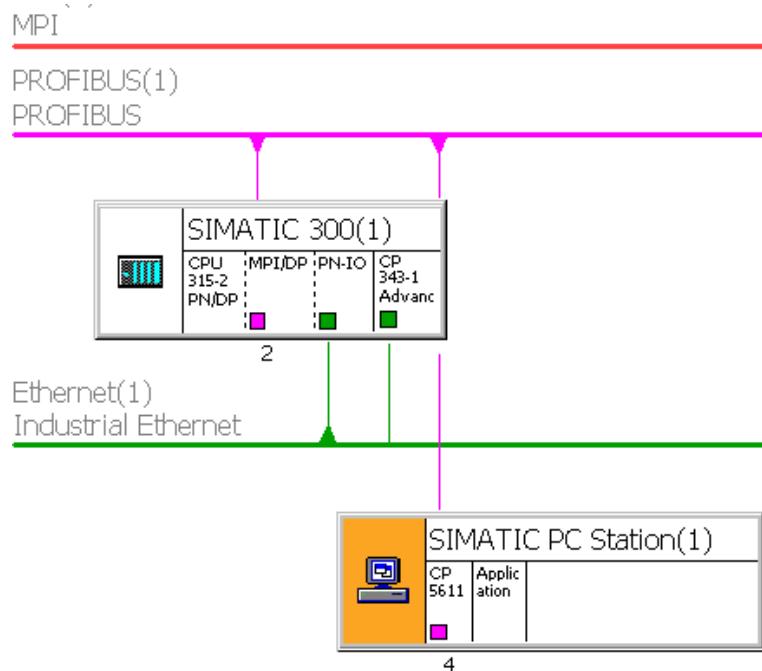
Kapitola 6

Komunikace

Tato kapitola obsahuje popis komunikace řídicího systému s ostatními zařízeními, což jsou na jedné straně zařízení pro vizualizaci (PC, operátorský panel) a na straně druhé senzory a akční členy tunelového pasteru. Dále zde najdeme základní popis použité komunikační sítě Profibus a systému Simatic NET [6] použitého pro komunikaci PLC s vizualizačním programem na PC.

6.1 Komunikace po síti Profibus

Důležitou součástí návrhu řídicího systému je navržení komunikace PLC s ostatními zařízeními, což je v této práci realizováno v případě PC a operátorského panelu pomocí

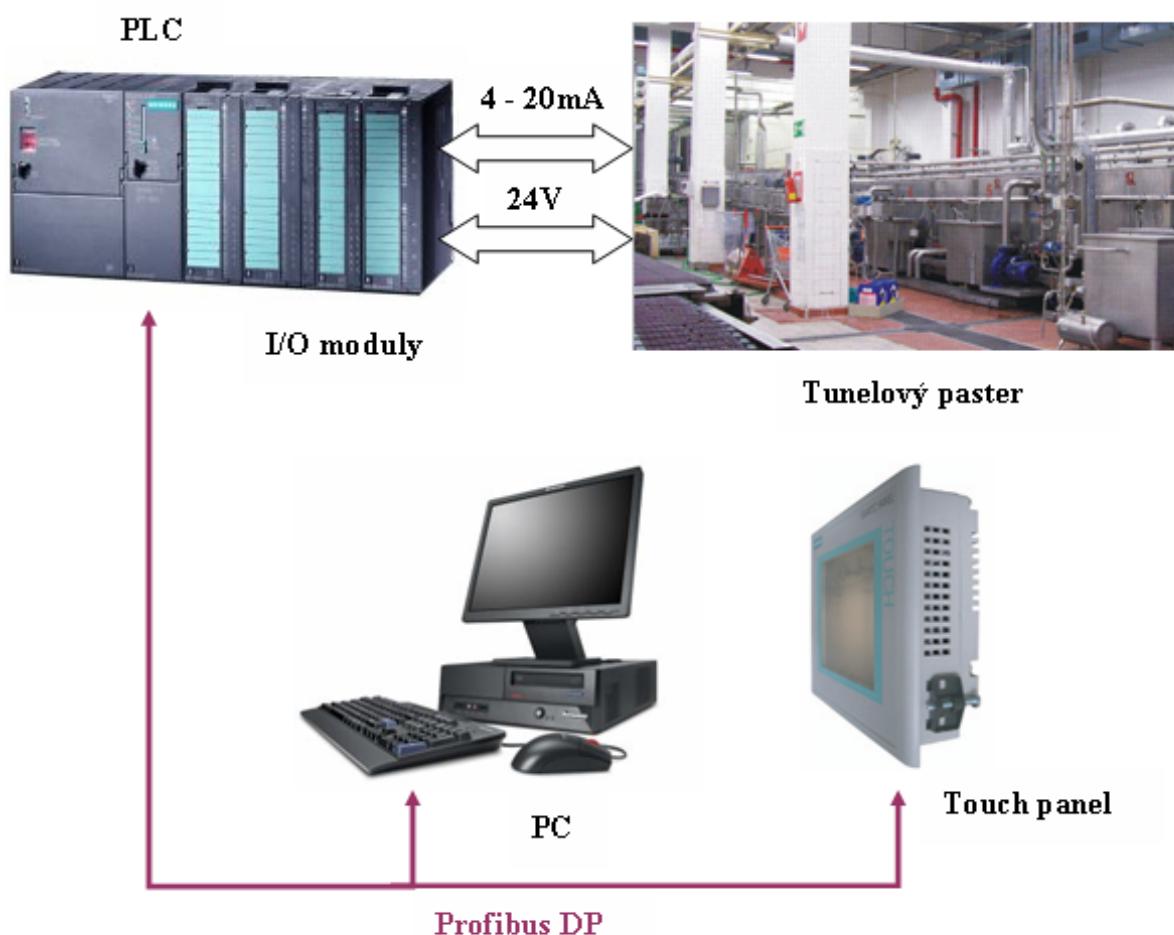


Obrázek 6.1: Nastavení komunikace mezi PLC a PC

průmyslové komunikační síť Profibus [14] podrobněji popsané v podkapitole 6.2, přičemž komunikace s PC navíc využívá komunikační kartu CP 5611 a program Simatic NET (viz podkapitola 6.3).

Komunikace se senzory a akčními členy tunelového pasteru a PLC je zajištěna pomocí vstupních a výstupních digitálních a analogových karet, přičemž digitální karty využívají napěťových úrovní a analogové karty využívají proudové smyčky a jsou kalibrovány na hodnoty proudu 4 - 20mA. Na obr. 6.1 je znázorněno nastavení komunikace v programovacím prostředí STEP7 mezi PLC a vizualizačním programem v PC pomocí komunikační sítě Profibus.

Nejdříve je třeba vytvořit tzv. SIMATIC PC Station a přiřadit jí komunikační procesor CP 5611. Na obr. 6.2 je zobrazena komunikace mezi jednotlivými zařízeními. Vidíme,

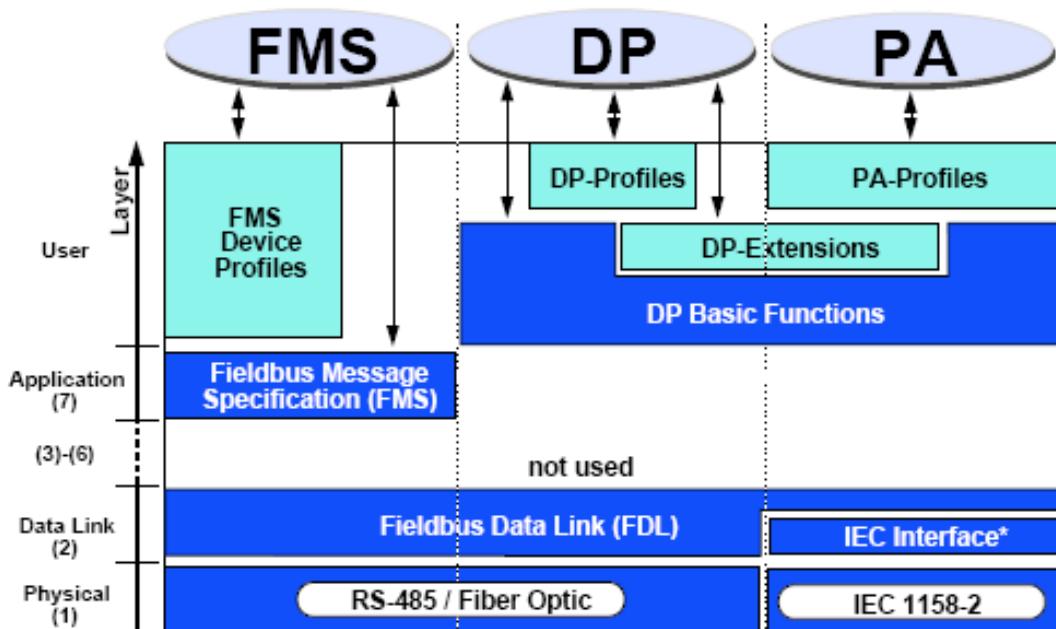


Obrázek 6.2: Schéma komunikace PLC s ostatními zařízeními

že PLC komunikuje s PC a s operátorským panelem pomocí průmyslové komunikační sítě Profibus, přičemž byla použita verze Profibus DP. Komunikace s akčními členy pasivizačního zařízení a senzory je realizována binárními a analogovými signály pomocí vstupních a výstupních analogových a binárních karet. Analogové signály jsou řešeny pomocí proudových smyček (4 - 20mA).

6.2 Profibus

Průmyslová komunikační síť Profibus (PROcess FIeld BUS) představuje v současné době jeden z velmi rozšířených komunikačních standardů v oblasti průmyslové automatizace. Je postavena na základech otevřeného komunikačního modelu ISO/OSI a je určena pro všechny oblasti automatizace.



Obrázek 6.3: Model komunikační sítě Profibus

Existují tři základní varianty komunikačního standardu Profibus:

- Profibus DP(Decentralized Periphery) je nejjednodušší a nejrozšířenější variantu Profibusu, určený pro rychlou komunikaci typu master-slave. Je vhodný zejména pro rychlý přenos signálů z procesu pomocí decentralizovaných periférií a odloučených I/O jednotek. Komunikačním médiem je buď kroucená dvojlinka (standard RS-485), nebo optické vlákno při rychlosti až 12 Mbitů/s.
- Profibus FMS(Fieldbus Message Specification) nabízí komunikační standard pro komunikaci v heterogenním prostředí a s velkou množinou služeb pro práci s daty, programy a alarmy. Komunikačním médiem je podobně jako u varianty Profibus DP buď kroucená dvojlinka (standard RS-485), nebo optické vlákno, avšak rychlosť je už nižší.
- Profibus PA(Process Automation) používá rozšířenou normu Profibus DP a je určen pro řízení pomalých procesů zvláště ve výbušném prostředí, neboť splňuje požadavky na jiskrovou bezpečnost. Aby bylo možné síť využívat v tomto prostředí, je použita i speciální fyzická vrstva - proudová smyčka podle standardu IEC 1158-2. komunikující stálou rychlosťí 31,25 kbit/s.

V této práci je pro komunikaci mezi PLC a zařízeními pro vizualizaci (operátorským panelem a PC) použit Profibus DP s přenosovou rychlosťí 1.5 Mb/s.

6.3 Simatic NET

Simatic NET zahrnuje celou skupinu komunikačních sítí a produktů firmy Siemens a umožňuje širokou škálu využití v automatizační technice. Pro potřeby průmyslové automatizace lze komunikaci rozdělit na tři úrovně:

- Provozní úroveň zahrnuje ovládání procesní komunikace a je v systému Simatic NET realizována pomocí Profibus DP a AS-Interface.

- Distribuční úroveň obsahuje distribuci získaných procesních dat k různým automatačním systémům či k PC pro operátorskou kontrolu a sledování. Pro tyto funkce lze použít průmyslové komunikační sítě Profibus a Industrial Ethernet (Průmyslový Ethernet).
- Úroveň managementu slouží k další práci s procesními daty. To zahrnuje jejich ukládání a přenášení dále pro jejich další použití a analýzu. K tomu v prostředí Simatic NET slouží komunikační síť Industrial Ethernet.

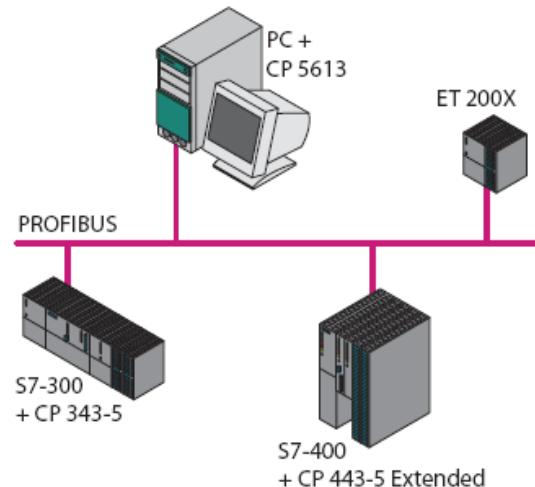
6.3.1 S7 protokol

S7 protokol slouží ke komunikaci mezi programovatelným automatem a PC nebo pro výměnu dat mezi více PLC propojených průmyslovou komunikační sběrnicí. Je optimalizován pro komunikaci s programovatelnými automaty SIMATIC.

Užitečnou funkcí je možnost monitoringu komunikace. S7 protokol nabízí jednoduché a výkonné komunikační služby. Data jsou přenášena mezi aplikací na PC a programovatelným automatem podle komunikačního modelu Klient-Server. Na žádost klienta jsou data poskytnuta serverem. Výměna dat mezi více PLC probíhá také podle architektury Klient-Server.

Při vytváření komunikace dochází automaticky k nastavení nevhodnějších parametrů komunikační cesty pro obě strany. Důležitými parametry jsou velikost datových paketů a počet poslaných a přijmutých zdrojů, které mohou být použity současně.

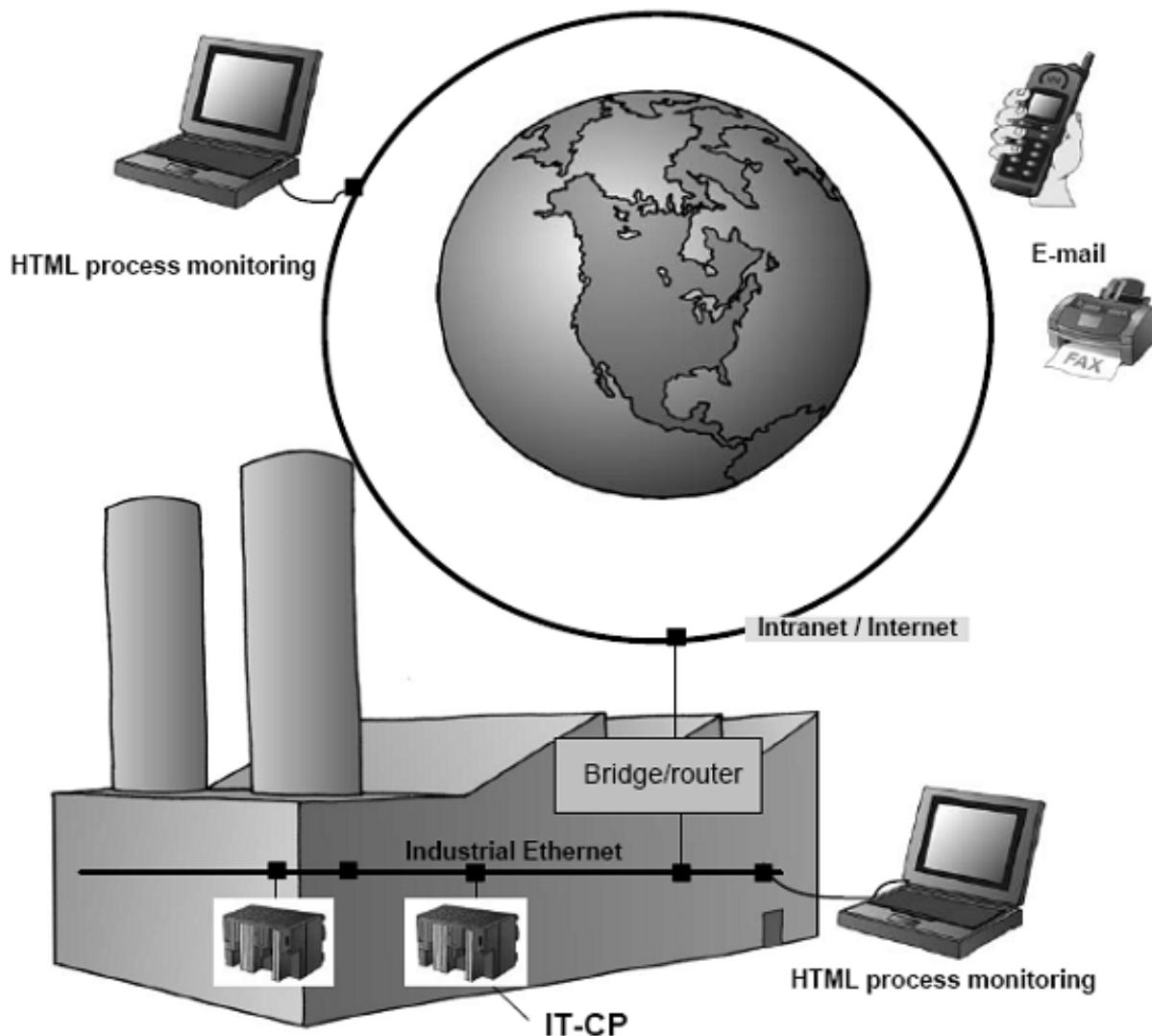
Mezi základní služby S7 protokolu patří zobrazení stavu připojení, funkce pro čtení a zápis proměnných, přenos velkých bloků dat, nahrávání a mazání bloků za chodu programu v PLC, služba pro procesní zprávy o událostech (např. alarmy), zajištění bezpečnosti nastavením přístupového hesla.



Obrázek 6.4: Typická konfigurace komunikace pro Profibus

6.4 Vzdálený přístup

Vzdálený přístup k PLC prostřednictvím sítě internet lze realizovat pomocí komunikačních procesorů označovaných jako IT-CP [10]. Jak je vidět na obr. 6.5, může být komunikace realizována přímo pomocí průmyslového Ethernetu (Industrial Ethernet) nebo přes router (směrovač), který je spojen s komunikačním procesorem rovněž průmyslovým ethernetem a ze kterého jsou data dále distribuována do sítě internet či intranet. Rozdíl spočívá v nastavení IP adres. Pro komunikaci s PLC je nutné vytvořit komunikační rozhraní mezi uživatelem a programovatelným automatem. To je možné realizovat pomocí HTML stránek, na kterých je spuštěn program umožňující komunikaci s PLC prostřednictvím komunikačního procesoru IT-CP.



Obrázek 6.5: Schéma vzdáleného přístupu k PLC přes internet s využitím CP 343-1 advanced

6.4.1 CP 343-1 Advanced

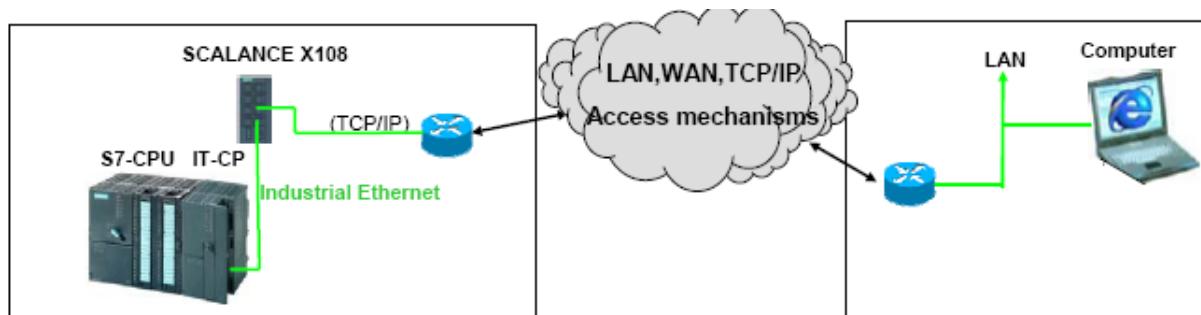
V našem případě byl použit komunikační procesor CP 343-1 Advanced [8] od firmy Siemens. Tento procesor umožňuje obousměrnou komunikaci, což znamená, že lze technologický proces vzdáleně monitorovat i řídit.

CP 343-1 Advanced slouží jako webserver. Obsahuje flash paměť, na kterou lze pomocí služby FTP nahrát internetové stránky, ke kterým lze přistupovat přes internetový prohlížeč. Program pro vzdálenou správu je koncipován jako HTML stránky, na kterých běží applet vytvořený v programovacím jazyku Java [17] využívající balíčky komponent vytvořené firmou Siemens pro komunikaci s programovatelnými automaty. Applet [2] realizuje komunikační rozhraní mezi uživatelem a řídicím systémem. Pomocí tohoto komunikačního appletu lze provádět čtení proměnných z datových bloků a zápis dat do datových bloků v PLC a například zobrazení aktuálního stavu PLC.

Velkou výhodou tohoto řešení je, že lze pomocí tohoto spojení také nahrávat programy do PLC, což je při potřebě relativně malých změn při inovaci projektu velmi cenné. Program lze upravovat v prostředí STEP7, kde lze po nastavení komunikace s PLC aktivovat online režim, kdy jsou zobrazena aktuální data v PLC. Nevýhodou tohoto řešení je menší rychlosť. Bezpečnost komunikace je zajištěna přístupovým heslem, bez kterého nelze komunikaci aktivovat. Na obr. 6.7 je znázorněno schéma komunikace pomocí routeru. Vzdálený přístup je realizován protokolem TCP/IP přes síť WAN či LAN.



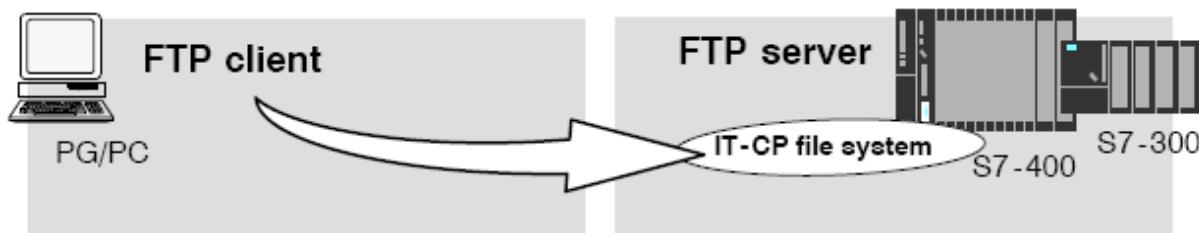
Obrázek 6.6: CP 343-1 advanced



Obrázek 6.7: Schéma vzdáleného přístupu k PLC přes internet s využitím CP 343-1 advanced

Přístup do paměti komunikačního procesoru CP 343-1 advanced pomocí služby FTP

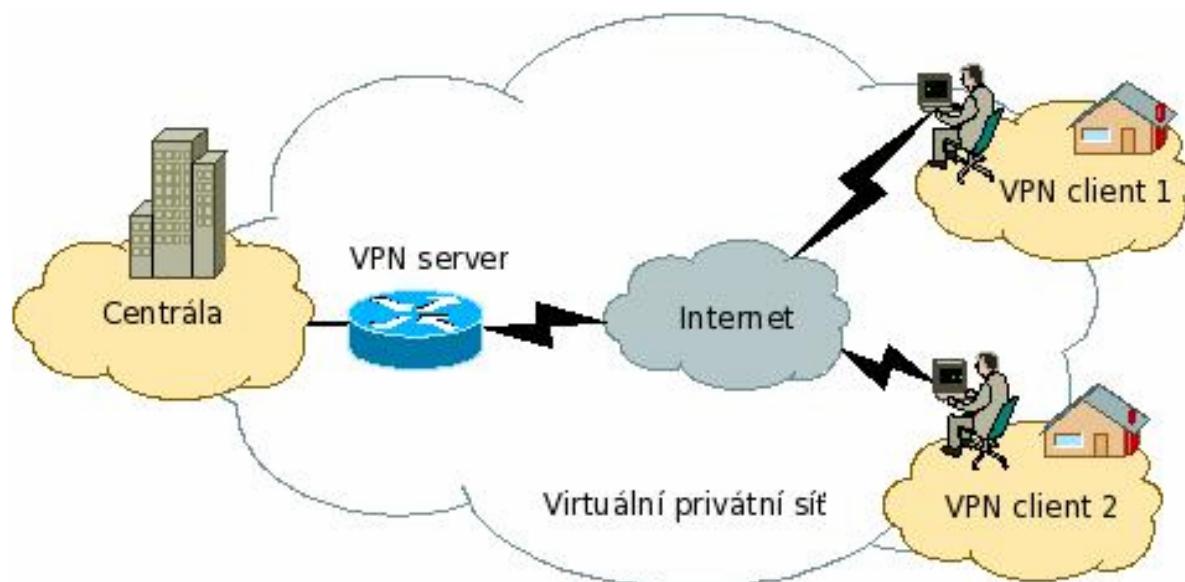
je koncipován jako komunikace mezi serverem a klientem (viz obr. 6.8). Tímto způsobem je možné nahrávat do komunikačního zařízení HTML stránky a programy pro komunikaci (v našem případě Java applety). Flash paměť používaná pro tyto účely má velikost 28 MB.



Obrázek 6.8: Přístup do flash paměti CP 343-1 advanced prostřednictvím služby FTP

6.4.2 VPN připojení

Pro vzdálenou přístup k řídicímu systému z lokální sítě mimo firemní síť obsahující připojení ke komunikačnímu procesoru byla použita technologie VPN.



Obrázek 6.9: Schéma komunikace mezi Java komponentami pro přístup k datům uloženým v PLC

Virtuální privátní síť (VPN), je prostředek pro propojení několika sítí LAN či klientských stanic v jednu velkou logickou síť. V tomto projektu byl použit typ client-to-net. Tento typ VPN slouží k připojení koncových uživatelů do firemní sítě. Uživatel se

přes klientský software (VPN klient) připojí do firemní sítě ke komunikačnímu procesoru CP343-1 a může tak komunikovat s programovatelným automatem. Přenášená data jsou opět šifrována a klient je autentifikován pomocí certifikátu a přístupového hesla. Schéma takovéto komunikace je na obr. 6.9.

6.4.3 Java applet pro komunikaci s PLC

Applet je program vytvořený v programovacím jazyku Java určený pro umístění na webový server, kde je včleněn do HTML dokumentu tvořícího webové stránky. Při otevření webových stránek obsahujících applet dojde k jeho automatickému nahrání do klientského počítače, kde se spustí.

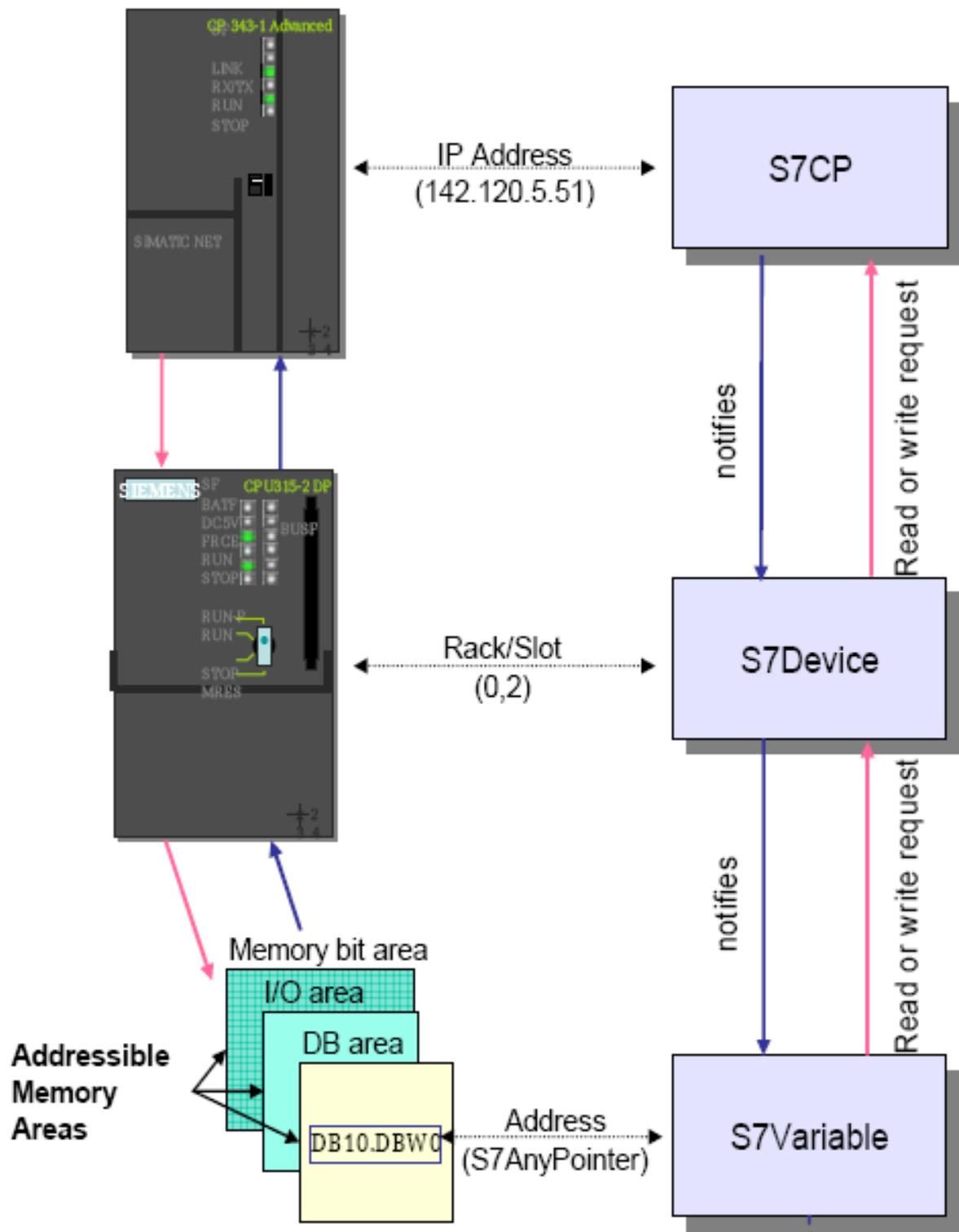
Z bezpečnostních důvodů má applet omezeny některé funkce. Mezi hlavní omezení patří to, že applet nemůže zapisovat do souborů na straně klienta, nemůže spouštět programy na domovském serveru a nemá povoleno navazovat síťová spojení s jiným než domovským serverem.

Naopak mezi rozšířené funkce appletu patří možnost požádat webový prohlížeč o zobrazení libovolné www stránky a také komunikace s ostatními applety umístěnými na stejné www stránce.

Pro komunikaci s PLC byly použity speciální balíčky Java komponent vytvořené firmou Siemens. Tyto balíčky se nazývají S7Beans [9]. Na obr. 6.10 vidíme schéma komunikace mezi základními komunikačními komponentami. Existují tři komponenty, přičemž každá obstarává komunikaci na určité úrovni:

- S7CP je navázána přes IP adresu na komunikační procesor. Po nastavení požadované IP adresy přiřadíme k S7CP komponentu S7Device.
- S7Device je komponenta ukazující na programovatelný automat pomocí parametrů rack a slot. K S7Device lze přiřadit komponentu S7Variable.
- S7Variable využívá komponentu S7AnyPointer pro přístup k datům v datových blocích programovatelného automatu. Je nutné nastavit typ proměnné, číslo datového bloku, adresu proměnné a některé další parametry.

Je tedy vidět, že tyto komponenty tvoří určitou hierarchii umožňující přístup k proměnným, které jsou uloženy v datových blocích programovatelného automatu.



Obrázek 6.10: Schéma komunikace mezi Java komponentami pro přístup k datům v PLC

Kapitola 7

Závěr

V této práci byl vytvořen program pro řízení pasterizace nápojů v tunelovém pasteru firmy Coca-Cola Beverages. Řízení tohoto technologického procesu bylo realizováno programovatelným automatem S7-300 s procesorem CPU 315-2 PN/DP. Výsledkem tohoto projektu je vytvoření plně automatického provozu pasterizačního zařízení, k jehož sledování a řízení stačí jedna osoba pracující na PC s programem pro vizualizaci a ovládání tohoto technologického procesu. Program má koncepci sekvenčního řízení, což znamená, že je tvořen po sobě následujícími kroky, přičemž přechody mezi kroky jsou provedeny pouze při splnění požadovaných podmínek.

Součástí programu je také regulace teplot vody v jednotlivých vanách pasteru (viz obr. 4.11) a regulace hladin v zóně 1,2 a 3 (viz obr. 4.12). PID regulátory byly experimentálně navrženy tak, aby regulace vyhovovala zadaným požadavkům. Z obrázků regulací je vidět, že regulace není zcela optimální. Hlavním faktorem způsobujícím výkyvy regulovaných teplot v jednotlivých zónách pasterizačního zařízení je nekontinuální přísun lahví či plechovek do pasteru. Časté mezery mezi lahvemi či plechovkami procházejícími pasterem způsobené přerušováním dodávek produktů ze vstupního pásového dopravníku vychylují rovnovážný stav zařízení. Na druhou stranu lze říci, že požadavky na regulaci hladin a teplot byly splněny. Proces pasterizace se řídí normou, která určuje časové pásmo, ve kterém má nápoj teplotu, při které probíhá pasterizace. Při příliš krátké době vystavení potraviny pasterizační teplotě nedojde ke zničení dostatečného množství bakterií a dalších organizmů, které mohou později konzumentům způsobovat zažívací problémy. Druhý extrém je překročení povolené teploty nebo doby vystavení produktu pasterizační teplotě. V tomto případě může dojít ke změně chemické struktury potravin, což může mít za následek změnu chuti.

V další části této práce byly vytvořeny programy pro vizualizaci pasterizačního zařízení na operátorském panelu a na PC. Koncepce je taková, že operátorský panel slouží pouze

jako záložní vizualizační zařízení, což znamená, že jeho používání se předpokládá pouze při poruše PC. Program pro sledování a ovládání tunelového pasteru na PC nabízí oproti operátorskému panelu mnohem více funkcí a také lepší grafické provedení. Lze na něm sledovat hodnoty získávané z jednotlivých čidel jako jsou digitální a analogové hladinové sondy, průtokoměry, teploměry a další. Dále může obsluha sledovat stavy akčních členů (motorů a čerpadel). Pro provedení pasterizace stačí spustit program. Pak již dochází k přechodům do dalších kroků automaticky při splnění zadaných podmínek. V některých případech navíc program vyžaduje potvrzení přechodu do dalšího kroku od operátora.

Komunikace mezi programovatelným automatem a zařízeními pro vizualizaci (operátorský panel a PC) byla realizována prostřednictvím komunikační sítě Profibus (Profibus DP). Pro komunikaci mezi PLC a aplikací na PC byl použit komunikační procesor CP 5611 a program Simatic NET.

Kromě toho byl také vytvořen program pro komunikaci s řídicím systémem přes síť internet. K tomu byl použit speciální komunikační procesor CP 343-1 Advanced z řady procesorů označovaných IT-CP. Byly vytvořeny HTML stránky a Java applet využívající balíčky funkcí s názvem S7Beans vytvořené firmou Siemens, který je z těchto stránek spouštěn. Obojí je nahráno na flash paměti komunikačního zařízení, které slouží jako web server. Spuštění komunikačního rozhraní realizovaného Java appletem je možné pomocí internetového prohlížeče zadáním nastavené IP adresy. Toto je však možné pouze při připojování z místní sítě. Pro vzdálený přístup z cizí lokální sítě je možné použít technologii VPN (Virtual Private Net), která umožňuje propojit více lokálních sítí. Klient se ze své lokální sítě připojí pomocí VPN klienta zadáním přidělené IP adresy a hesla. Po úspěšném připojení již lze pomocí internetového prohlížeče spustit komunikační program zadáním nastavené IP adresy. Java applet obsahuje okna pro výpis poruch a událostí, detailů akčních členů a některé další funkce obdobné jako vizualizační program na operátorském počítači.

Velkou výhodou použití komunikačního procesoru z řady IT-CP je možnost připojit se k programovatelnému automatu z prostředí STEP7, což umožňuje sledovat programové bloky PLC v režimu On-line, ale také stažení zálohy programu z PLC na počítač či provádění změn v programu. To je zvláště při potřebě relativně malých změn při inovaci projektu či opravování chyb velmi cenné. Co se týká nevýhod tohoto řešení, je na prvním místě velká cena komunikačního procesoru. Další omezení je dáno parametry internetového připojení.

Co se týká možného vylepšení této práce v budoucnu, jedná se zejména o rozšíření funkcí programu pro vzdálené připojení k řídicímu systému přes internet. Dále by bylo možné pokusit se navrhnout lepší sady PID regulátorů pro regulaci teplot v jednotlivých

zónách pasteru při pasterizaci. Jedná se o to, že pasterizované nápoje mají různou hustotu, což ovlivňuje průběh teplotních změn při regulaci. Proto by bylo žádoucí navrhnut pro jednotlivé skupiny nápojů odpovídající sady PID konstant. Ke zlepšení regulace by také vedla výměna regulačních ventilů páry, protože použité ventily jsou dimenzovány na příliš malé hodnoty tlaků, a bylo tudíž nutné překalibrovat řídicí signály z PLC na menší hodnoty, čímž došlo ke snížení citlivosti regulace. Rovněž by bylo možné zajistit lepší využití vody při pasterizaci připojením přepadů všech van do potrubí vedoucích do myčky. V současné době je voda do myčky vedena pouze z van v zónách 6 až 8. Z ostatních van odtéká voda do odpadního kanálu a dále se nevyužívá.

Literatura

- [1] *Pasteurization.*
[http://en.wikipedia.org/wiki/Pasteurization.](http://en.wikipedia.org/wiki/Pasteurization)
- [2] *Java applety.*
[http://java.sun.com/docs/books/tutorial/deployment/applet.](http://java.sun.com/docs/books/tutorial/deployment/applet)
- [3] *Programming with STEP 7 V5.4.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/STEP7-prog.](http://support.automation.siemens.com/WW/STEP7-prog)
- [4] *Working with STEP 7 V5.4 Getting Started.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/STEP7-GettingStarted.](http://support.automation.siemens.com/WW/STEP7-GettingStarted)
- [5] *Configuring Hardware and Communication Connections STEP 7 V5.4.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/STEP7-HW.](http://support.automation.siemens.com/WW/STEP7-HW)
- [6] *SIMATIC NET PROFIBUS Networks.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/Simatic-NET-profibus.](http://support.automation.siemens.com/WW/Simatic-NET-profibus)
- [7] *TP 177B.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/TP177B.](http://support.automation.siemens.com/WW/TP177B)
- [8] *CP 343-1 Advanced for Industrial Ethernet.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/CP343-1advanced.](http://support.automation.siemens.com/WW/CP343-1advanced)
- [9] *S7Beans/Applets for IT-CPs programming.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/CP343-1/S7Beans.](http://support.automation.siemens.com/WW/CP343-1/S7Beans)
- [10] *Information Technology in SIMATIC S7 with CPs for S7-300 and S7-400.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/IT-S7.](http://support.automation.siemens.com/WW/IT-S7)
- [11] *Simatic S7-300, CPU315-2PN/DP.*
[http://support.automation.siemens.com/WW/CPU315-2PNDP.](http://support.automation.siemens.com/WW/CPU315-2PNDP)

- [12] *WinCC flexible.*
<http://www.automation.siemens.com/hmi/wincc-flexible>.
- [13] *S7-300.*
<http://www.automation.siemens.com/simatic/simatic-s7-300>.
- [14] *Profibus.*
<http://www.profibus.com/>.
- [15] BERGER, H. *Automatizace se Stepem 7 v AWL*. Publicis MCD Verlag, 1998.
- [16] CANTU, M. *Mastering Delphi 7*. Sybex, 2003.
- [17] ECKEL, B. *Thinking in Java*. Prentice Hall, 2002.
- [18] FRANKLIN, G., POWELL, D. a EMAMI-NAEINI, A. *Feedback control of dynamic systems*. Prentice Hall, 2006.