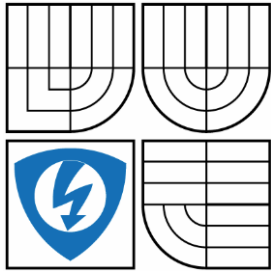


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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

DIGITÁLNÍ REGULÁTOR PRO OHŘEV LISU DŘEVOTŘÍSKY NA BÁZI SIMATIC S7-1500, TIA PORTAL V12

DIGITAL CONTROLLER FOR HEATING A PRESS FOR MOLDING PLYWOOD BASE ON
SIMATIC S7-1500, TIA PORTAL V12

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

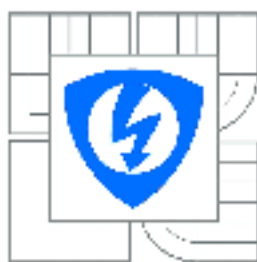
MICHAL LESÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PÁSEK, CSs.

BRNO 2015



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: Michal Lesák

ID: 154789

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Digitální regulátor pro ohřev lisu dřevotřísky na bázi Simatic S7-1500, TIA Portal V12

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Jedná se o alternativní řešení regulace teploty na bázi PLC Simatic pro lis dřevotřísky, které by nahradilo existující samostatný regulátor teploty.

1. Popište technologii lisování dřevotřísky, pro kterou se má řízení vytvořit.
2. Navrhněte strukturu digitálního regulátoru a popište HW a SW prostředky, které budou použity.
3. Realizujte digitální regulátor v prostředí TIA Portal V12.
4. Navrhněte implementaci regulátoru do řídicího systému výrobní linky

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Manuály firmy Siemens pro řídicí systémy SIMATIC

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Jan Pásek, CSc.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, 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

Předložená bakalářská práce se věnuje návrhu koncepce digitální regulátor pro ohřev lisu pro lisování dřevotřísky. Skládá se ze dvou částí, z teoretické části a z části praktické. V teoretické části práce jsou na základě poznatků z odborné literatury vymezeny pojmy ohledně hardwaru a softwaru, který se bude používat pro návrh regulátoru. Praktická část zahrnuje návrh koncepce regulátoru, který je prováděn pomocí Totally Integrated Automation Portal od společnosti Siemens. Dalším, čím se bakalářská práce zabývá, je zobrazení a ovládání pomocí Basic panelů druhé generace. Výsledný regulátor poté bude předán firmě Dieffenbacher jako funkční blok, který může být uveden do praxe.

Klíčová slova

regulátor, kontinuální lisovací systémy, PLC, procesorová jednotka, Basic panel, TIA Portal

Abstract

This bachelor's thesis deals with design of digital controller for heating press for molding plywood. The theoretical part is based on the scientific literature defines terms concerning hardware and software, which will use it for the controller design. The practical part, which will be made in the bachelor thesis, includes a controller design, which is performed by Totally Integrated Automation Portal from Siemens. Another, more work is engaged, the display and control with Basic panel of the second generation. The resulting controller will then be forwarded to the company Dieffenbacher as a function block, which can be put into practice.

Keywords

regulator, continuous press systems, PLC, CPU, Basic panel, TIA Portal

Bibliografická citace:

LESÁK, M. Digitální regulátor pro ohřev lisu dřevotřísky na bázi Simatic S7-1500, TIA Portal V12 . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 61 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pásek, CSc..

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Digitální regulátor pro ohřev lisu dřevotřísky na bázi Simatic S7-1500, TIA Portal V12 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: **25. května 2015**

.....

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 bakalářské práce.

V Brně dne: **25. května 2015**

.....

podpis autora

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Výrobní linka	12
2.1	kontinuální lisovací systémy-CPS.....	13
3	Hardwarové a softwarové Prostředky digitálního regulátoru	15
3.1	HW prostředky	15
3.1.1	Seznámení s PLC Siemens Simatic S7 – 1500.....	16
3.1.2	Procesorová jednotka typu 1511-1 PN	16
3.1.3	SIMATIC S7-1500/ET 200MP analogový vstupní modul AI 8xU/I/RTD/TC ST	19
3.1.4	SIMATIC S7-1500/ET 200MP Analog Output Module AQ 2xU/I ST....	19
3.1.5	Směšovací ventil	20
3.1.6	Platinové teplotní čidlo PT-100	20
3.1.7	Simatic HMI Basic – Basic panely 2. Generace.....	21
3.2	Software prostředky	22
3.2.1	TIA PORTAL V13	22
4	Řízení.....	23
4.1	Ovládání	23
4.2	Regulace.....	23
4.2.1	Základní pojmy při regulaci.....	24
5	Model ohřívání.....	26
6	Identifikace Soustavy.....	28
6.1	Měření přechodové charakteristiky.....	28
6.2	Aproximace přechodové charakteristiky.....	29
7	Návrh PI Regulátoru	34
7.1	Určení následné metody návrhu PI regulátoru.....	34
7.2	Metoda geometrického místa kořenů	34
7.3	PID regulátor TCONT_CP.....	36
7.3.1	Nastavení bloku TCONT_CP	37
8	Konfigurace PLC S7-1500 V TIA portal.....	43
9	Vizualizace.....	45

9.1	Basic panel KTP700 BASIC PN.....	45
9.2	Přidání HMI panelu do projektu v TIA PORTAL	45
9.3	Vytvoření vizualizace pro technologický proces	47
10	Implementaci regulátoru do řídicího systému výrobní linky.....	51
11	Závěr	57

Seznam Obrázků

Obr. 1 Výrobní linka	12
Obr. 2 Průběžný nárůst tlaku	13
Obr. 3 Rychlý nárůst tlaku	14
Obr. 4 PLC S7-1500	16
Obr. 5 Zadní strana CPU	17
Obr. 6 Přední strana CPU	17
Obr. 7 blokové schéma CPU 1511-1 PN	18
Obr. 8 Analogový vstupní modul Ai 8xU/I/RTD/TC	19
Obr. 9 Analogový výstupní modul AQ 2xU/I ST	20
Obr. 10 Platinové teplotní čidlo	20
Obr. 11 Ukázka Basic panelu 2nd generace	21
Obr. 12 Koncept TIA portal	22
Obr. 13 Ovládání	23
Obr. 14 Regulace	24
Obr. 15 Základní blokové schéma regulačního obvodu	25
Obr. 16 Model ohřívání	26
Obr. 17 Regulační obvod	27
Obr. 18 Graf naměřené přechodové charakteristiky	28
Obr. 19 Normalizovaná přechodová charakteristika	30
Obr. 20 Přechodová charakteristika přenosu řízení	35
Obr. 21 Blokový Diagram TCONT_CP [5]	36
Obr. 22 Control zone	41
Obr. 23 Schéma ukládání a obnovování parametrů	42
Obr. 24 PLCSIM konfigurace	43
Obr. 25 Hardwarová konfigurace	43
Obr. 26 PG/PC interface	44
Obr. 27 Přidání HMI panelu	46
Obr. 28 Ukázka nastavení průvodce system screens	46
Obr. 29 Úvodní obrazovka HMI	47
Obr. 30 Graf PI regulátoru HMI	48

Obr. 31 Rám 1 HMI.....	49
Obr. 32 Ukázka vyvolání klávesnice HMI	50
Obr. 33 Implementace graf HMI	56

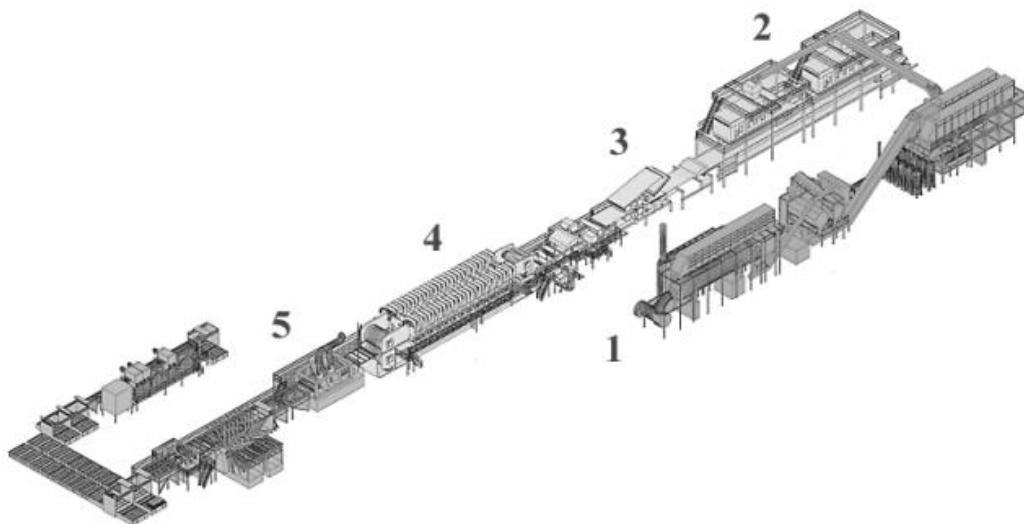
1 ÚVOD

Hlavním cílem bakalářské práce je navrhnout a vytvořit koncepční řešení PI regulátoru na bázi PLC Simatic S7. Hlavní uplatnění by měl regulátor najít v oblasti regulování teploty u kontinuálních lisovacích systémů. Úlohou regulátoru je řízení teploty na povrchu topných desek.

V úvodu práce se seznámíme s možnostmi lisovacích systémů. Součástí práce je pak i návrh, jak softwarového, tak i hardwarového řešení PI regulátoru. K úspěšnému vyřešení zadaných cílů bude nutné se seznámit s tvorbou vizualizací v programu WINCC. Vytvoření vizualizace s možností parametrizace PI regulátoru a zobrazení trendů hodnot v reálném čase prostřednictvím operátorského panelu a také seznámení s programováním v prostředí TIA Portal. Následně zvolit vhodný funkční blok pro realizaci samotného regulátoru.

Práce je vypracovávána pro firmu, která nese název Dieffenbacher. Tato firma má snahu přejít ze stávající technologie na novou technologii ovládání, za pomoci nových PLC SIMATIC S7-1500.

2 VÝROBNÍ LINKA



Obr. 1 Výrobní linka

Na Obr. 1 je vidět schéma výrobní linky v Jihlavě, kterou vyrábí firma Dieffenbacher. V první části dochází k vysoušení třísek na optimální vlhkost, jejich třídění a dodání lepicí směsi. Jako další část výrobního procesu je formování koberce do jednotlivých vrstev. Horní a spodní vrstvy mají orientaci ve směru osy výrobního procesu. Středová část má orientaci kolmo na osu výrobního procesu. Tato orientace třísek slouží k zlepšení vlastností samotné desky. Poté v části tři dochází k předlisování směsi. Tím se částečně zredukuje tloušťka navrstveného koberce. V části čtyři dochází k nezajímavější části lisování za pomoci kontinuálního lisovacího systému na požadovanou konečnou tloušťku desky. V konečné fázi dochází k nařezání nekonečného koberce třísek a k uschování v klimatizovaných sušících systémech.

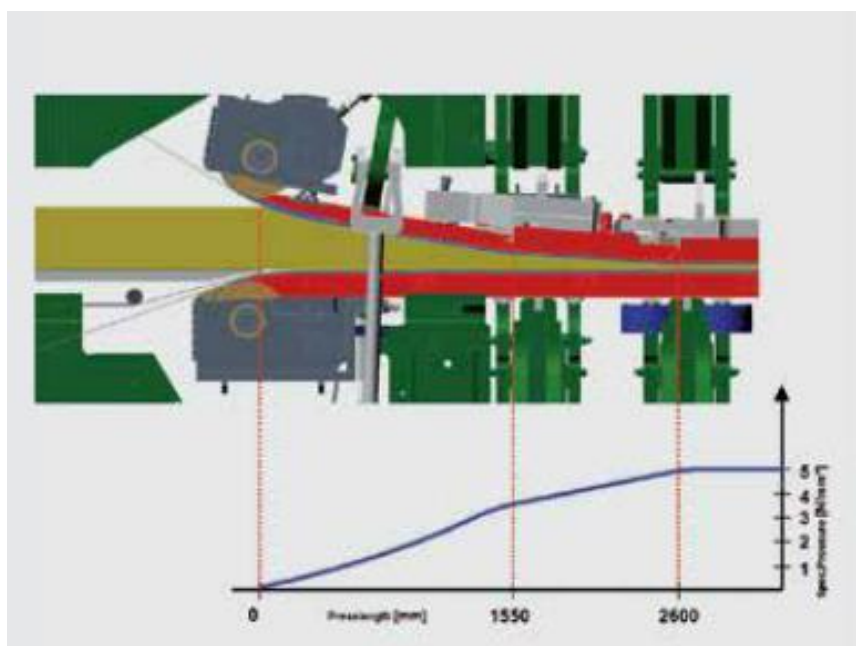
2.1 kontinuální lisovací systémy-CPS

Lisovací proces probíhá mezi dvěma ocelovými pásy, které obíhají po pevné lisovací dráze. Lis je tvořen horní a spodní topnou deskou. Spodní deska je podepřena hydraulickými válci, pomocí kterých se pohybuje nahoru a dolů. Za pomoci ocelových pásů vyvolává tlak na třískový koberec. Čas potřebný pro tento proces je závislý na rychlosti přísunu tepla do středové vrstvy a času dostačujícího k odpovídajícímu vytvrnutí lepidla.

Nová technologie lisování od firmy Dieffenbacher nabízí dokonale hladké povrchy lisování s tolerancí ± 0.05 mm, která napomáhá ke snížení spotřeby materiálu. Výsledkem jsou poté vysoce kvalitní desky.

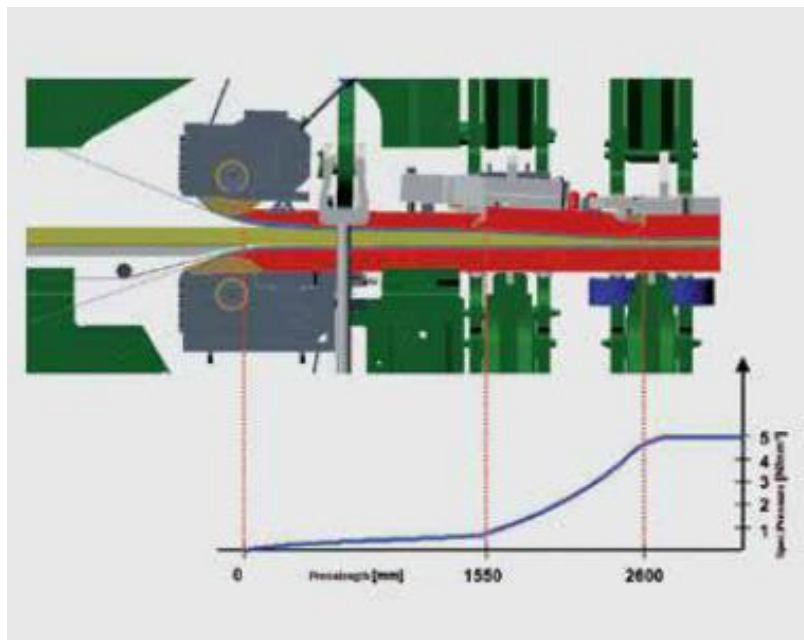
Přesné rozložení tlaku za pomoci paralelního tlaku v mezeře

Nejdůležitějším prvkem celého lisu je právě PPS (systém pro paralelní stisknutí v mezeře). Inovativní princip zahrnuje cílené posunutí horních a spodních prvků rámu,



Obr. 2 Průběžný nárůst tlaku

který vytváří velmi rovnoměrné rozložení tlaku při lisování. Na Obr. 2 je vidět lisování při rychlém nárůstu tlaku, které se používá při pomalém chodu celého systému. Toto lisování zajišťuje vysokou pevnost v ohybu a dobrou kvalitu. Jako další možnost,



Obr. 3 Rychlý nárůst tlaku

na Obr. 3, se naskýtá lisování při rychlém nárůstu tlaku, který zajišťuje vysokou produkci výroby tenkých desek. Největší výhoda oproti pomalému lisování, je velmi dobré odvědušnění lisu tzn. nedochází k zahřívání celého lisu.

3 HARDWAROVÉ A SOFTVÁROVÉ PROSTŘEDKY DIGITÁLNÍHO REGULÁTORU

Pro návrh koncepce digitálního regulátoru je nutné nejdříve zvolit hardwarové prostředky, které jsou potřeba k realizaci a také návrhové prostředí, v kterém bude samotný regulátor vytvořen.

3.1 HW prostředky

V této části je proveden popis hardwaru, který se bude používat k bakalářské práci.

3.1.1 Seznámení s PLC Siemens Simatic S7 – 1500

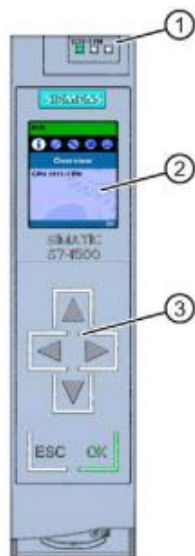
Vysoký výkon PLC S7-1500 dovoluje dosáhnout rychlého zpracování signálů, velmi krátkých dob odezvy a dobré kvality řízení. Simatic S7-1500 má velmi výkonnou systémovou sběrnici s velkou rychlostí přenosu dat a efektivním komunikačním protokolem. Do PLC mohou být vybrány procesorové jednotky typu 1511 a 1513, které obsahují dva PN porty (umožňují komunikaci prostřednictvím Profinetu). Dále může být vybrána výkonnější CPU jednotka typu 1516. Tato CPU jednotka nabízí tři porty (dva slouží pro komunikaci na úrovni procesu a zbývající jeden k připojení do informační sítě podniku). [1]



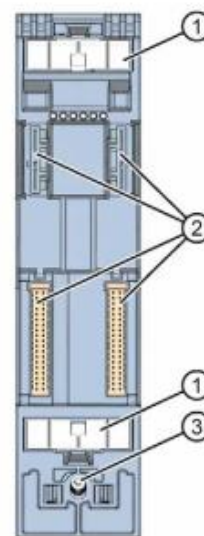
Obr. 4 PLC S7-1500

3.1.2 Procesorová jednotka typu 1511-1 PN

Pro mé potřeby ohledně výkonu je zcela dostačující základní procesorová jednotka 1511-1 PN. Design přední strany Cpu je možno vidět na Obr. 6 a Obr. 5. Tento design se liší podle verze procesorové jednotky. CPU jednotka obsahuje display. Její pracovní paměť je 150 KB pro program a 1 MB pro data. Odezva procesorové jednotky je 60 ns bit. Tato procesorová jednotka má také integrované funkce: motion, closed-loop control, counting&measuring. Dále obsahuje Profinet IO controller, který má dva porty pro připojení za pomoci transportního protokolu TCP/IP. Procesorová jednotka zvolená pro řešení zadaného úkolu má nainstalovaný firmware V1.7. [2]



Obr. 6 Přední strana CPU



Obr. 5 Zadní strana CPU

1. Stavové LED diody ukazují, v jakém režimu se automat nachází (Run, Stop, Mres)
2. Display
3. Operátorské tlačítka

1. Ochranná plocha proti nárazu
2. Bus konektor
3. Upevňovací šroub

Pro zvýšení životnosti displeje, se displej automaticky vypne, po překročení nastavené provozní teploty panelu. Když se displej znovu dostane pod provozní teplotu, tak se automaticky zapne. [2]

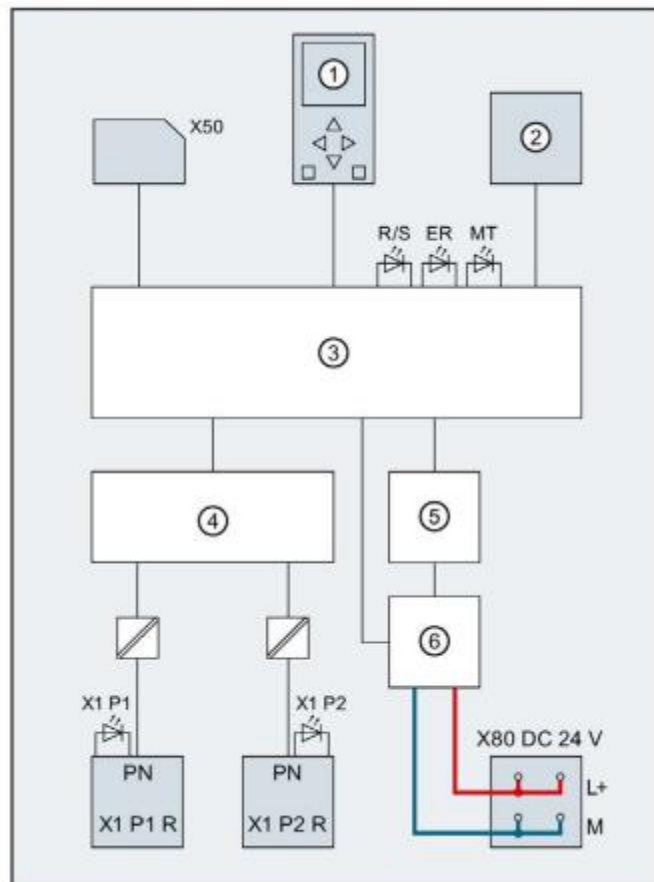
Uživatelské režimy CPU

Run mode – V CPU probíhá uživatelský program

Stop mode - Uživatelský program je pozastaven/vypnut

Mres mode – pozice, kdy se CPU paměť vyresetuje

Blokový diagram



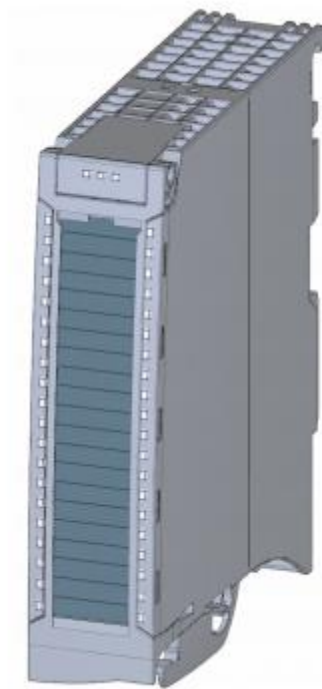
Obr. 7 blokové schéma CPU 1511-1 PN

1. Display	PN X1 P1 R	Profinet X1 Port 1
2. Přepínač mezi módy	PN X1 P2 R	Profinet X1 Port 2
3. Elektronika	L+	24 V DC napájecí napětí
4. Přepínač	M	Zem
5. Vnitřní sběrnice Bus	R/S	Run/Stop dioda (žlutá, zelená)
6. Vnitřní napětí	ER	Chybová dioda (červená)
X50 Simatic paměťová karta	MT	Hlavní dioda (žlutá)

3.1.3 SIMATIC S7-1500/ET 200MP analogový vstupní modul AI 8xU/I/RTD/TC ST

Od společnosti Siemens pochází analogový vstupní modul typu Ai 8xU/I/RTD/TC ST, který pochází ze série SM 531. Tento analogový modul má 8 tzv. analogových vstupů, přičemž pro každý kanál lze nastavit vlastní typ měření. Lze také měřit pomocí termočládku. Co se týká rozlišení, je to 16 bitů se znaménkem. Při nepoužívání všech vstupů se automaticky deaktivují, a tím se zkrátí doba cyklu modulu a zároveň se také vyloučí rušivé faktory, které by mohly vést k selhání celého modulu.

Analogový modul je ve výchozím stavu nastaven na napětí ± 10 V. Toto napětí se dá přenastavit pomocí TIA portálu. [4]

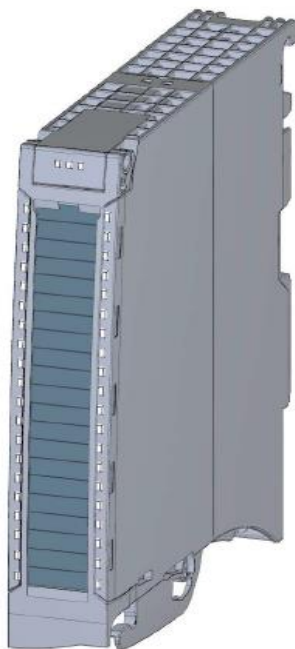


Obr. 8 Analogový vstupní modul Ai 8xU/I/RTD/TC

3.1.4 SIMATIC S7-1500/ET 200MP Analog Output Module AQ 2xU/I ST

Od společnosti Siemens pochází analogový výstupní modul typu AQ 2xU/I ST. Tento analogový modul má 2 tzv. analogové vstupy, přičemž pro každý kanál lze

nastavit vlastní typ měření, buď na měření napětí, nebo na měření proudu. Co se týká rozlišení, je to 16 bitů se znaménkem. [7]



Obr. 9 Analogový výstupní modul AQ 2xU/I ST

3.1.5 Směšovací ventil

Směšovací ventil je elektricky ovládaný regulační ventil, který v beznapětovém stavu zůstává na místě, kam byl nastaven (doba přestavení: 0-100% asi 32 sekund).

3.1.6 Platinové teplotní čidlo PT-100

Pro měření teplot na topných deskách se používá platinové odporové teplotní čidlo Pt-100. Nabízí vynikající přesnost v rozmezí teplot od -200 až po 850 °C. Čidlo pracuje na měření odporu platinového prvku. Nejběžnější typ (PT100) má odpor 100 ohmů pro 0 °C a 138,4 ohmů při 100 °C. Na trhu jsou k zakoupení také senzory, které mají až 1000 ohmů při 0 °C. [3]



Obr. 10 Platinové teplotní čidlo

3.1.7 Simatic HMI Basic – Basic panely 2. Generace

Ovládací panely jsou nedílnou součástí automatizačního projektu. Jsou určeny přímo do průmyslového prostředí. Basic panely 2nd generation od firmy Siemens jsou technologickou novinkou. Tyto panely mají jak příznivou cenu, tak i funkce. Basic panely je možné umístit všude, kde je potřeba vysoce kvalitního zobrazení řízeného procesem s možností ovládání. Dodávají se se širokoúhlým panelem a displejem o velikosti 4“, 7“, 9“ a 12“. Disponují také velkým rozlišením, což je 64k barev. Tyto panely jsou také vybaveny větší pamětí a výkonnějším procesorem. Panely se 7“ displejem jsou vybaveny rozhraním Profinet nebo Profibus. Velkou výhodou u Basic panelů je USB rozhraní, které umožňuje jak připojení myši, klávesnice, čtečky čárového kódu, tak i realizaci dlouhodobé archivace naměřených veličin a alarmů. Následná uložená data lze přenést na počítač a poté je zobrazit v programu MS Excel. V Basic panelu je integrovaný „StartCenter“, který usnadňuje nastavení celého panelu a díky němuž toto nastavení proběhne velkou rychlostí. Do panelu je také nahrán vlastní vizualizační projekt, lze tak komunikačně použít až 800 proměnných. Je možno vytvořit až 100 technologických a systémových obrazovek s více objekty. Basic panely jsou spojeny s novou verzí WinCC (V13), která je integrovaná do prostředí TIA Portal. [8]



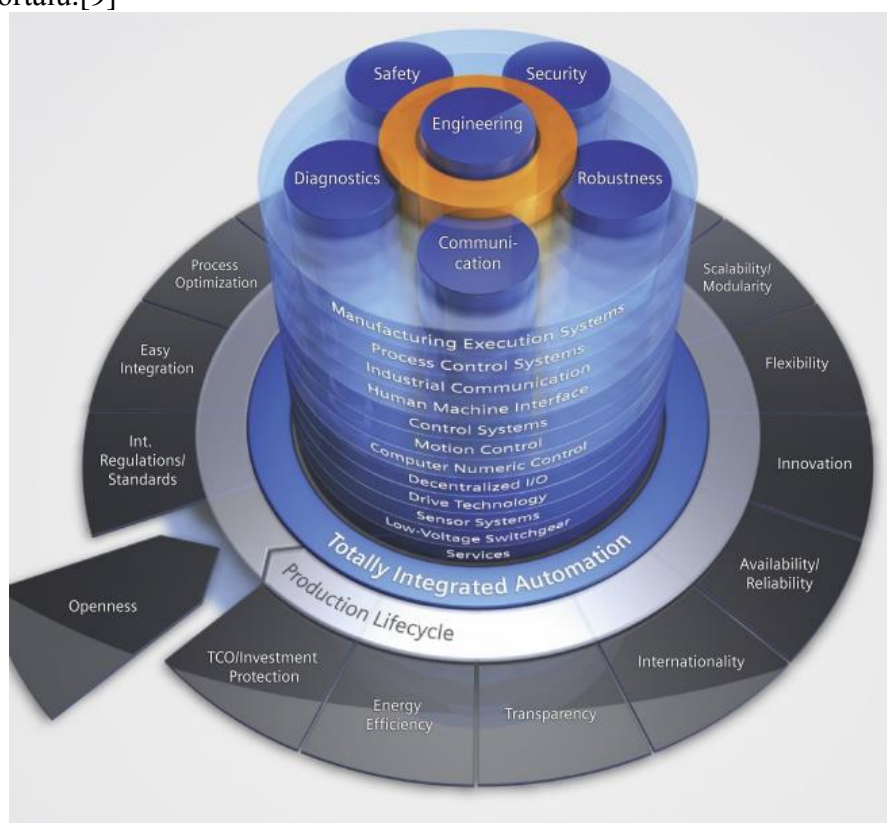
Obr. 11 Ukázka Basic panelu 2nd generace

3.2 Software prostředky

V této části je proveden popis Softwaru, který se bude používat k bakalářské práci.

3.2.1 TIA PORTAL V13

Software použitý pro tuto bakalářskou práci je od společnosti Siemens Totally Integrated Automation Portal, stručně TIA Portál. Koncepce TIA portálu nabízí možnost řešení s jednotnou hardwarovou a také softwarovou základnou pro odlišné možnosti automatizačních úloh ve všech odvětvích. Charakteristické pro tento koncept je propojení dílčích oblastí, jako jsou projektování řídicích systémů, komunikační techniky, diagnostiky, funkční i informační bezpečnosti. Tím že se nachází veškeré řešení v jednom programu, umožňuje nám ušetřit mnoho času a i peněz. TIA portál jako první přinesl společné prostředí pro vytváření aplikačních program pro systémy obsahující programovatelné automaty a také pro tvorbu rozhraní s použitím operátorských HMI panelů nebo pro systémy SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Mezi další výhody patří zrychlená tvorba aplikačních programů, zajištění konzistence dat v celém automatizačním projektu a transparentnosti jeho struktury, kterou lze velmi snadno měnit nebo doplňovat. Na Obr. 12 zobrazen koncept prostředí TIA portálu.[9]



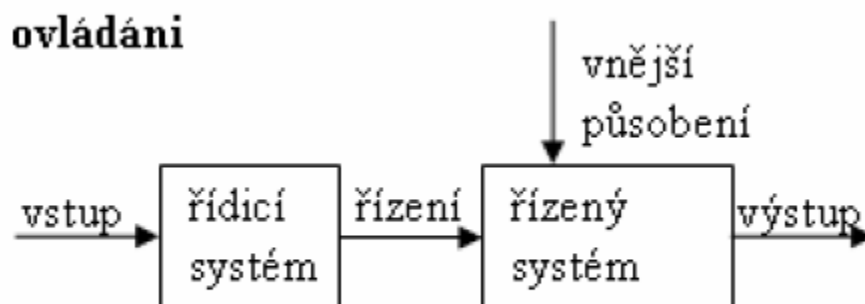
Obr. 12 Koncept TIA portal

4 ŘÍZENÍ

Řízení je cílevědomá činnost, při níž se hodnotí a zpracovávají informace o procesu (údaje měřicích přístrojů, stavy signálních zařízení a přístrojů). Podle nich se ovládají příslušná zařízení tak, aby se dosáhlo námi předepsaného cíle. Řízení může být rozděleno na ovládání a regulaci. [6]

4.1 Ovládání

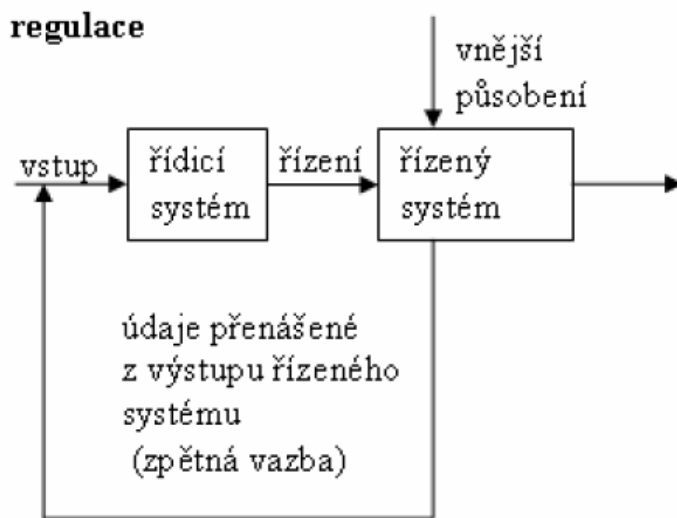
Ovládání je druhem řízení, při kterém se nesrovnává bezprostřední účinek řízení s očekávaným výsledkem, tzn. bez zpětné vazby Obr. 13. [6]



Obr. 13 Ovládání

4.2 Regulace

Důležitým druhem řízení je regulace. Regulace je udržování určených fyzikálních veličin na předem stanovených hodnotách. V průběhu regulace se zjišťují hodnoty regulovaných veličin a srovnávají se zadanými hodnotami. Podle zjištěných odchylek, které jsou mírou přesnosti regulace, zasahuje se tak do regulovaného procesu, aby tyto odchylky byly drženy na minimu. Pokud tuto činnost koná člověk, hovoříme o ruční regulaci, je-li konána samočinně pomocí nějakého zařízení, hovoříme tak o automatické regulaci Obr. 14. [6]

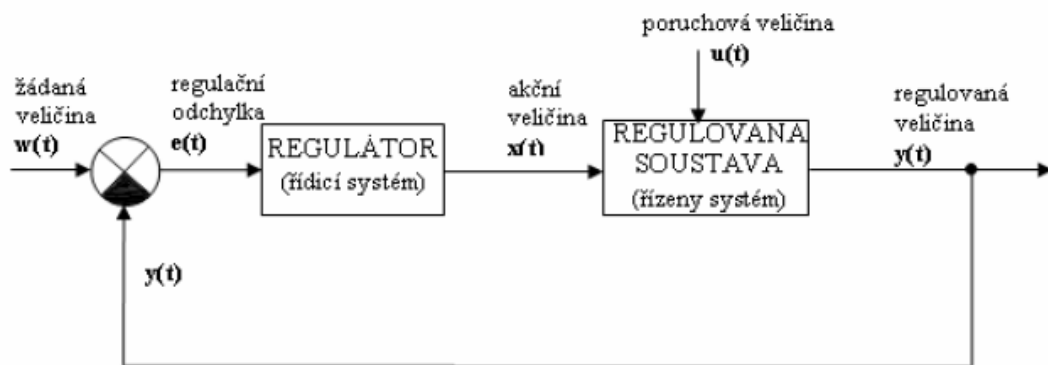


Obr. 14 Regulace

4.2.1 Základní pojmy při regulaci

- **Regulovaná veličina** – hodnota, která se udržuje regulací na žádané hodnotě. Značí se y .
- **Skutečná hodnota** – hodnota, kterou regulovaná veličina v daném okamžiku právě má.
- **Žádaná veličina** – předepsaná velikost, na které se má regulovaná veličina udržovat. Značí se w .
- **Regulační odchylka** – rozdíl mezi skutečnou hodnotou žádané veličiny a hodnotou žádané regulované veličiny $e = w - y$. Je potřeba ho neustále obnovovat. Hodnota této veličiny by měla být minimální, ideálně nulová.
- **Akční veličina** – zasahuje do regulačního procesu, tak aby se regulační odchylka udržovala na svém minimu, popř. na nulové hodnotě.
- **Porucha** – neúmyslná a nepředvídatelná změna, která působí na regulovanou soustavu čímž ovlivňuje regulovanou veličinu. [6]

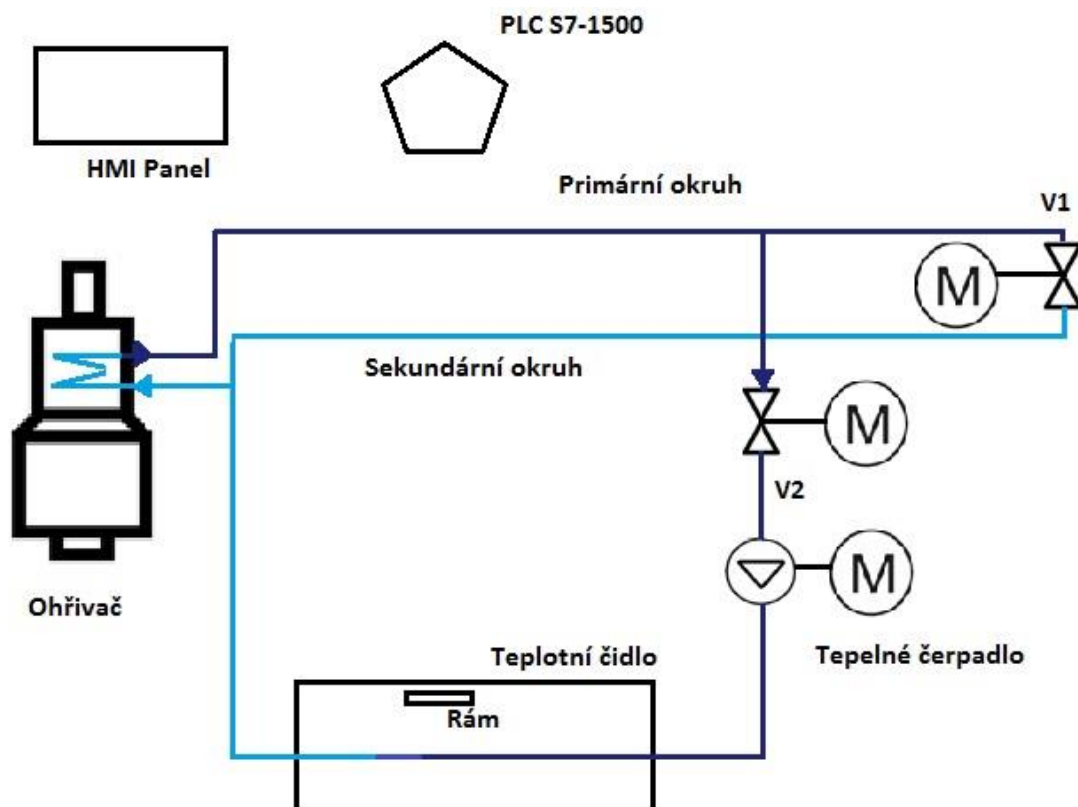
Na Obr. 15 se nachází základní blokové schéma regulačního obvodu s ukázkou jednotlivých regulačních veličin.



Obr. 15 Základní blokové schéma regulačního obvodu

5 MODEL OHŘÍVÁNÍ

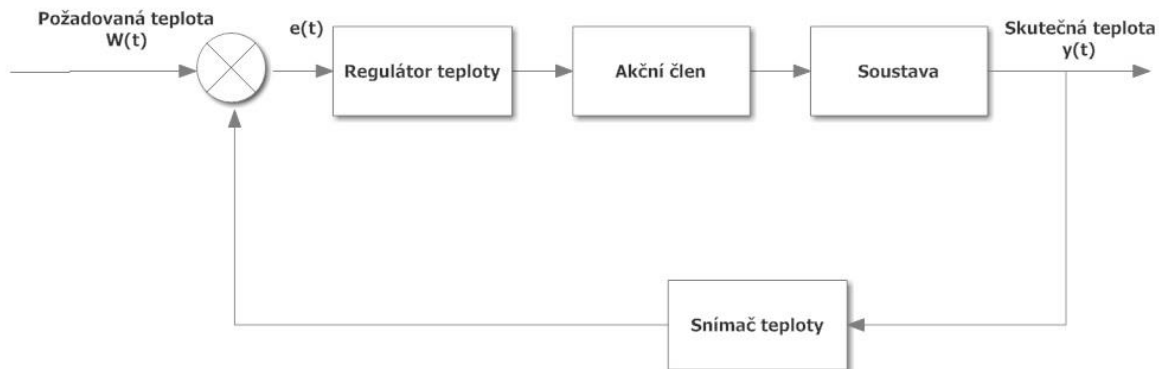
Technologické schéma modelu ohřívání je zobrazeno na Obr. 16.



Obr. 16 Model ohřívání

Model ohřívání je tvořen ohřivačem, který udržuje teplotu oleje na 300°C. Tento přehřátý olej je poté čerpadlem vháněn do trubek primárního okruhu. Primární okruh je v modelu zobrazen tlustou tmavou modrou barvou, dále jsou v něm nakresleny šipky, které zobrazují směr proudění teplého oleje v určitém okruhu. V primárním okruhu se nachází ochranný ventil V1, který slouží k regulaci tlaku mezi primárním a sekundárním okruhem. Dále je zde vyobrazen, pro představu, jeden ze čtyř výhřevných ráků. Tyto ráky jsou vedle sebe a každý z nich je nastaven na rozdílnou teplotu, která je zapotřebí k technologii lisování v daném úseku. Teplota na ráku je ovlivňována prouděním horkého oleje, který se za pomoci tepelného čerpadla vhání do trubek. Toto proudění horkého oleje se reguluje za pomoci ventilu V2, který se ovládá přímo přes PLC. Součástí modelu je také HMI basic panel KPT700 PN, který komunikuje s PLC po síti Profinet Interface.

Regulační obvod je zachycen na Obr. 17.



Obr. 17 Regulační obvod

Jako regulátor teploty je v modelu ohřívání použit funkční blok FB58, který pracuje na principu PI algoritmu, tento použitý funkční blok je integrován do vývojového prostředí TIA portál V13. Jako akční člen je zde použit regulační ventil V2. Jako snímač teploty je zde použit tepelné čidlo Pt100. Regulace bude prováděna za w konstantní a y konstantní pro ustálený stav bez poruchy.

Způsob provedení regulace

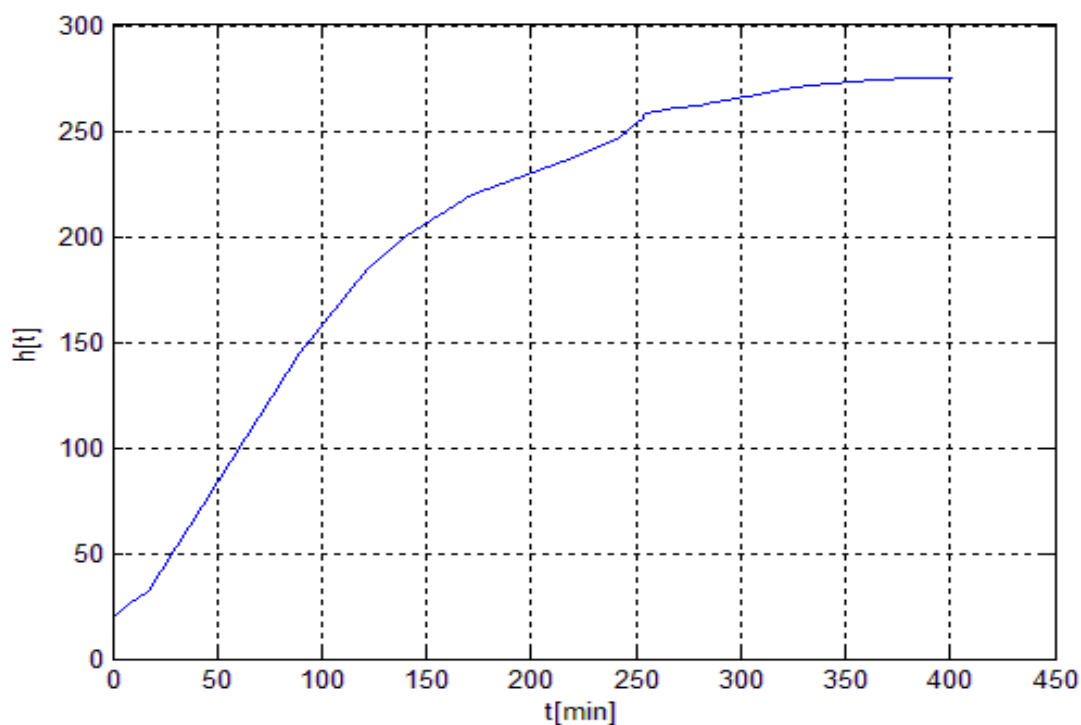
Čerpadlo dodává horký olej z primárního okruhu. Směšovací ventil uvolňuje horký olej z primárního okruhu do příslušného topného okruhu v lisu. Dieffenbacher lisy mají čtyři topné okruhy, který každý z nich má svoje topné desky. Každá topná deska potřebuje rozdílnou teplotu. Poloha směšovacího ventilu je k dispozici jako zpětnovazební signál do PLC.

6 IDENTIFIKACE SOUSTAVY

Před započítím identifikace je třeba si uvědomit, za jakých podmínek lze provést dynamickou identifikaci soustavy, a podle toho poté vybrat vhodnou metodu identifikace soustavy. V mém případě se naskýtá možnost změření přechodové charakteristiky u výstupu soustavy, která nastává při jednotkovém skoku, přičemž je známá velikost na vstupu soustavy.

6.1 Měření přechodové charakteristiky

Při měření přechodové charakteristiky se klade důraz na zjišťování dynamických vlastností soustavy. Před začátkem měření se musí soustava izolovat od všech rušivých



Obr. 18 Graf naměřené přechodové charakteristiky

signálu, dále se musí nacházet v ustáleném stavu. Při zajištění všech podmínek pro měření přivedeme jednotkový skok. V našem případě se plně otevře regulační ventil. Tuto reakci snímá za pomoci PLC a zapisuje hodnoty v intervalu po 5s. Tento časový

interval je zcela dostatečný vůči celkovému času. Tyto hodnoty jsou dále vyneseny do grafu, který je zobrazen na Obr. 18.

Při jednotkovém skoku došlo nejdříve k rychlému nárůstu tepla. Hodnota $h(t)$ v čase $t = 0$ minut odpovídá počátku stavu přechodového děje. Hodnota $h(t)$ v čase $t = 400$ minut odpovídá stavu po odeznění přechodového děje.

6.2 Aproximace přechodové charakteristiky

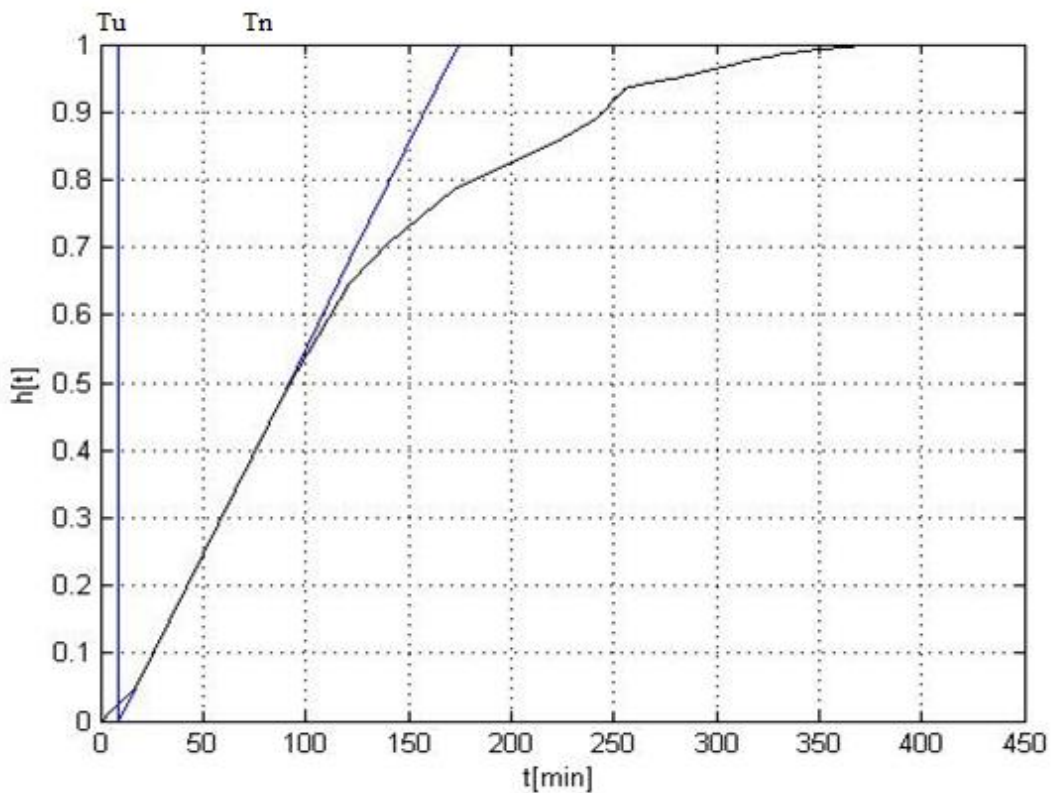
Aproximaci naměřené převodních charakteristiky provedeme metodou profesora Strejce. Jedná se o aproximaci statických soustav libovolného řádu bez dopravního zpoždění. Je to nejčastější případ regulovaných soustav, u kterých jsou kořeny charakteristické rovnice většinou reálné záporné. Navrhuje se skutečné vlastnosti těchto soustav aproximovat soustavami buď n -tého řádu vesměs se stejnými časovými konstantami, nebo soustavami druhého řádu s různě velkými časovými konstantami T_1 a T_2 . Pro první nebo druhý způsob aproximace se rozhodneme podle hodnoty úseku τ_u . Tyto hodnoty vychází ze skutečnosti, že přechodová charakteristika statických sousta vyššího řádu je v okolí inflexního bodu takřka přímka. Směrnice tečny je v inflexním bodě přechodové charakteristiky velmi lehká a přesně určitelná. [6]

Aproximační tvary přenosů, z kterých vybíráme, jsou:

$$Fs(p) = \frac{K}{(T_{p+1})^n} \quad \text{pro } \tau_u > 0,104 \quad (6.1.0)$$

$$Fs(p) = \frac{K}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \quad \text{pro } \tau_u < 0,104$$

První, co se musí při použití této metody udělat je znormování měřítka osy y u naměřené přechodové charakteristiky, aby ustálené hodnota na ose y rovnala jedné. Znornalizovaná charakteristika je zobrazena na Obr. 19.



Obr. 19 Normalizovaná přechodová charakteristika

Jako další část se musí co nejpečlivěji určit inflexní bod normalizované přechodové charakteristiky. Inflexním bodem bude sestrojena tečna a tím se určí doba průtahu T_u a doba náběhu T_n . Určené úseky jsou zobrazeny na Obr. 19. Po odečtení hodnot vychází doba průtahu $T_u = 540$ sekund a doba náběhu $T_n = 9917$ sekund. Dále je nutné vypočítat hodnotu τ_u .

$$\tau_u = \frac{T_n}{T_u} \quad (6.1.1)$$

Po dosazení do vzorce (6.1.1) vyjde:

$$\tau_u = \frac{T_n}{T_u} = 0,054$$

Z výsledku lze určit, že konstanta $\tau_u =$ je menší než hodnota 0,104, z toho plyne, že k aproximaci lze použít přenos druhého řádu s různými časovými konstantami T_1 a T_2 . Použije se zde konstanta $y(t_1) = 0,720$, kterou Prof. Strejc určil po zkušenostech při aproximování soustav. Tento čas je určen součtem časových konstant celého systému.

$$(T_1 + T_2) = \frac{t_1}{1,2564} \quad (6.1.2)$$

Z grafu normalizované přechodové charakteristiky se odečte časový úsek t_1 , který nabývá hodnoty $t_1 = 8837$ sekund. Pro čas t_2 jsou pořadnice přechodové charakteristiky $y(t_2)$ nejmíce závislé na poměru časových konstant $\tau_2 = T_2 / T_1$.

Po dosazení do vzorce (6.1.) vyjde:

$$(T_1 + T_2) = \frac{t_1}{1,2564} = 7034 \text{ s}$$

$$t_2 = 0,3574 * (T_1 + T_2) \quad (6.1.3)$$

Po dosazení vzorce do následného vzorce (6.1.3) vznikne:

$$t_2 = \frac{0,3574}{1,2564} * t_1 = 0,2845 * t_1 \quad (6.1.4)$$

Pomocí vzorců (6.1.3) a (6.1.4) lze následně dopočítat dvě hodnoty t_2 , za pomoci kterých poté aritmetickým průměrem určíme přesnou konečnou hodnotu.

$$t_{20} = 0,3574 * (T_1 + T_2) = 0,3574 * 7034 = 2514 \text{ s}$$

$$t_{21} = 0,2845 * t_1 = 0,2845 * 8837 = 2514 \text{ s}$$

Výpočet aritmetického průměru:

$$t_2 = \frac{t_{20} + t_{21}}{2} = \frac{2514 + 2514}{2} = 2514 \text{ s}$$

Poté k času t_2 je odečtena z normalizované přechodové charakteristiky velikost hodnoty $y(t_2)$. Získaná hodnota z přechodové charakteristiky $y(t_2) = 0,23$, z tabulky číslo 1 lze vyčíst, že této hodnotě odpovídá $\tau_2 = 0,1539$.

$y(t_2)$	0,3000	0,2900	0,2800	0,2700	0,2600
τ_2	0,0000	0,0228	0,0435	0,0635	0,0837
$y(t_2)$	0,2500	0,2400	0,2300	0,2200	0,2100
τ_2	0,1049	0,1280	0,1539	0,1838	0,2196
$y(t_2)$	0,2000	0,1900	0,1800	0,1700	0,1611
τ_2	0,2639	0,3216	0,4031	0,5378	1,0000

Tabulka 1 Empirické hodnoty závislosti $y(t_2)$ a τ_2

Tím jsou získány dvě rovnice s dvěma neznámými, díky nim tak lze dopočítat časy T_1 a T_2 .

$$\tau_2 = \frac{T_1}{T_2} \quad (6.1.5)$$

$$(T_1 + T_2) = \frac{t_1}{1,2564} = 7034 \text{ s}$$

Po vyjádření T_1 bylo dosazeno do vzorce (6.1.5):

$$T_1 = 7034 - T_2$$

$$\tau_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7034 - T_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{7034}{(1 + \tau_2)} = \frac{7034}{(1,1539)} \text{ s} = 6095,84 \text{ s}$$

Zpátky po dosazení T_2 do první rovnice:

$$T_1 = 7034 - 6095,84 \text{ s} = 938,15 \text{ s}$$

Další empirickou metodou lze určit hodnotu τ_2 podle známého τ_u :

$\tau_u = T_u / T_h$	0,016	0,03	0,05	0,062	0,072	0,084
$\tau_2 = T_2 / T_1$	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
y_i	0,58	0,104	0,148	0,177	0,197	0,224
$\tau_u = T_u / T_h$	0,092	0,097	0,1	0,102	0,103	0,103
$\tau_2 = T_2 / T_1$	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
y_i	0,240	0,250	0,256	0,260	0,263	0,264

Tabulka 2 Hodnoty pořadnice y a poměrových konstant

Pro naši hodnotu $\tau_u = 0,054$ lze vyčíst z tabulky číslo 2 hodnotu $\tau_2 = 0,124$. Poté stejným způsobem může být dopočítáno hodnoty časových konstant T_1 a T_2 .

Po vyjádření T_1 lze dosadit do vzorce (6.1.5):

$$T_1 = 7034 - T_2$$

$$\tau_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7034 - T_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{7034}{(1 + \tau_2)} = \frac{7034}{(1,124)} \text{ s} = 6258 \text{ s}$$

Zpátky po dosazení T_2 do první rovnice:

$$T_1 = 7034 - 6258 s = 776 s$$

U těchto vypočítaných konstant T_1 a T_2 se kvůli hodně malé hodnotě T_u , která byla určena jako hodnota s velkou relativní chybou, bere vážený aritmetický průměr konstant T_1 a T_2 . Druhá hodnota konstant je brána s poloviční vahou.

$$T_1 = \frac{T_{10} + \frac{T_{11}}{2}}{1,5} = \frac{6095,8 + 3129}{1,5} = 6150 s$$
$$T_2 = \frac{T_{20} + \frac{T_{21}}{2}}{1,5} = \frac{938,2 + 388}{1,5} = 884 s$$

Poté je dolněno do základních rovnic pro přenos soustavy:

$$Fs(p) = \frac{K}{(6150 p + 1) * (884 p + 1)}$$

Dále je nutné dopočítat statické zesílení K . Statické zesílení K , které je vypočítáno jako podíl vybuzeného a budícího signálu.

$$K = \left[\frac{y(\infty) - y(0)}{u(\infty) - u(0)} \right] = \frac{\Delta y}{\Delta u} \quad (6.1.6)$$

Δy ... skutečný rozdíl naměřené fyzikální veličiny na výstupu dynamického systém

Δu ... velikost realizovaného skoku skutečné fyzikální veličiny na vstupu soustavy, při kterém byla reakce měřena

$$K = \left[\frac{275 - 20}{1 - 0} \right] = 255$$

Tedy už je vypočítáno vše potřebné a lze dosadit statické zesílení K do základní rovnice pro přenos soustavy. Výsledná rovnice přenosu soustavy je:

$$Fs(p) = \frac{255}{(6150 p + 1) * (884 p + 1)}$$

7 NÁVRH PI REGULÁTORU

7.1 Určení následné metody návrhu PI regulátoru

U určení nejvhodnější metody k návrhu PI regulátoru vychází z toho, že v předchozím kroku byla provedena identifikace soustavy.

7.2 Metoda geometrického místa kořenů

Pro návrh regulátoru je zvolena metoda geometrického místa kořenů, aneb metodu kořenového hodografu. Metoda kořenového hodografu je soubor pravidel, který nám umožňuje pozorovat vývoj polohy polouzavřeného obvodu v závislosti na změně zesílení přenosu otevřené smyčky a na znalosti polohy nul a pólu otevřené smyčky. [10]

Jako prostředek pro návrh PI regulátoru lze využít toolboxovou utilitu Sisotool s vyobrazením kořenového hodografu, která se nachází v prostředí Matlab. Tento toolbox umožňuje libovolně přidávat póly a nuly, nastavovat zesílení námi žádaného regulátoru a v reálném čase sledovat změny, které se následně použijí v uzavřeném regulačním obvodu mezi regulovanou soustavou a regulátorem v oblasti frekvenčních charakteristik. [10]

Přenos soustavy je:

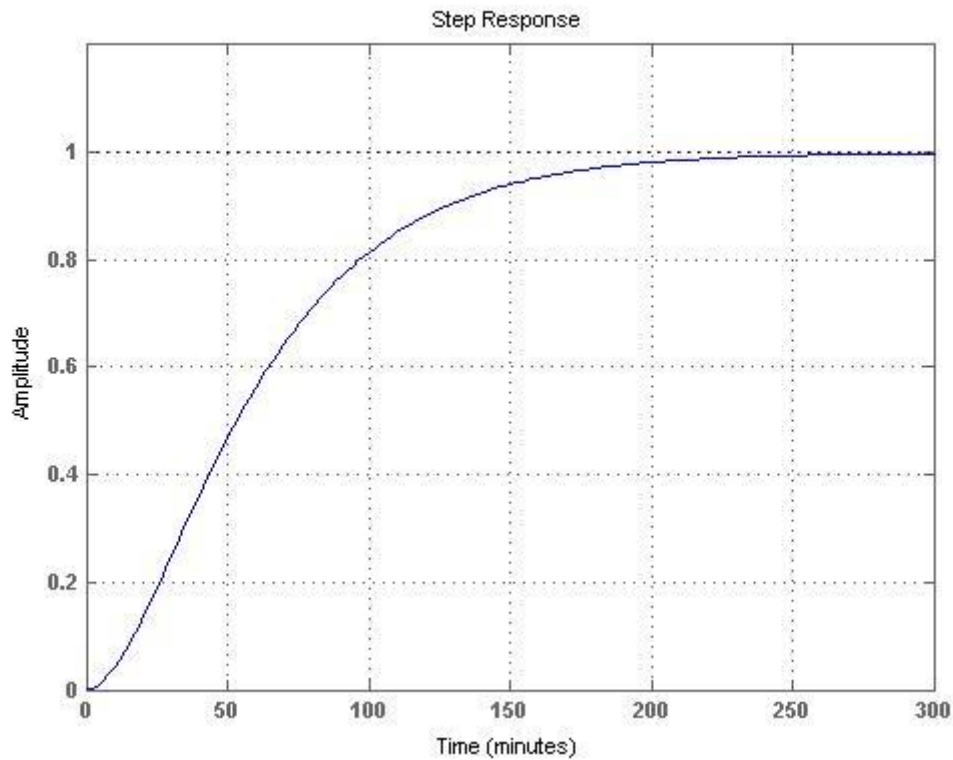
$$F_s(p) = \frac{255}{(6150p + 1) * (884p + 1)}$$

Tvar přenosu PI regulátoru je:

$$F_r(p) = Kr * \frac{(T_i * p + 1)}{p} \quad (7.2.0)$$

Následně byly do soustavy regulátoru dosazeny hodnoty, které byly navrženy v Matlabu.

$$Fr(p) = Kr * \frac{(T_i * p + 1)}{p} = \frac{1,012 * 10^{-6} (6150 * p + 1)}{p}$$

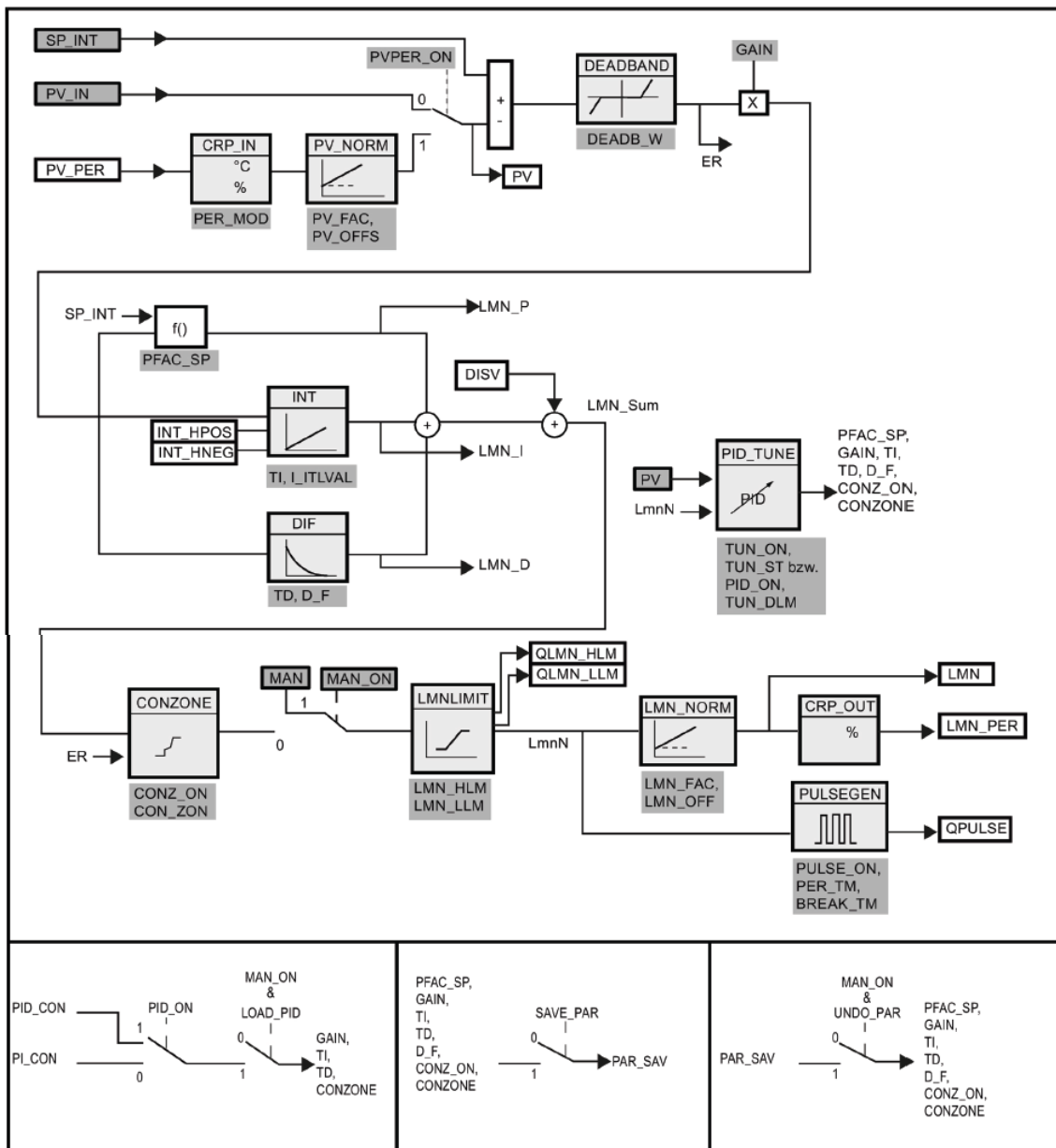


Obr. 20 Přejchodová charakteristika přenosu řízení

Na Obr. 20 je zobrazena přechodová charakteristika řízení v odezvě na jednotkový skok v modelu ohřívání. Z grafu je vidět, že se jedná o přenos setrvačného članku. Z grafu je dále vidět, že křivka přechodové charakteristiky se ustálí na hodnotě jedna po uplynutí přechodového děje přibližně za dobu 250 minut. Po této době by mělo dojít k vyregulování regulační odchylky.

7.3 PID regulátor TCONT_CP

Pro realizaci PI regulátoru v prostředí TIA Portal V13 bude použit funkční blok TCONT_CP. Tento funkční blok je určen pro užití při regulování tepelných procesů. Funkce regulátoru je založena na algoritmu PID regulátoru s přídatnými funkcemi pro tepelné procesy. Pro zlepšení kontroly, blok obsahuje kontrolní pásmo, pokud dojde ke změně žádané hodnoty. Regulátor se používá pro ohřivací tak i chladicí programy, ale nejde použít pro oboje zároveň. Níže na Obr. 21 je zobrazen blokový diagram TCONT_CP. [5]



Obr. 21 Blokový Diagram TCONT_CP [5]

7.3.1 Nastavení bloku TCONT_CP

Žádaná teplota na určitou plotnu lisu bude vkládána jako floating-point formát do vstupu SP_INT. Tato hodnota může být vkládána buď jako fyzická hodnota nebo v procentech. Dále potom nastavíme PVPER_ON, kterým podle Tabulka 3 můžeme nastavit čtení buď z I/O periférii nebo jako formant floating-point procesní hodnoty. V našem případě je nastavení provedeno jako True. [5]

PVPER_ON	Procesní hodnota
True	Procesní hodnota je čtena z via analog I/O perifériích na vstupu PV_PER
False	Procesní hodnota je získána ve formátu floating-point.

Tabulka 3 Nastavení PVPER_ON [5]

Následující blok CRP_IN převádí normovanou hodnotu z PV_PER do formátu floating point v závislosti na PER_MODE spínači podle pravidel, které jsou zobrazeny v Tabulka 4. V tomto případě je připojeno teplotní čidlo PT100, proto je zvoleno nastavení PER_MODE = 0. [5]

PER MODE	Výstup z CRP_IN	Analogový vstupní typ	Jednotky
0	PV_PER*01	Tepelné čidla PT100/NI100 standart	°C, °F
1	PV_PER*0,01	Tepelné čidla PT100/NI100 climate	°C, °F
2	PV_PER* 100/27648	Napětí, proud	%

Tabulka 4 PER_Mode [5]

Název	Rozsah	Data typ	Inicializační hodnota	popis
PV_IN	Záleží na použitém senzoru	REAL	0.0	Process variable IN Výstup, pomocí kterého je možno sledovat regulovanou hodnotu přivedenou na vstupy regulátoru
PV_PER		INT	0	Process variable periphery Výstup z bloku PID regulátoru tzn. akční veličina
CYCLE	>0.001s	REAL	0-3	Sample time of continuous controller Čas mezi voláním jednotlivých bloků PID regulátoru musí být konstantní. Tímto parametrem nastavíme pravidelné volání bloků PID regulátoru v určitém časovém intervalu (čas vzorkování)
SP_INT		REAL	0.0	Internal setpoint Vstup- žádaná veličina
Man		REAL	0.0	Manual Value Vstup použitý pro vkládání hodnoty akční veličiny v manuálním režimu dle potřeby operátora
MAN_ON		BOOL	True	Manual operation on V hodnotě True proces regulátoru zastaven a aktivován manuální režim
COM_RST		BOOL	False	Complete restart Pokud bude nastaven na hodnotu True, bude regulátor resetován a nastaven na přednastavené hodnoty (inicializace)
I_ITLVAL	0 to 100%	REAL	0.0	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
I_ITL_ON		BOOL	False	Initialization of the integral action Výstup integrátoru může být připojen na I_ITL_VAL nastavením parametrů I_ITL_ON

Tabulka 5 Vstupní parametry [5]

Název	Rozsah	Data typ	Inicializační hodnota	popis
GAIN		REAL	2.0	Proportional gain Parametr určující hodnotu proporcionálního zesílení Kr regulátoru
TI	>0.0 s	TIME	40.0s	Reset time [s] Parametr určující hodnotu integrační časové konstanty Ti regulátoru
LMN_HLM	100% nebo fyzická hodnota	REAL	100	Manipulated variable high limit Hodnota horního limitu akční veličiny PID regulátoru
LMN_LLM	0% nebo fyzická hodnota	REAL	0	Manipulated variable low limit Hodnota dolního limitu akční veličiny PID regulátoru

Tabulka 6 Výstupní parametry [5]

PV_NORM je následující blok do kterého vstupuje hodnota. Výstup je získán za pomoci rovnice:

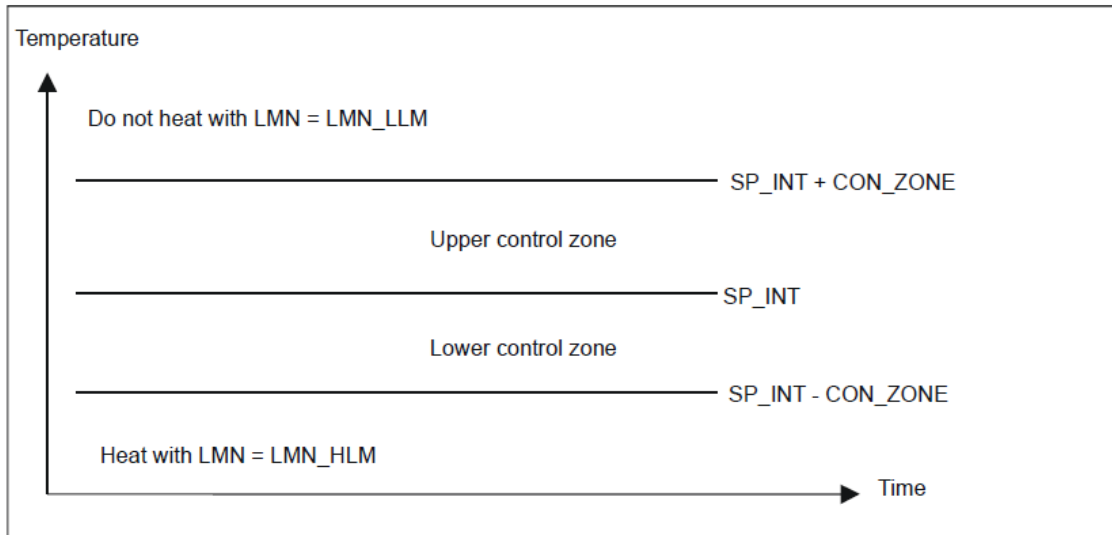
$$\text{Výstup z PV_NORM} = \text{Výstup z CRP_IN} * \text{PV_FAC} + \text{PV_OFFS}$$

Z vzorce je vidět, že je možnost nastavit řád normovaného čísla PV_FAC a je možnost nastavit také offset, čímž může posunovat rozsahem regulované veličiny. Následujícím blokem DEADBAND (DEADB_W) může být nastavena. Necitlivost regulační odchylky regulátoru, neboli při jaké změně regulační odchylky začne TCONT_CP blok vykonávat regulaci. Poté lze přistoupit k samotnému nastavování zesílení, P a I složek. Nastavení zesílení probíhá za pomoci parametru GAIN. Jednotlivé hodnoty P, I a D složky se dají deaktivovat při nastavení nežádoucí složky na hodnotu 0 (např. TI = 0.). Dalším důležitým parametrem je MAN_ON, kterým se nastavuje manuální režim řízení regulátoru, kdy vstupem MAN se zadává akční veličina na výstup regulátoru. [5]

Název	Rozsah	Data typ	Inicializační hodnota	popis
PV	Záleží na použitém senzoru	REAL	0.0	Process variable Výstup, pomocí kterého je možno sledovat regulovanou hodnotu přivedenou na vstupy regulátoru
LMN		REAL	0.0	Manipulated variable Výstup z bloku PID regulátoru tzn. akční veličina
LMN_PER		INT	0	Manipulated variable periphery Normovaný výstup z bloku PID regulátoru
QLMN_HLM		BOOL	FALSE	Hight limit of manipulated variable reached Hodnota akční veličiny je vždy omezena na horní a dolní limit. Výstup QLMN_HLM indikuje, kdy je horní limit překročen
QLMN_LLM		BOOL	FALSE	Low limit of manipulated variable reched Výstup QLMN_LLM indikuje, kdy je spodní limit překročen
ER	Záleží na použitém senzoru	Real	0.0	Error signal Výstup sloužící pro sledování regulační odchylky
LMN_P		REAL	0.0	Proportionality component Vystup sloužící pro získání proporcionální hodnoty akční veličiny
LMN_I		REAL	0.0	Integral component Výstup sloužící pro získání integrační hodnoty akční veličiny
LMN_D		REAL	0.0	Derivative component Výstup sloužící pro získání derivační hodnoty akční veličiny
PHASE	0,1,2,3,4,5,7	INT	0	Phase of self tuning Fáze ve které se nachází tuning

Tabulka 7 Výstupní parametry [5]

Výstup akční veličiny můžeme získat z LMN, je to tzv. přímý výstup z regulátoru. Nachází se ve formátu floating point. Pro sledování akční veličiny P a I složky, lze požit výstupy LMN_P a LMN_I. Výstup LMN_PER je výstupem normované akční veličiny, která se zavádí přímo na I/O periférii zařízení. Hodnota akční veličiny poté projde blokem CONZONE a přejde do bloku LMNLIMIT, kde se porovná, zda je teplota v daném rozsahu. Na Obr. 22 je vidět funkční schéma.



Obr. 22 Control zone

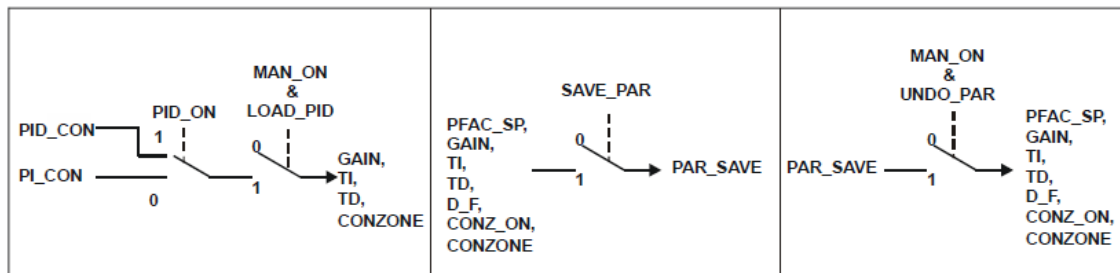
Výstup z bloku LMNLIMIT je přiveden na vstup následujícího bloku LMN_NORM na jehož výstupu je akční veličina LMN. V bloku LMN_NORM dochází k převodu akční veličiny za pravidel:

$$LMN = LmnN * LMN_FAC + LMN_OFFS$$

Je možnost nastavit řád normovaného čísla PV_FAC a je možnost nastavit také offset, čímž můžeme posunovat rozsahem regulované veličiny. Hodnota akční veličiny je k dispozici také v periferním formátu. Funkce CRP_OUT převede plovoucí desetinnou čárkou hodnoty LMn na periferní hodnotu podle následujícího vzorce:

$$LMN_PER = LMN * 27648/100$$

Dále se zde nachází pro nás velmi výhodná funkce ukládání a obnovování předem nastavených parametrů. Schéma je zobrazeno na Obr. 23.



Obr. 23 Schéma ukládání a obnovování parametrů

V první části lze nastavit, zda bude použit PID nebo o PI regulátor za pomoci `PID_ON`. Pokud hodnota `PID_ON` je nastavena na `True` jedná se o PID regulátor, pokud tato hodnota je nastavena `False` jedná se o PI regulátor. Hodnoty jsou ukládány v strukturách `PI_CON` a `PID_CON`, jejíž proměnné jsou zobrazeny níže. V závislosti na `PID_ON` může být použito `LOAD_PID` v manuálním režimu na zpětnou inicializaci parametrů regulátoru.

PID parametr
PID_ON = TRUE

- `GAIN = PID_CON.GAIN`
- `TI = PID_CON.TI`
- `TD = PID_CON.TD`

PI parametr
PID_ON = FALSE

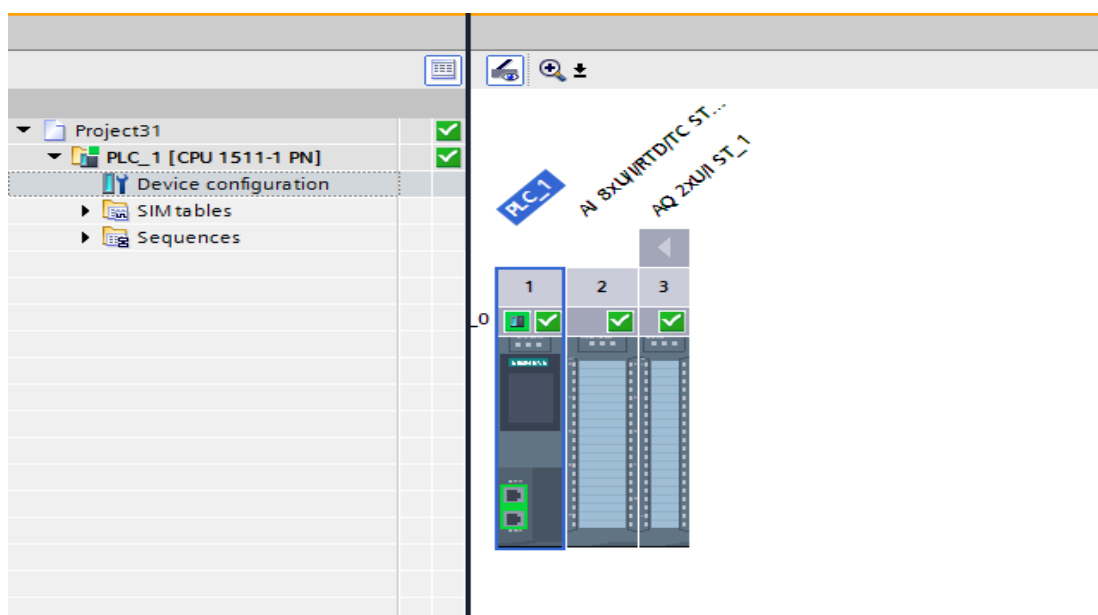
- `GAIN = PI_CON.GAIN`
- `TI = PI_CON.TI`

Ukládání a obnovení parametrů regulátoru `SAVE_PAR`

Pokud aktuální nastavení parametrů je použitelné, lze parametry uložit do speciální struktury v DB FB 58 "`TCONT_CP`" před provedením ruční změny. Pokud jsou už uložené parametry regulátor, uložené parametry jsou přepsány hodnotami, které byly platné před ladění. Hodnoty `PFAC_SP`, `GAIN`, `TI`, `TD`, `D_F`, `CONZ_ON` a `CONZONE` jsou zapsány do struktury `PAR_SAVE`. Poté v manuálním režimu můžeme tyto hodnoty obnovit za pomoci funkce `UNDO_PAR`.

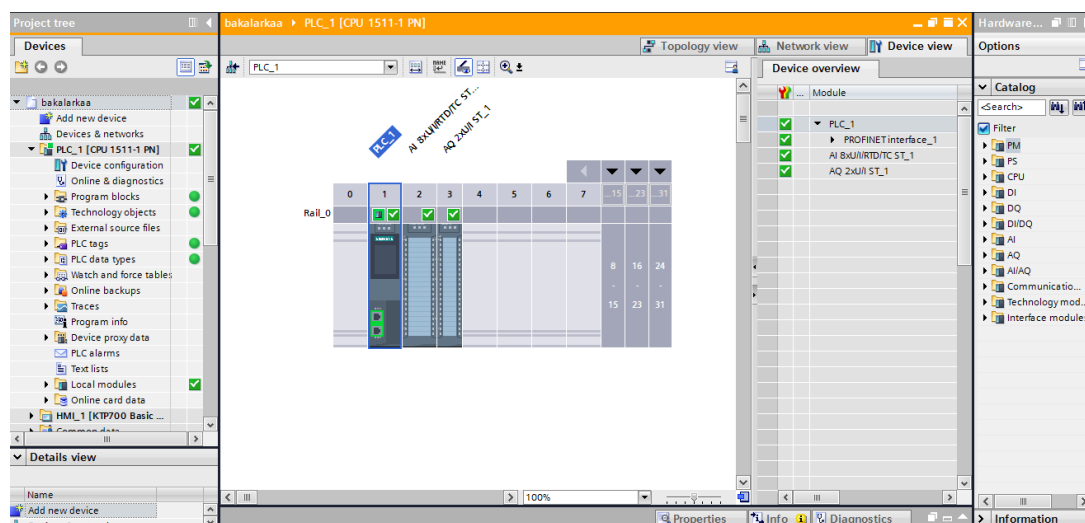
8 KONFIGURACE PLC S7-1500 V TIA PORTAL

Za pomoci programu Simatic Step 7 PLCSIM V13 SP1 je nakonfigurován imaginární PLC S7-1500 s zvolenými hardwarovými prostředky. Jak je vidět na Obr. 24.



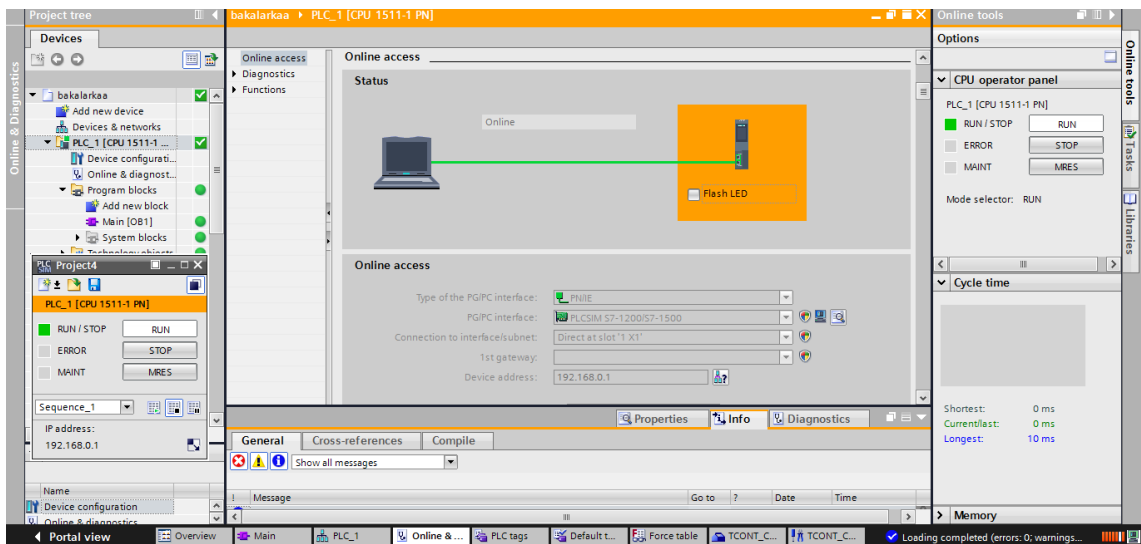
Obr. 24 PLCSIM konfigurace

Poté je v TIA portálu vytvořen projekt, v kterém se bude programovat PID regulátor. V části Device & network je přidán PLC S7-1500 se zvolenou Cpu jednotkou 1511-1P a je doplněna o analogové vstupní a výstupní moduly (Obr. 25).



Obr. 25 Hardwarová konfigurace

Dále v části PG/PC Interface je vybráno z možností mnou nakonfigurované PLC S7-1500 (Obr. 26). Toto imaginární PLC bude využito pro následné odladění programu, který bude napsán v TIA portálu.



Obr. 26 PG/PC interface

9 VIZUALIZACE

Tato část je věnována popisu vybraného basic panelu a následné vytvoření vizualizace pro ovládání technologického procesu.

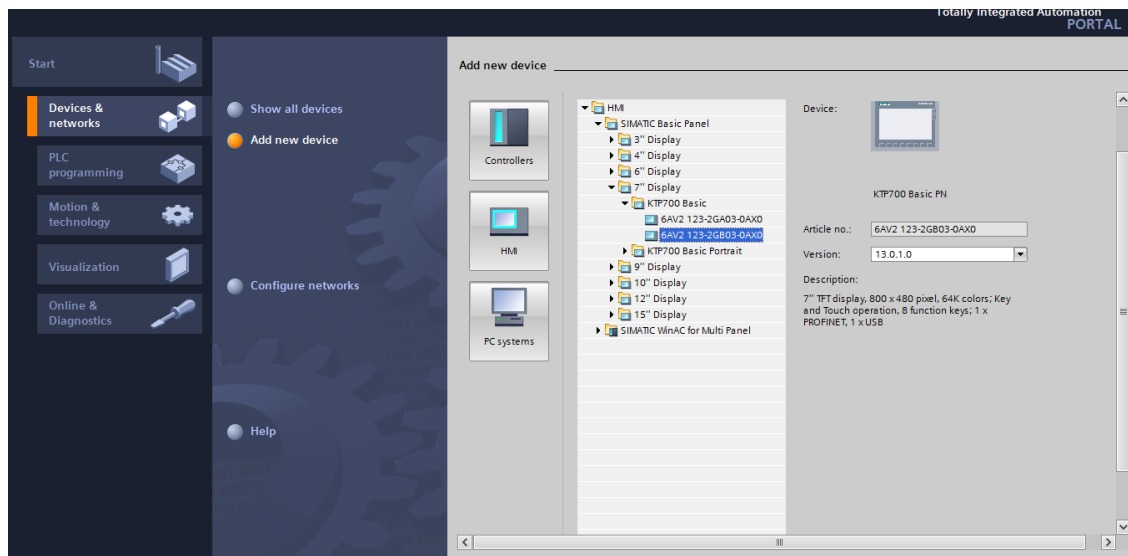
9.1 Basic panel KTP700 BASIC PN

Pro vizualizaci bude použit basic panel KTP700 BASIC PN, který je součástí nové verze od společnosti Siemens, panelů druhé generace. Díky panelu se může vstupovat přímo do technologie výroby, aniž by bylo nutné podrobně porozumět programu, který je nahraný v PLC. Pro návrh a programování je použit TIA portál V13 s integrovaným programem WINCC. Za pomoci WINCC lze naprogramovat vizualizaci, která se potom bude zobrazovat přímo na panelu KTP700. Z pohledu bezpečnosti se za pomoci WINCC dá naprogramovat hlášení kritických stavů jako alarmů. [8]

Panel obsahuje integrované prostředí Ethernet. Za pomoci Ethernetu je možné připojit panel do sítě a je možné ho vzdáleně ovládat ze všech míst, kde se dá připojit na internet. Dále je panel vybaven portem RS422/RS485 a USB2. Díky portu USB2 je možné připojit klávesnici nebo myš. Je zde také možnost stáhnout uložená data nebo výsledné alarmy z panelu KTP700. [8]

9.2 Přidání HMI panelu do projektu v TIA PORTAL

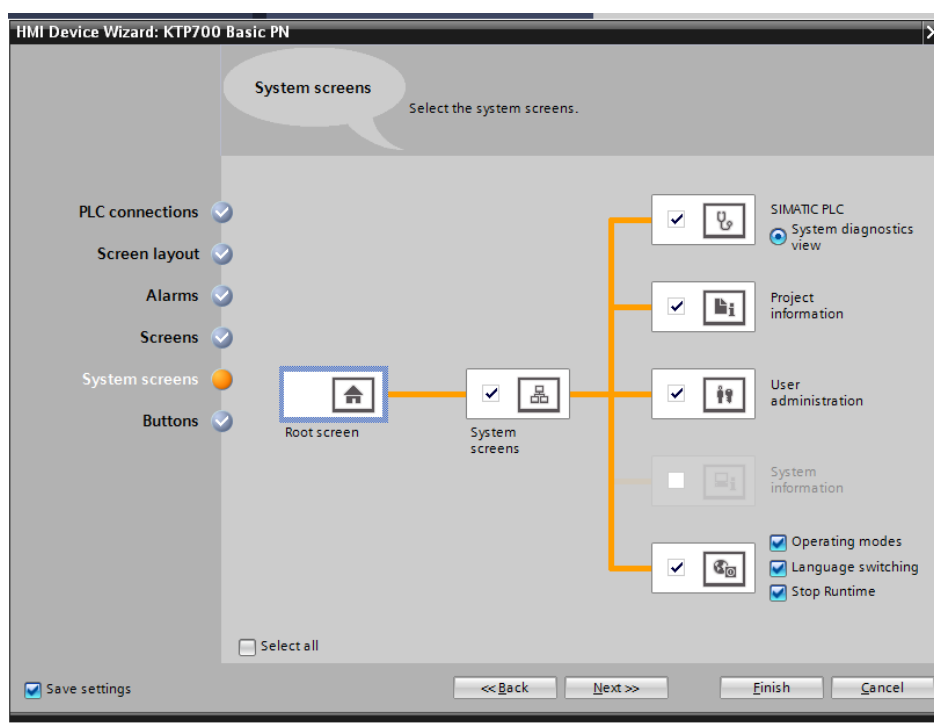
Pro přidání HMI panelu je nutné zvolit v otevřeném projektu záložku device & networks a poté dát Add new device. V následující části (zobrazené na Obr. 27) z nabídky pak zvolit vybraný HMI panel KTP700 basic.



Obr. 27 Přidání HMI panelu

Následně se zobrazí nově přidáný průvodce k urychlení nastavení HMI panelu. Tento průvodce obsahuje nastavení pro PLC připojení, rozložení obrazovky, alarmy, obrazovku, systémové obrazovky a tlačítka.

V části nastavení PLC připojení je za potřeby zvolit komunikační ovladač. V následující části pak lze provést nastavení zobrazení času na panelu, rozlišení obrazovky a také základní barvu pozadí obrazovky. Při nastavování části systémové obrazovky se naskýtá možnost přidání systémových částí HMI panel jako jsou například

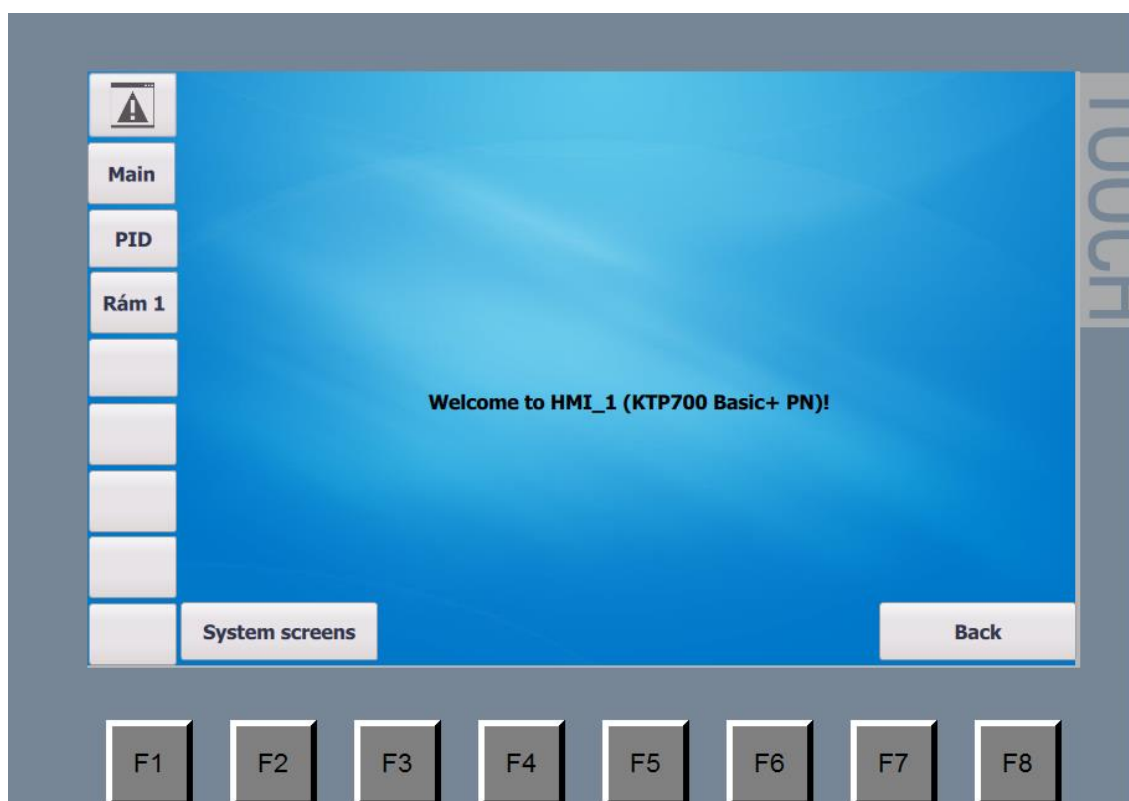


Obr. 28 Ukázka nastavení průvodce system screens

informace o projektu, nastavení administrátora, které slouží k omezování nežádoucího přístupu, systémové informace a jako poslední lze zvolit blok, který obsahuje mody operací, nastavování jazyka panelu a zastavení panelu. Toto nastavení je ukázáno na Obr. 28. V poslední části průvodce se dá přidat systémové tlačítka o lišty panelu, který se nachází na okraji. Tato lišta se poté dá ovládat za pomoci tlačítek F1-F8.

9.3 Vytvoření vizualizace pro technologický proces

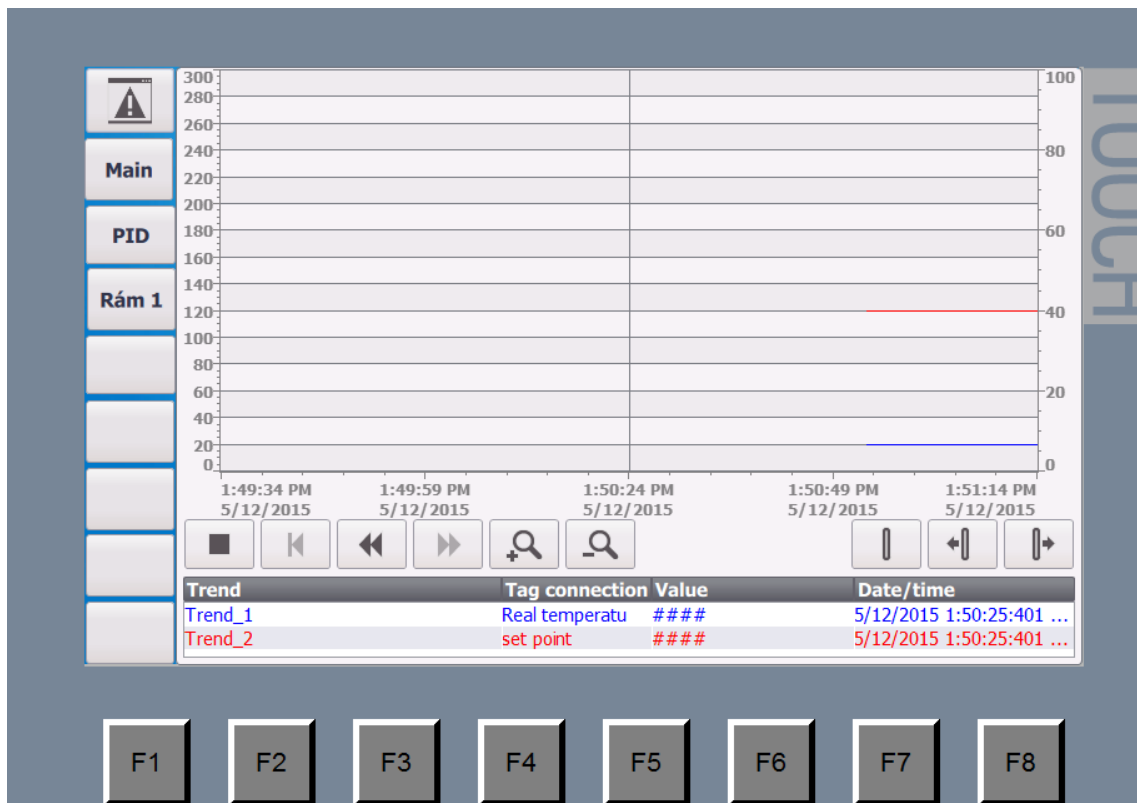
Pro lepší ovládání PI regulátoru je vytvořeno několik ovládacích screenů. Tyto screeny jsou postupně představeny a popsány.



Obr. 29 Úvodní obrazovka HMI

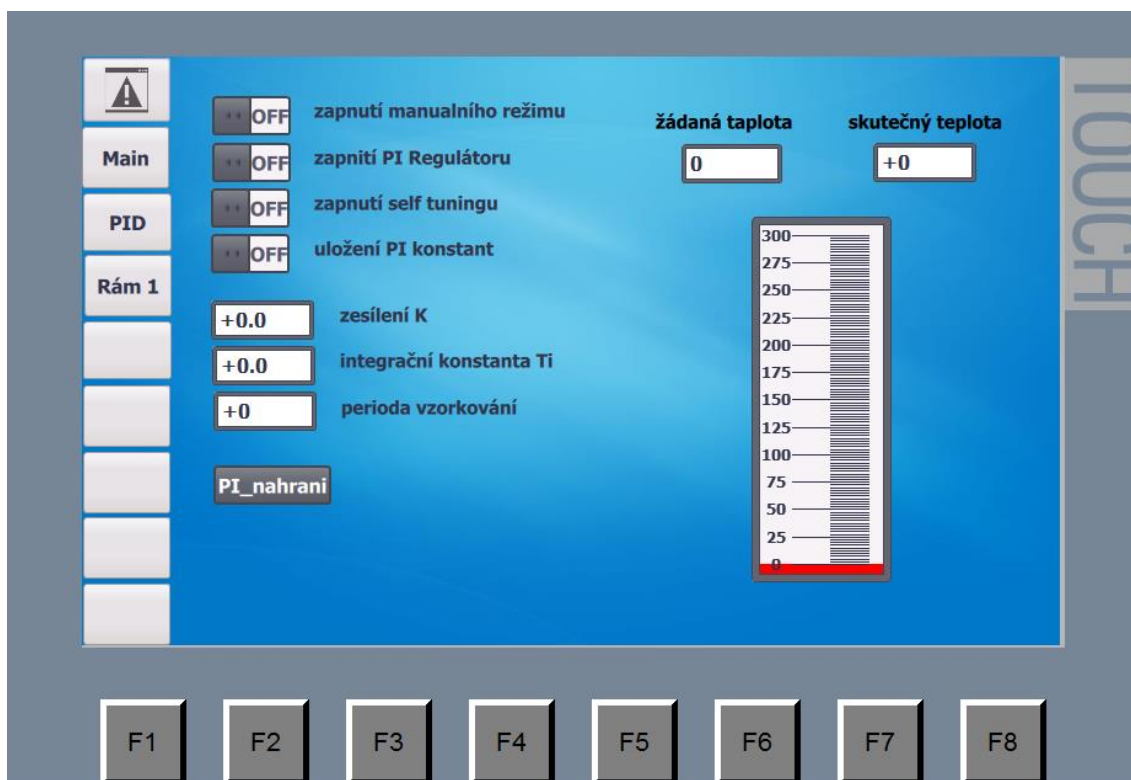
Na Obr. 29 je vidět úvodní obrazovku po zapnutí HMI panelu. Tato obrazovka nabízí volby system screens, kterým se dá dále dostat do systémových nastavení, jako je změna uživatele nebo změna jazyka.

Dále je popsán hlavní levý panel, který byl vytvořen v šabloně a opakuje se na všech screenech. Tento panel na první pozici obsahuje systémové nastavení. Následujícím tlačítkem Main se lze dostat do hlavního menu. Poté, pod tlačítkem Main se nachází tlačítko PID, kterým se lze dostat na zobrazení grafu PI regulátoru. Tento graf je pro ukázkou vyobrazen na Obr. 30. Graf obsahuje dva trendy, první z nich je teplota v reálném čase a v druhém trendu je požadovaná teplota. Hodnoty grafu jsou vykreslovány v periodě 1 sekundy. Z hlediska uložení naměřených dat a záznamu, za určitou dobu, je možné provést poté uložení do paměti operátorského panelu, oproti první generaci panelů, kde se nenacházely ovladače k periférii přenosu dat na medium, je tento ovladač v nové generaci přidán. Tím pádem je možné za pomoci USB flash disku tyto data přenést a dále je použit pro následující zpracování.



Obr. 30 Graf PI regulátoru HMI

Jako poslední možnost v levém panelu se naskýtá možnost Rám1. Tento screen je vyobrazen na Obr. 31. Pomocí screenu se dá ovládat naprogramovaný PI regulátor. Naskýtá se možnost zapnutí nebo vypnutí manuálního režimu, poté rychlé zapnutí nebo vypnutí samotného bloku PI regulátoru. Pod tímto krokem se také nachází zapnutí self tuningu, který slouží pro automatické zlepšení P a I konstant, avšak pro použití této funkce musí být deaktivovaný manuální režim. Následující možnost plní



Obr. 31 Rám 1 HMI

uložení zesílení, P a I konstant, které se právě nachází v bloku PI regulátoru. Tyto hodnoty jsou zobrazeny níže a dají se upravovat. Po kliknutí do pole, které má být upravováno, se zobrazí klávesnice (Obr. 32) a lze zadat požadovanou hodnotu. Dále, na pravé straně se nachází dvě pole. Na prvním poli se zobrazuje a nastavuje žádaná teplota, která v našem případě je 275°C. Na druhém poli se poté pouze zobrazuje skutečná teplota, která je měřena za pomoci PT100. Tato teplota je také zobrazena níže na indikátoru.



Obr. 32 Ukázka vyvolání klávesnice HMI

10 IMPLEMENTACI REGULÁTORU DO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU VÝROBNÍ LINKY

Program pro řízení linky je zpracován v TIA portálu. Programové funkce a bloky jsou řízeny cyklicky z organizačního bloku Main OB1. Proto, aby bylo zajištěno čtení dat na vstupech a následné zpracování těchto dat v jednom pracovním cyklu, je důležité volat PID funkci FB58 v pravidelných intervalech. Z tohoto důvodu je přidán funkční blok OB35, do kterého je vložen PID blok. Funkční blok OB35 zajišťuje volání v pravidelných intervalech přerušení. Velikost těchto intervalů se dá upravit v properties daného bloku. Velikost intervalu volání je nastavena na 100ms. S tímto časem musí být synchronní i parametr CYCLE z PID regulátoru. Dále je vytvořený datový blok DB1, který přiřazen k funkci PID regulátoru FB58.

Cyclic interrupt [OB35]

Cyclic interrupt Properties

General

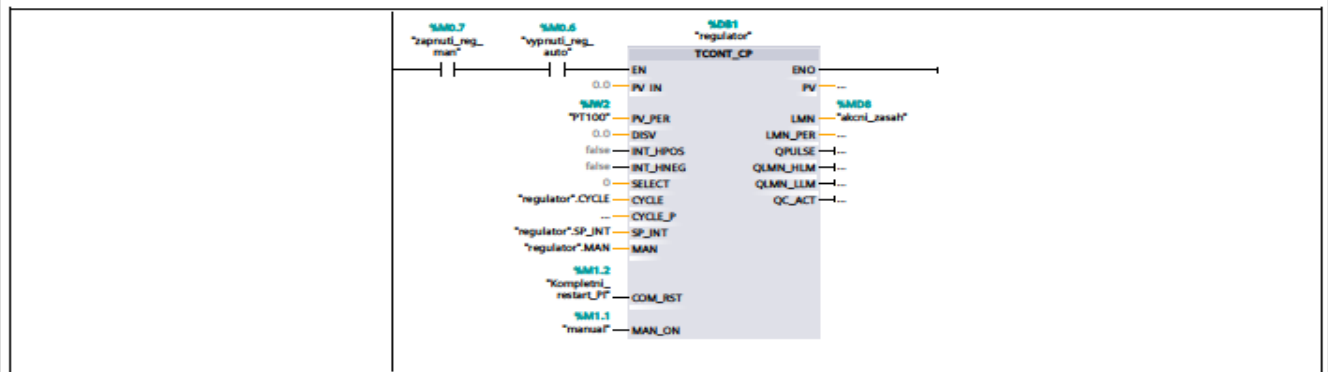
Name	Cyclic interrupt	Number	35	Type	OB	Language	LAD
Numbering	manual						

Information

Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Event_Count	Int		Events discarded
Temp			
Constant			

Network 1:



Symbol	Address	Type	Comment
"akcni_zasah"	%MD8	Real	
"Kompletni_restart_PI"	%M1.2	Bool	Restart PI regulatoru
"manual"	%M1.1	Bool	
"PT100"	%IW2	Int	
"regulator".CYCLE		Real	sample time of continuous controller [s]
"regulator".MAN		Real	manual value
"regulator".SP_INT		Real	internal setpoint
"vypnuti_reg_auto"	%M0.6	Bool	
"zapnuti_reg_man"	%M0.7	Bool	

Main [OB1]

Main Properties

General

Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
-------------	------	---------------	---	-------------	----	-----------------	-----

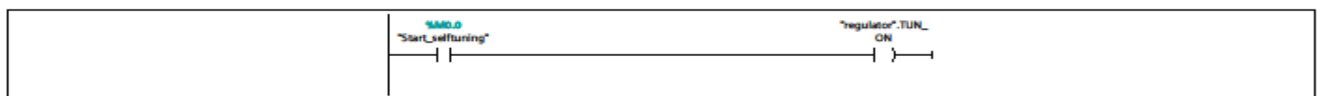
Numbering automatic

Information

Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

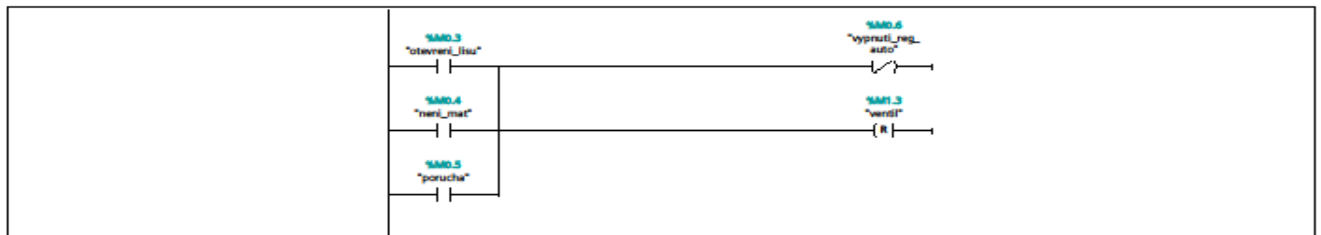
Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Network 1: self tuning on



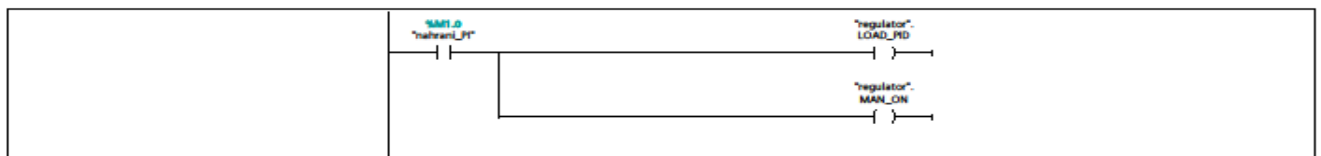
Symbol	Address	Type	Comment
regulator.TUN_ON		Bool	self tuning on
Start_selftuning	%M0.0	Bool	Zapnitu/vypnuti selftuning

Network 2: Kontrola lisu zdanenastala chyba/ vypnuti regulátoru/ zavreni ventilu



Symbol	Address	Type	Comment
neni_mat	%M0.4	Bool	
otevrenee_lisu	%M0.3	Bool	
porucha	%M0.5	Bool	
ventil	%M1.3	Bool	ventil
vypnuti_reg_auto	%M0.6	Bool	

Network 3: load optimized PI/PID parameters



Symbol	Address	Type	Comment
nahrani_PI	%M1.0	Bool	
regulator.LOAD_PID		Bool	load optimized Pi/PID parameters
regulator.MAN_ON		Bool	manual operation on

regulator [DB1]

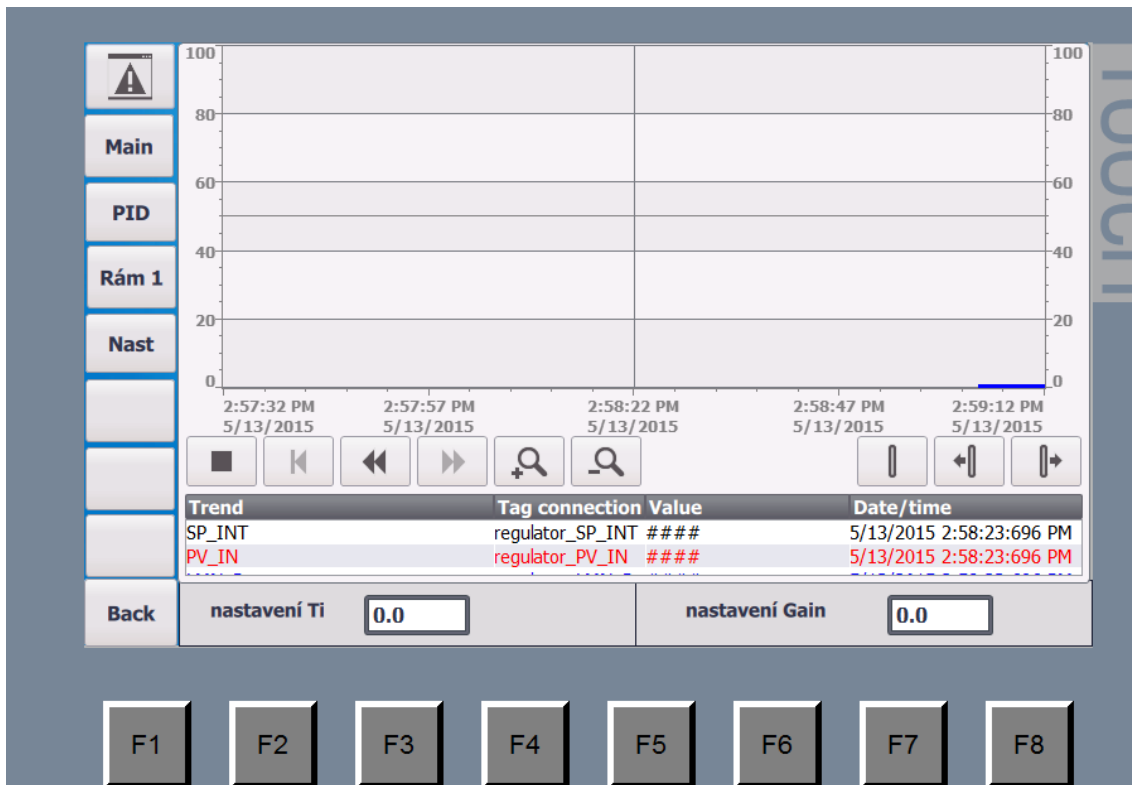
regulator Properties

General							
Name	regulator	Number	1	Type	DB	Language	DB
Numbering	automatic						
Information							
Title		Author	SIMATIC	Comment		Family	CONTROL
Version	1.1	User-defined ID	TCONT_CP				

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI	Visible in HMI	Setpoint	Comment
▼ Input							
PV_IN	Real	0.0	True	True	True	False	process variable in
PV_PER	Int	0	True	True	True	False	process variable peripherie
DISV	Real	0.0	True	True	True	False	disturbance variable
INT_HPOS	Bool	false	True	True	True	False	integral action hold in positive direction
INT_HNEG	Bool	false	True	True	True	False	integral action hold in negative direction
SELECT	Int	0	True	True	True	False	selection of call PID and pulse generator
▼ Output							
PV	Real	0.0	True	True	True	False	process variable
LMN	Real	0.0	True	True	True	False	manipulated variable
LMN_PER	Int	0	True	True	True	False	manipulated variable peripherie
QPULSE	Bool	false	True	True	True	False	output pulse signal
QLMN_HLM	Bool	false	True	True	True	False	high limit of manipulated variable reached
QLMN_LLM	Bool	false	True	True	True	False	low limit of manipulated variable reached
QC_ACT	Bool	true	True	True	True	False	next cycle, the continuous controller is working
▼ InOut							
CYCLE	Real	0.1	True	True	True	False	sample time of continuous controller [s]
CYCLE_P	Real	0.02	True	True	True	False	sample time of pulse generator [s]
SP_INT	Real	0.0	True	True	True	False	internal setpoint
MAN	Real	100.0	True	True	True	False	manual value
COM_RST	Bool	false	True	True	True	False	complete restart
MAN_ON	Bool	true	True	True	True	False	manual operation on
▼ Static							
DEADB_W	Real	0.0	True	True	True	False	dead band width
I_ITLVAL	Real	0.0	True	True	True	False	initialization value of the integral action
LMN_HLM	Real	100.0	True	True	True	False	manipulated variable high limit
LMN_LLM	Real	0.0	True	True	True	False	manipulated variable low limit
PV_FAC	Real	1.0	True	True	True	False	process variable factor
PV_OFFS	Real	0.0	True	True	True	False	process variable offset
LMN_FAC	Real	1.0	True	True	True	False	manipulated variable factor
LMN_OFFS	Real	0.0	True	True	True	False	manipulated variable offset
PER_TM	Real	1.0	True	True	True	False	period time [s]
P_B_TM	Real	0.0	True	True	True	False	minimum pulse/break time [s]
TUN_DLMN	Real	20.0	True	True	True	False	delta manipulated variable for process excitation
PER_MODE	Int	0	True	True	True	False	periphery mode: 0=standard, 1=climate, 2=voltage/current
PVPER_ON	Bool	TRUE	True	True	True	False	process variable periphery on
I_ITL_ON	Bool	false	True	True	True	False	initialization of the integral action on
PULSE_ON	Bool	false	True	True	True	False	pulse generator on
TUN_KEEP	Bool	false	True	True	True	False	keep tuning on (common tuning with other controllers)
ER	Real	0.0	True	True	True	False	error signal
LMN_P	Real	0.0	True	True	True	False	proportionality component
LMN_I	Real	0.0	True	True	True	False	integral component
LMN_D	Real	0.0	True	True	True	False	derivative component
PHASE	Int	0	True	True	True	False	phase of self tuning (0..7)
STATUS_H	Int	0	True	True	True	False	status heating of self tuning
STATUS_D	Int	0	True	True	True	False	status controller design of self tuning
QTUN_RUN	Bool	false	True	True	True	False	tuning is active (phase 2)
▼ PI_CON							
TCONTCP_PI_CON	TCONTCP_PI_CON		True	True	True	False	
GAIN	Real	20.0	True	True	True	False	PI proportional gain
TI	Real	20.1	True	True	True	False	PI reset time [s]
▼ PID_CON							
TCONTCP_PID_CON	TCONTCP_PID_CON		True	True	True	False	
GAIN	Real	0.0	True	True	True	False	PID proportional gain
TI	Real	0.0	True	True	True	False	PID reset time [s]
TD	Real	0.0	True	True	True	False	PID derivative time [s]
▼ PAR_SAVE							
TCONTCP_PAR_SAVE	TCONTCP_PAR_SAVE		True	True	True	False	
PFAC_SP	Real	1.0	True	True	True	False	saved proportional factor for setpoint changes [0..1]
GAIN	Real	0.0	True	True	True	False	saved proportional gain

Totally Integrated Automation Portal								
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI	Visible in HMI	Setpoint	Comment	
TI	Real	0.0	True	True	True	False	saved reset time [s]	
TD	Real	0.0	True	True	True	False	saved derivative time [s]	
D_F	Real	5.0	True	True	True	False	saved derivative factor TD/TM_LAG (5..10)	
CON_ZONE	Real	100.0	True	True	True	False	saved control zone	
CONZ_ON	Bool	false	True	True	True	False	saved control zone active	
PFAC_SP	Real	1.0	True	True	True	False	proportional factor for setpoint changes [0..1]	
GAIN	Real	2.0	True	True	True	False	proportional gain	
TI	Real	40.0	True	True	True	False	reset time [s]	
TD	Real	0.0	True	True	True	False	derivative time [s]	
D_F	Real	5.0	True	True	True	False	derivative factor TD/TM_LAG (5..10)	
CON_ZONE	Real	100.0	True	True	True	False	control zone	
CONZ_ON	Bool	FALSE	True	True	True	False	control zone active	
TUN_ON	Bool	FALSE	True	True	True	False	self tuning on	
TUN_ST	Bool	false	True	True	True	False	start self tuning (with constant SP)	
UNDO_PAR	Bool	false	True	True	True	False	undo change of controller parameters	
SAVE_PAR	Bool	false	True	True	True	False	save current controller parameters	
LOAD_PID	Bool	false	True	True	True	False	load optimized PI/PID parameters	
PID_ON	Bool	FALSE	True	True	True	False	PID mode on	
GAIN_P	Real	0.0	True	True	True	False	process proportional gain	
TU	Real	0.0	True	True	True	False	delay time [s]	
TA	Real	0.0	True	True	True	False	recovery time [s]	
KIG	Real	0.0	True	True	True	False	maximal ascent ratio of PV	
N_PTN	Real	0.0	True	True	True	False	process order	
TM_LAG_P	Real	0.0	True	True	True	False	process time lag for PTN model [s]	
T_P_INF	Real	0.0	True	True	True	False	time to point of inflection [s]	
P_INF	Real	0.0	True	True	True	False	PV at point of inflection - PV0	
LMNO	Real	0.0	True	True	True	False	manipulated variable at begin of tuning	

Druhá část implementace regulátoru je věnována zadávání vypočítaných PI parametrů prostřednictvím OP. V tomto kroku bylo zapotřebí naprogramovat nový screen na operátorském panelu (Obr. 33). V grafu je možnost sledovat průběhy trendu vybraných parametrů. Pro potřeby ladění regulátoru jsou zde tedy zobrazeny SP_INT, PV_IN, LMN_P a LMN_I parametry. Podle průběhu jednotlivých složek akčního zásahu LMN_P a LMN_I, bude mít poté možnost programátor doladovat konstanty zesílení Gain a TI. Do tohoto nastavení bude mít přístup pouze programátor mající právo příslušné přístupové úrovně a bude tedy zamezeno nežádoucímu přístupu ze strany operátora.



Obr. 33 Implementace graf HMI

11 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout koncepci a implementovat PI regulátor pro ohřev topných desek u lisu na dřevotřísku.

Důležitou součástí práce bylo navrhnout hardwarové a softwarové součásti, které budou použity při realizaci PI regulátoru. První, co bylo zapotřebí, bylo seznámit se s technologií lisování dřevotřísky za pomoci kontinuálního lisu od firmy Dieffenbacher. Po obeznámení s lisem jsem navrhl hardwarové řešení, které bude použito pro realizaci. Protože firma Dieffenbacher kladla důraz na použití PLC typu S7-1500, bylo důležité vybrat hardwarové prostředky, které jsou normalizované pro tuto jednotku. PLC S7-1500 bylo doplněno o procesorovou jednotku typu 1511-1PN. I když je to nejnižší řada, tak přesto je dostačující pro řešení daného problému. Poté jsem k PLC vybral analogový vstupní modul Ai 8xU/I/RTD/TC, abych mohl připojit teplotní čidlo PT100 a analogový výstupní modul AQ 2xU/I ST sloužící k ovládní regulačního ventilu. Před vývojem samotného regulátoru v prostředí TIA Portálu, jsem si definoval blok TCONT_CP, který bude využit.

Bohužel, po velmi obtížné a zdouhavé komunikaci s firmou Dieffenbacher, završené úplným odstoupením od projektu bez udání důvodu, jsem si musel najít alternativní firmu (KRONOSPAN z Jihlavy), v které bych provedl naměření potřebných hodnot, i když to nebylo mým úkolem. Tyto data jsem měl původně dostat od firmy Dieffenbacher. Poté jsem z naměřených hodnot provedl identifikaci metodou profesora Strýce a určil jsem přenos soustavy. Dále jsem navrhl PI regulátor za pomoci metody geometrického místa kořenů. Tyto hodnoty jsem poté implementoval do předem vybraného blok TCONT_CP a donastavil jsem ho.

Jako poslední jsem vytvořil vizualizaci k zobrazení a ovládní technologického procesu za pomoci operátorského panelu KTP700 BASIC PN. Vizualizace na něj byla provedena v programu TIA Portal s integrovaným programem WINCC. K ovládní byla vytvořena řada obrazovek, na které se dá dostat za pomoci menu v levé části operátorského panelu. Některé části může zobrazit pouze programátor, aby se předešlo nežádoucímu nastavení.

V dalším pokračování práce by bylo možné rozšířit program a vizualizaci o ovládní zbylých třech topných desek.

Literatura

- [1] Elektroprůmysl: informace ze světa průmyslu a elektrotechniky.
In: [online]. [cit. 2015-01-08]. Dostupné z:
<http://www.elektroprumysl.cz/automatizace-rizeni-a-regulace/ridici-system-simatic-s7-1500-je-zameren-na-vykonnost-a-efektivitu>
- [2] S7-1500/S7-1500F.
In: [online]. [cit. 2015-01-08]. Dostupné z:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=56926743&subtype=133300&caller=view>
- [3] PT100 platinum resistance thermometers.
In: *Pico technologi* [online]. [cit. 2015-01-21]. Dostupné z:
<https://www.picotech.com/library/application-note/pt100-platinum-resistance-thermometers>
- [4] SIMATIC S7-1500/ET 200MP Analog input module AI 8xU/I/RTD/TC ST.
In: [online]. [cit. 2015-01-23]. Dostupné z :
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=67309153&treeLang=en>
- [5] S71500_pid_control_function_manual_enUS_en-US.
In: [online]. [cit. 2015-01-25]. Dostupné z:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=56926743&treeLang=en>
- [6] KOTEK Z., ŠVEC J. Teorie automatického řízení. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1969, 460 s., obr. příl. Česká matice technická (SNTL).
- [7] SIMATIC S7-1500/ET 200MP Analog Output Module AQ 2xU/I ST .
In: [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z:
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/91688388/simatic-s7-1500et-200mp-analog-output-module-aq-2xui-st?dti=0>

- [8] HMI devices Basic Panels 2nd Generation.
In : [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z:
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/350/90114350/att_58860/v1/hmi
_basic_panels_2nd_generation_operating_instructions_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/350/90114350/att_58860/v1/hmi_basic_panels_2nd_generation_operating_instructions_en-US.pdf)
- [9] Totally Integrated Automation Portal.
In : [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z:
[http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-
as/brochure/en/brochure_simatic-step7_TIA-portal_en.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-step7_TIA-portal_en.pdf)
- [10] Blaha, P., Vavřín, P.: Řízení a regulace, ET VUT Brno, 2009

Seznam příloh

Příloha 1. CD

1 OBSAH PŘILOŽNÉHO CD

- Složka BP obsahující text této bakalářské práce ve formátu pdf
- Složka TIA Portal obsahující program této bakalářské práce v prostředí TIA Portal