

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**ŘÍZENÍ MODELU TEPLOVZDUŠNÉHO TUNELU POMOCÍ PLC
SIEMENS SIMATIC**

Václav Líbal

Bakalářská práce
2016

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav Líbal**
Osobní číslo: **I12077**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Název tématu: **Řízení modelu teplovzdušného tunelu pomocí PLC Siemens Simatic**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Postup:

Cílem práce je návrh několika typů automatického řízení teplovzdušného tunelu pomocí vybraného PLC. Student nejprve vytvoří simulátor teplovzdušného tunelu běžící v reálném čase v osobním počítači, následně korektně zprovozní komunikaci mezi PLC a počítačem a nakonec do PLC naprogramuje vhodný algoritmus řízení.

Teoretická část:

Struční rešerše principů modelování technologických procesů, popis problematiky PLC, možnosti programování PLC.

Praktická část:

Vytvoření simulátoru teplovzdušného tunelu, zprovoznění komunikace PC - PLC, vytvoření programu do PLC realizujícího dvoustavový regulátor, vytvoření programu do PLC realizujícího PID regulátor. Zprovoznění a vyhodnocení úlohy.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BALÁTĚ, J. Automatické řízení. Praha: BEN, 2003. 654 s. ISBN 80-7300-020-2.

KWASNIEWSKI, J. Programmable Logic Controllers. Cracow: ROMA-POL, 2002. ISBN 83-86320-45-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Doležel, Ph.D.

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **11. prosince 2014**

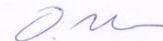
Termín odevzdání bakalářské práce: **11. května 2015**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2015

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 15. 5. 2016

Václav Líbal

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Petru Doleželovi, Ph.D. za všestrannou pomoc při řešení této práce a také za jeho trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za povzbuzování a podporu po celou dobu studia.

V Pardubicích dne 15. 5. 2016

Václav Líbal

ANOTACE

Cílem této práce je vytvořit model teplovzdušného tunelu, běžící v reálném čase, v prostředí Matlab. Zprovoznit komunikaci mezi osobním počítačem a PLC. Nahrát do PLC vlastní programy realizující regulátory a navrhnout typy automatického řízení.

KLÍČOVÁ SLOVA

řízení obvodu, PLC, Siemens Simatic, teplovzdušný tunel, Tia portal, Matlab.

TITLE

CONTROL OF HOT-AIR DEVICE USING SIEMENS SIMATIC PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

ANNOTATION

The goal of this work is to create a model of a hot-air device running in real time in Matlab. Deploy the communication between a PC and PLC. Upload own programs realizing regulators to PLC and suggest types of automatic control.

KEYWORDS

Control of circuit, PLC, Siemens Simatic, hot-air device, Tia portal, Matlab.

Obsah

| | |
|--|----|
| Seznam zkratk | 9 |
| Seznam značek | 10 |
| Seznam obrázků | 11 |
| Seznam tabulek | 12 |
| Úvod..... | 13 |
| 1 POPIS SOUSTAVY TEPLOVZDUŠNÉHO TUNELU..... | 14 |
| 1.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI SOUSTAVY | 14 |
| 1.2 SOUSTAVA TEPLOVZDUŠNÉHO TUNELU | 15 |
| 1.3 POPIS TVORBY SOUSTAVY V SIMULINKU..... | 15 |
| 1.4 VLASTNOSTI ŘÍZENÉ SOUSTAVY | 16 |
| 1.4.1 Statické vlastnosti soustavy | 16 |
| 1.4.2 Dynamické vlastnosti soustavy..... | 17 |
| 2 CÍLE ŘÍZENÍ..... | 18 |
| 2.1 ŽÁDANÁ HODNOTA | 18 |
| 2.2 DVOUSTAVOVÝ REGULÁTOR..... | 18 |
| 2.3 PID REGULÁTOR | 19 |
| 3 HARDWARE K REALIZACI ÚLOHY..... | 20 |
| 3.1 PC SE SEFTWAREM MATLAB/SIMULINK..... | 20 |
| 3.1.1 Matlab | 20 |
| 3.1.2 Simulink..... | 21 |
| 3.2 AKVIZIČNÍ KARTA LABJACK U12 | 21 |
| 3.3 PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200 | 23 |
| 3.4 TIA PORTAL | 24 |
| 3.5 KOMUNIKACE MEZI JEDNOTLIVÝMI ZAŘÍZENÍMI..... | 25 |
| 4 REALIZACE REGULAČNÍHO POCHODU | 27 |
| 4.1 DVOUSTAVOVÝ REGULÁTOR V TIA PORTAL..... | 27 |
| 4.2 PID REGULÁTOR V TIA PORTAL..... | 33 |
| 5 REGULAČNÍ POCHODY | 39 |
| 5.1 REGULAČNÍ POCHOD DVOUSTAVOVÉHO REGULÁTORU..... | 39 |
| 5.2 REGULAČNÍ POCHOD PID REGULÁTORU..... | 41 |
| 6 ZÁVĚR | 42 |
| LITERATURA..... | 43 |

| | |
|---------------------|----|
| Seznam příloh | 44 |
|---------------------|----|

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|-----|--|
| PID | proporcionálně integračně derivační (regulátor) |
| AK | akviziční karta |
| PC | osobní počítač |
| USB | universální sériová sběrnice |
| LAN | lokální síť |
| LAD | programovací jazyk založen na relé logice |
| FBD | programovací jazyk založen na skládání funkčních bloků |

Seznam značek (symbolů proměnných a funkcí)

| | |
|-----------|---|
| P | příkon, W |
| K | koeficient přestupu tepla, $W/(m^2 \cdot K)$ |
| S | obsah plochy, m^2 |
| T | vnitřní teplota soustavy, $^{\circ}C$ |
| T_0 | teplota okolí, $^{\circ}C$ |
| m | hmotnost vzduchu, kg |
| c | měrná tepelná kapacita, $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ |
| $u_{T=1}$ | hodnota na vstupu odpovídající hodnotě $1^{\circ}C$, V |
| u_{max} | maximální hodnota na vstupu, V |
| T_{max} | maximální teplota, které může soustava dosáhnout, $^{\circ}C$ |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1.1 – Model teplovzdušného tunelu..... | 14 |
| Obr. 1.2 – Soustava teplovzdušného tunelu v Simulinku..... | 15 |
| Obr. 1.3 – Statické vlastnosti řízené soustavy | 16 |
| Obr. 1.4 – Skokově měnící se vstupní hodnota | 17 |
| Obr. 1.5 – Dynamické vlastnosti soustavy | 17 |
| Obr. 3.1 – Pracovní plocha programu Matlab | 20 |
| Obr. 3.2 – Akviziční karta LabJack U12 (LabJack Corporation, 2015)..... | 21 |
| Obr. 3.3 – Siemens Simatic S7-1200, CPU 1212C (Condrad Electronic. 2016)..... | 23 |
| Obr. 3.4 – TIA Portal view | 24 |
| Obr. 3.5 – Znáznornění komunikace | 25 |
| Obr. 4.1 – Proměnné pro dvoustavový regulátor v TIA Portal..... | 28 |
| Obr. 4.2 – Dvoustavový regulátor v TIA Portal 1 | 29 |
| Obr. 4.3 – Dvoustavový regulátor v TIA Portal 3 | 31 |
| Obr. 4.4 – Dvoustavový regulátor v TIA Portal 3 | 32 |
| Obr. 4.5 - Proměnné pro PID regulátor v TIA Portal | 33 |
| Obr. 4.6 – PID regulátor v TIA Portal 1 | 34 |
| Obr. 4.7 – PID regulátor v TIA Portal 2 | 35 |
| Obr. 4.8 – PID regulátor v TIA Portal 3 | 36 |
| Obr. 4.9 – Nastavení PID parametrů v TIA Portal | 37 |
| Obr. 5.1 – Regulační pochod dvoustavového regulátoru..... | 39 |
| Obr. 5.2 – Regulační pochod PID regulátoru | 41 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tab. 1.1 – Fyzikální vlastnosti soustavy..... | 14 |
|---|----|

ÚVOD

Danému tématu se tato práce věnuje z důvodu každodenního využití regulace i řízení a také proto, že obor automatizace, do kterého toto téma zapadá, je moderní a neustále se rozrůstá a vyvíjí.

Práce se zabývá regulací modelu teplovzdušného tunelu pomocí PLC Siemens Simatic S7 1200. V programovacím prostředí Matlab se vytvořil simulátor teplovzdušného tunelu, který se nakonec bude řídit pomocí naprogramovaných regulátorů nahraných do PLC.

V této práci je nejprve představen model teplovzdušného tunelu i s jeho vlastnostmi, které popisují mimo jiné i grafy. Dále je v práci popsána a vysvětlena žádaná hodnota a jsou zde zobrazeny a popsány dva vytvořené programy regulátorů, jimiž jsou PID regulátor a dvoustavový regulátor.

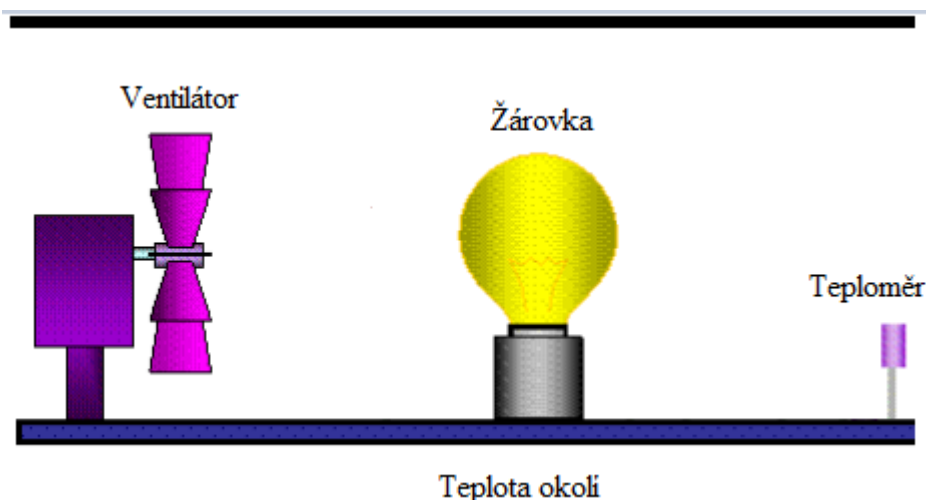
Dále se čtenář může seznámit s komunikací, která je k řízení modelu teplovzdušného tunelu nutná. Jsou zde popsány komunikace mezi jednotlivými zařízeními i samotná použitá zařízení, jimiž jsou PC s nainstalovaným softwarem Matlab a jeho nadstavbou Simulink, PC s programem TIA Portal, akviziční karta LabJack U12 a PLC Siemens Simatic.

V neposlední řadě se práce zabývá realizací regulačních pochodů. V této části bakalářské práce jsou popsány programy dvoustavového a PID regulátoru, které jsou vytvořeny v prostředí TIA Portal. Všechny potřebné části programu jsou zde zobrazeny a popsány.

Po vytvoření modelu teplovzdušného tunelu a po zprovoznění komunikace mezi osobním počítačem a programovatelným logickým automatem se do PLC postupně nahrály oba sestavené programy realizující regulátory a z naměřených hodnot se vytvořily regulační pochody, které jsou výsledkem práce.

1 POPIS SOUSTAVY TEPLOVZDUŠNÉHO TUNELU

Soustava teplovzdušného tunelu je vytvořena v simulačním programu Simulink. Soustavu tvoří bloky popisující její fyzikální vlastnosti. Model teplovzdušného tunelu si lze představit jako tunel, ve kterém je nějaký zdroj tepla, teploměr, či senzory a ventilátor popřípadě více ventilátorů. Pro lepší představu slouží obr. 1.1.



Obr. 1.1 – Model teplovzdušného tunelu

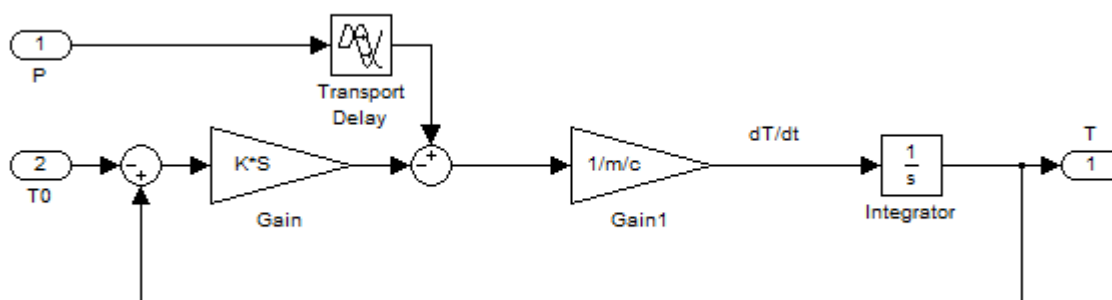
Zdrojem tepla je zde žárovka, která ohřívá vzduch v tunelu podle toho jaký je jí dodán příkon, který je na vstupu soustavy. Teploměr slouží pro získání teploty na výstupu soustavy a ventilátor k rozprouzení vzduchu v tunelu. Dopravní zpoždění je zde doba, kterou trvá, než se ohřátý vzduch dostane od zdroje tepla na výstup tunelu.

1.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI SOUSTAVY

Tab. 1.1 – Fyzikální vlastnosti soustavy

| | |
|--------------------------------|---|
| Příkon | 0 – 5000 W |
| Hmotnost vzduchu | 1 kg |
| Měrná tepelná kapacita vzduchu | $1005 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
| Přestupní plocha | $0,2 \text{ m}^2$ |
| Koeficient přestupu tepla | $1000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ |
| Počáteční teplota | $18 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Teplota okolí | $18 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Dopravní zpoždění | 2 s |

1.2 SOUSTAVA TEPELVZDUŠNÉHO TUNELU



Obr. 1.2 – Soustava teplovzdušného tunelu v Simulinku

1.3 POPIS TVORBY SOUSTAVY V SIMULINKU

Z fyzikálních vlastností soustavy se sestavila rovnice popisující soustavu

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P - K \cdot S \cdot (T - T_0)}{m \cdot c}, \quad (1.1)$$

kde P – příkon, W,

K – koeficient přestupu tepla, W/(m²·K),

S – obsah plochy, m²,

T – vnitřní teplota soustavy, °C,

T_0 – teplota okolí, °C,

m – hmotnost vzduchu, kg,

c – měrná tepelná kapacita, J·kg⁻¹·K⁻¹.

Podle této rovnice se pak do projektu v Simulinku postupně přidávaly logické bloky, které odpovídají logickým matematickým operacím, a zadaly se do nich příslušné hodnoty. Soustava je úměrně reálná podle počtu reálně přidaných bloků. To znamená, že čím více je logických bloků popisujících soustavu, tím přesnější soustava bude. Po sestavení schématu byla provedena série simulací, přičemž některé parametry modelu byly měněny tak, aby výstup soustavy byl co nejpříjemnější.

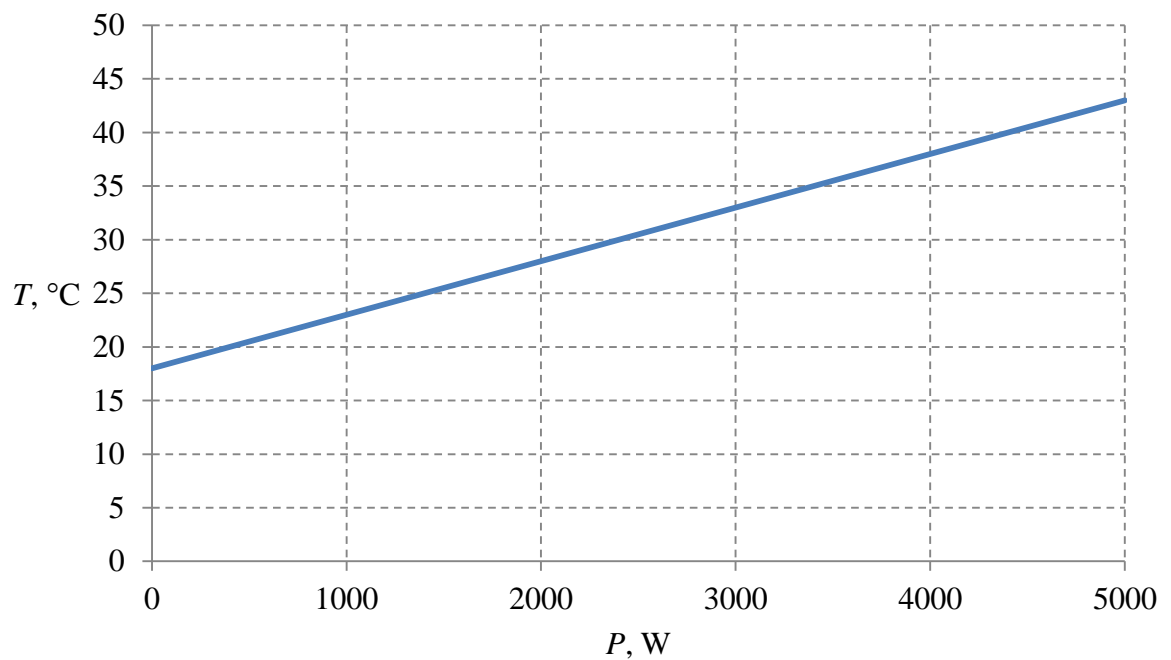
1.4 VLASTNOSTI ŘÍZENÉ SOUSTAVY

V této kapitole budou popsány vlastnosti řízené soustavy pomocí grafů. První graf popisuje statické vlastnosti řízené soustavy a druhý zobrazuje dynamické vlastnosti této soustavy.

1.4.1 Statické vlastnosti soustavy

Statická charakteristika zobrazuje vlastnosti lineárních spojitých dynamických systémů, které popisují systém v ustáleném stavu. Ustálený stav je stav, kdy se hodnoty na vstupu a na výstupu v čase nemění.

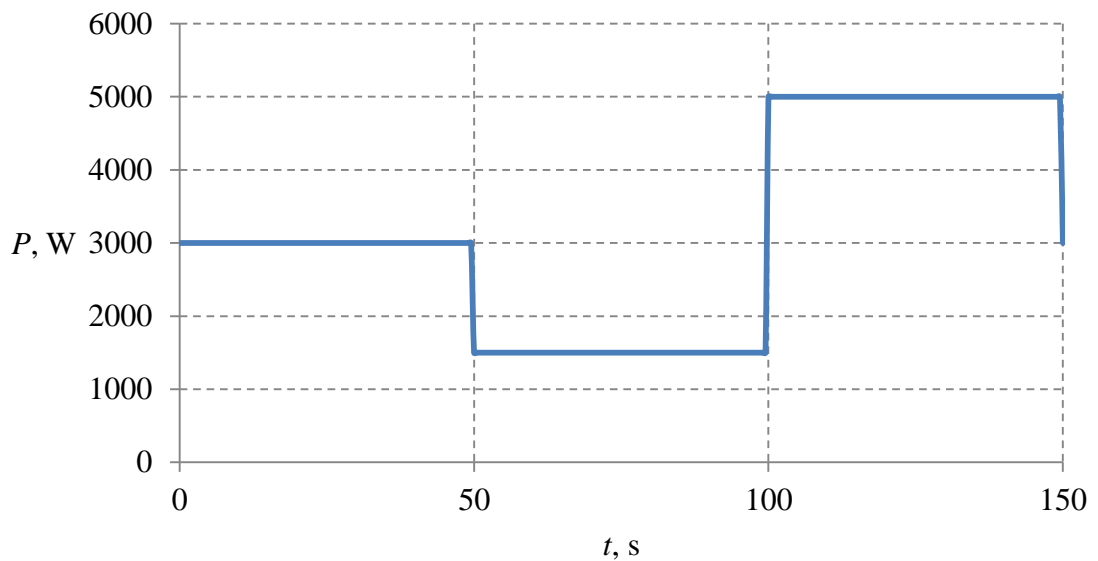
Z tohoto grafu na obr. 1.3 je vidět na jaké teplotě by se soustava měla ustálit, když jí bude dodán příslušný výkon. Graf začíná od teploty 18 °C z toho důvodu, že teplota okolí je 18 °C a pod tuto hodnotu teplota soustavy neklesne.



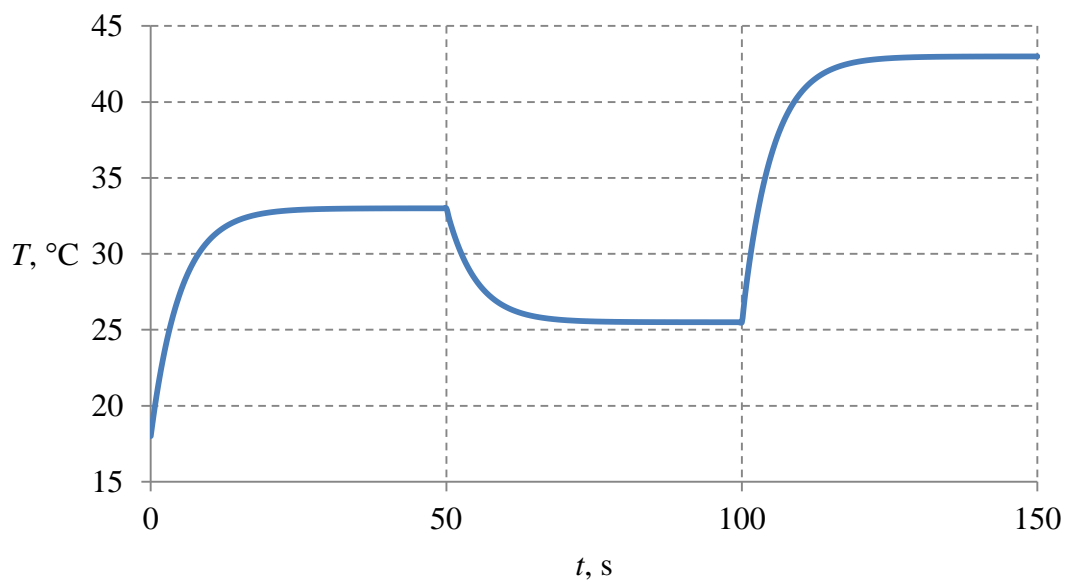
Obr. 1.3 – Statické vlastnosti řízené soustavy

1.4.2 Dynamické vlastnosti soustavy

Dynamické vlastnosti soustavy popisují odezvu systému na jednotkový skok na vstupu. Jednotkový skok je funkce, která změní svou hodnotu z nuly na jednotku a na té se ustálí. Níže jsou vykresleny dva grafy. V prvním grafu na obr. 1.4 je skokově měnící se příkon v závislosti na čase a do druhého grafu na obr. 1.5 se vykresluje časový průběh teploty teplovzdušného tunelu. V prvním grafu je tedy vstupní hodnota a v druhém grafu je výstupní hodnota, to z toho důvodu, aby byla vidět reakce výstupu na vstup.



Obr. 1.4 – Skokově měnící se vstupní hodnota



Obr. 1.5 – Dynamické vlastnosti soustavy

2 CÍLE ŘÍZENÍ

V této kapitole budou vysvětleny základní pojmy týkající se této práce, jimiž jsou žádaná hodnota a dvoustavový regulátor. Dále zde bude popsán princip PID regulátoru a jeho složky.

2.1 ŽÁDANÁ HODNOTA

Žádaná hodnota je na vstupu regulátoru. Je to hodnota, které se pomocí regulace snaží dosáhnout. Jinými slovy jde o to, aby se pomocí regulace hodnota na výstupu co nejvíce přiblížila hodnotě na vstupu, tedy hodnotě žádané. Rozdíl mezi hodnotou na výstupu a žádanou hodnotou je regulační odchylka, která je v ideálním případě rovna nule.

Žádaná hodnota je u tohoto modelu teplovzdušného tunelu nastavena po dobu 150 sekund a to pro oba regulátory jinak. Dvoustavový regulátor má nastavenou žádanou hodnotu do 50 sekund na 20 °C, po té do 100 sekund na 40 °C a posledních 50 sekund na 30 °C, aby bylo vidět ustalování ze shora i ze zdola.

Podobně je žádaná hodnota nastavena i u PID regulátoru, až na ten rozdíl, že PID regulátor má nastavenou žádanou hodnotu na 20 °C pouze prvních 30 sekund a na 40 °C následujících 70 sekund, zbylých 50 sekund zůstává pro žádanou hodnotu 30 °C stejně jako u dvoustavového regulátoru. Časové úseky jsou změněny z toho důvodu, že PID regulátor se příliš pomalu ustaloval na vyšších teplotách, takže by se za 50 sekund nestihl na 40 °C ustálit, za to na 20 °C mu stačilo 30 sekund.

2.2 DVOUSTAVOVÝ REGULÁTOR

Dvoustavový regulátor se používá zejména pro málo náročné aplikace. S ohledem na to, jak dvoustavový regulátor funguje, není možné dosáhnout nulové regulační odchylky. Regulovaná veličina totiž kmitá kolem žádané hodnoty, protože dvoustavový regulátor má pouze dva stavy a to buď že je vypnutý, nebo je zapnutý. Na vstupu soustavy je tedy plný nebo žádný výkon. K žádané hodnotě se lze přiblížit zmenšením hystereze, to však bude mít za následek častější spínání a rozpínání výkonových členů, což by mohlo zkrátit životnost elektromechanických spínačů například stykače, relé apod.

Hlavní výhody použití dvoustavového regulátoru jsou malé nároky na regulátor a jednoduchá obsluha. Nevýhodou je však nízká kvalita regulace.

2.3 PID REGULÁTOR

Řízení pomocí PID regulátoru je mnohem přesnější než dvoustavová regulace. U regulace topených soustav může být trvalá regulační odchylka menší než 1 °C. Nejlepší regulace lze dosáhnout jen tehdy, když jsou správně nastaveny PID parametry podle charakteristik regulované soustavy. PID regulátor má tři složky, těmi jsou proporcionální, integrační a derivační, proto tedy název PID.

Proporcionální složka regulátoru zesiluje zpětnou vazbu regulátoru. Zvyšování proporcionální složky urychluje přiblížení k žádané hodnotě. Nevýhodou je, že samotná proporcionální složka má trvalou regulační odchylku.

Integrační složka regulátoru dokáže eliminovat regulační odchylku, ovšem ustálení na žádanou hodnotu trvá delší dobu. Většinou se používá spojení proporcionální a integrační složky, kde proporcionální složka urychluje děj regulace a integrační složka odstraňuje regulační odchylku.

Derivační složka regulátoru může ve spojení s předešlými složkami urychlit děj regulace. Tato složka je samostatně nepoužitelná. Používá se zejména u soustav s dopravním zpožděním a u soustav vyšších řádů, kde dokáže rychle reagovat.

Výhodou PID regulátoru je vysoká kvalita regulace hlavně u soustav s proporcionálním výstupem. Nevýhodou PID regulátoru je zdlouhavé nastavování jednotlivých parametrů a vysoké nároky na spínače i samotný regulátor (BALÁTEĚ, 2003; Valter, 2006).

3 HARDWARE K REALIZACI ÚLOHY

V této kapitole jsou popsána jednotlivá zařízení, která byla použita k realizaci úlohy. Nejprve je zde popsán software Matlab s nadstavbou Simulink nainstalovaný v osobním počítači. Po té následuje akviziční karta, PLC Siemens Simatic, TIA Portal a na konci této kapitoly je zobrazeno a popsáno propojení a komunikace těchto zařízení.

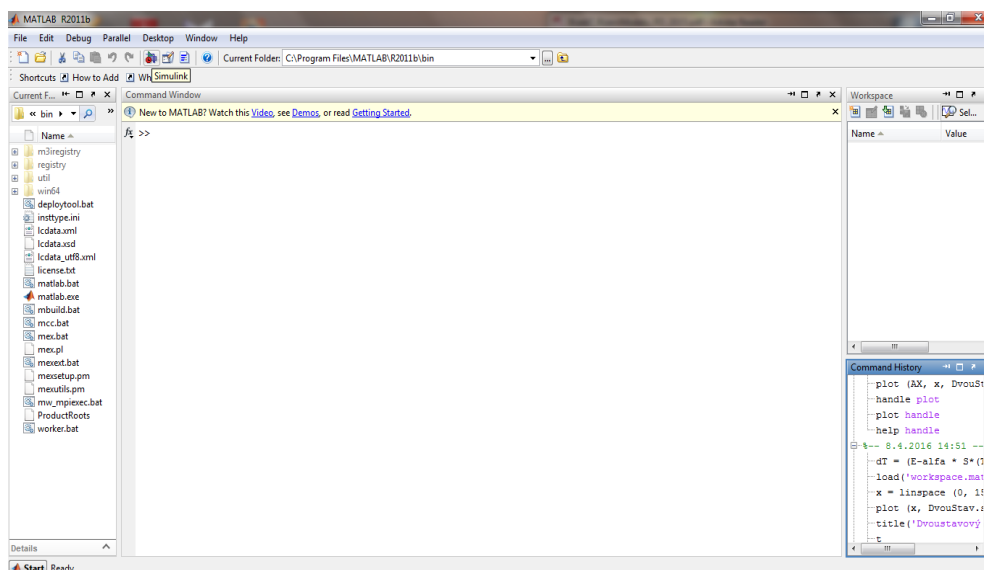
3.1 PC SE SEFTWAREM MATLAB/SIMULINK

3.1.1 Matlab

Matlab vytvořila a spravuje firma The MathWorks, Inc. Na jejich stránkách jsou informace o instalaci, nejnovějších aktualizacích, nových produktech a také jsou zde nabídky různých školení apod. Pro Českou a Slovenskou republiku toto zajišťuje zástupce této firmy, kterým je firma HUMUSOFT

Matlab je programovací prostředí a skriptovací programátorský jazyk pro nejpoužívanější operační systémy jako jsou Linux, Windows i MacOS. Jde o software, který je vhodný pro vědecké výpočty, analýzu a vizualizaci dat, simulace, modelování, vytváření algoritmů i aplikací a dokonce i grafického prostředí. Funkce programu Matlab se dají rozšířit přidáním knihovny podle potřeby. Vybírat se může z mnoha oblastí, např. neuronové sítě, optimalizace, statistika, zpracování signálů atd.

Základním prvkem tohoto prostředí je matice. Přesto Matlab rozlišuje různé typy proměnných. Jsou to sice matice, ale různých datových typů (The MathWorks, Inc., 1994-2016).



Obr. 3.1 – Pracovní plocha programu Matlab

Firmware tohoto přístroje se nezměnil za posledních deset let. LabJack U12 je velmi známí svou dlouhou provozní spolehlivostí a spokojeností zákazníků.

Na kartě je k dispozici USB. Dále je zde osm šroubových svorek pro analogové vstupní signály (AI0 až AI7). Každý vstup má vstupní rozsah ± 10 V, dvanáctibitové rozlišení a vstupní klidový proud ± 90 μ A.

Pro analogové výstupní signály má LabJack U12 dvě šroubové svorky (AO0 a AO1). Tyto analogové výstupy mohou být nastaveny na napájecí napětí 0 až 5 voltů s desetibitovým rozlišením. Analogové výstupy jsou ovládány v režimu příkaz/odezva rychlostí až 50 Hz na kanál.

Akviziční karta má 20 digitálních vstupně-výstupních kanálů, které mohou být individuálně konfigurovány jako vstup nebo výstup. 16 jich je přístupných prostřednictvím konektoru DB-25 a pro zbylé 4 vstupně-výstupní kanály jsou zde svorky (IO0 až IO3). Tyto 4 kanály mají vestavěnou ochranu proti přepětí, či zkratu. Tyto kanály jsou ovládány ve stejném režimu a mají stejnou rychlost jako analogové výstupy.

V neposlední řadě jsou na akviziční kartě zemnicí svorky a kanály (GND) a také je zde několik napájecích svorek a kanálů (+5 V).

Z těchto částí akviziční karty bylo pro práci použito USB pro propojení a komunikaci s PC. Dále výstupní svorka AO0, která byla připojena na vstupní svorku PLC, vstupní svorka AI0, která se propojila s výstupní svorkou PLC a nakonec zemní svorka GND, která se spojila s mínusem PLC označeného zkratkou 2M. Více informací o této akviziční kartě je uvedeno v (LabJack Corporation, 2015).

3.3 PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200

PLC je z anglického Programmable Logic Controller, což v překladu znamená programovatelný logický automat. Jedná se o poměrně malý počítač používaný zejména v průmyslovém odvětví. Je řízen mikroprocesorem a jeho vlastnosti jsou přizpůsobeny k řešení automatizačních úloh v reálném čase tak, aby měly co nejkratší dobu odezvy.



Obr. 3.3 – Siemens Simatic S7-1200, CPU 1212C (Condrad Electronic, 2016)

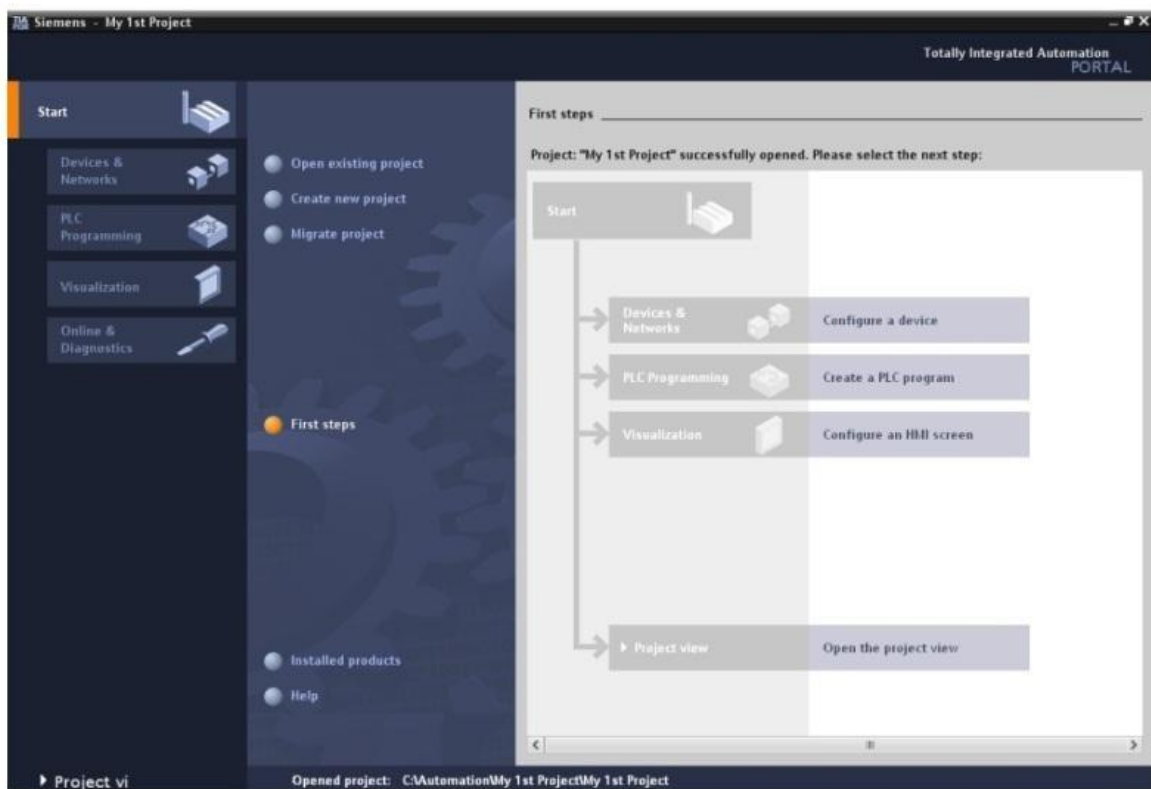
Na obr. 3.3 je typ PLC použitý pro tuto bakalářskou práci. K tomuto typu byl ještě připojen rozšiřující modul SM 1232.

PLC Siemens Simatic S7-1200 je jádro modulárního automatizačního systému, koncipovaného k jednoduchým automatizačním úlohám. Mezi nejlepší vlastnosti tohoto PLC patří již zmiňovaná modulárnost, kompaktnost, univerzálnost a flexibilita.

PLC Siemens Simatic S7-1200 je vybaven dvěma analogovými vstupy, šesti digitálními vstupy, čtyřmi digitálními výstupy, profinetovým konektorem pro spojení s dalšími PLC, nebo HMI panely, integrovanou pamětí o velikosti 25 kB, napájecím konektorem a LED stavovými kontrolkami. Podrobněji se čtenář může seznámit s tímto zařízením v (Condrad Electronic, 2016).

3.4 TIA PORTAL

Název TIA Portal vznikl z anglického Totally Integrated Automation Portal. TIA Portal je softwarové prostředí sloužící pro konfiguraci systému. V tomto případě je systémem Simatic S7-1200. Optimalizuje všechny stroje a jejich procesní postupy a nabízí standardizované a integrované operační koncepty. Je to vývojové prostředí, které integruje regulátory, distribuované vstupně-výstupní kanály, HMI monitory, řízení pohybu či motoru a další (Siemens AG, 1996-2016).



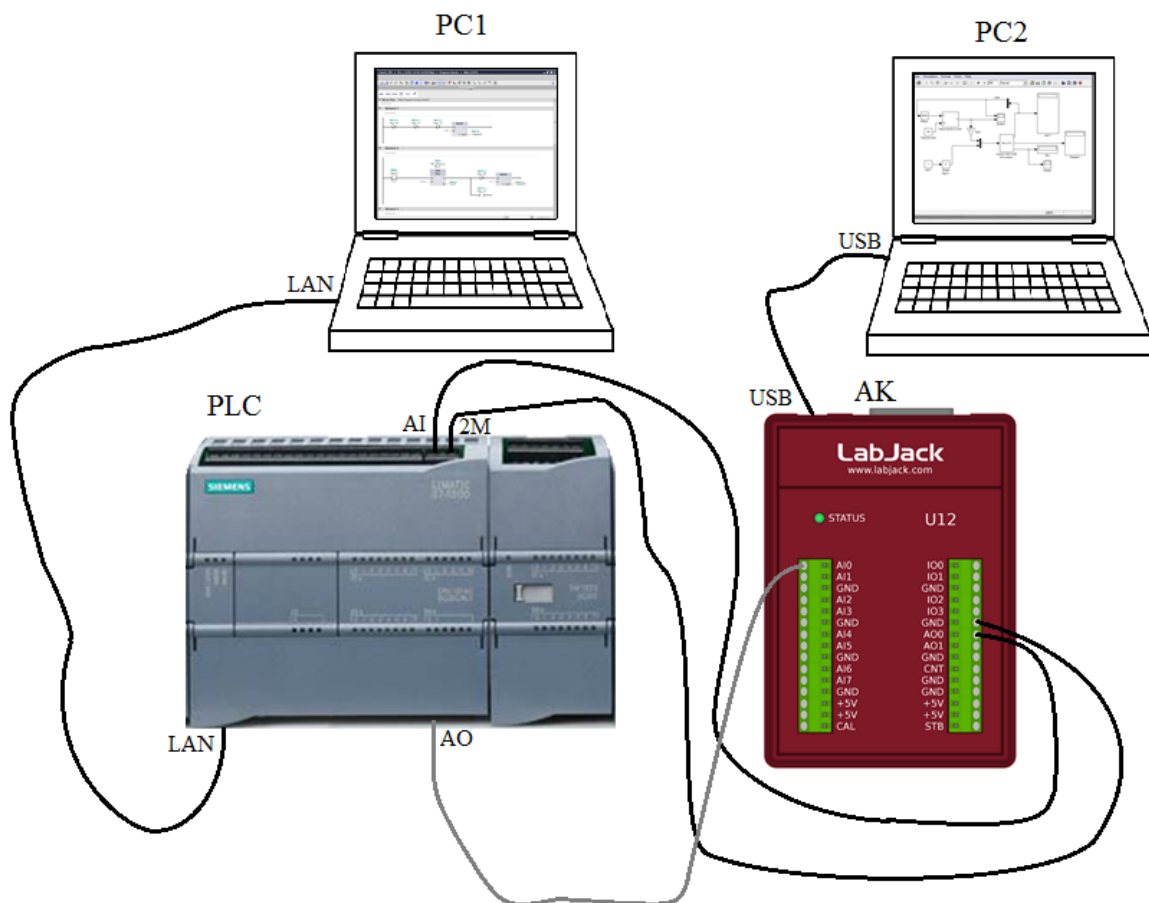
Obr. 3.4 – TIA Portal view

Na obr. 3.4 je okno, které se zobrazí při spuštění programu TIA Portal. V tomto okně je na výběr např. konfigurace zařízení, vytvoření programu pro PLC, konfigurace obrazovky HMI, či otevření nějakého projektu.

3.5 KOMUNIKACE MEZI JEDNOTLIVÝMI ZAŘÍZENÍMI

Tato práce je mimo jiné zaměřená na komunikaci mezi PLC a Matlab. V programovacím prostředí Matlab je vytvořen model teplovzdušného tunelu a ten má být regulován pomocí PLC. Aby však mohlo PLC komunikovat s PC, kde je nainstalovaný Matlab, je zapotřebí ještě nějakých zařízení.

V této práci se řeší komunikace přes akviziční kartu LabJack U12. Ta ovšem nestačí. Aby PLC mohlo regulovat, musí se do něho nejprve nahrát nějaký program, což bylo provedeno za pomoci druhého osobního počítače, v kterém je nainstalovaný software TIA Portal. Pro lepší představu propojení zmiňovaných zařízení slouží obr. 3.5,



Obr. 3.5 – Znáznornění komunikace

- kde PC1 – osobní počítač s nainstalovaným TIA Portal
PC2 – osobní počítač s nainstalovaným Matlab/Simulink

PLC – programovací logický automat Siemens Simatic S7 1200 s připojeným modulem SM 1232

AK – akviziční karta LabJack U12

USB – USB port

LAN – zdířka pro LAN

AI – svorka pro analogový vstup

AO – svorka pro analogový výstup

2M – svorka pro zem.

Na akviziční kartě jsou pak použity svorky s označením AI0, GND a AO0,

kde AI0 – svorka pro analogový vstup akviziční karty

AO0 – svorka pro analogový výstup AK

GND – zemní svorka akviziční karty.

V PC1 je v TIA Portal sestaven program, který se přes síťový kabel, zapojený do zdířek lan nahraje do PLC. V tomto případě jsou programy dva. Jeden pro dvoustavový regulátor a druhý pro PID regulátor. Tyto programy obsahují mimo jiné i žádané hodnoty s časovými spínači, které udávají, na jak dlouho se bude regulovat na danou žádanou hodnotu.

V PC2 je vytvořený model teplovzdušného tunelu se všemi jeho vlastnostmi pomocí simulink. A tento model se reguluje pomocí PLC. Aby spolu PC2 a PLC však mohly komunikovat, musela se mezi ně přidat akviziční karta. PC2 totiž pracuje s digitálními signály, zatímco PLC pracuje s analogovými signály. Akviziční karta se tedy postará o převod digitálních signálů na analogové a opačně.

Jak vyplývá z obr. 3.5, PC2 je propojený s akviziční kartou USB kabelem, který je zapojen do příslušných zdířek. Akviziční karta je pak propojena s PLC pomocí třech drátů.

Vstupem programovatelného logického automatu AI je výstup akviziční karty AO0. Na vstup akviziční karty AI0 je připojen výstup PLC AO. Poslední drát pak slouží k propojení zemí PLC a AK. Na akviziční kartě je zem označena jako GND a na PLC je označena 2M.

4 REALIZACE REGULAČNÍHO POCHODU

Realizace regulačního pochodu zahrnuje popis tvorby dvoustavového a PID regulátoru v TIA Portal. Dále je zde vysvětleno zadávání hodnot do programu a jsou zde zobrazeny programy vytvořených regulátorů.

4.1 DVOUSTAVOVÝ REGULÁTOR V TIA PORTAL

Realizace dvoustavového regulátoru probíhala tak, že po spuštění prostředí TIA portal se z nabídky, zobrazené na obr. 3.3, vybralo *Create new project* a následně vyskočilo okno, kam se zadal název a umístění souboru. Po vyplnění těchto polí se již mohl vytvořený projekt otevřít.

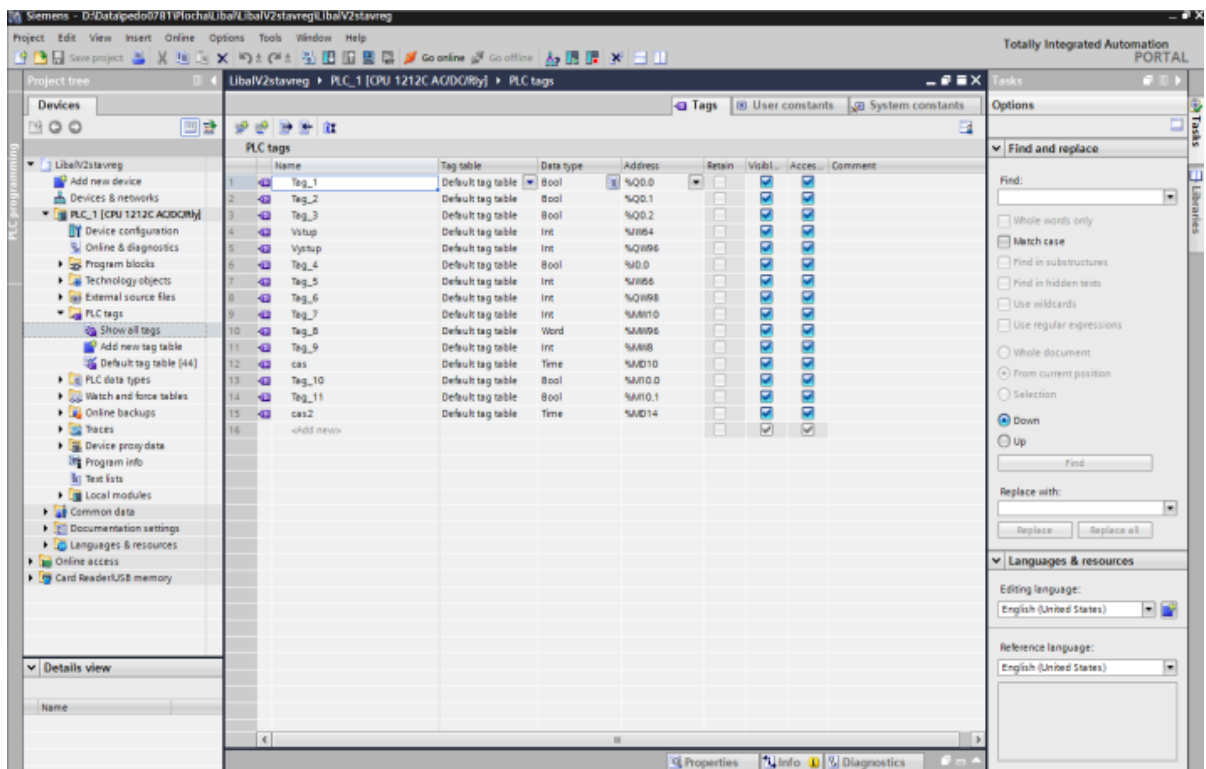
Po otevření projektu je k dispozici celá škála nabízených možností. Uprostřed je situována pracovní plocha a v levé části programu se nachází takzvaný *Project tree*.

Dále je zapotřebí přidat obraz používaných zařízení. To se provede například rozkliknutím možnosti *Add new device*, která se vyskytuje v *Project tree*. Pokud TIA Portal nerozpozná připojená zařízení sám, musí se ze seznamu vybrat přesný typ zařízení, s kterým se bude pracovat. Tento typ je většinou napsán přímo na daném zařízení pod nějakými dvířky a skládá se přibližně z šestnácti znaků.

Při konfiguraci těchto zařízení, by se ještě měla nastavit IP adresa, tak aby byla totožná s IP adresou fyzického zařízení. Pro konfiguraci zařízení je zde záložka *Device Configuration*.

Po vytvoření projektu a přidání a nastavení zařízení se může začít vytvářet samotný program. Obvykle se začíná přidáním potřebných proměnných pro danou úlohu, které nejčastěji představují vstupy a výstupy, ale mohou to být například i časovače. Dále se definuje datový typ proměnných, podle toho k čemu daná proměnná slouží a vybere se adresa podle fyzického připojení. To vše se provede v záložce *PLC tags* v *Project tree*.

Veškeré vytvořené a nastavené proměnné pro dvoustavový regulátor jsou v následujícím obr. 4.1. Ovšem ne všechny proměnné byly použity pro tuto úlohu. Pro programování dvoustavového regulátoru stačilo pouze šest proměnných a to sice *Tag_5*, *Tag_6*, *Tag_10*, *Tag_11*, *cas* a *cas2*.



Obr. 4.1 – Proměnné pro dvoustavový regulátor v TIA Portal

Datový typ určuje, jakých hodnot smí daná proměnná nabývat. Datové typy, které jsou na obr. 4.1, patří mezi ty nejvíce používané a to jsou *Bool*, *Int*, *Word* a *Time*,

kde *Bool* – logická hodnota nabývající stavu *true* nebo *false*

Int – celá čísla

Word – celé slovo

Time – čas.

Podle názvu adresy jde poznat, k čemu daná adresa slouží. Například u použité proměnné *Tag_5* je název adresy *%IW66*. Symbolem procenta začíná každá adresa proměnných. Písmena v této adrese naznačují, že jde o analogový vstup do PLC. Čísla pak rozlišují jednotlivé svorky na PLC. Pochopitelně o svorky jde jen v případech fyzických vstupů a výstupů PLC, například u časovačů čísla v adrese rozlišují, jen samotné časovače. Z adresy *%QW98* proměnné *Tag_6* lze zase poznat, že jde o analogový výstup PLC.

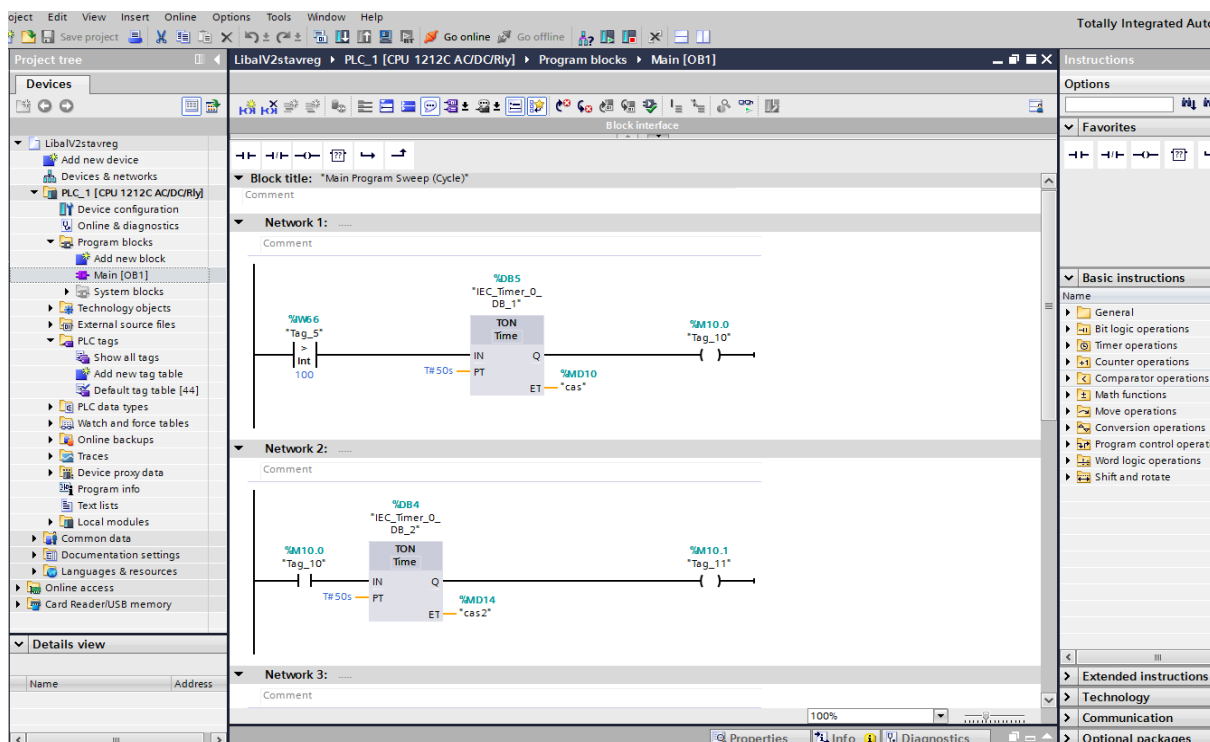
Názvy proměnných je možné změnit. Jejich výchozí názvy jsou *Tag_1*, *Tag_2*, a tak dále. U této práce to nebylo nutností, protože se zde pracuje s poměrně málo proměnnými, avšak u rozsáhlejšího seznamu proměnných je to doporučeno z důvodu přehlednosti a efektivnější práce.

Po přidání a nastavení proměnných přichází na řadu to nejdůležitější, čímž je tvorba programu. Ten se může sestavovat po otevření záložky Program blocks v Project tree, kde se rozklikne Main [OB1]. Po tomto kroku by mělo být na ploše monitoru vidět to samé jako na obrázku 4.2 s tím rozdílem, že sítě (Network 1, Network 2, atd.) budou prázdné.

Blok Main [OB1] se vytvořil automaticky. Lze si vytvořit i vlastní blok, pro totu práci však Main [OB1] stačí.

Důležité je ještě zmínit, že při kliknutí pravým tlačítkem na myši na Main [OB1] je zde možnost vybrat Properties, kde se dá nastavit například programovací jazyk. Na výběr je zde FBD (function block diagram), nebo LAD (ladder diagram). V této práci byl zhotoven dvoustavový regulátor i PID regulátor v programovacím jazyce LAD.

Oba programovací jazyky v kterých je možné psát programy v prostředí TIA Portal jsou grafické. LAD je programovací jazyk založen na relé logice. Název LAD vznikl jednoduše tak, že se diagram podobá žebříku (anglicky ladder). Oproti tomu FBD je programovací jazyk založen na skládání funkčních bloků.



Obr. 4.2 – Dvoustavový regulátor v TIA Portal 1

Jak již bylo popsáno výše, v levém sloupci je Project tree, který se při tvorbě programu může hodit například pro doplnění nějaké proměnné a uprostřed je stále pracovní plocha, kde se nachází to nejdůležitější, ale změna je v tom, že při vytváření programu je

velmi často používaný pravý sloupec. V tomto sloupci se totiž vyskytují veškeré instrukce, které se mohou použít pro psaní programu. Do programu se vloží příslušná instrukce pouhým přetažením z pravého sloupce do sítě v pracovní ploše, kde je instrukce zapotřebí.

Na obr. 4.2 jsou vyobrazeny první dvě sítě programu dvoustavového regulátoru. V první síti je jako první umístěna podmínka, která pro splnění vyžaduje, aby proměnná *Tag_5*, která je adresována na vstup PLC, nabývala hodnoty vyšší než 100.

Aby bylo jasné jaká hodnota je posílána na vstup při kolika stupních. Musela se nejprve soustava odsimulovat s maximálním příkonem a nechala se ustálit. Potom se příslušná hodnota na vstupu vydělila maximální teplotou, které může soustava dosáhnout a výsledkem byla hodnota na vstupu která odpovídá právě jednomu stupni Celsia. Výpočet hodnoty vstupu pro 1 °C je vyjádřen vztahem

$$u_{T=1} = \frac{u_{\max}}{T_{\max}} = \frac{12\,000}{43} = 279,07, \quad (4.1)$$

kde $u_{T=1}$ – hodnota na vstupu odpovídající hodnotě 1 °C

u_{\max} – maximální hodnota na vstupu

T_{\max} – maximální teplota, které může soustava dosáhnout.

Z tohoto výpočtu je tedy patrné, že podmínka zmiňovaná výše, bude od začátku splněna, protože teplota okolí soustavy je 18 °C, pod kterých teplota soustavy neklesne. Tato podmínka je zde kvůli tomu, že časovač s názvem *cas* který následuje, vyžadoval splnění nějaké podmínky, aby se mohl časovač spustit.

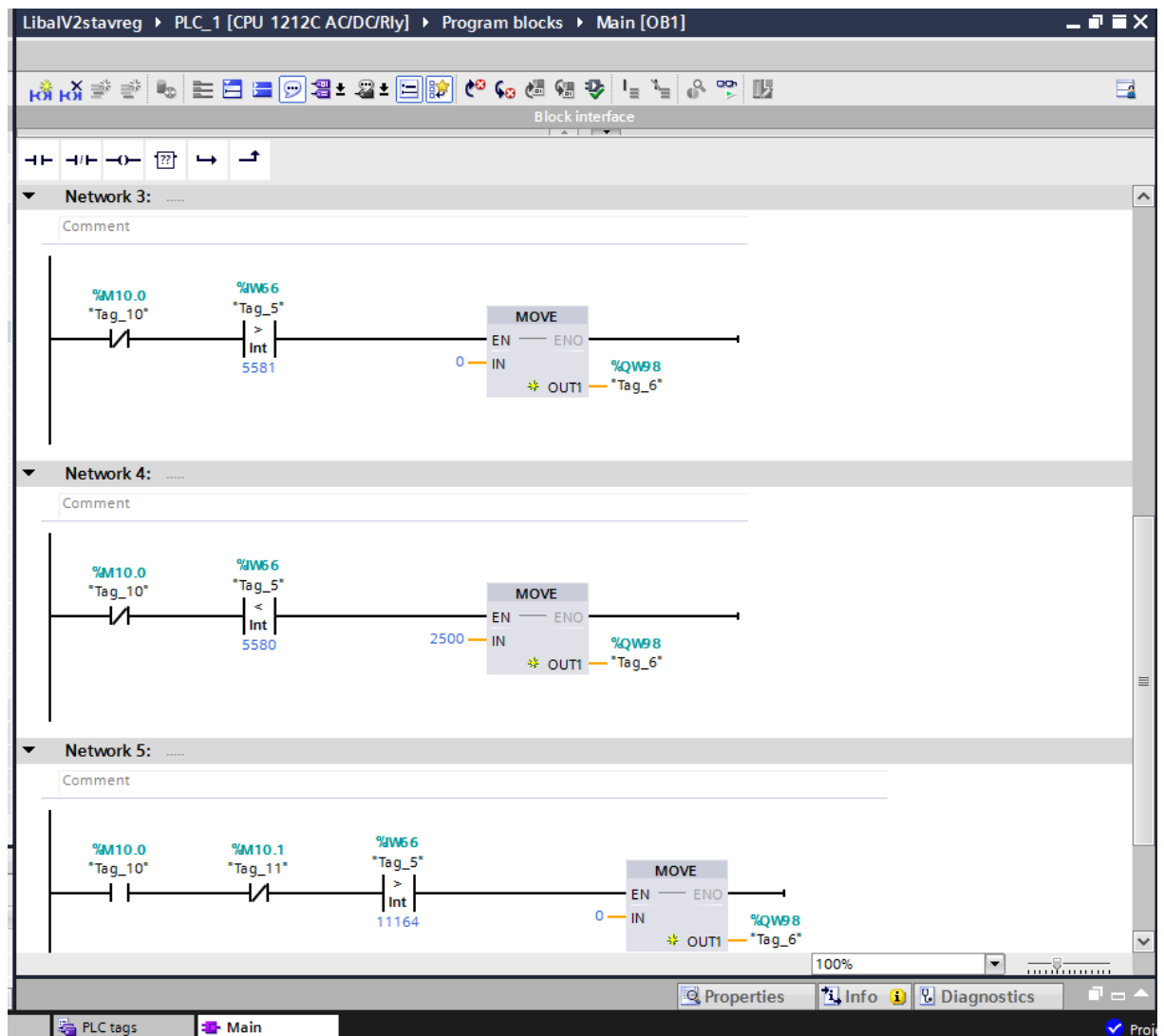
Ve vzorci uvedeném výše je vypočítáno, jaká hodnota odpovídá jednomu stupni Celsia. Pokud se tedy bude soustava regulovat na nějakou teplotu, stačí požadovanou teplotu vynásobit hodnotou na vstupu odpovídající teplotě 1 °C a zadat ji do programu jako požadovanou hodnotu na vstupu.

Vzhledem k tomu co již bylo uvedeno, lze říci, že časovač se spustí zároveň se spuštěním programu. Z obr. 4.2 lze vyčíst, že *cas* je nastaven na 50 sekund. Po doběhnutí nastaveného času na tomto časovači se splní následující instrukce a tou je spuštění proměnné *Tag_10*.

Tag_10 slouží v tomto programu jako pomocná proměnná a jeho spuštění nebo-li sepnutí zapříčiní rozeběhnutí časovače *cas2*, druhého časovače v tomto programu, který je taktéž nastaven na dobu 50 sekund. Proměnná *Tag_10* v tomto programu však není použita jen jednou. To znamená, že když byla spuštěna proměnná *Tag_10*, sepne se nebo rozepne se, záleží na tom, zda byl použit spínací nebo rozpínací kontakt, proměnná s tímto názvem v celém programu, tedy za předpokladu že mu nebrání jiná proměnná.

Kromě spínacího kontaktu v druhé síti je *Tag_10* použit ještě v síti třetí, čtvrté a páté, jak je vidět na obr. 4.3, ale i v šesté síti, která je na obr. 4.4. V třetí a čtvrté síti je *Tag_10* aplikován jako rozpinací kontakt. Ve zbylých sítích je pak jako spínací kontakt.

Po vypršení času druhého časovače se spustí proměnná *Tag_11*, která je použita jako pomocná proměnná stejně jako *Tag_10*. Podstatné ale je, k čemu zde byly ty časovače. To lze vypořizovat v následujícím obr. 4.3.

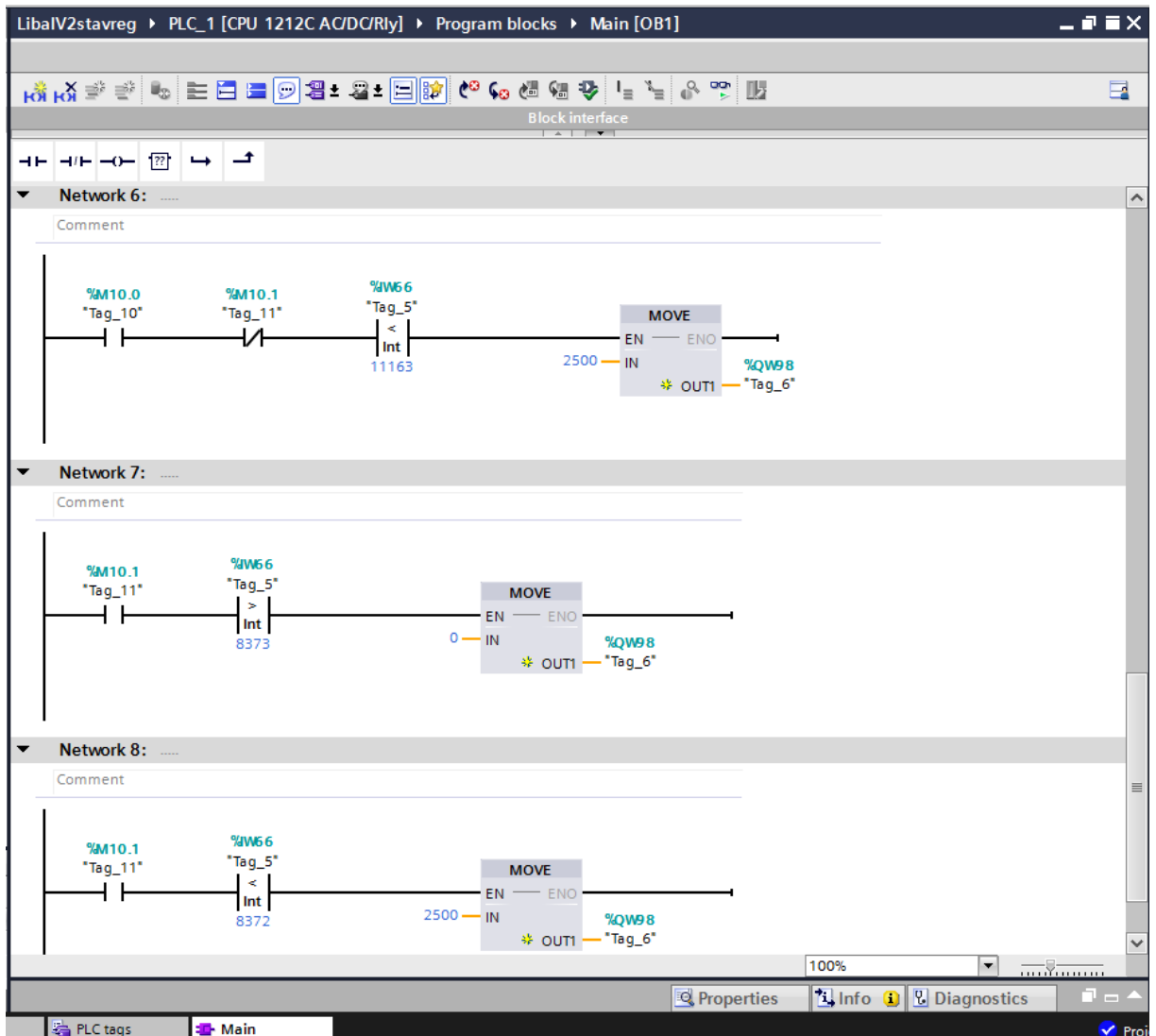


Obr. 4.3 – Dvoustavový regulátor v TIA Portal 3

Rozpinací kontakty na obr. 4.2 v druhé a třetí síti jsou sepnuty do té doby, než přeteče první časovač. Tím pádem se nejprve splňuje podmínka ze čtvrté sítě, která říká že, když je hodnota na vstupu menší než 5580, tak je do soustavy dodáván maximální příkon. Hodnota 5580 odpovídá teplotě necelých 20 °C. Když se přesáhne hodnota 5581, není do soustavy dodáván příkon žádný. To vypovídá podmínka v síti třetí.

Po uběhnutí 50 sekund se rozepnou kontakty na začátku třetí a čtvrté sítě, čímž se tyto podmínky přestanou vykonávat a sepnou se kontakty z páté a šesté sítě, čímž se začnou vykonávat podmínky po nich následující, jak je vidět na obr. 4.3 a na obr. 4.4.

Podmínky jsou zde založené na stejném principu jako ty předchozí. Jediný rozdíl je v zadaných hodnotách. Zadané hodnoty jsou 11 163 a 11 164, které odpovídají teplotám bezmála 40 °C a 40 °C, čímž se tedy reguluje 50 sekund na teplotě okolo 40 °C.



Obr. 4.4 – Dvoustavový regulátor v TIA Portal 3

Po uplynutí 100 sekund od spuštění programu se rozepnou kontakty pomocné proměnné s názvem *Tag_11* a sepnou se spínací kontakty se stejným názvem v posledních dvou sítích, které lze vidět na obr. 4.4.

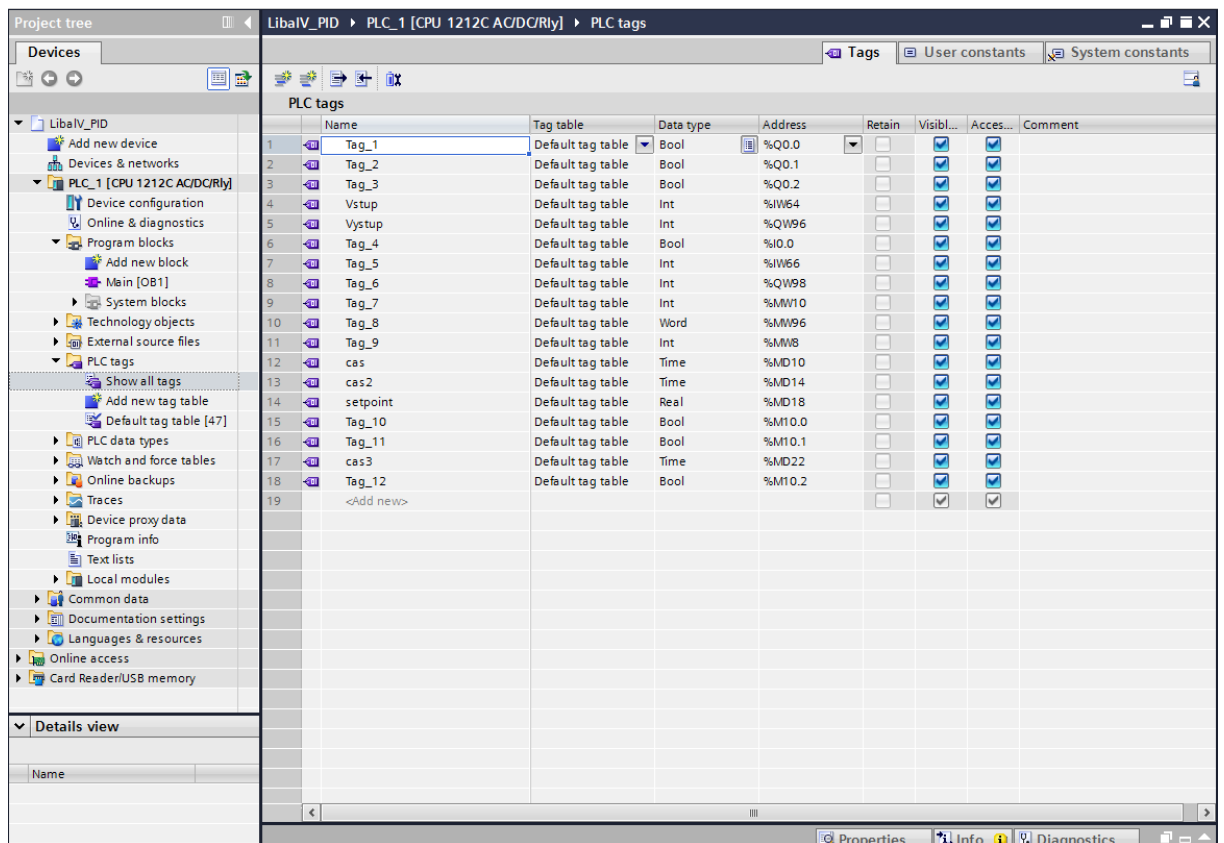
Podmínky fungují opět na stejném principu, ovšem reguluje se zase na jinou hodnotu. Posledních 50 sekund tohoto programu se reguluje na teplotu okolo 30 °C, čemuž odpovídají hodnoty nastavené v podmínkách na 8 372 a 8 373.

4.2 PID REGULÁTOR V TIA PORTAL

Tvorba PID regulátoru v prostředí TIA Portal probíhala obdobně jako realizace dvoustavového regulátoru.

Nejdříve se spustil TIA Portal, po té se založil nový projekt, tak jak je to popsáno v kapitole 4.1 a následně se tento projekt otevřel. Po otevření projektu se přidala stejná zařízení jako v předchozí kapitole, s kterými se pracuje a těmi jsou PLC Siemens SIMATIC S7-1200 a modul k PLC připojený SM 1232.

Po přidání obrazu použitých zařízení se zkontroluje IP adresa, pokud je shodná s fyzickým zařízením, můžou se začít přidávat potřebné proměnné.



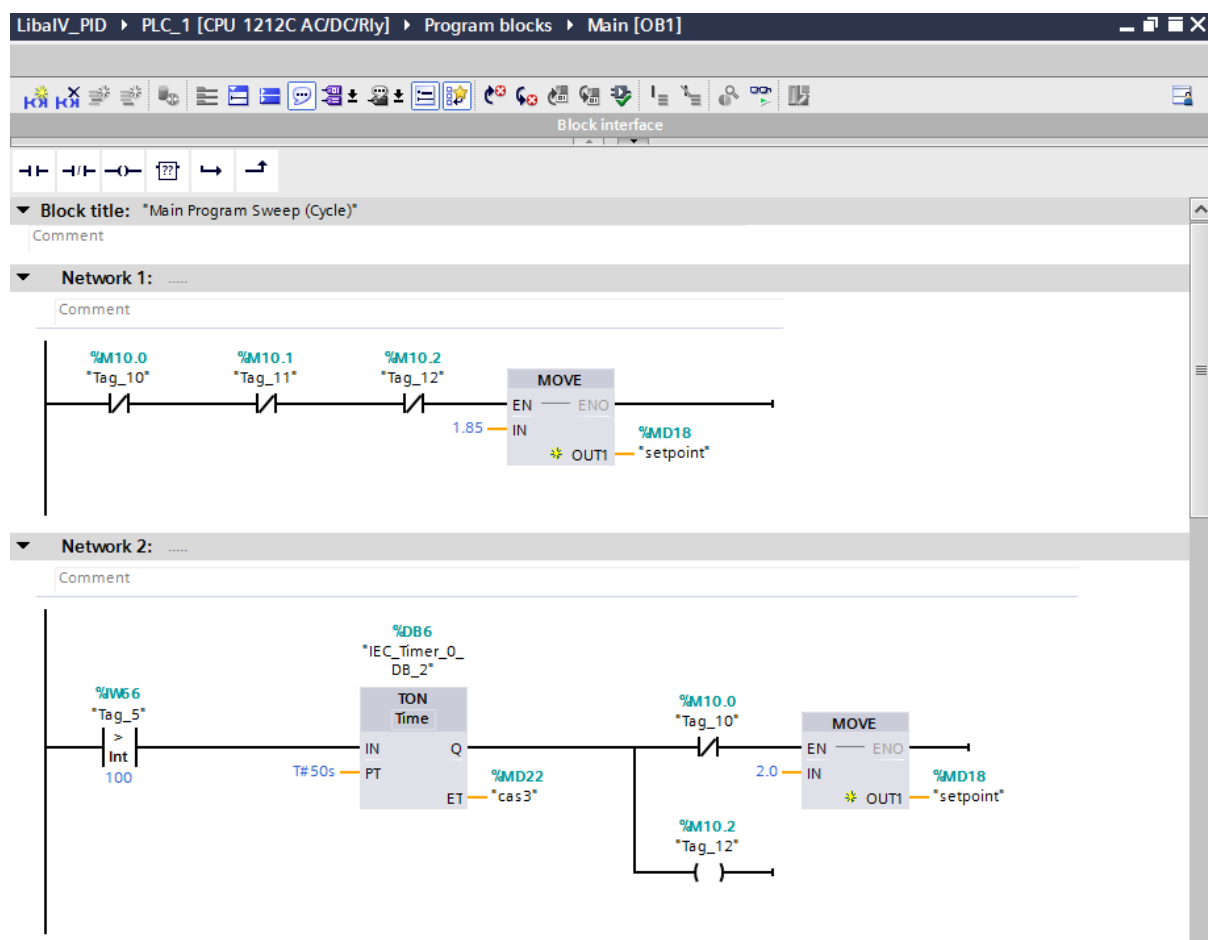
Obr. 4.5 - Proměnné pro PID regulátor v TIA Portal

Při přidávání proměnných byla snaha použít stejné proměnné jako u předchozího regulátoru. Jako vstup a výstup PLC zůstávají proměnné *Tag_5* a *Tag_6*. K časovým

spínačům *cas* a *cas2*, byl přidán ještě jeden a tím je *cas3*. K pomocným proměnným *Tag_10* a *Tag_11* se přidala proměnná *Tag_12*. A poslední proměnná, která je zde použita ze seznamu proměnných, které jsou obsaženy v obr. 4.5, je *setpoint*.

Proměnná *setpoint* v tomto programu bude představovat žádanou hodnotu, která se zadává v jednotkách napětí, tedy ve Voltech.

Napětí 1 V odpovídá zaokrouhleně 10 °C. Nejprve je v programu hodnota *setpoint* nastavena na 2, po té na 4 a nakonec na 3. Reguluje se tedy na stejné teploty jako u předchozího dvoustavového regulátoru. Rozdíl je pouze v časech, o kterých se již psalo v kapitole 2.1.



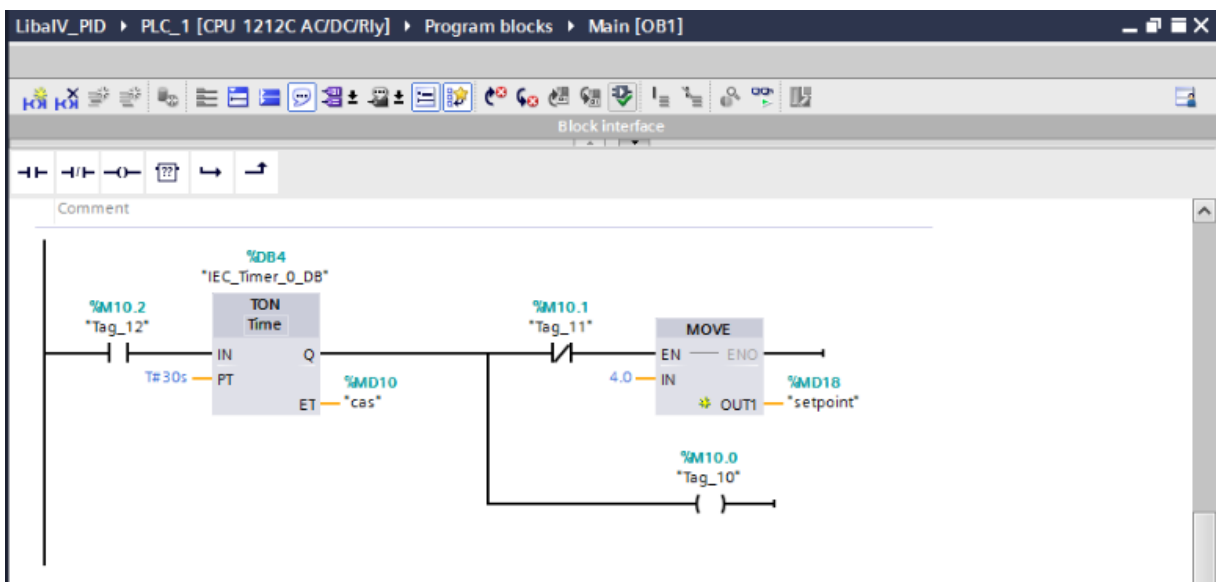
Obr. 4.6 – PID regulátor v TIA Portal 1

První síť v programu, která je na obr. 4.6 společně se sítí druhou, slouží k ustálení teploty na teplotě blízké teploty okolí soustavy, to však jen za předpokladu, že nebude aktivní žádná z pomocných proměnných, což je prvních 50 sekund programu.

Protože žádaná hodnota 1,8 neodpovídá přesně 18 °C, ale teplotě o trochu nižší, nemohla se zde zapsat tato hodnota. Při zápisu žádané hodnoty 1,8 by pravděpodobně došlo k chybě, protože by soustava měla snahu, se ustálit na teplotě nižší, než je teplota okolí a program by se tak stal nefunkčním.

V druhé síti je podmínka, která je splněna současně při spuštění programu. Stejně jako tomu bylo u předchozího programu dvoustavového regulátoru, je zde tato podmínka jen proto, že byl vyžadován nějaký akční zásah pro spuštění časovače. Časovač *cas3* tedy sepne po 50 sekundách od spuštění programu.

Vzhledem k tomu že není aktivní proměnná *Tag_10*, tak následující rozpínací kontakt zůstane sepnutý a pomocí instrukce MOVE se začne do PID regulátoru posílat *setpoint*, jehož hodnota je rovna 2,0. Zároveň se spouští proměnná *Tag_12*, která sepne spínací kontakt v třetí síti, která je vyobrazena na obr. 4.7.



Obr. 4.7 – PID regulátor v TIA Portal 2

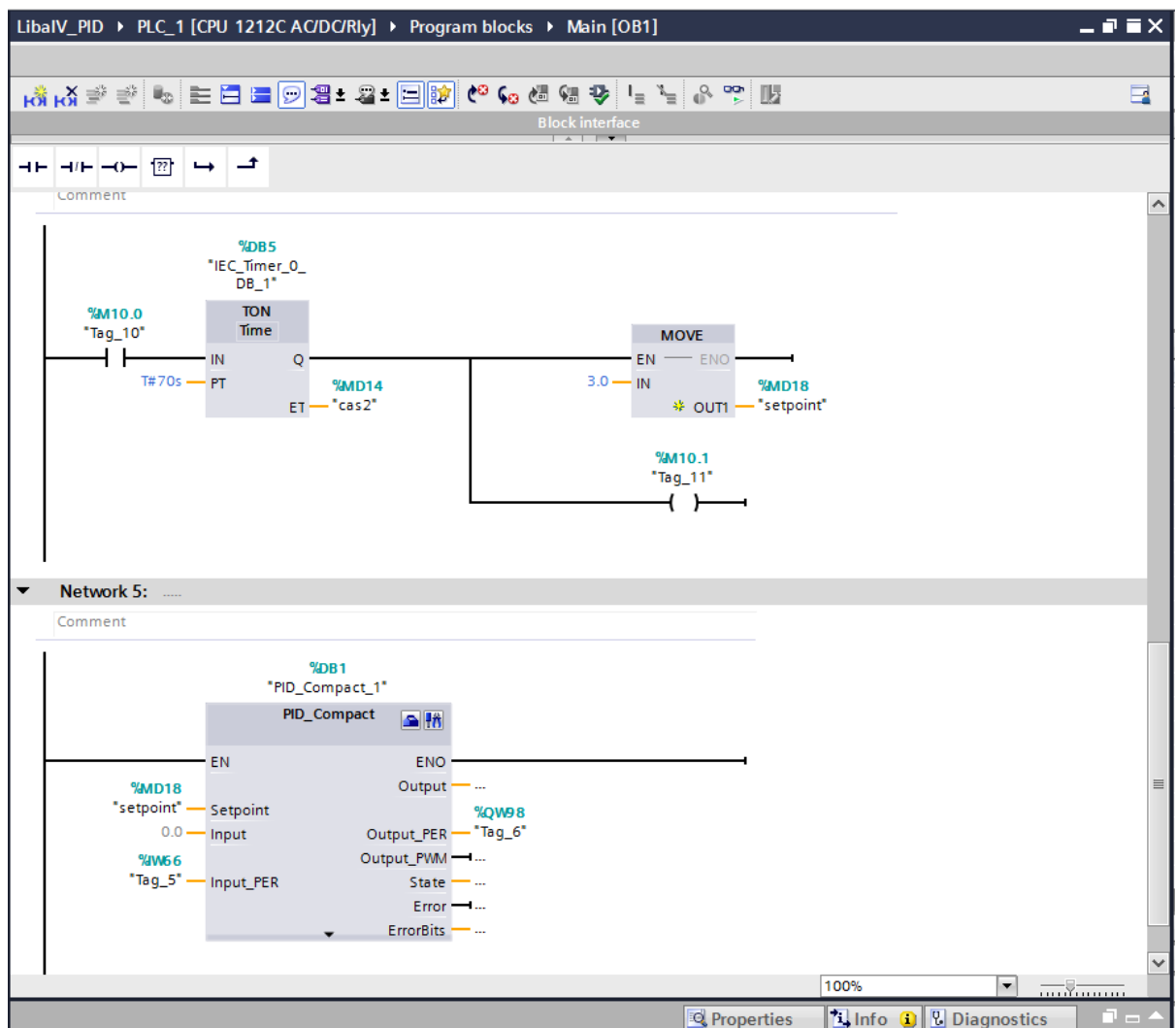
V momentě sepnutí proměnné *Tag_12* se začne odpočítávat 30 s v časovači *cas*. Z toho vyplývá, PID regulátor má na ustálení na teplotě 20 °C pouze 30 sekund. Po přetečení třiceti sekund časový spínač sepne a opakuje se stejná situace jako u předchozího obr. 4.6, pouze s jinými hodnoty a jinými proměnnými.

Po sepnutí časovače se tedy spustí instrukce MOVE, která bude posílat na *setpoint* PID regulátoru žádanou hodnotu 4,0 a zároveň se rozeběhne poslední časovač v tomto programu *cas2*.

Časový spínač *cas2*, dává PID regulátoru na ustálení, na hodnotě odpovídající teplotě přibližně 40 °C, limit 70 sekund. Tento časovač je možné si prohlédnout v horní polovině obr. 4.8 nacházejícím se níže. Časový interval je zde delší z důvodu pomalejšího ustalování při vyšších teplotách.

Po vypršení limitu časového spínače *cas2* se dostává na řadu žádaná hodnota 3,0, která se bude posílat na *setpoint* PID regulátoru. Tato žádaná hodnota již není omezena žádným časovačem v TIA Portal. V prostředí Simulink byl ale nastaven čas pro vykreslování grafu na 200 sekund, čímž na poslední žádanou hodnotu zbyl čas 50 sekund.

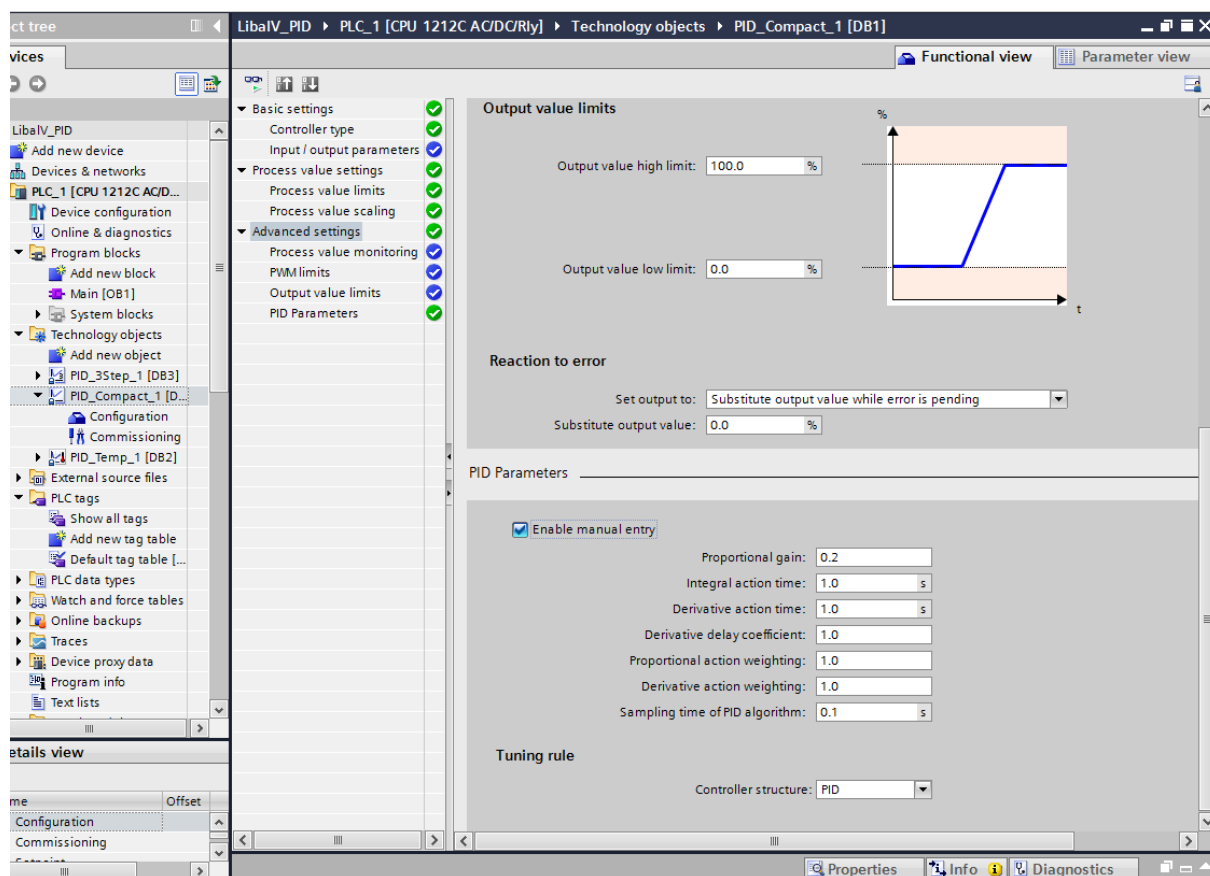
Poslední a nejdůležitější částí programu je samotný PID regulátor. Ten je umístěn v páté síti programu, jak je možno vidět na obr. 4.8.



Obr. 4.8 – PID regulátor v TIA Portal 3

Na vstup PID regulátoru je přiveden analogový vstup PLC a na výstup PID regulátoru je připojen zase analogový výstup PLC. Žádanou hodnotou PID regulátoru je pak proměnná *setpoint*, do které se ukládají hodnoty, odpovídající, jak už bylo napsáno výše, desetně požadované teploty soustavy.

Závěrem popisu programu v TIA Portal je nutno zmínit, že parametry PID regulátoru jdou manuálně nastavit. Na obr. 4.8 jsou na instrukci představující PID regulátor v pravém horním rohu dvě ikonky. Po rozkliknutí té s obrázkem kufříku se otevře nabídka zobrazená v následujícím obr. 4.9.



Obr. 4.9 – Nastavení PID parametrů v TIA Portal

V tomto nastavení je na výběr typ regulátoru (např. PI, PID atd.). Dále jsou zde parametry, kde je možné nastavit třeba proporcionální zesílení, integrační a derivační akční čas, nebo dobu vzorkování PID regulátoru a další.

Při regulování PID regulátorem bylo vyzkoušeno ruční nastavování PID parametrů, přesněji jen hlavních složek PID regulátoru. Nastavováno tedy bylo proporcionální zesílení

a integrační a derivační akční čas. Byly testovány i hodnoty které byly vypočítány podle různých metod, ovšem nejlépe se PID regulátor ustaloval po použití automatického ladění.

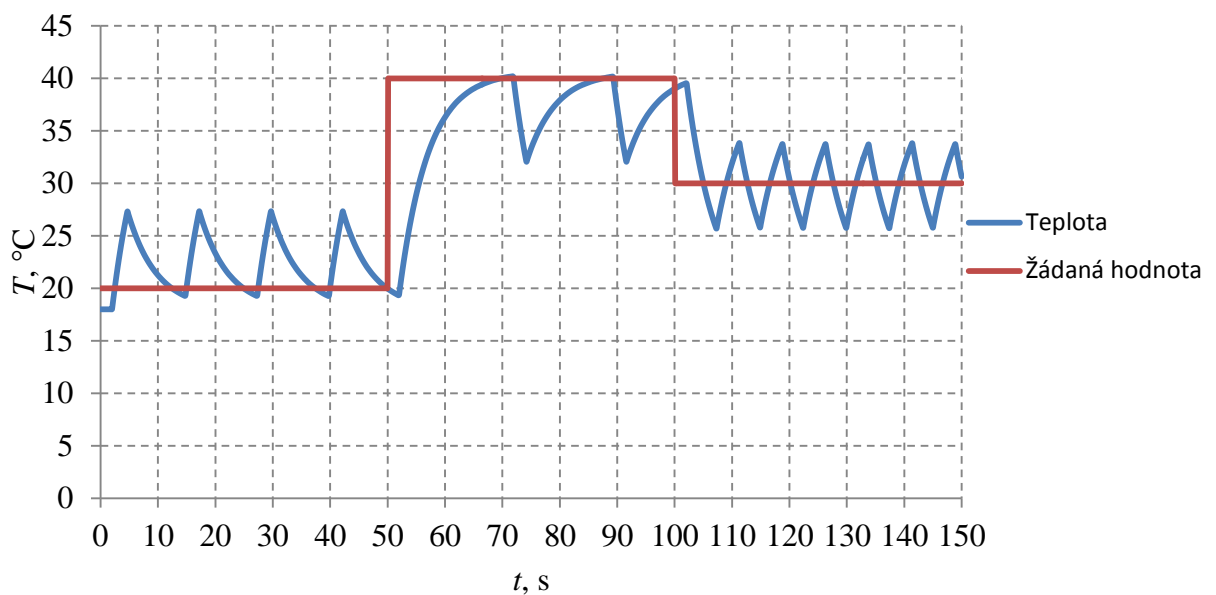
Ladění PID regulátoru lze nalézt po rozkliknutí tlačítka Commissioning, které je situováno ve sloupci Project tree. To lze vysledovat z obr. 4.9. Po rozkliknutí se otevře nabídka, v které je mimo jiné i Tuning mode. Po rozvinutí menu Tuning mode je zde na výběr autotuning, jehož výběrem lze docílit automatického naladění PID regulátoru.

5 REGULAČNÍ POCHODY

Jak již bylo popsáno, regulovalo se pomocí dvoustavového regulátoru a PID regulátoru. Výsledkem jsou tedy dva regulační pochody, které budou popsány v této kapitole.

5.1 REGULAČNÍ POCHOD DVOUSTAVOVÉHO REGULÁTORU

Regulační pochod dvoustavového regulátoru je znázorněn na obr. Obr. 5.1 a je na něm vidět jak teplota modelu teplovzdušného tunelu kolísá kolem žádané hodnoty.



Obr. 5.1 – Regulační pochod dvoustavového regulátoru

Při regulaci pomocí dvoustavového regulátoru vznikaly poměrně velké překmity. Může za to dopravní zpoždění, které činí dvě sekundy. Kvůli dopravnímu zpoždění je na začátku vyobrazeného grafu také vidět, že první dvě sekundy se teplota modelu teplovzdušného tunelu vůbec nezměnila.

Dopravní zpoždění představuje dobu, kterou trvá, než se změna na vstupu projeví na výstupu. Často se tento jev přirovnává k zahradní hadici, kde po zapnutí vody na jednom konci (vstupu), začne voda z druhého konce (výstupu) vytékat až po nějaké době.

Pokud se vezme v potaz, že regulovaná soustava se může kvůli jejím vlastnostem regulovat pouze od 18 $^{\circ}\text{C}$ do teploty přibližně 43 $^{\circ}\text{C}$, tak na nízkých teplotách příliš

překmitává a na vysokých teplotách zase skoro vůbec. Je to způsobeno tím, že se do soustavy posílá buď plný výkon, nebo žádný a dopravní zpoždění je příliš velké.

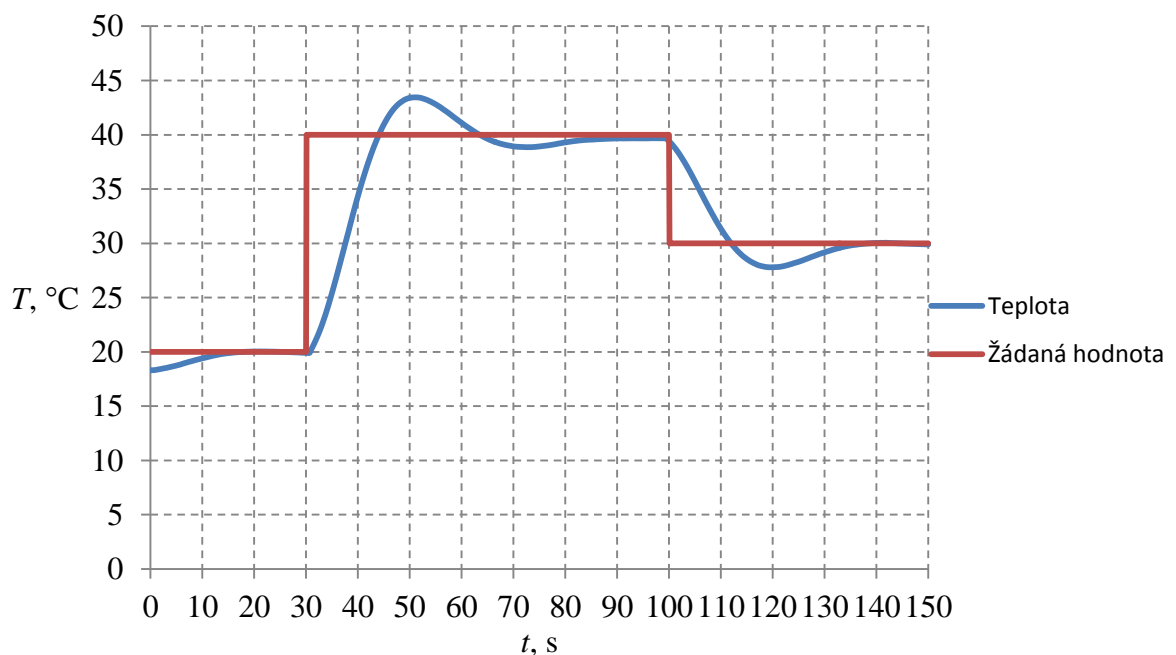
Při nízké teplotě, plném výkonu (při sepnutém stavu dvoustavového regulátoru) a dvousekundovém dopravním zpoždění je zřejmé, že se žádaná hodnota za tuto dobu přesáhne. Zatímco při regulování na vysoké teploty jsou zde takové ztráty, že překmit skoro není patrný. Za to při opačném stavu dvoustavového regulátoru se soustava při nízkých žádaných hodnotách skoro nedostane pod žádanou hodnotu, ale při vysoké žádané hodnotě se teplota soustavy dostane hodně pod žádanou hodnotu.

Při regulaci dvoustavovým regulátorem tohoto modelu teplovzdušného tunelu, by se dalo takové kmitání zmenšit pouze zkrácením dopravního zpoždění. Kdyby dopravní zpoždění bylo rovno nule, potom byl rozsah mezi horní a dolní hranicí kmitání, ten zadaný. To znamená, že kdyby se regulovalo na teplotu 20 °C a zadalo se, že při hodnotě 19 °C by regulátor sepnul a při 21 ° by vypnul. Teploty na výstupu by dosahovaly přesně 19-21 °C.

Dalším řešením omezení kmitání by bylo regulovat pouze na jednu teplotu. Kdyby se například regulovalo jen na teplotu 40 °C, dvoustavový regulátor by se nastavil tak, aby dodával do soustavy buď plný výkon, nebo pouze snížený, ne však žádný, jako tomu bylo v této práci. Podle nastavení obou stavů dvoustavového regulátoru by byl pak regulátor přesný.

5.2 REGULAČNÍ POCHOD PID REGULÁTORU

Při regulování soustavy PID regulátorem lze předem očekávat, že výsledný regulační pochod bude daleko kvalitnější, než předchozí. To proto, že do soustavy se dodává přesně takový příkon, jaký soustava potřebuje. Regulační pochod PID regulátoru je k vidění na obr. 5.2.



Obr. 5.2 – Regulační pochod PID regulátoru

Jak je vidět na obr. 5.2, PID regulátor je daleko přesnější a ve většině případů i použitelnější. Na všech třech teplotách se ustálil bez velkých překmitů. Ustálení na 40 °C trvalo trochu déle. Proto je zde čas prodloužen na 70 sekund. Při ustalování na 20 °C, bylo zase 50 sekund zbytečně dlouhých, tak je zde žádaná hodnota, odpovídající teplotě 20 °C, zkrácena na 30 sekund.

PID regulátor má spoustu výhod, ale nesmí se zapomenout na jeho nevýhody. Nastavování jeho parametrů nemusí být vždy lehké a může zabrat spoustu času. Na PID regulátor se většinou kladou vysoké nároky, a aby je splnil, musí být hodnoty jeho parametrů přesně nastaveny.

6 ZÁVĚR

Prvním cílem této práce bylo zprovoznit komunikaci mezi programovatelným logickým automatem a osobním počítačem. Pomocí zadaných regulátorů se pak řídila teplota modelu teplovzdušného tunelu. Výsledky bakalářské práce jsou vyhodnoceny pomocí regulačních pochodů.

Komunikace mezi zařízeními probíhala bez větších problémů. Pro převod dat z analogových na digitální a obráceně zde posloužila akviziční karta LabJack U12. Pro nahrání vytvořených regulátorů do PLC byl použit software TIA Portal, se kterým se pracovalo velmi pohodlně, a tak tvorba regulátorů proběhla snadno. Při realizaci této práce se lze poměrně rychle naučit pracovat s PLC, což je výhodou, protože je to velmi často používáno v průmyslu.

Výsledkem této práce byl dvoustavový regulátor a PID regulátor. Oba tyto regulátory byly vytvořeny v TIA Portal a jejich kvalitu regulování popisují regulační pochody, které jsou v páté kapitole. Regulační pochody jsou podle očekávání. I přes to že jsou u dvoustavového regulátoru horní a dolní hranice žádané hodnoty nastaveny s co nejmenším možným rozdílem, překmity jsou u tohoto regulátoru příliš velké. Za to může dopravní zpoždění. U PID regulátoru dopravní zpoždění příliš nevadí.

LITERATURA

- BALÁTĚ, J. 2003. *Automatické řízení*. Praha: BEN, 654 s. ISBN 80-7300-020-2.
- Conrad Electronic. 2016. *Siemens Simatic S7-1200* [online]. Germany: Conrad.com, [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.conrad.com/ce/en/product/197403/Siemens-6ES7212-1AE31-0XB0-SIMATIC-S7-1200-CPU-1212C-Compact-CPU-DCDCDC-8-DI-6-DO-2-AI-50Kb-ProgramData-Memo>
- LabJack Corporation. 2015. *LabJack: U12 Series* [online]. Lakewood, USA, [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <https://labjack.com/products/u12>
- Siemens AG. 1996-2016. *Totally Integrated Automation Portal – Integrated Engineering Framework* [online]. Germany: Siemens AG, [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/pages/default.aspx?ismobile=true>
- The MathWorks, Inc. 1994-2016. *Simulink: Simulation and Model-Based Design* [online]. UNITED STATES, [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/products/simulink/?requestedDomain=www.mathworks.com&requestedDomain=www.mathworks.com>
- VALTER, J. 2006. *Plynulá regulace PID* [online]. Česká republika, [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://valter.byl.cz/plynula-regulace-pid>

PŘÍLOHY

A - CD – Bakalářská práce

Příloha k bakalářské práci

Řízení modelu teplovzdušného tunelu pomocí PLC Siemens Simatic

Václav Líbal

CD – Bakalářská práce

Obsah

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 Programy regulátorů v Tia Portalu pro PLC Siemens Simatic
- 3 Blokové schéma představující model teplovzdušného tunelu a komunikaci s akviziční kartou v prostředí Simulink
- 4 Data a grafy uloženy v tabulkovém procesoru MS Excel