



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

MODEL TEPLOVODNÍ VÝMĚNÍKOVÉ STANICE

MODEL OF HOT WATER EXCHANGER STATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Major

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Sýkora

BRNO 2023

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Martin Major

ID: 221002

Ročník: 3

Akademický rok: 2022/23

NÁZEV TÉMATU:

Model teplovodní výměňkové stanice

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Práce se zabývá návrhem HW a tvorbou SW pro model teplovodní výměňkové stanice pro potřeby výuky.

1. Seznamte se s modelem výměňkové stanice v laboratoři ÚAMT
2. Vytvořte projektovou dokumentaci technologie
3. Provedte implementaci
4. Vytvořte detailní návod na laboratorní úlohu včetně řešení
5. Otestujte řešení a zhodnoťte dosažené výsledky

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Yuvraj Bhushan Khare, „PID Control of Heat Exchanger System,“ International Journal of Computer Applications, 2010, roč. 8, č. 6, str. 22–27.

Termín zadání: 6.2.2023

Termín odevzdání: 22.5.2023

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Sýkora

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

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

Tato práce se zaměřuje na tepelnou výměňkovou stanici, která byla sestavena na zakázku pro výuku v laboratořích Ústavu automatizace a měřicí techniky. Zábývá se identifikací již nainstalovaných komponentů v modelu stanice, zapojením elektrického rozvaděče a naprogramováním systému pro její řízení. Výměňková tepelná stanice je zařízení, které se používá pro bezpečné převádění tepelné energie mezi teplonosnými látkami. Celá stanice a proces výměny tepla je řízen přes PLC od firmy Siemens a ovládán přes operátorský panel. Řídící program i vizualizace operátorského panelu byly vytvořeny ve vývojevém prostředí Tiaportal od firmy Siemens. Použitý programovací jazyk je FBD a SCL.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelný výměňník, Výměňková stanice, Siemens, Tiaportal, Operátorský panel

ABSTRACT

This thesis focuses on a custom-built heat exchanger station for teaching in the laboratories of the Institute of Automation and Measurement Technology. It deals with the identification of the already installed components in the station model, the wiring of the electrical switchboard, and the programming of the system for its control. A heat exchange station is a device that is used to safely transfer heat energy between heat transfer fluids. The entire station and the heat exchange process are controlled by a PLC from Siemens and operated via an operator panel. The control program and the visualization of the operator panel were created in the Tiaportal development environment from Siemens. The programming language used is FBD and SCL.

KEYWORDS

Exchanger, Heat exchanger station, Siemens, Tiaportal, Operator panel

MAJOR, Martin. *Model teplovodní výměňkové stanice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2023, 72 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Sýkora

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora: Martin Major
VUT ID autora: 221002
Typ práce: Bakalářská práce
Akademický rok: 2022/23
Téma závěrečné práce: Model teplovodní výměňkové stanice

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné 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 závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora*

*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu semestrální práce panu Ing. Tomášovi Sýkorovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Obsah

Úvod	12
1 Přípravek výměňkové stanice	13
1.1 Výměňkové stanice	13
1.2 Popis modelu výměňkové stanice	14
1.3 Parametry jednotlivých komponentů	17
1.4 Řídící systém	22
2 Zapojení stanice	26
2.1 Úprava rozvaděče	26
2.2 Zapojení konektorů CAN25 v rozvaděči	28
2.3 Program WSCAD Electrix	29
2.4 Schéma zapojení	30
2.5 Otestování stanice	32
3 Operátorský panel	33
3.1 Režim	33
3.2 Obrazovka Přehled stanice	34
3.3 Obrazovka Akční členy	35
3.4 Obrazovka Analogové měření	36
4 Realizace řízení stanice	37
4.1 Struktura programu	37
4.2 Vstupy a výstupy	38
4.3 Hlavní program Main	39
4.4 Analogové vstupy	40
4.5 Analogové výstupy	42
4.6 Akční členy	43
4.7 Průtoky	44
5 Měření a simulace	46
5.1 Záznam přechodové charakteristiky	46
5.2 Zpracování měření	47
6 Laboratorní úloha	49
6.1 Úkoly	49
6.2 Popis přípravků	49
6.3 Postup	50

6.3.1	Úkol č. 1 - Příprava	50
6.3.2	Úkol č. 2 - Naměření přechodové charakteristiky systému . . .	50
6.3.3	Úkol č.3 - Simulace	53
	Závěr	55
	Literatura	56
	Seznam příloh	58
	A Parametry použitých komponentů	59
A.1	Parametry čerpadel Grundfos Alpha+ 25-40 180[2]	59
A.2	Parametry ventilů RV 111 R[3]	60
A.3	Parametry servopohonů Siemens SSC661[4]	60
A.4	Parametry teploměru PTP05[8]	61
A.5	Parametry teploměru PTP55[9]	61
A.6	Parametry ohřívače Ariston Shape UR 10[7]	62
	B Zapojení konektorů na výukovém panelu[15]	63
	C Seznam použitých součástek a schéma zapojení	65
	D Obsah příloženého CD	72
D.1	Vypracovaný Matlab program spolu se Simulink	72
D.2	Vypracovaný program v TIA Portal	72

Seznam obrázků

1.1	Sestavená teplovodní výměňková stanice	14
1.2	Model výměňkové stanice	15
1.3	Oběhové čerpadlo Grundfos Alpha+ 25-40 180	17
1.4	Ventil se servopohonem	18
1.5	Princip deskového výměníku	19
1.6	Snímač teploty PTP05	20
1.7	Snímač teploty PTP55	21
1.8	Průtokový snímač ENBRA TCM	21
1.9	Technologický proces PLC	22
1.10	Pracovní cyklus PLC	22
1.11	PLC 1512C -1 PN	23
1.12	TP 700 Comfort	23
1.13	Rozdělení konektorů CAN25 na výukovém panelu	24
1.14	Výukový panel	25
2.1	Původní rozvaděč	26
2.2	Nynější rozvaděč	27
2.3	Zapojení konektorů CAN25 v rozvaděči	28
2.4	interaktivní schéma	30
2.5	Schéma zapojení konektoru Y1	31
3.1	Faceplate pro akční prvek	33
3.2	Obrazovka Přehled stanice	34
3.3	Obrazovka Akční členy	35
3.4	Obrazovka Analogové měření	36
4.1	Zobrazení stromu projektu	37
4.2	Hlavní program Main OB1	39
4.3	Příklad volání FB AIN	40
4.4	Vnitřní logika bloku AIN	41
4.5	Příklad volání FB AOOUT	42
4.6	Příklad volání FB Actuator	43
4.7	Vnitřní logika bloku Actuator	44
4.8	Příklad volání FB Prutok	44
5.1	Vzhled monitorovacího procesu v Traces	46
5.2	Průběh regulované hodnoty T4 z naměřeného průběhu	47
5.3	Naměřeného průběhy teplot	48
5.4	Nasimulované průběhy teplot	48
6.1	Popis stanice	49
6.2	Popis stanice	50

6.3	Tlačítko pro nahrání Traces	51
6.4	Tlačítko pro zapnutí Traces	52
6.5	Tlačítko pro vypnutí Traces	52
6.6	Tlačítko pro export Traces	52
6.7	Využívaný simulink	53
6.8	Naměřený průběh závislosti teploty na čase	54
6.9	Nasimulovaný průběh závislosti teploty na čase	54
A.1	Nastavení výkonu čerpadla	59

Seznam tabulek

2.1	Tabulka zapojení konektoru Y2 pro digitální signály	29
2.2	Tabulka zapojení konektoru Y1 pro analogové signály	29
4.1	Tabulka výstupních proměnných	38
4.2	Tabulka vstupních proměnných	38
A.1	Tabulka parametrů čerpadla Alpha+ 25-40 180	59
A.2	Tabulka parametrů ventilů RV 111 R	60
A.3	Tabulka parametrů servopohonů SSC61	60
A.4	Tabulka parametrů teploměru PTP05	61
A.5	Tabulka parametrů teploměru PTP55	61
A.6	Tabulka parametrů Bojleru Ariston TI SHAPE UR 10	62
B.1	Konektor CAN25 digitální vstupy/výstupy	63
B.2	Konektor CAN25 analogové vstupy/výstupy	64
C.1	Seznam použitých součástek	65

Úvod

Cílem této práce je identifikace, zdokumentování a zapojení reálné tepelné výměňkové stanice, která byla v minulosti sestavena pro využití v laboratořích Ústavu automatizace a měřicí techniky. Přenos tepla pomocí výměňkové stanice je široce využíván v různých odvětvích průmyslu, ale také v předávacích stanicích pro vytápění bytových prostor. Díky různým druhům výměníků lze dosáhnout různě vysoké efektivity a smyslu využití.

Tato práce navazuje na bakalářské práce vypracované v předešlých letech. Zobrazuje seznámení s modelem výměňkové stanice, s jeho využitím a teoretický rozbor využitých komponentů ve stanici. Dále se zabývá vytvořením kompletní dokumentace zapojení a následné naprogramování stanice pro fungování jako výuková pomůcka na Fakultě elektrotechniky.

Tepelný výměník je zařízení, které zajišťuje přenos tepelné energie z primárního okruhu do sekundárního okruhu pomocí proudění teplotnosných médií. Jako teplotnosné médium se v zařízení používá pára, voda nebo olej, kdy v tomto případě jde právě o teplovodní stanici, tedy médium je voda. Stanice se skládá ze dvou okruhů, kdy primární okruh slouží k ohřevu vody pomocí malého ohříváče vody, a sekundárního okruhu který obsahuje radiátor pro odběr tepla.

Práce se dělí na čtyři hlavní kapitoly. V první kapitole této práce je představen sestavený model stanice, přiblížen princip výměňkové stanice a popsány použité komponenty včetně jejich potřebných parametrů. V této kapitole je popsán výukový panel, který je využit pro propojení stanice s PLC. Druhá kapitola je zaměřena na zapojení rozvaděče stanice. Je zde ukázán původní rozvaděč, jeho předělání a následné vytvoření schéma. V této kapitole je také popsán využitý program na vytvoření schématu a zobrazené zapojení 25 pinových konektorů pro propojení s PLC.

Další část obsahuje popis vytvořeného řídicího programu, jeho strukturu a bližší popis využitých funkčních bloků. Poslední část práce obsahuje měření přechodové charakteristiky, včetně určení konstant systému a vytvoření simulace regulátoru pomocí Matlab simulink. Dále obsahuje vytvoření laboratorní úlohy včetně detailního návodu a zhodnocení výsledků práce.

1 Přípravek výměňkové stanice

V této kapitole jsou popsány využití komponenty v modelu stanice, včetně jejich hlavních parametrů a uvedeny základní parametry spolu s obecnými informacemi vybraného programovatelného logického automatu a operátorského panelu od firmy Siemens. Je zde také popsán využitý výukový panel pro propojení PLC a modelu stanice.

1.1 Výměňkové stanice

Výměňkové stanice jsou zařízení, která se využívají pro přenos tepelné energie mezi teplotonosnými látkami. Základem stanice je tepelný výměňník, zařízení, které zajišťuje přenos tepelné energie z primárního okruhu do sekundárního okruhu pomocí proudění teplotonosných médií.

Výměňníky lze dle principu předávání tepla rozdělit na 4 hlavní typy:

- Rekuperační – obě média, ohřívající i ohřívané jsou od sebe oddělena neprostupnou, teplosměnnou stěnou. V dnešní době nejpoužívanější typ výměňníků.
- Regenerační – ohřívané médium vtéká s časovým zpožděním za médiem ohřívajícím prostorem tvořeným z teplosměnného materiálu.
- Kontaktní – média nejsou oddělena stěnou, ale zároveň nejsou promíchána, tudíž je možné je oddělit. Jako teplotonosná stěna funguje jejich rozhraní.
- Směšovací – výměňník neobsahuje teplosměnné plochy, obě média se vzájemně promíchávají, vznikne směs a už není možné je opět rozdělit.

Další dělení je podle kombinace použitých médií, nejčastěji se používají výměňníky typu voda-voda, pára-voda, voda-vzduch, pára-olej a podobně.

Důležité rozdělení je také dle vzájemného pohybu teplotonosných médií, a to na:

- Souprůdné – směr proudu ohřívajícího i ohřívajícího média je totožný.
- Protiprůdné – směr proudu ohřívajícího i ohřívajícího média je opačný. Jedná se o nejúčinnější výměňník, který zajišťuje největší přenos tepla.
- Křížové – směr proudů obou médií je různý.

Výměňníky je možné rozdělit i dle konstrukčního provedení, například na trubkové, deskové a rotační výměňníky, které se od sebe liší nejen konstrukcí, ale i použitím a parametry. [1]



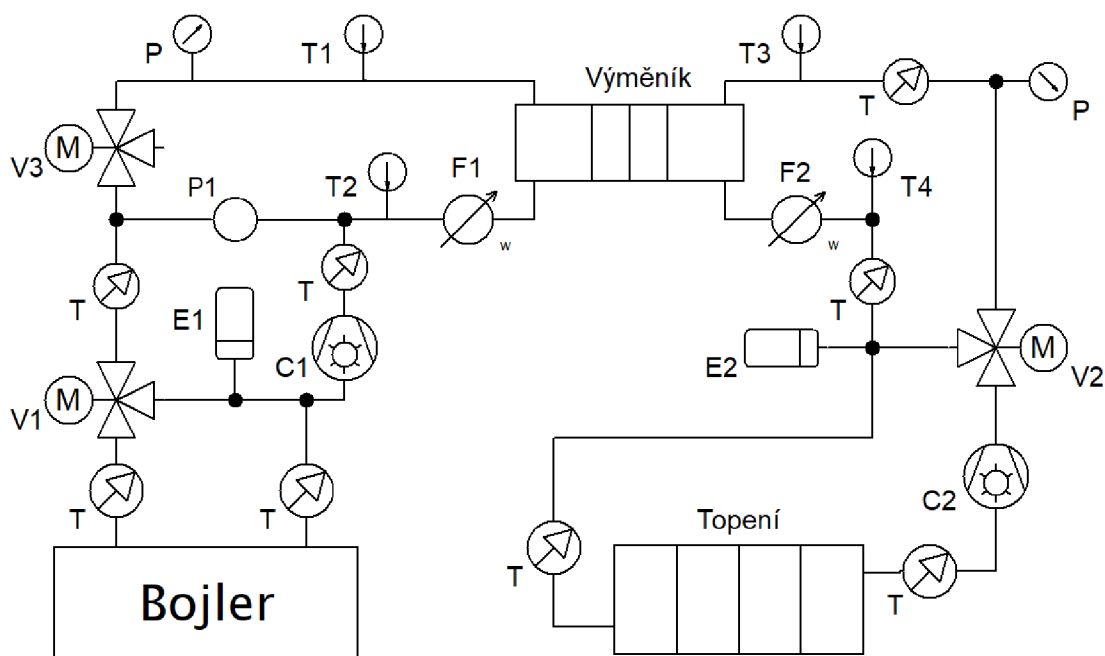
Obr. 1.1: Sestavená teplovodní výměňková stanice

1.2 Popis modelu výměňkové stanice

Model výměňkové stanice obsahuje dva vzájemně oddělené okruhy, mezi kterými se nachází hlavní prvek – výměník. V primárním okruhu se nachází průtokový ohřívač jako zdroj teplé vody, a v sekundárním okruhu je zapojen spotřebič tepla, tedy radiátor. V každém okruhu se nachází oběhové čerpadlo pro pohánění kapaliny, teploměry, průtokoměry, zobrazovací analogové tlakoměry, ventily ovládané servomotory a ex-

panzní nádrže pro vyrovnání tlaku. V primárním okruhu je navíc zapojen diferenční tlakový spínač. Teploměry jsou zde jak elektrické snímače teploty pro spínání ventilů a dodávání informací pro řídicí PLC, ale také obyčejné zobrazovací analogové teploměry pro kontrolu teploty ve vedení. Regulaci teploty vody zařizují právě ventily se servopohonem, které se dle požadavku přivírají a otvírají, a tím řídí průtok teplé vody do studené. V primárním okruhu ventil reguluje teplotu vody vrácené z výměníku přimícháváním vody z ohřivače a v sekundárním okruhu řídí přimíchávání teplé vody na vstup do topení. Celá stanice a proces výměny tepla je řízen přes PLC od firmy Siemens.

Rozložení prvků ve stanici je popsáno následujícím schématem s doplňujícím popisem jednotlivých komponentů.



Obr. 1.2: Vytvořený model výměňkové stanice

Bojler	...	Zásobníkový ohříváč s objemem 10 l a výkonem 2 kW
Topení	...	Spotřebič tepla v sekundárním obvodu
E1	...	Expanzní nádoba primárního okruhu
E2	...	Expanzní nádoba sekundárního okruhu
C1	...	Oběhové čerpadlo primárního okruhu GRUNDFOS ALPHA+ 15-40 180
C2	...	Oběhové čerpadlo sekundárního okruhu GRUNDFOS ALPHA+ 15-40 180
V1	...	Trojcestný regulační ventil na výstupu z průtokového ohříváče RV 111 R s pohonem SSC61
V2	...	Trojcestný regulační ventil sekundárního obvodu RV 111 R s pohonem SSC61
V3	...	Trojcestný regulační ventil primárního obvodu RV 111 R s pohonem SSC61
F1	...	Průtokoměr s pulsním výstupem ENBRA TCM 142/99-3047 primárního okruhu
F2	...	Průtokoměr s pulsním výstupem ENBRA TCM 142/99-3047 sekundárního okruhu
T	...	Analogové teploměry
P	...	Analogové tlakoměry
T1	...	Teploměr vstupu do výměníku na primární straně, příložný snímač Rawet PTP05
T2	...	Teploměr výstupu z výměníku na primární straně, příložný snímač Rawet PTP05
T3	...	Teploměr výstupu z výměníku na sekundární straně, stonkový snímač Rawet PTP55
T4	...	Teploměr vstupu do výměníku na sekundární straně, příložný snímač Rawet PTP05
P1	...	Snímač tlakové difference v primárním okruhu, BD Sensors DMD331

1.3 Parametry jednotlivých komponentů

Oběhová čerpadla

Čerpadla, která pohánějí vodu jsou od firmy Grundfos, označení Alpha+ 25-40 180, kde první čísla znázorňují rozměry připojení a poslední číslo vzdálenost mezi hrdly. Jedná se o čerpadlo, které je vybaveno řízením podle proporcionálního tlaku, kdy se výkon čerpadla mění v závislosti na aktuálních provozních požadavcích. Nastavení výkonu čerpadla je možné pomocí přepínače na svorkovnici. Tabulka nastavení přepínače je uvedena v příloze A.1. V tomto využití je přepínač nastaven na střední výkon čerpadla. Čerpadlo také umožňuje automatický režim nočního redukováného provozu. Provozní tlak čerpadla je maximálně 10 barů, napájecí napětí je 230 V stejnosměrných s příkonem 20-45 W. Kompletní tabulka parametrů je uvedena v příloze A.1.[2]



Obr. 1.3: Oběhové čerpadlo Grundfos

Ventily a servopohony

Pro řízení průtoku vody jsou použity ventily typu RV 111 R od firmy LBM, které jsou určeny přímo pro vytápěcí zařízení díky vysoké těsnosti a průtočné charakteristice. Na stanici jsou použity tři trojcestné ventily, z nichž jeden je opatřen záslepkou a funguje pouze jako dvoucestný. Tento "dvojecestný" ventil je označen jako V3, zůstává

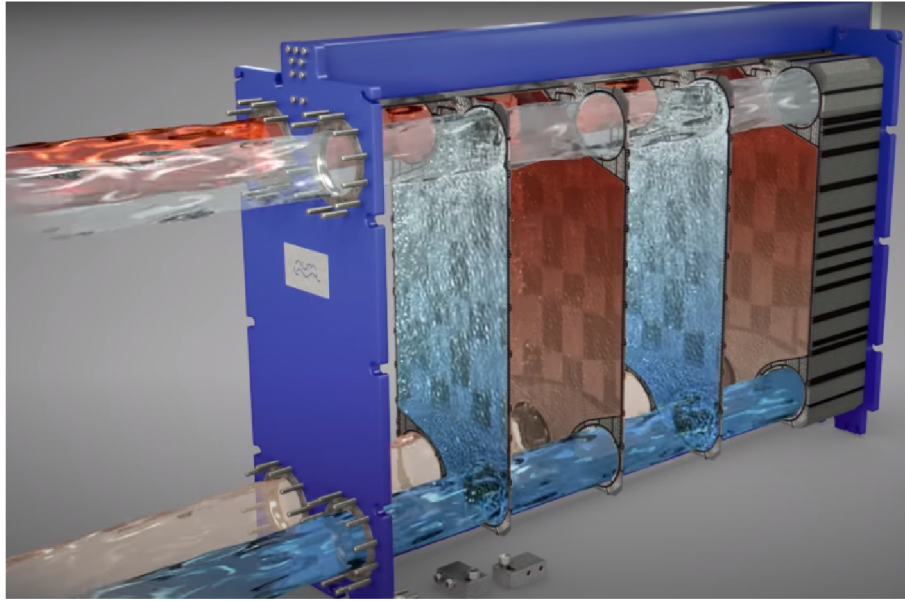
nezapojen a to z důvodu absence třetího analogového výstupu na dodaném PLC. Ventily jsou ovládány manuálně pomocí otočného kolečka, které lze vyměnit za elektropohon. V našem případě je k ventilu připojen servopohon SSC61 od firmy Siemens. Tento pohon je vybaven auto kalibrací a je napájen 24 V střídavých s příkonem 2 VA. Je řízen stejnosměrným napětím 0–10 V na svorku Y, kdy 0 voltů znamená plně zavřeno a 10 voltů plně otevřeno. Doba změny ze zavřeného stavu do otevřeného se udává 30 s. Kompletní tabulky parametrů ventilů i servopohonů jsou uvedena v příloze A.2 a A.3.[4]



Obr. 1.4: Ventil se servopohonem

Výměník tepla

Pro tuto stanici je použit deskový, pájený výměník od firmy ALFA LAVAL s označením CD14 a výkonem 3 kW. Deskový výměník má až desetinásobně větší přestupní koeficient než trubkový výměník. Tato výhoda je dána prolisováním desek, které vede ke vzniku turbulentního proudění. Deskový výměník je tvořen sadou kovových desek, k sobě stažených pomocí stahovacích šroubů přes dvě silné rámové desky. Každá deska je oblepena těsněním, díky čemuž jsou vytvořeny oddělené kanály pro proudění teplovodní kapaliny. Na stranách desky se nachází dva otvory, kde jeden funguje jako vstupní a druhý jako výstupní. Na jedné straně desky tedy proudí teplé médium dovnitř výměníku a studené médium ven. Teplo prostupuje přes stěny jednotlivých desek a mezi médii tak dochází k přenosu tepla. Konstrukce výměníku a princip protékání ohřívaného i ohřívajícího média je zobrazen na obrázku níže, který je převzat přímo od výrobce Alfa Laval.[5]



Obr. 1.5: Princip protékání médií deskovým výměníkem[5]

Na obrázku vstupuje primární (červená) kapalina do horní levé příruby výměníku, dále protéká každým sudým kanálem směrem dolů, kde následně opouští výměník levou spodní přírubou. Sekundární (modrá) kapalina vstupuje naopak spodní pravou přírubou do výměníku a protéká každým lichým kanálem nahoru, kde opouští výměník pravou horní přírubou. Důležité je, že ohřívající kapalina proudí opačným směrem než kapalina ohřívaná, jedná se tedy o protiproudý výměník. Díky tomu se dosáhne efektivnějšího přenosu tepla než u výměníků souprroudých či křížových.[5]

Expanzní nádoby

Jako expanzní nádoba v každém okruhu je zvolena CIMM ACS o objemu 5 litrů a maximálním tlaku 10 barů. Expanzní nádoba vyrovnává změnu objemu kapaliny, která doprovází změnu její teploty. Vyrovnává tedy tlak v soustavě.[6]

Ohříváč vody

Pro ohřev vody ve výměníkové stanici byl vybrán 10 litrový, elektrický zásobníkový ohříváč vody Ariston TI SHAPE UR 10 určený pro spodní instalaci, který je opatřen bipolárním termostatem pro nastavení teploty. Ohříváč o výkonu 2 kW dokáže ohřát vodu na teplotu 45 °C za 18 minut. Kompletní tabulka parametrů je uvedena v příloze A.6.[7]

Diferenční tlakový snímač DMD 331

DMD 331 od firmy BD Sensors je snímač tlakové diference obsahující 2 polovodičové senzory z nerezové oceli. Senzory uvnitř jsou vystaveny tlaku kapaliny a rozdíl tlaků mezi pozitivním a negativním vstupem je převeden na analogový výstupní signál 4-20 mA. Snímač má napájecí napětí 12-36 V a měřicí rozsah 0-10 barů.[11]

Snímač teploty PTP05

V modelu jsou použity 3 snímače teploty typu PTP05 od firmy Rawet (T1, T2, T4). Jedná se o teploměry, které jsou určeny pro měření povrchové teploty potrubí. Při přiložení na potrubí se v čidle ohřívá měděný plech, jehož teplota se následně měří pomocí odporového snímače PT100. Teploměr lze osadit převodníkem na požadovaný výstup, který může být proudový 4-20 mA, napěťový 0-10 V nebo linku RS485. Použité teploměry jsou napájeny 24 V, mají rozsah teplot 0-80 °C a proudový výstup 4-20 mA. Kompletní tabulka parametrů je uvedena v příloze A.4.[8]



Obr. 1.6: Příložný teplotní snímač PTP05 od firmy Rawet[8]

Snímač teploty PTP55

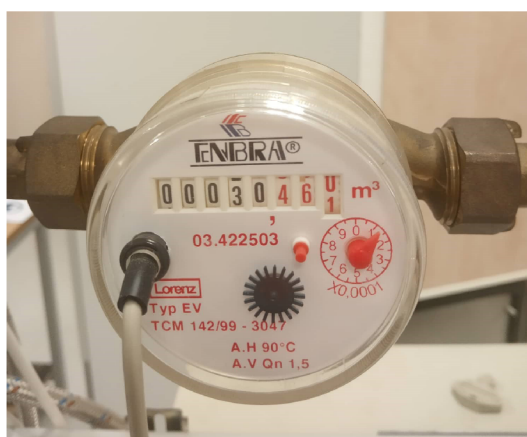
Tento odporový snímač teploty (T3) od firmy Rawet je umístěn na výstupním vedení výměníku v sekundárním obvodu. Jedná se o teploměr s nerezovým stonkem, který je určený pro kontaktní měření teploty a montáž přímo do potrubí. Napájecí napětí je 24 V a použitý rozsah čidla je 0-100 °C. Výstup čidla je opět dán převodníkem, zde je použit proudový výstup 4-20 mA. Kompletní tabulka parametrů je uvedena v příloze A.5.[9]



Obr. 1.7: Stonkový teplotní snímač PTP55 od firmy Rawet[9]

Průtokoměry

Na stanici jsou použity dva vodoměry TCM 142/99-3047 od firmy Enbra. Tyto průtokoměry obsahují číselník pro vyobrazení množství protočené vody. Zároveň obsahují pulzní výstup s 10 litry na impuls, který je možný připojit do PLC a tím získat informaci o protékání kapaliny. Z tohoto pulzního signálu je například možné počítat rychlost proudění kapaliny. Vodoměry jsou určeny pro měření teplé vody do 90 °C.[10]

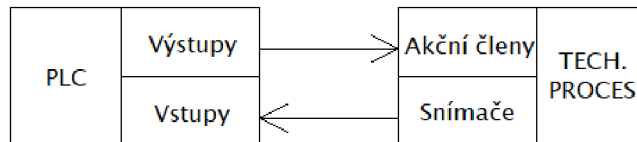


Obr. 1.8: Pulzní průtokový snímač od firmy Enbra[10]

1.4 Řídicí systém

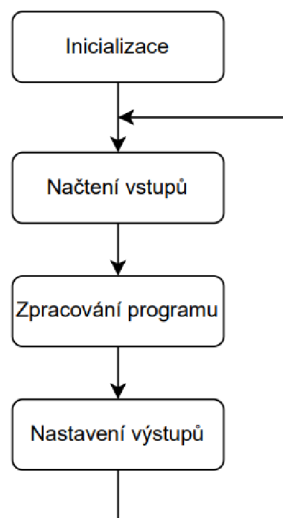
Obecné informace

Pro řízení průmyslových a technologických procesů bylo vyvinuto PLC, neboli programovatelný logický automat. Díky sensorům napojeným na vstupy PLC získává automat informace z technologického procesu, na základě kterých může akčními členy zapojenými na výstupech PLC technologický proces ovlivňovat a řídit.



Obr. 1.9: Popis technologického procesu PLC

Cyklus PLC probíhá ve smyčce a je složen z několika kroků. Jako první probíhá vnitřní kontrola, poté následuje hlavní krok načtení stavů všech vstupních signálů a jejich uložení do paměti. Po načtení stavů vstupních signálů následuje zpracování programu, který je v PLC nahrán. V průběhu zpracovávání jsou na základě programu generovány výstupní signály a ukládány do paměti. Po vykonání programu se v rámci posledního kroku stavy výstupních signálů uložené v paměti zapíší na fyzické výstupy PLC.[12]



Obr. 1.10: Zobrazení pracovního cyklu PLC

Použité řídicí vybavení

Pro řízení celé stanice bylo vybráno PLC řady S7-1500 od společnosti Siemens. PLC bylo vybráno na základě dostupnosti a spolupracování firmy s Fakultou elektrotechniky a komunikačních technologií. Tato řada disponuje vysokou výkonností a rychlostí systémové sběrnice, kdy dokáže zpracovat příkaz v řádu nanosekund. Konkrétně byl vybrán model 1512C -1 PN. Tento model obsahuje rozšiřovací karty pro vstupy a výstupy. Jedná se o jednu AI/AO kartu, která PLC rozšiřuje o 5 analogových vstupů a 2 analogové výstupy, a dvě DI/DO karty, které rozšiřují PLC o 16 digitálních vstupů a 16 digitálních výstupů. PLC také podporuje rozhraní Profinet.

Pro ovládání procesu monitorování či nastavování hodnot byl jako operátorský panel zvolen dotykový panel TP 700 Comfort od firmy Siemens. Tento 7palcový displej s 16 miliony barev a 12 MB konfigurační paměti je zcela dostačující pro tuto stanici.[13]



Obr. 1.11: PLC 1512C -1 PN[14]



Obr. 1.12: TP 700 Comfort[13]

Vývojové prostředí

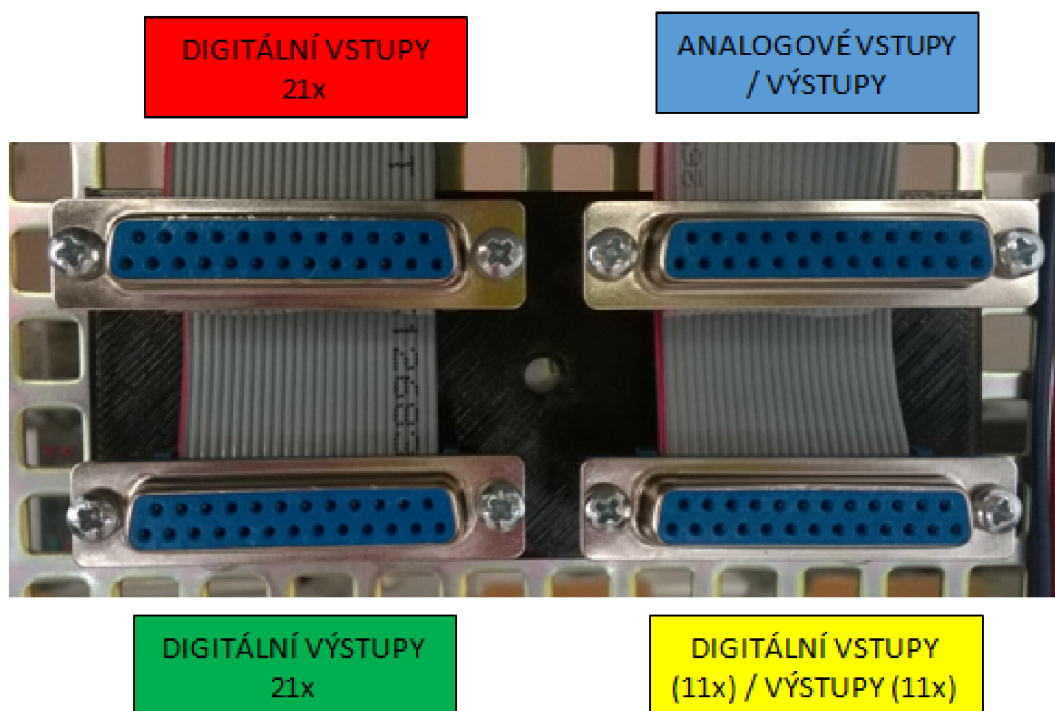
Řídicí systém pro chod a ovládání výměňkové stanice byl vyvíjen ve vývojovém prostředí TIA Portal (Totally integrated automation Portal), které spojuje celou řadu inženýrských nástrojů do jedné platformy. Toto prostředí je vyvíjené společností Siemens pro ovládání jejich PLC a umožňuje psát řídicí program až ve 4 programovacích jazycích. Těmi jazyky jsou Ladder Diagram, Function Block Diagram, Statement List a Structured Control Language. Prostředí také obsahuje například simulační nástroje a funkce efektivní diagnostiky.

Simulace

Řídicí program byl vyvíjen a testován za pomoci simulátoru S7-PLCSIM Advanced od firmy Siemens. Tento simulátor byl nainstalován spolu s vývojovým prostředím TIA Portal a může být využit pouze s licencí. V tomto simulátoru je možné nasimulovat jak řídicí PLC tak operátorský panel. Finální proces už vyžadoval zkoušení na samotné stanici.

Výukový panel

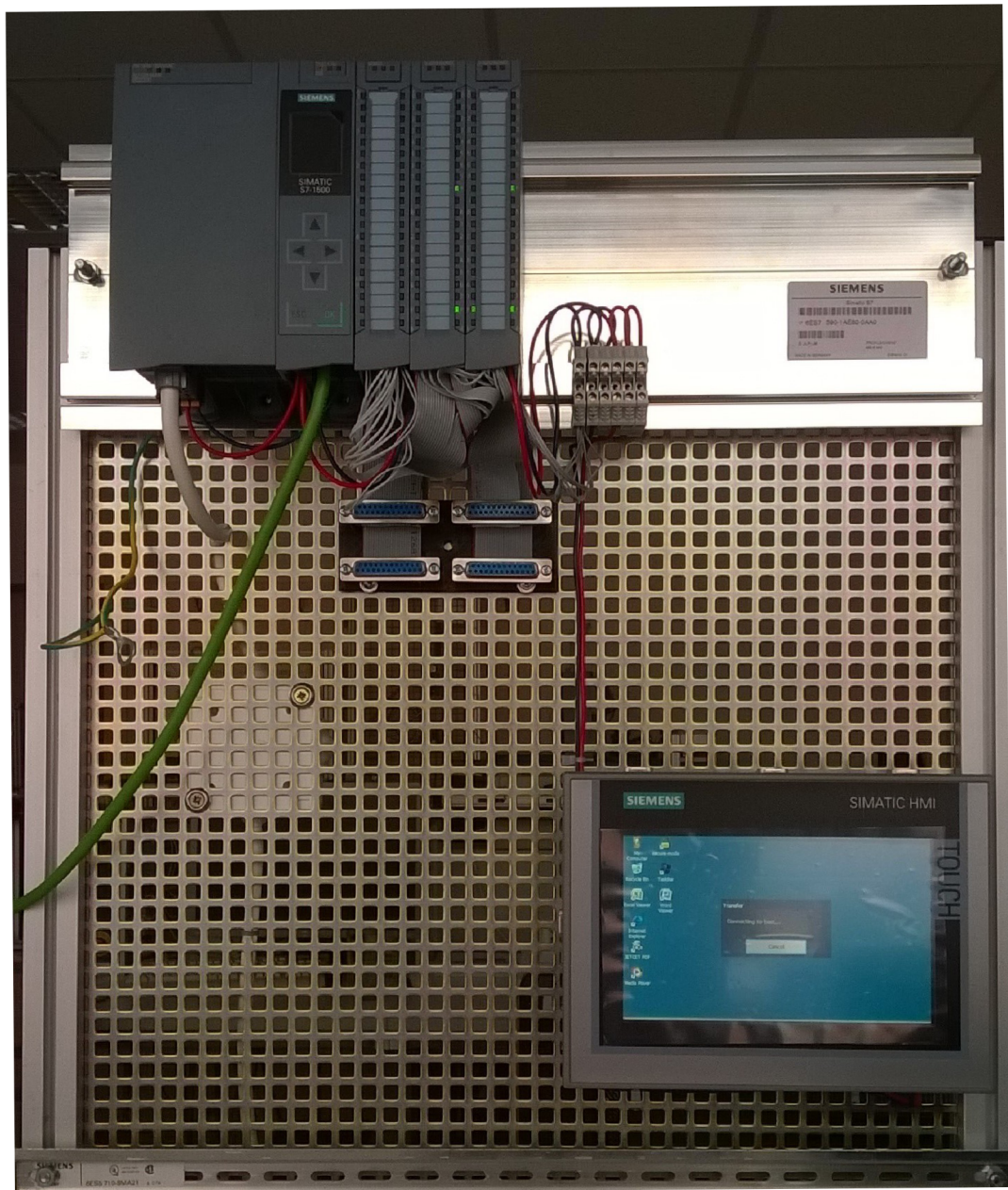
PLC je spolu s operátorským panelem přiděláno na školním výukovém panelu. Výukový panel je zobrazen na fotce níže. Tento panel obsahuje i 4 25-pinové konektory CAN25, které jsou připojeny na jednotlivé vstupní/výstupní karty PLC. V této práci jsou využity pouze 2 pravé konektory, jeden pro analogové signály a druhý pro digitální. Detailní zapojení konektorů je popsáno v příloze B.



Obr. 1.13: Rozdělení konektorů CAN25 na výukovém panelu[15]

Stejně tak jsou na stěně rozvaděče stanice přidělány konektory CAN25, na které jsou připojeny vstupní a výstupní signály v rozvaděči. Konektory jsou označeny Y1 a Y2 a jejich zapojení je zobrazeno v celkovém schématu na straně 5. Pro propojení

modelu stanice a využitého panelu je zapotřebí dvou 25žilových dostatečně dlouhých kabelů, které jsou na koncích opatřeny konektory CAN25 typu "samec".



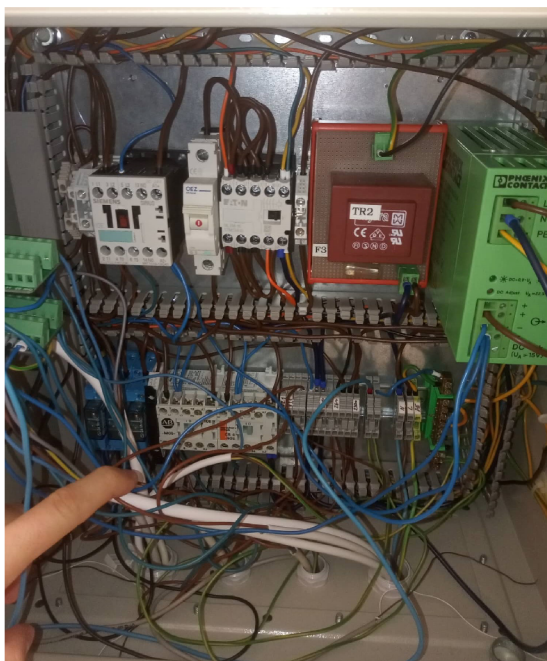
Obr. 1.14: Výukový panel[15]

2 Zapojení stanice

V této části je popsána práce na modelu stanice, jako úprava rozvaděče a vytvoření schéma zapojení včetně popisu. Jako první proběhla kontrola původního zapojení stanice. Ve schématu zapojení přiloženém ke stanici byly odhaleny chyby a rozvaděč nebyl kompletně hotový. Bylo nutné tedy celý rozvaděč rozpojit, přehledně zapojit a celý poznačit. Pro poznačení vodičů posloužily fáborky ze štítkovače s popisem součástky a druhu vodiče. Následně bylo vytvořeno nové schéma se správně napojenými vstupy a výstupy pro PLC.

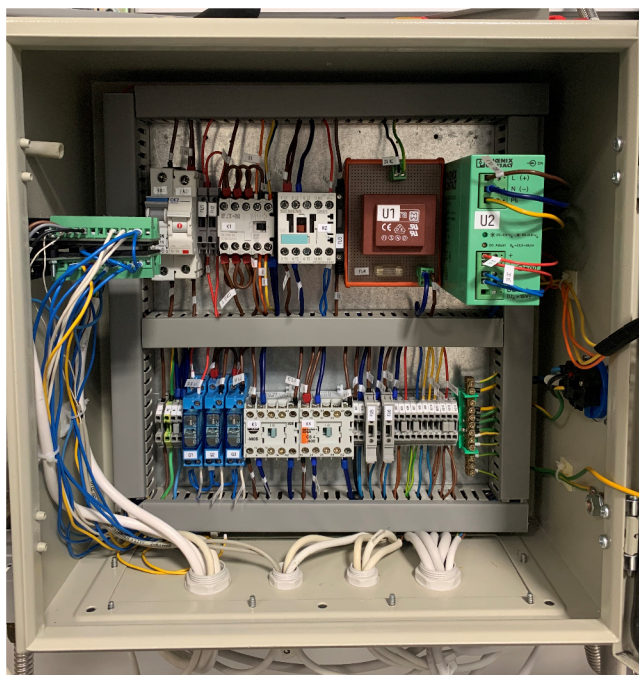
2.1 Úprava rozvaděče

Jako první byly upraveny přívodní kabely od komponentů, které jsou vedeny z větší části skrze žlaby 40x40 mm umístěné na konstrukci stanice. Přívodní kabely vedou skrze průchodky do rozvaděče, umístěného na druhé straně stanice. Některé kabely nebyly dotaženy do rozvaděče a některé bylo nutno vyměnit za delší. Rozvaděč stanice bylo nutné opravit, protože původní zapojení bylo nejen nepřehledné, ale také chybné. Původní zapojení neodpovídalo schématu, kdy bylo zjištěno, že schéma není správně nakreslené, zejména napojení konektorů CAN25 pro vstupy a výstupy PLC. V rozvaděči nebyly dodržovány barvy vodičů pro 24 V DC, vodiče nebyly umístěny přehledně ve žlabech a jako poslední problém bylo špatné navržení jisticích prvků.



Obr. 2.1: Původní rozvaděč

V zapojení se nacházel jediný jistič, a to 8 A. Zatímco v sestavě se nachází ohřívač vody o výkonu 2 kW, který na plný výkon zvládne odebrat 8,7 A. Byl tedy přidán hlavní jistič s jmenovitým proudem 16 A, poté jistič pro ohřívač vody s jmenovitým proudem 10 A a další pojistky pro jištění čerpadel, teploměrů a ventilů. Rozvaděč byl celý rozpojen, instalační součástky byly rozmístěny po rozvaděči a bylo přidáno několik vstupních i výstupních svorek. Rozmístění komponent použitých v rozvaděči bylo z velké části zachováno z původního zapojení.



Obr. 2.2: Nynější rozvaděč

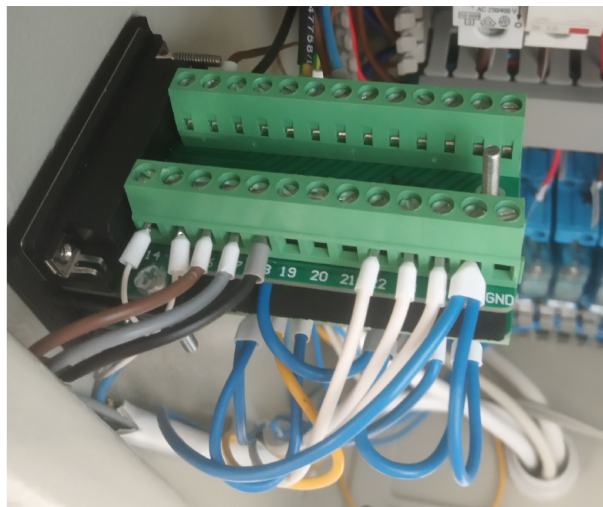
Na levé straně dolní DIN lišty se nachází přívod střídavého napětí 230 V na svorky L, N, a PE. Odtud přes hlavní jistič FA1 na stykač K1, který je ovládán stop tlačítkem Sp a hlavním tlačítkem na dveřích rozvaděče S1. Při stisknutí tlačítka S1 je sepnut hlavní stykač a zajištěn přívod napětí dále do rozvaděče. Všechny výstupní svorky s označením XO1 - XO14 jsou poskládány vedle sebe a nachází se na pravé straně dolní DIN lišty rozvaděče. Jistící prvky se nachází na horní DIN liště na levé straně. Jako poslední práce v rozvaděči bylo označení vodičů, kdy je vždy vodič označen fábkem k jaké součástce patří. L+ je označována fáze spínací stykač. Za stykači už jsou vodiče označeny na jaký akční člen jsou napojeny. Výstupní signály z PLC jsou označeny stejně jako v příloženém schématu.

Při zapojování rozvaděče stanice nastalo několik problémů, které bylo nutné vyřešit. Jako první problém se projevilo málo místa v rozvaděči, z důvodu přítomnosti velkého transformátoru pro 24 V AC. Z důvodu málo místa bylo nutné provést pár úprav. Výstupní svorky pro napájení ventilů a senzorů musely být proklemovány,

tedy například na svorky XO12 a XO13 jsou napojeny vždy 2 napájecí dráty snímačů. Stejně tak napájení ventilů V1 a V2 je na jedné svorce XO5. Dále ze stejného důvodu nebylo možné vejít všechny jistící prvky do horní části, proto byla dvě pojistková pouzdra zároveň použita jako výstupní svorka. Pojistky čerpadel se tedy nachází v pravé spodní části mezi výstupními svorkami.

2.2 Zapojení konektorů CAN25 v rozvaděči

Snímače a akční členy, které mají být napojeny na vstupy a výstupy PLC jsou připojeny na konektory CAN25 typu "samice", které se nachází na boku rozvaděče. Tyto konektory jsou zapojeny dle předpisu z manuálu "Modernizace laboratoře Siemens", který funguje jako návod na výukové panely. Na základě tabulek z tohoto manuálu byl vytvořen PinOutList v programu Excel a doplněny informace o proměnných, jako jsou název a adresa. Díky tomuto PinOut listu bylo jednodušší správně napojit snímače a ventily na požadované piny na vstupních a výstupních kartách, jelikož označení pinů na konektorech CAN25 se neshoduje s označením pinů na kartách PLC.



Obr. 2.3: Zapojení konektorů CAN25 v rozvaděči

Tab. 2.1: Tabulka zapojení konektoru Y2 pro digitální signály

Prvek	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
Průtokoměr F1	DI/DO 2	7	14
Průtokoměr F2	DI/DO 2	11	15
Tlačítko S4	DI/DO 2	13	16
Tlačítko S3	DI/DO 2	15	17
Tlačítko S2	DI/DO 2	17	18
Oranžová LED	DI/DO 2	27	7
Červená LED	DI/DO 2	31	8
Zelená LED	DI/DO 2	33	9
B_zap	DI/DO 2	34	22
C1_zap	DI/DO 2	36	23
C2_zap	DI/DO 2	38	24

Tab. 2.2: Tabulka zapojení konektoru Y1 pro analogové signály

Prvek	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
Teploměr T1	AI/AO	8	17
Teploměr T2	AI/AO	2	14
Teploměr T3	AI/AO	11	6
Teploměr T4	AI/AO	5	3
Tlakový snímač P1	AI/AO	14	20
Ovládání V1	AI/AO	17	9
Ovládání V2	AI/AO	18	22

2.3 Program WSCAD Electrix

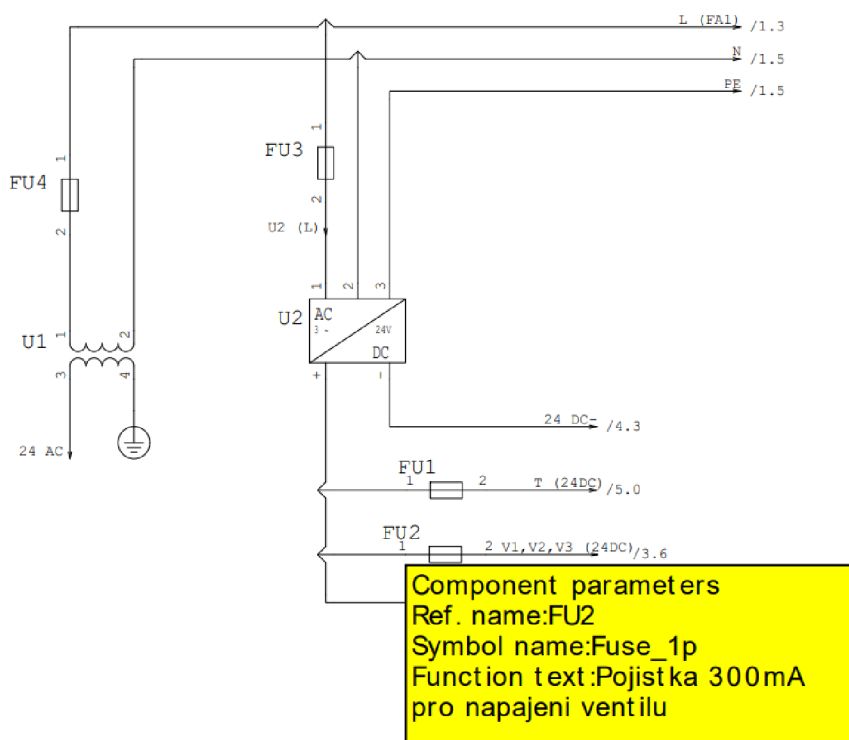
WSCAD Electrix je návrhový program vyvíjen německou firmou WS Cad Electrical Engineering. Tato firma nabízí licenci pro studenty vysokých škol, kterou po kontaktování poskytují zdarma. Jedná se o WSCAD Education. Tento program je možné využít na tvorbu elektrických schémat, elektrické instalace, hydro soustavy i pro návrh potrubí. Díky databázi z wscaduniverse.com je k dispozici více než 1,4 milionu údajů o komponentech od více než 382 výrobců. Díky tomu velice šetří čas, kdy pouze zadáte číslo nebo jméno komponentu a zobrazí se hledaný produkt, který si můžete vložit do schématu. Vytvořené schéma je možné exportovat do interaktivního PDF, které dokáže ukázkou kurzoru myši na součástku zobrazit její podrobnosti a tím dobře a jednoduše udržet přehled ve schématu.[16]

2.4 Schéma zapojení

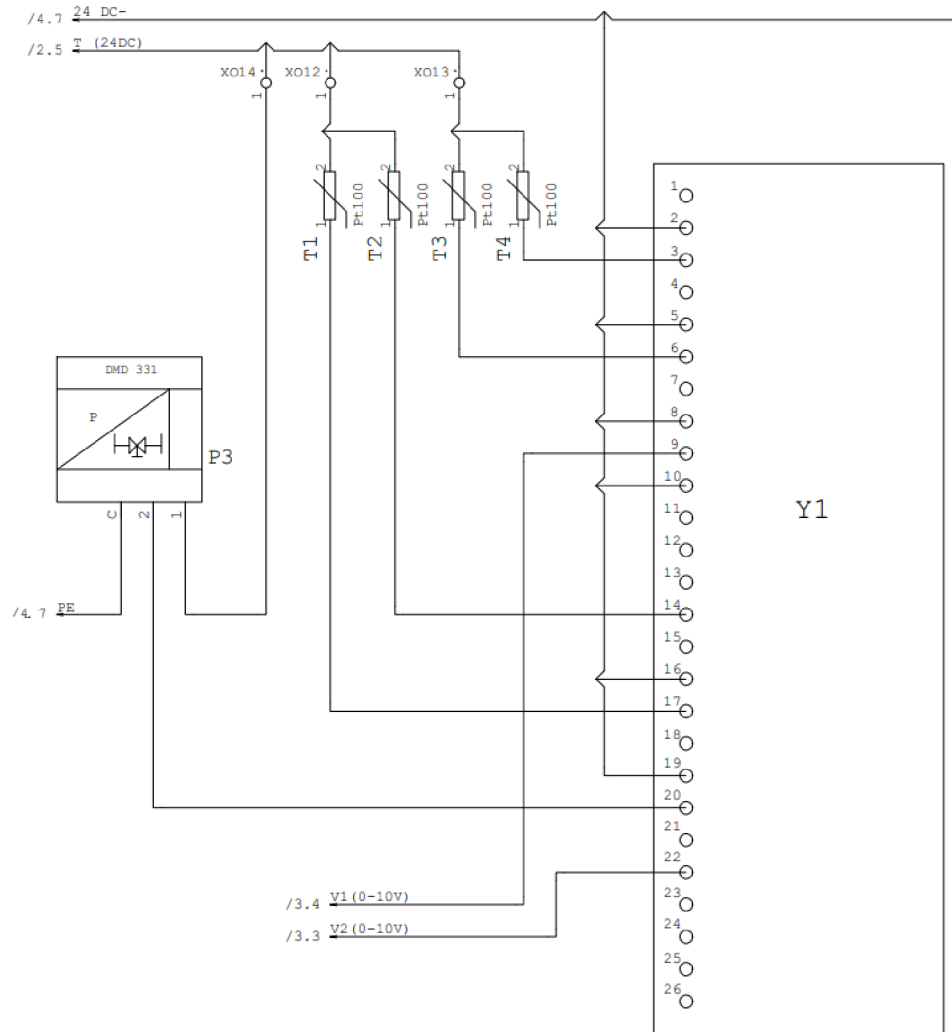
Původní schéma zapojení bylo z menší části chybné a z důvodu předělání rozvaděče bylo nutno vypracovat nové. Schéma bylo vytvořeno ve výše popsaném programu WSCAD, ke kterému mi byla poskytnuta licence od vývojářů. Schéma je situováno do 5 částí.

Na první stránce schéma se nachází spínací okruh a hlavní jištění. Na druhé stránce je zobrazeno zapojení zdrojů 24 V střídavých a stejnosměrných pro napájení ventilů a snímačů. Na třetí stránce je zobrazeno zapojení ventilů a na čtvrté stránce je zapojení akčních členů, tedy čerpadel a bojleru včetně jejich spínacích relátek. Na poslední páté stránce je zobrazeno zapojení konektorů CAN25 na stěně rozvaděče, kdy konektor Y1 je pro analogové signály a konektor Y2 je pro digitální signály. V této práci je zobrazena pouze část jako ukázka schéma. Je zde zobrazené interaktivní schéma, a poté zapojení konektoru Y pro analogové signály.

Díky možnostem programu je možné zadat do zapojení přímo součástky v něm využitě. Tyto informace, jako je typ součástky, popis a přímo výrobce součástky se zobrazí po ukázání kurzorem myši na danou součástku, jako je ukázáno na obrázku číslo 2.4. Další ukázka ze schéma zapojení je na obrázku 2.5 a jedná se o zapojení konektoru pro analogové signály.



Obr. 2.4: Ukázka interaktivního schéma



Obr. 2.5: Schéma zapojení konektoru pro Analogové signály

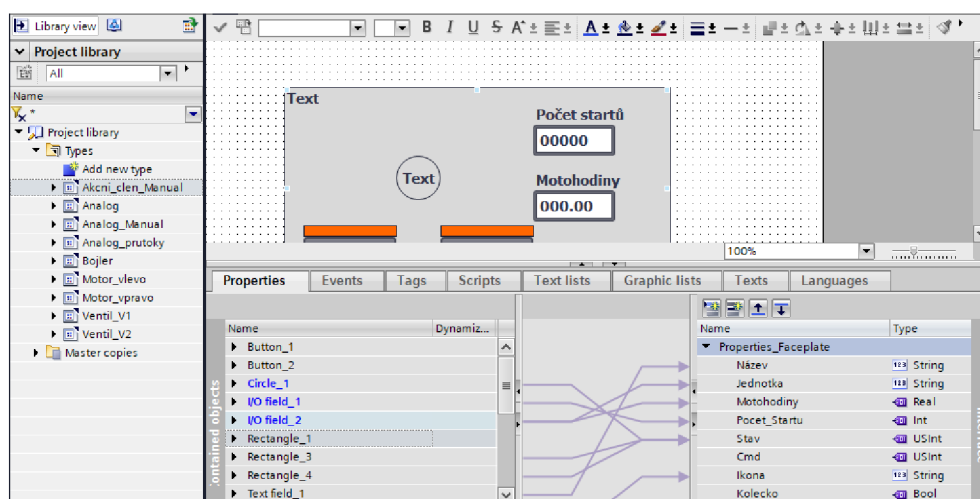
Kompletní schéma k zapojení rozvaděče stanice bylo importováno do souboru PDF a je přiloženo v příloze C v podobě fotek, společně s tabulkou použitých součástí. Kompletní schéma je též přiloženo v elektronické příloze.

2.5 Otestování stanice

Po kompletním zapojení rozvaděče a připojení PLC pomocí propojovacích kabelů s konektory CAN25, byl finálně zkontrolován rozvaděč. Zkontrolovalo se správné napojení ovládacích signálů pro ventily a spínací relé pomocí multimetru a jeho funkce kontrola vodivosti s akustickou zpětnou vazbou. Po ověření správnosti byla stanice zapojena do elektrické sítě a finálně zkontrolována voltmetrem, zdali jsou všechny spínací relé a stykače napájeny. Následně se v TIA Portal vytvořila force table, která slouží pro ruční nastavení hodnot. Zde ve force table byly ručně spínány výstupy, a sledovány vstupy. Tím se otestovala jejich funkčnost i funkčnost rozvaděče. Při tomto kroku byla zjištěna nefunkčnost čerpadla v sekundárním okruhu, kdy stykač čerpadla sepnul, ale čerpadlo nefungovalo. Tato závada byla zaznamenána i v předešlé práci a jako důvod nefunkčnosti bylo dlouhodobé odstavení stanice z provozu. Pro opravu čerpadla byla ze sekundárního okruhu vypuštěna voda, čerpadlo rozebráno a uvolněn rotor, který byl zaseknut. Poté se zpět napustila voda a čerpadlo bylo otestováno. Při základním nastavování PLC a to při nastavování typů analogových vstupů, bylo zjištěno že PLC obsahuje pouze 4 napěťové či proudové vstupy, a pátý analogový vstup je možné nastavit pouze jako odporový. Jelikož má senzor P1 pro snímání tlakové diference proudový výstup 4-20 mA, zůstává přiveden a zapojen pro účely v budoucnosti, například při výměně za jiné PLC s více analogovými vstupy. Momentálně je však v programu nevyužit. Stejný problém nastal i s ventilem V3, pro který byl upraven připojovací kabel, aby mohl být veden skrze žlaby do rozvaděče, ale bohužel vstupní a výstupní analogová karta má pouze dva výstupy, proto není možné ventil zapojit. Tento ventil zůstává přiveden do rozvaděče, označen, zaizolován a ukryt v rozvaděčovém žlabu.

3 Operátorský panel

V prostředí TIA Portal byla navržena vizualizace operátorského panelu který slouží pro řízení stanice. Při návrhu byly kladeny nároky na jednoduchost a přehlednost. Panel je navržen tak, aby se v něm uživatel jednoduše zorientoval a zjistil stavy jednotlivých akčních prvků a teploty v sekundárním i primárním okruhu. Panel obsahuje 3 obrazovky, kdy na hlavní obrazovce je zobrazena stanice pro kompletní sledování průběhu, druhá obrazovka je pro ovládání akčních členů a třetí obrazovka obsahuje zobrazené teploměry spolu s kontrolkami pro dosažení zadaných mezí a možností simulace. Většina ikon, převážně ventily, motory a analogové zobrazovače jsou vytvořeny jako vlastní ikony neboli vytvořené faceplate. Také okna pro ovládání akčního prvku a okna pro jednotlivé teploměry jsou vlastní vytvořené ikony. Vytvoření faceplatu pro analogové měření je vidět na obrázku 3.1. V tvorbě vizualizace byl využit i template, ve kterém se navrhly dolní tlačítka pro přepínání mezi obrazovkami. Jako template se zde rozumí šablona, která se zobrazí na všech nastavených obrazovkách.



Obr. 3.1: Ukázka faceplatu pro akční prvek

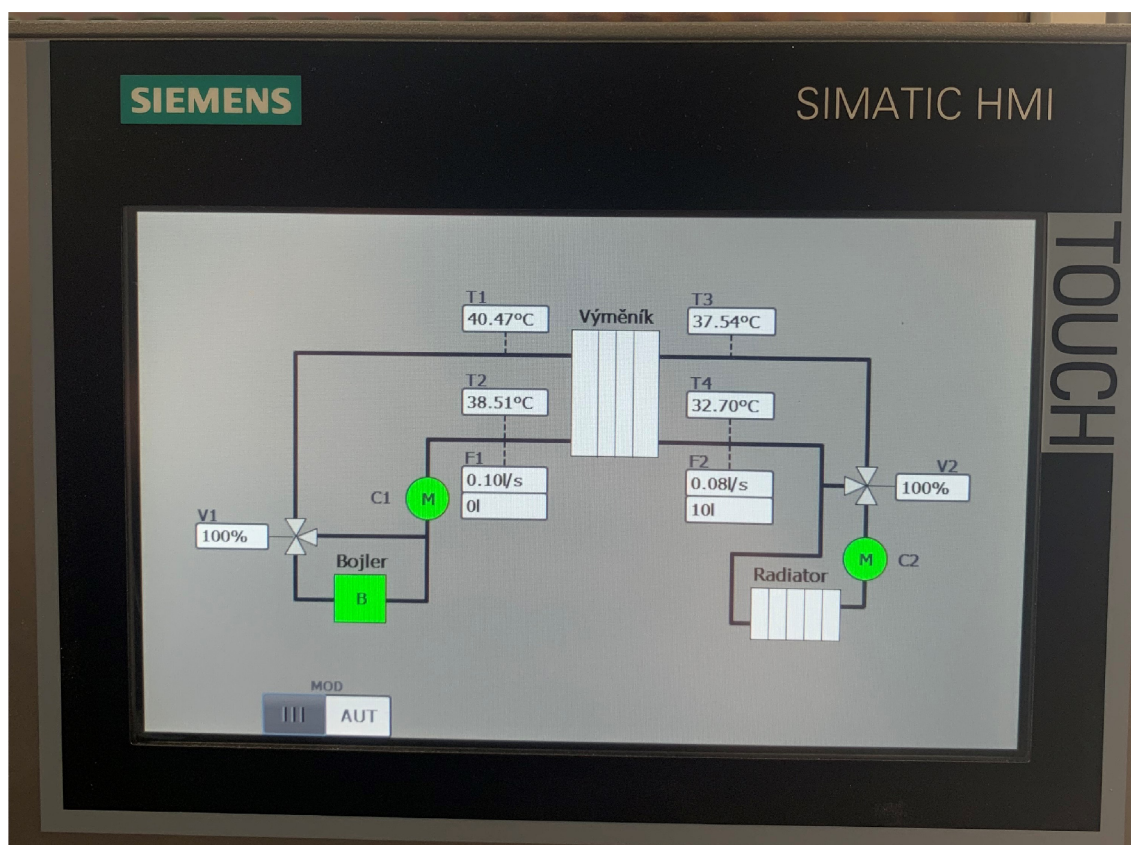
3.1 Režim

Stanice má dva možné režimy. Manuální režim, který slouží k ručnímu ovládání jednotlivých akčních členů jako například sepnutí čerpadla a otevření ventilu pouze pro primární okruh. Automatický režim, kde je automat připraven na implementaci regulátoru. V tomto provozu operátorský panel zobrazuje obrazovku "Přehled stanice", kde je možné pozorovat stav jednotlivých komponentů v reálném čase.

3.2 Obrazovka Přehled stanice

Obrazovka 1 je považována za hlavní obrazovku, kde bude uživatel přepnut většinu času. Nachází se zde kompletní přehled stanice, včetně hlavních prvků jako radiátoru a výměníku. Jsou zde aktivní ikony akčních členů, které barevně indikují stav, ve kterém se akční člen nachází. Pokud je člen sepnut, svítí zeleně, v opačném případě svítí bíle. Dále jsou tu ventily s číselníky zobrazující jejich stav otevření. Jako další zobrazovací pole obsahuje 4 teploměry, 2 v primárním okruhu a 2 v sekundárním. Jako poslední zobrazovací pole je v každém okruhu vložen průtokoměr, který v horní polovině zobrazuje rychlost průtoku média a v dolní polovině počet protečených litrů celkem.

V dolní části obrazovky se nachází tlačítka, která jsou pro všechny obrazovky společná. Hlavní obrazovka je považována do budoucna jako obrazovka pro automatický režim, proto je zde pouze přepínač manuálního/automatického módu, zatímco zbylá dvě tlačítka jsou skryta. Stisknutím tohoto přepínače se zobrazí obrazovka manuálního režimu pro ovládání akčních členů.



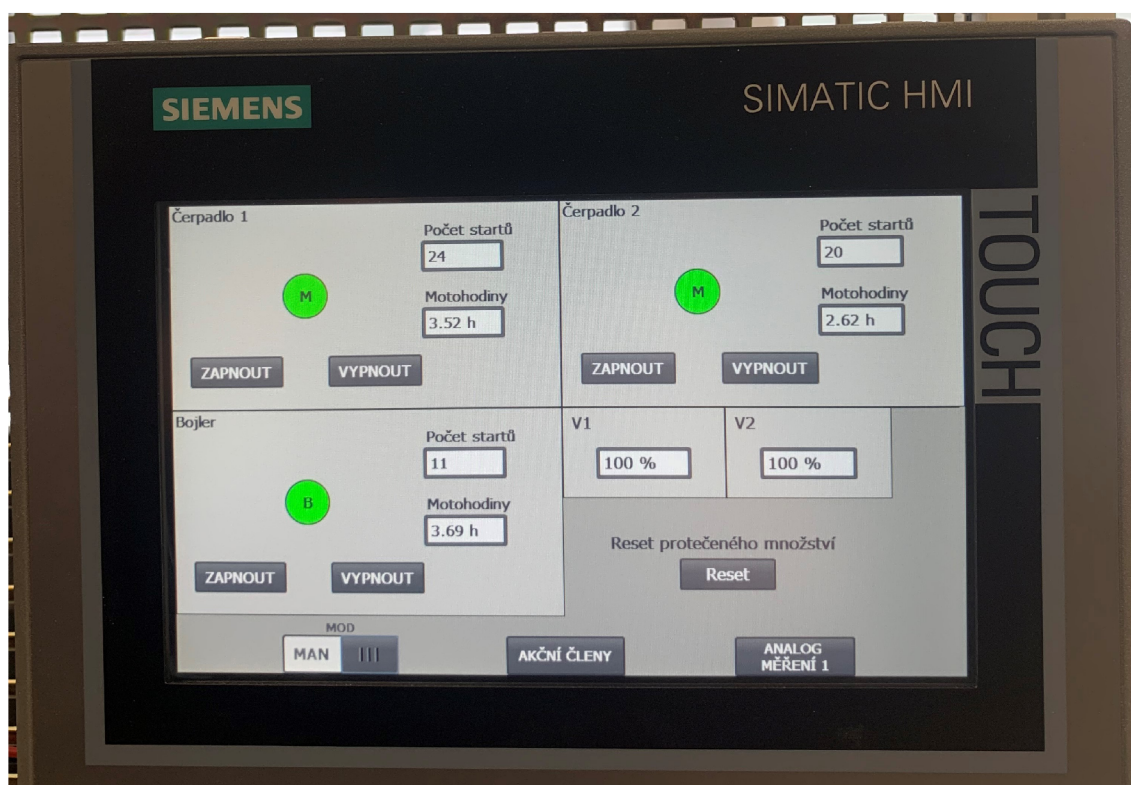
Obr. 3.2: Obrazovka Přehled stanice

3.3 Obrazovka Akční členy

Obrazovka 2 slouží pro manuální ovládání akčních prvků. Jsou zde 3 velká okna pro každý hlavní akční prvek, tedy bojler a dvě čerpadla. Každé okno obsahuje popis o jaký prvek se jedná, tlačítka pro vypnutí a zapnutí prvku a ikonu prvku, která stejně jako na první obrazovce zobrazuje činnost či nečinnost komponentu. V okýnkách každého prvku se nachází i zobrazovací pole kde jsou počítány motohodiny a počty startů. Nad ovládacími tlačítky pro zapnutí a vypnutí se nachází dva oranžové obdélníky, která se zobrazí v případě blokace tlačítka ochranou funkcí daného akčního členu, například pokud není splněna podmínka pro zapnutí.

Jako druhý ovládací prvek se zde nachází 2 malá okénka, ve kterých je možno manuálně nastavit otevření ventilů. Poslední funkce této obrazovky je resetování průtoků. Stisknutím tlačítka reset se vynuluje protečené množství zobrazené oběma průtokoměry na hlavní obrazovce.

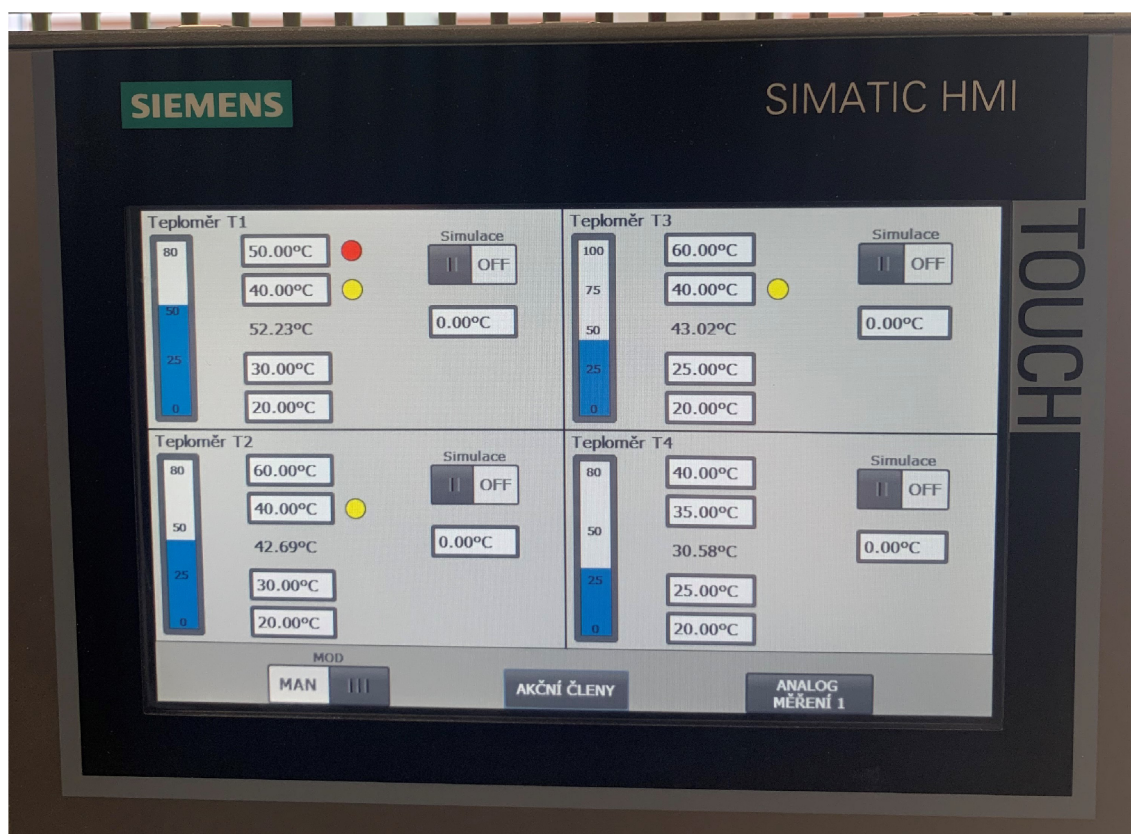
V dolní části obrazovky se již nachází všechna 3 tlačítka, kde přepínačem MOD se lze přepnout zpět do automatického režimu, to je na obrazovku přehledu stanice. Tlačítkem ANALOG MĚŘENÍ je možné se přepnout na obrazovku pro zobrazení jednotlivých teploměřů.



Obr. 3.3: Obrazovka Akční členy

3.4 Obrazovka Analogové měření

Na obrazovce číslo 3 se nachází 4 okna s teploměry, rozmístěna přesně tak jako jsou zobrazena na hlavní obrazovce. Na levé straně jsou tedy zobrazeny teploměry z primárního okruhu a na pravé straně teploměry ze sekundárního okruhu. Jsou zde zobrazeny jak stupnice, které analogově znázorňují naměřenou teplotu, tak zobrazení v číselných hodnotách, které se nachází uprostřed mezi zobrazovacími poli. Vedle stupnice se nachází 4 zadávací pole, kde se zadávají mezní hodnoty. Všechny tyto mezní hodnoty mají kontrolky dosažení. Horní dvě kontrolky se rozsvítí, pokud je aktuální hodnota teploty vyšší než zadané meze. Naopak dvě spodní kontrolky se rozsvítí pokud je aktuální hodnota teploty nižší než zadané meze. Jako poslední obsahuje tato obrazovka možnosti nasimulování hodnoty teploty, která lze zadat do pravého zobrazovacího pole a potvrdit přepínačem SIMULACE. Tím se přepíše zadaná teplota do stupnice i do číselného zobrazovače uprostřed. Toto simulování lze například provizorně použít v případě poruchy teploměru. Přepnutí z této obrazovky je možné jak na obrazovku 2 tlačítkem Akční členy nebo přepínačem MOD na hlavní obrazovku.



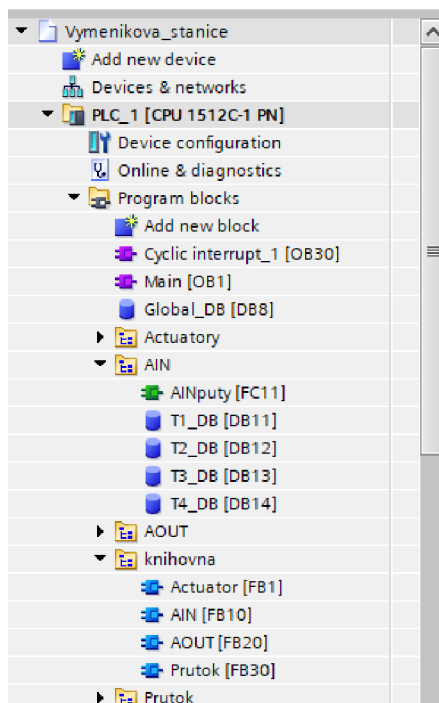
Obr. 3.4: Obrazovka Analogové měření

4 Realizace řízení stanice

Tato kapitola popisuje programové vybavení využitě v řídicím programu stanice. Je zde popsána struktura kódu, zobrazeny a popsány hlavní funkční bloky kódu a vyobrazena tabulka vstupních a výstupních proměnných.

4.1 Struktura programu

Program je složen z funkčních bloků (FB), funkcí (FC) a hlavního programu Main (OB). Hlavní program Main obsahuje pouze volání všech napsaných funkcí. Struktura je taková, že na začátku byla založena složka "knihovna". Ve složce knihovna se nachází 4 funkční bloky, kdy každý reprezentuje daný typ prvku. Nachází se zde FB pro akční člen, analogový vstup, analogový výstup a průtokoměr. V těchto blocích je nadefinována hlavní logika komponentu. Následně je podle každého prvku založena složka, pojmenovaná dle využitého FB. V této složce se vždy nachází funkce FC, která využívá FB blok tolikrát, kolikrát je daný prvek ve stanici. Každý využitý funkční blok má svůj datový blok (DB), který slouží pro ukládání dat a jejich parametování mezi cykly. Například tedy ve složce AINputy, jako analogové vstupy, se nachází 1 funkce která obsahuje 4x využitý funkční blok "AIN" spolu se 4 datovými bloky pro každý využitý funkční blok.



Obr. 4.1: Zobrazení stromu projektu

4.2 Vstupy a výstupy

Před vytvořením vstupních a výstupních proměnných a jejich namapování na správné adresy, musely být použité kanály vstupní/výstupní karty správně nastaveny na požadovaný signál. V záložce device configuration v panelu zařízení, je zobrazené použité PLC včetně rozšiřovacích karet. Po kliknutí na analogovou I/O kartu se zobrazí její nastavení. V sekci vstupy se jednotlivé kanály nastavily na proudový signál a rozsah 4-20 mA. Výstupy se nastavily na napěťový signál 0-10 V. Po tomto nastavení byly vytvořeny hlavní tabulky s proměnnými, jedna pro vstupy a druhá pro výstupy. Podrobný popis proměnných, jako jméno, popis a adresa je uveden v tabulce číslo 4.1 pro výstupní proměnné a v tabulce číslo 4.2 pro vstupní proměnné.

Tab. 4.1: Tabulka výstupních proměnných

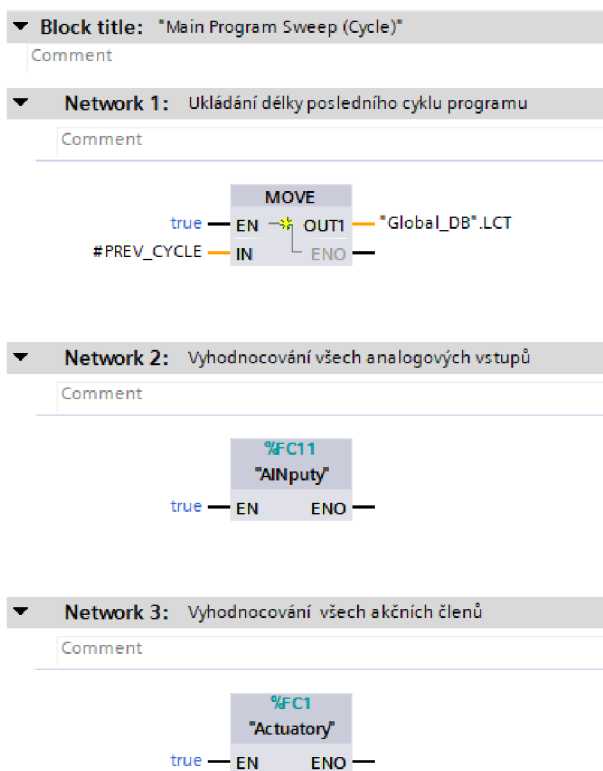
Proměnná	Popis proměnné	Adresa	Datový typ
B_zap	Zapnutí Bojleru	%Q7.3	bool
C1_zap	Zapnutí čerpadla 1	%Q7.5	bool
C2_zap	Zapnutí čerpadla 2	%Q7.7	bool
LED_2	Podsvit Tlačítka 2	%Q7.2	bool
LED_3	Podsvit Tlačítka 3	%Q7.0	bool
LED_4	Podsvit Tlačítka 4	%Q6.6	bool
V1(0-10V)	Ovládání Ventilu 1	%QW0	int
V2(0-10V)	Ovládání ventilu 2	%QW2	int

Tab. 4.2: Tabulka vstupních proměnných

Proměnná	Popis proměnné	Adresa	Datový typ
Tl_2	Tlačítko 2	%I13.6	bool
Tl_3	Tlačítko 3	%I13.4	bool
Tl_4	Tlačítko 4	%I13.2	bool
Prutok_F1	Průtokoměr F1	%I12.6	bool
Prutok_F2	Průtokoměr F2	%I13.0	bool
T_1	Teploměr T1	%IW130	int
T_2	Teploměr T2	%IW126	int
T_3	Teploměr T3	%IW132	int
T_4	Teploměr T4	%IW128	int

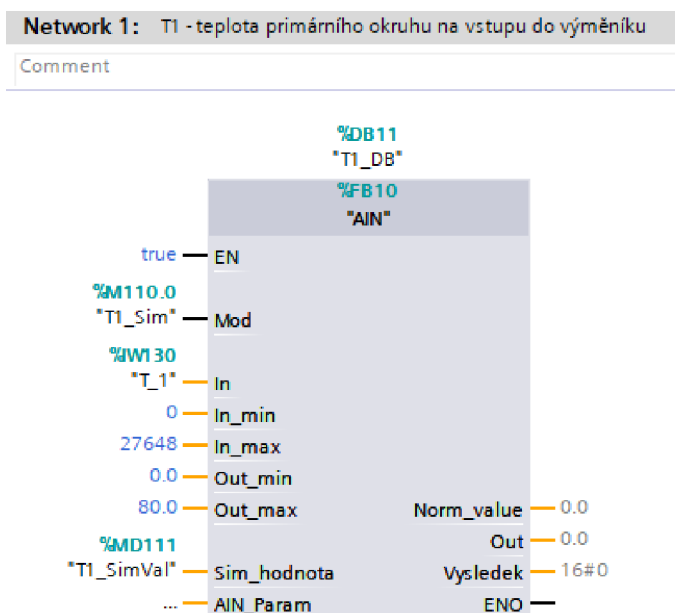
4.3 Hlavní program Main

V hlavním programu jsou volány všechny vytvořené funkce. Je zde také zřízeno uložení systémové proměnné "PREV_CYCLE" do globální DB. Tato proměnná udává délku předchozího cyklu programu v milisekundách a je využívána pro počítání rychlosti průtoku média a počítadlo motohodin motorů.



Obr. 4.2: Hlavní program Main OB1

4.4 Analogové vstupy



Obr. 4.3: Příklad volání FB AIN

Popis vstupů a výstupů bloku:

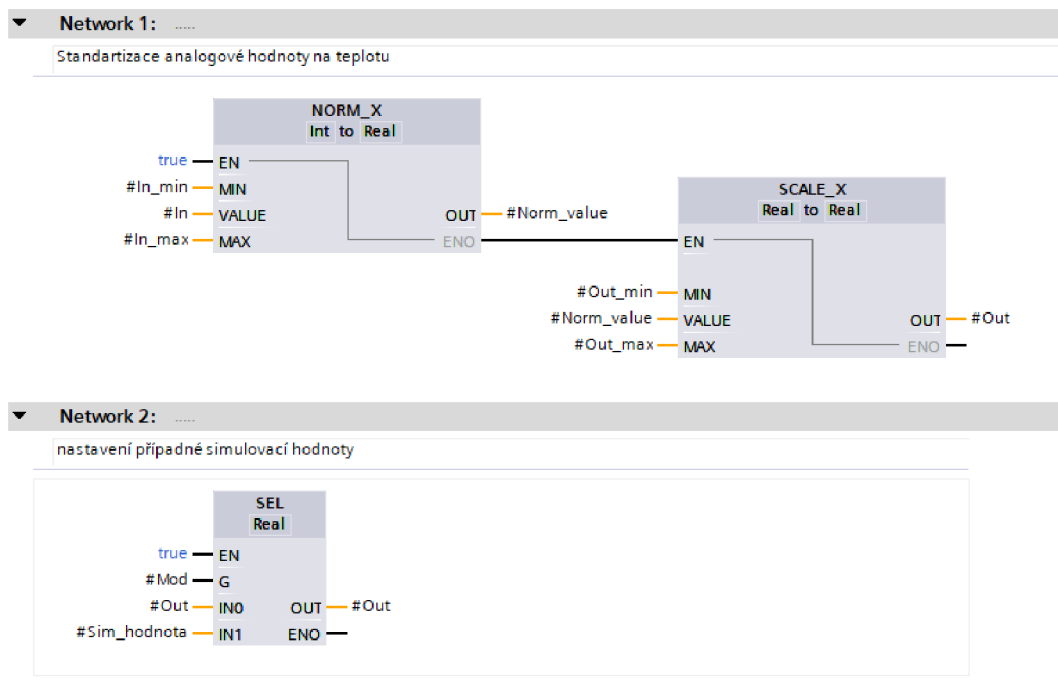
EN	...	zapne vyhodnocování bloku
Mod	...	přepíná blok mezi automatický a manuálním režimem
IN	...	vstupní hodnota z teploměru
In_Min/In_Max	...	rozsahy vstupních hodnot
Out_Min/Out_Max	...	rozsahy výstupních hodnot
Sim_hodnota	...	vstup pro simulační hodnota
AIN_Param	...	vstupní struktura pro hodnoty mezi
Norm_value	...	výstupní normovaná hodnota
Out	...	výstupní hodnota
Vysledek	...	byte s výsledky porovnávání
ENO	...	vyhodnocení bloku dokončeno

Analogové vstupy jsou vyřešeny pomocí instrukcí Norm_X a Scale_X. Instrukcí normalizace se normalizuje hodnota na vstupu In na lineární stupnici. Vstupy Min a Max udávají rozsah stupnice. Výsledek je hodnota datového typu real. Normalizace probíhá podle tohoto vzorce: $OUT = \frac{VALUE-MIN}{MAX-MIN}$

Tato hodnota dále vstupuje do instrukce Scale, kde se škáluje na rozsah hodnot, který je definován parametry Min a Max. Výsledkem škálování je celé číslo, které

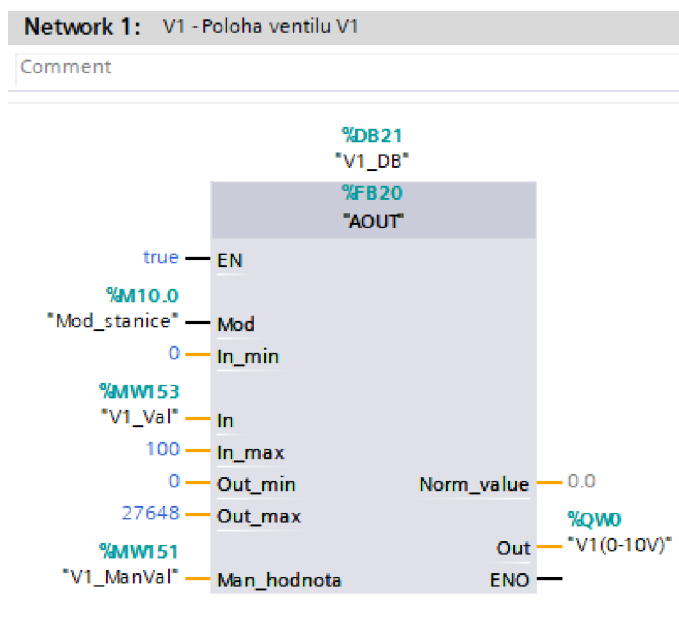
je uloženo na výstupu OUT. Škálování probíhá podle vzorce: $OUT = [VALUE \cdot (MAX - MIN)] + MIN$

Zároveň je zde naimplementováno nastavení simulační hodnoty pokud je přepínač Simulace ve stavu ON. Ve FB analogových vstupů je také naimplementován systém pro vyhodnocení rozsvícení kontrolky, který se skládá z porovnávání výstupní hodnoty s předem zadanými hraničními hodnotami. Výsledky porovnávání jsou datového typu bool, které jsou pak ukládány do proměnné typu byte na různé pozice, s názvem "Vysledek". Toto se využívá ke snížení počtu přenášených proměnných. Menší počet proměnných znamená, že na realizaci stačí levnější licence s nižším počtem přenášených proměnných. Řešení analogového vstupu je zobrazeno na obrázku 4.4



Obr. 4.4: Vnitřní logika bloku AIN

4.5 Analogové výstupy



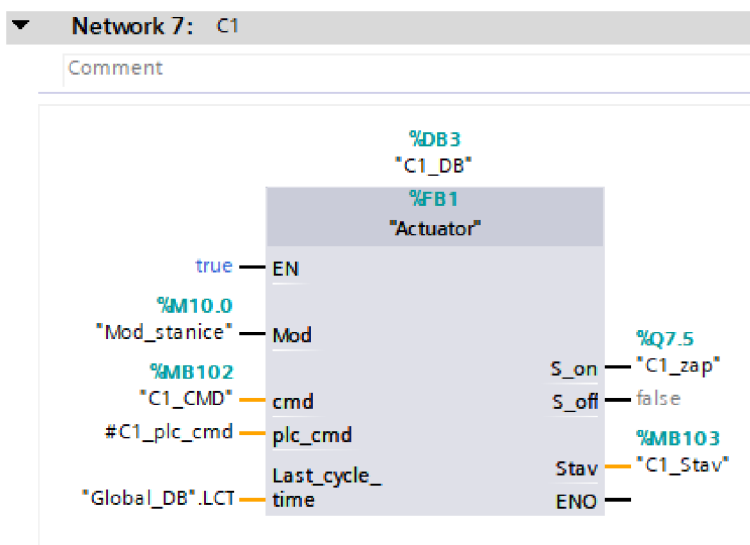
Obr. 4.5: Příklad volání FB AOUT

Popis vstupů a výstupů bloku:

EN	...	zapne vyhodnocování bloku
Mod	...	přepíná blok mezi automatickým a manuálním režimem
IN	...	vstupní hodnota pro nastavení ventilu
In_Min/In_Max	...	rozsahy vstupních hodnot
Out_Min/Out_Max	...	rozsahy výstupních hodnot
Man_hodnota	...	vstup pro manuální hodnotu otevření
Norm_value	...	výstupní normovaná hodnota
Out	...	výstupní hodnota
ENO	...	vyhodnocení bloku dokončeno

Pro analogové výstupy je vnitřní logika téměř stejná, rozdíl je pouze v datovém typu výstupní hodnoty instrukce škálování, který je int.

4.6 Akční členy



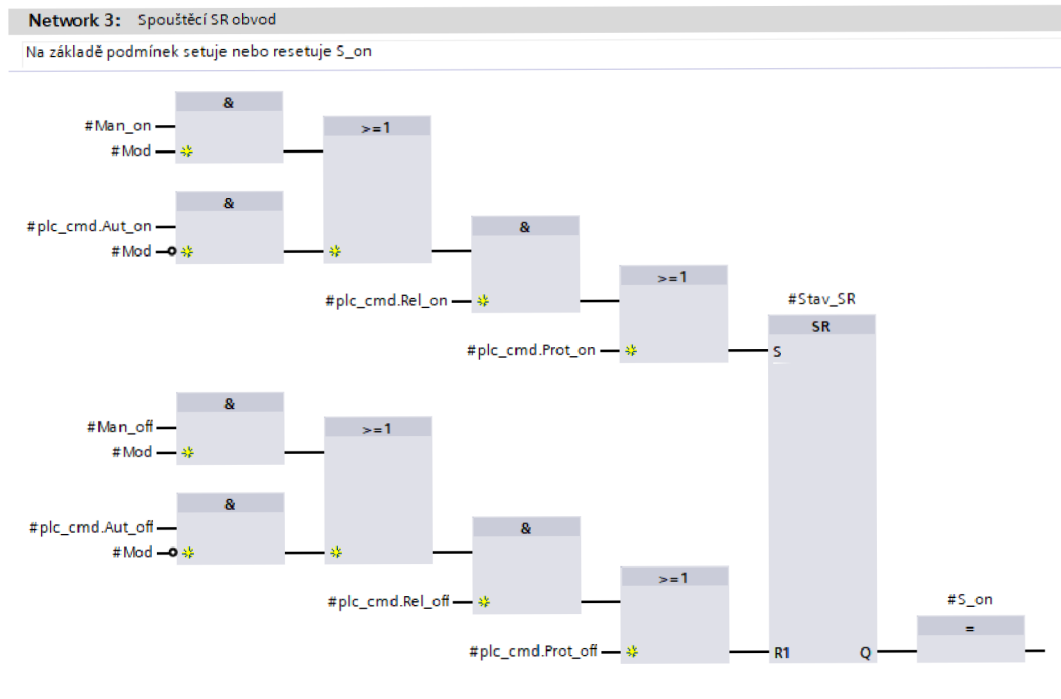
Obr. 4.6: Příklad volání FB Actuator

Popis hlavních vstupů a výstupů bloku:

EN	...	zapne vyhodnocování bloku
Mod	...	přepíná blok mezi automatický a manuálním režimem
cmd	...	byte pro signály Man_on a Man_off
plc_cmd	...	struktura s informacemi o blokování a povolení
Last_cycle_time	...	délka posledního cyklu
S_on	...	povel zapnutí
S_off	...	povel vypnutí
Stav	...	byte který obsahuje 4 bity s S_on, S_off, Prot_on, Prot_off
ENO	...	vyhodnocení bloku dokončeno

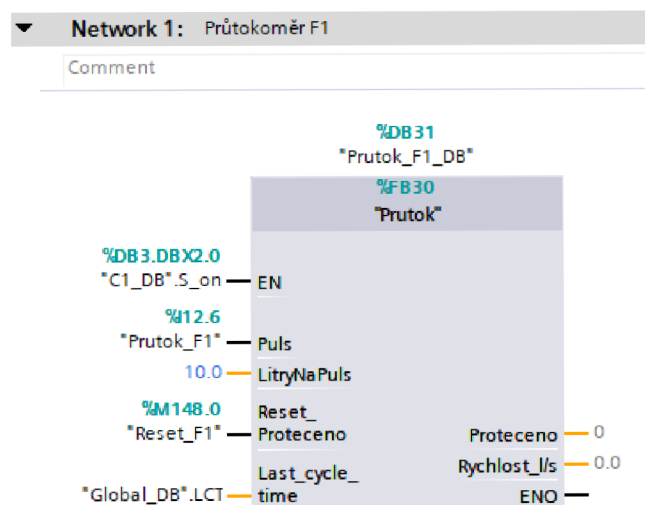
Hlavní logika spouštění akčního členu je uvedena na obrázku 4.7. Na základě podmínek se setuje nebo resetuje pokyn S_on pro zapnutí akčního členu. Na dalším networku je negované S_on využito pro vyjádřený S_off. Na začátku logiky se rozhoduje zdali se vykonává automatický či manuální režim, dále následuje zda je aktivní povolení nebo blokování startu. Funkce blokování a povolení startu jsou momentálně vyřazeny. V FB akčního členu je implementováno i počítání startů, kdy se pomocí nástupní hrany při startu tvoří signál pro přičítání 1 do proměnné Pocet_Startu. Implementováno je i počítání motohodin, které využívá Last_Cycle_Time (LCT), který je přiveden pomocí již zmíněné systémové proměnné PREV_CYC. Tento LCT je převeden na hodiny a zapsán do proměnné Motohodiny. Obě tyto proměnné jsou uloženy ve vlastním vytvořeném datovém typu s názvem "Param.Actuator", který je

typu struktura. Param.Actuator je navíc nastaven jako retain, to znamená že jejich hodnota je zapamatována i po odpojení napětí.



Obr. 4.7: Vnitřní logika bloku Actuator

4.7 Průtoky



Obr. 4.8: Příklad volání FB Prutok

Popis hlavních vstupů a výstupů bloku:

EN	...	zapne vyhodnocování bloku
Puls	...	signál z průtokoměru
LitryNaPuls	...	kolik je litrů za puls
ResetProteceno	...	vynulování protečeného množství
Last_cycle_time	...	délka posledního cyklu
Proteceno	...	protečené množství
Rychlost_l/s	...	rychlost proudění v l/s
ENO	...	vyhodnocení bloku dokončeno

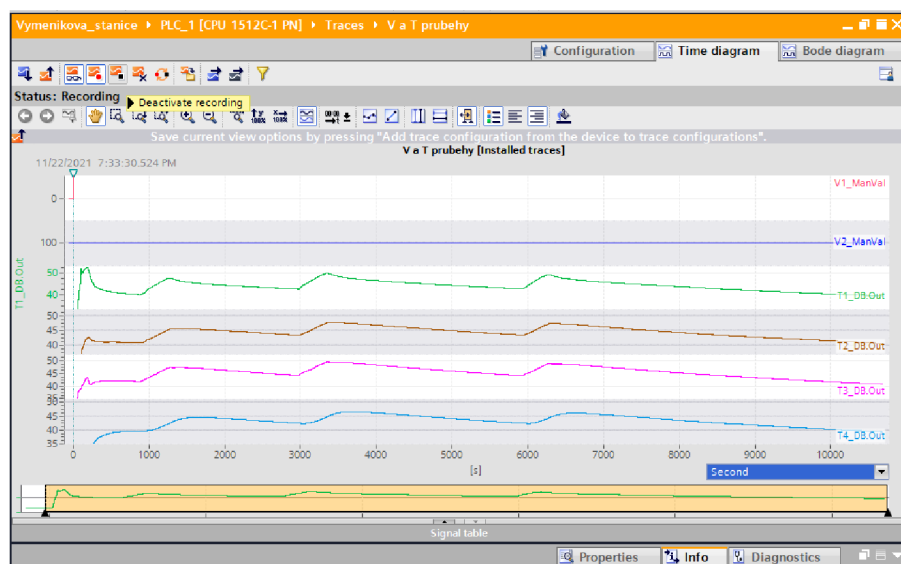
Ve FB Průtok jsou naprogramovány dvě funkce. První funkce je počítání protečeného množství kapaliny, které pouze udělá nástupní hranu z pulsu, který vyšle průtokoměr a následně přičte počet litrů, který je zadán na vstupu k protečenému množství. Druhá funkce je výpočet rychlosti průtoku kapaliny, která opět používá LCT. Dokud nebude detekována nástupní hrana pulsu z průtokoměru, LCT se přičítá do dočasné proměnné. Až průtokoměr vyšle puls, tedy průtokoměrem proteklo již 10 litrů, čas mezi pulsy se přepíše do druhé dočasné proměnné a první čas mezi pulsy se vynuluje, pro použití v novém počítání. Změřený čas mezi pulsy je nyní v milisekundách, je tedy nutné ho převést na sekundy a následně touto hodnotou podělit litry na puls, v tomto případě 10 litrů. Výstupem je rychlost protékání kapaliny v litrech za sekundu. Do posledního networku byla přidána dodatková funkce pro nulování protečeného množství, které může mít využití při měření průběhu například pro informaci kolik vody bylo potřeba protočit pro ustálení.

5 Měření a simulace

Cílem této kapitoly je změřeni přechodové charakteristiky a určení důležitých parametrů jako je časová konstanta T a zesílení systému K . Zjištěné hodnoty jsou poté vloženy do předvytvořeného simulinku pro simulaci průběhu systému s regulátorem.

5.1 Záznam přechodové charakteristiky

Pro měření a záznam přechodové charakteristiky systému byl využit proces Traces, který je dostupný v TIA Portal. Pomocí Traces je možné měřit změny hodnot vložených signálů v reálném čase při vlastním zvoleném vzorkování i doby trvání. V tomto případě jsou zvolené signály V1, V2, T1, T2, T3 a T4. Pro vzorkování každou vteřinu byl vytvořen nový OB, "cyclic interrupt" ve kterém se nastaví čas cyklu na 1 vteřinu. Tento OB se zvolí v Traces jako OB dle kterého je prováděno vzorkování. Po takovém nastavení se zvolila automaticky délka monitorování na maximálně 18723 vzorků, což časově odpovídá zhruba 5 hodinám. Pro účely určení konstant z charakteristiky postačila doba kratší. Dále se v nastavení se zvolil trigger pro spuštění nahrávání, a tím byla hodnota ventilu 1. Pro trigger byl nastaven event změna hodnoty, aby se nahrávání spustilo při otevření ventilu 1. Jako postup při nahrávání se zvolilo předtopení ohříváče na 50 °C, poté sepnutí obou čerpadel a finálně otevření ventilu V1. Po 3 hodinách bylo nahrávání vypnuto, exportováno do souboru CSV který je nadále využit pro program v Matlabu.

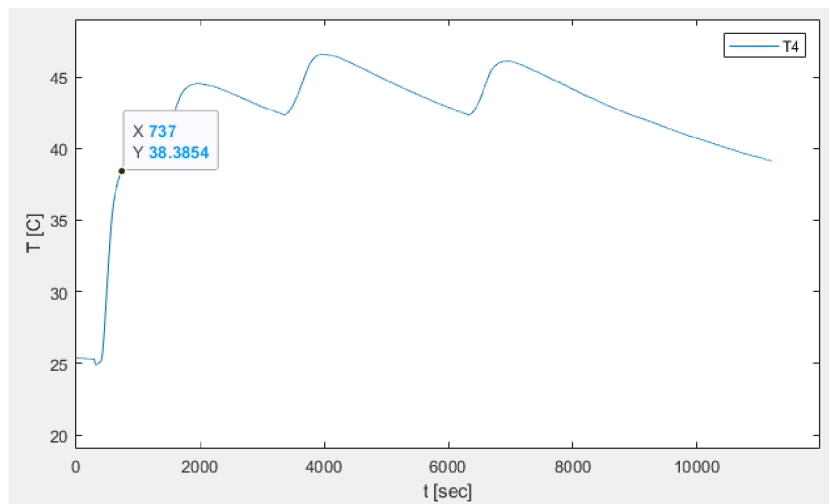


Obr. 5.1: Vzhled monitorovacího procesu v Traces

5.2 Zpracování měření

Naměřené hodnoty přechodové charakteristiky byly zpracovány v Matlabu a všechny průběhy vykresleny. V prvním grafu je vykreslený průběh teploty T4, tedy regulovaná hodnota. Z tohoto průběhu byla experimentálně vypočtena časová konstanta T, a to pomocí vztahu $T = 0,632 \cdot K$, kde $K = 2,18$, tato hodnota byla odečtena z grafu.

Po dosazení tedy dojdeme k odečtení periody v hodnotě 38,74, což přibližně odpovídá periodě $T = 700$.

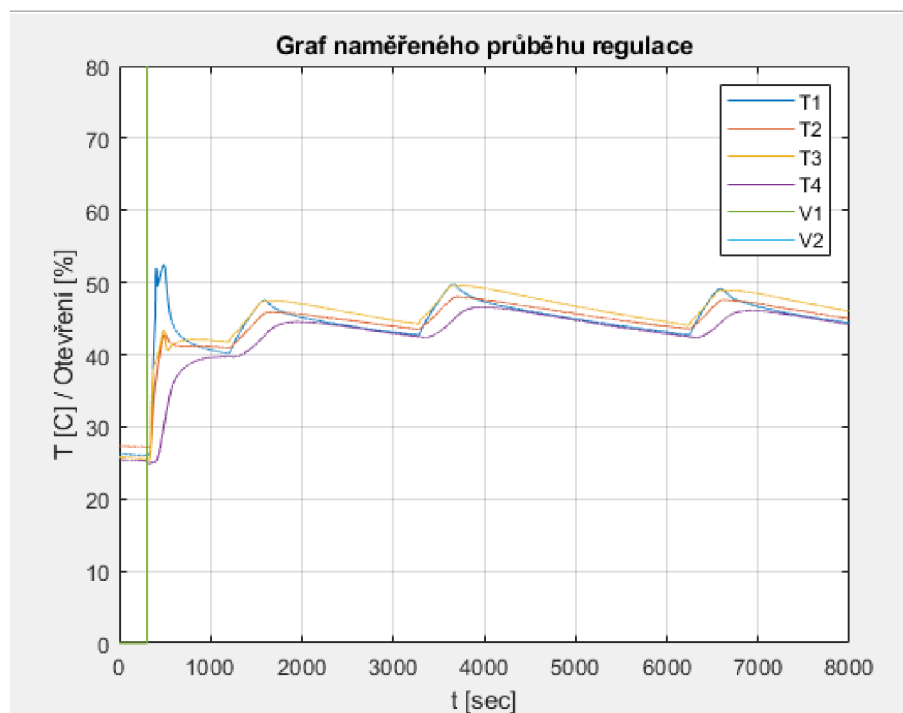


Obr. 5.2: Průběh regulované hodnoty T4 z naměřeného průběhu

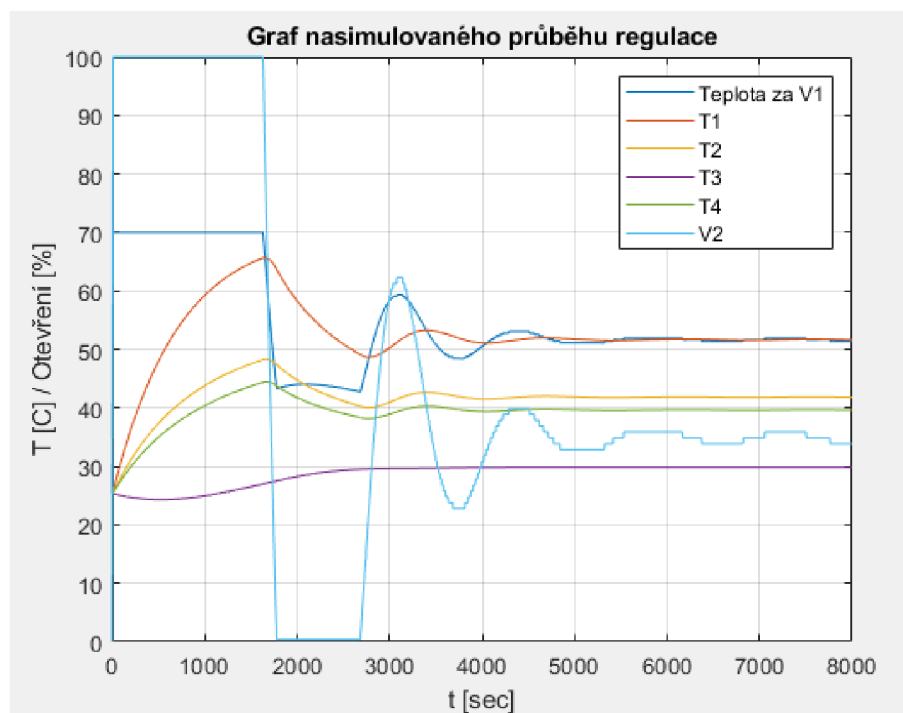
Do Matlabu byly rovněž zadány hodnoty potřebné pro simulaci. Například počáteční teplota ve stanici, vypočtená časová konstanta a účinnost výměníku, která byla předvolena na 0,45. Zesílení regulátoru, který je zvolený pouze jako P regulátor bylo stanoveno na 1.

Tyto konstanty byly využity v simulaci a pomocí již vytvořeného simulinku, který byl dodán přímo pro tuto práci, byl vygenerován průběh řízen regulátor s proporcionální složkou. Pro porovnání byly vykresleny grafy průběhů všech naměřených i nasimulovaných hodnot.

Z obrázku 5.4 je patrné že požadovanou teplotu T4 by bylo možné ustálit na teplotě 40°C. Regulace teploty by se dokázala uskutečnit pouze za použití P regulátoru se zesílením 1.



Obr. 5.3: Naměřené průběhy teplot



Obr. 5.4: Nasimulované průběhy teplot

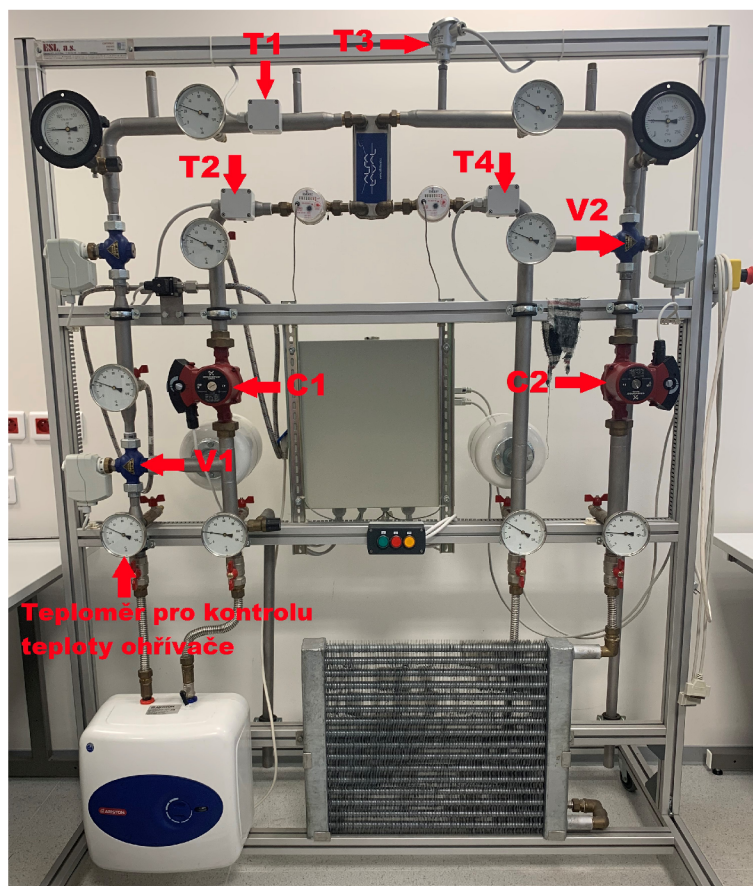
6 Laboratorní úloha

6.1 Úkoly

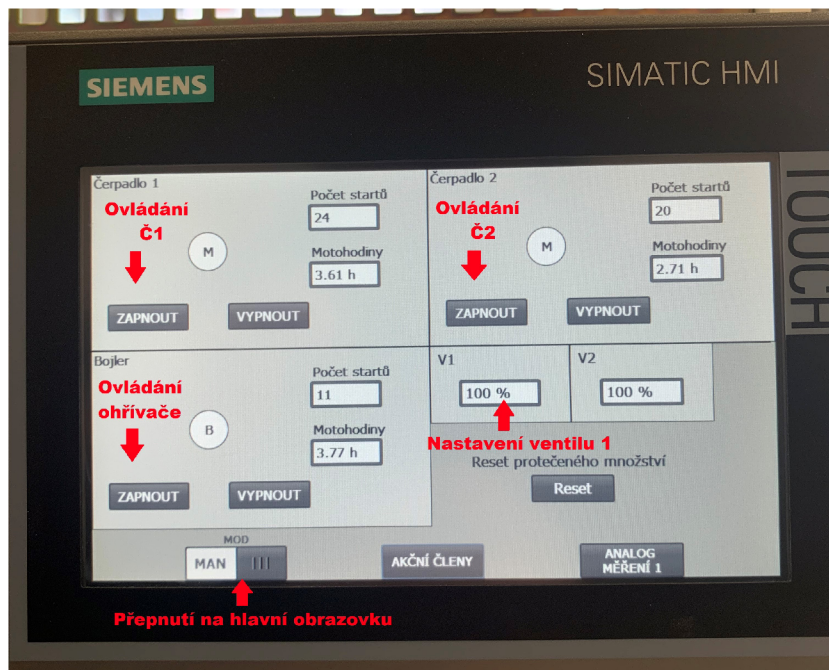
V této úloze bude řízen velmi využívaný technologický proces regulace teploty. Jedná se o regulaci teploty na požadovanou hodnotu v sekundárním obvodu výměníku. Teplota je nastavitelná na ohřivači. úkolem studenta je identifikovat základní parametry regulované soustavy na základě změření přechodové charakteristiky a porovnat grafy naměřených a nasimulovaných průběhů.

6.2 Popis přípravků

Na následujících obrázcích je popsáno ovládání operátorského panelu a využití komponenty ze stanice.



Obr. 6.1: Popis stanice



Obr. 6.2: Popis stanice

6.3 Postup

V následujících bodech je shrnut postup pro jednotlivé kroky.

6.3.1 Úkol č. 1 - Příprava

Prvním krokem je seznámení s modelem stanice a s operačním panelem zobrazeným na obrázkách výše. Jako první krok bude nastavení a předehřátí ohřivače na 50°C. Z důvodu absence teploměru přímo na ohřivači se odečítá z analogového teploměru nad ohřivačem, na kterém bude teplota nižší, zhruba 40 °C! Předehřátí ohřivače trvá přibližně 20 minut.

6.3.2 Úkol č. 2 - Naměření přechodové charakteristiky systému

Zapnout Tia Portal, zde otevřít připravený program Výměníková stanice. Na levé straně v sekci "Traces" zvolit možnost "Add new Trace" pro vložení nového Trace monitoringu. V konfiguraci vložit požadované signály pro monitorování, tedy T1, T2, T3, T4, V1, V2.

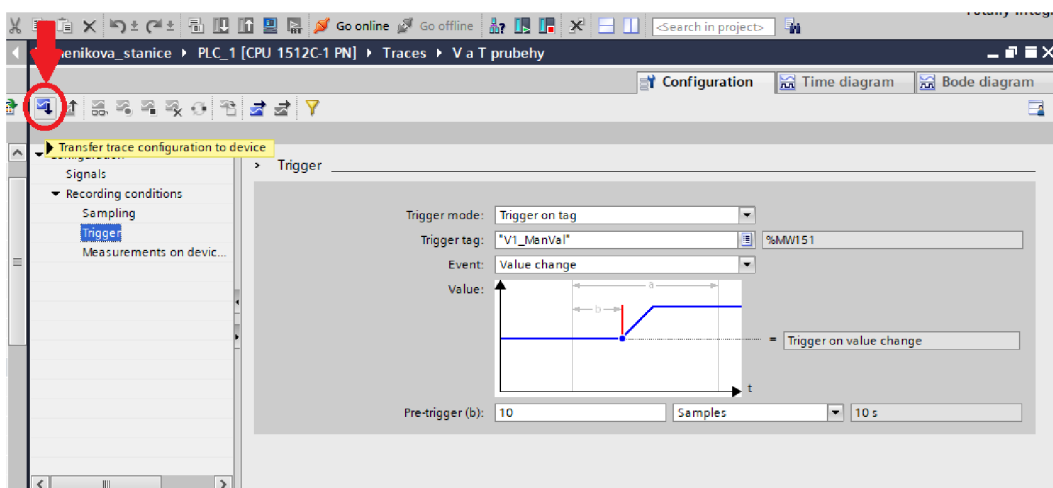
V záložce "Sampling" se poté zvolí program pro vzorkování. Místo "Main OB1" vyberte "Cyclic_interrupt_1 OB30". Toto přepnutí je z důvodu nestability vykonávání main programu, protože délka cyklu programu Main může být různě dlouhá.

OB30 má nastavený čas cyklu na 1 vteřinu. Ještě je nutné zaškrtnout kolonku "use max. recording duration". Tímto byla nastavena délka monitorování na 18723 vzorků, při vzorkování po jedné vteřině to odpovídá zhruba 5 hodinám.

Poté přepnutí do záložky "Trigger", kde se nastaví Trigger mode na "Trigger on Tag", zadá se proměnná "V1_ManVal" a do kolonky "Event" se vybere "Trigger on value change". Tím se zadala podmínka sepnutí monitoringu. Při této podmínce je možné měřit průběhy s jinou hodnotou otevření ventilu V1 a experimentálně je porovnávat. Je možné zde zadat takzvaný "Pretrigger" pro zaznamenání signálu před sepnutím, ale není nutné.

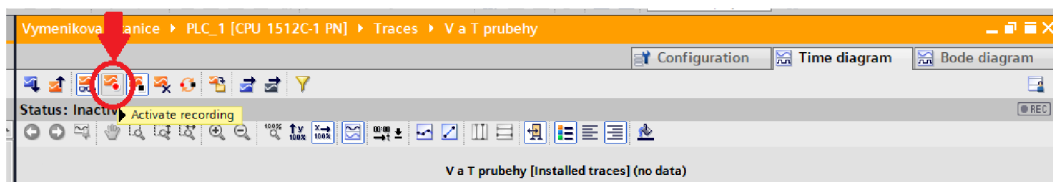
Pozn. je možné zadávat na operátorském panelu jinou hodnotu V1 a sledovat či porovnávat naměřené průběhy teplot.

Následně, po kompletním nastavení, je nutné nahrát Traces do PLC. Počítač musí být připojen k PLC, Trace se nahraje pomocí "transfer Trace configuration into device" v levém horním rohu.



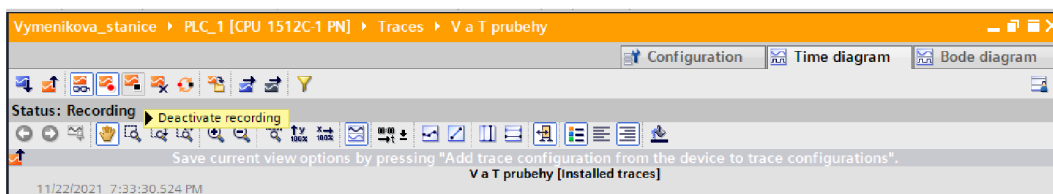
Obr. 6.3: Tlačítko pro nahrání Traces

Po nahrání se Trace přepne do režimu "Time Diagram" a následně je možné spustit monitorování pomocí "Activate recording" opět v levé horním rohu.

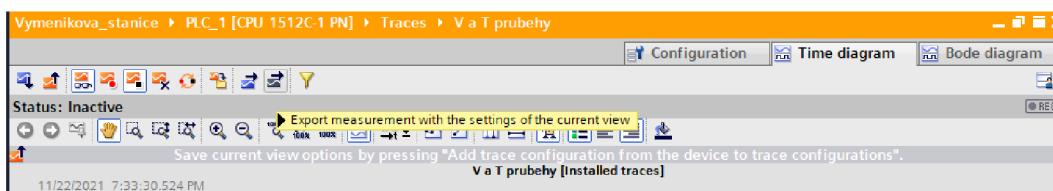


Obr. 6.4: Tlačítko pro zapnutí Traces

Tímto se vypíše "Status: Waiting for trigger" kdy program čeká na změnu v otevření ventilu V1. Jakmile dojde k eventu změny hodnoty ventilu V1, změní se status na "Recording". V manuálním režimu nastavit V2 =100%, C1=on, C2=ON, chvíli počkat z důvodu ustálení teploty v potrubí, poté sepnout ventil V1 na 100%. Tímto se sepnou nahrávání průběhu. Nahrávání bude probíhat přibližně 3 hodiny, to odpovídá zhruba 11 tisíc vzorků. V dolní části se nachází osa, která se nastaví na sekundy, tudíž samplý a je možné odečítat jak dlouho již monitoring trvá. Po uběhnutí 11 tisíc vzorků se monitorování zastaví stisknutím "Deactive Recording" a následně exportuje kliknutím na ikonu druhou zprava, tedy "export measurement with the settings of the current view". Monitoring se musí uložit jako soubor pro Excel CSV. Tento soubor bude dále využíván v Matlabu, který umožňuje import souborů typu CSV.



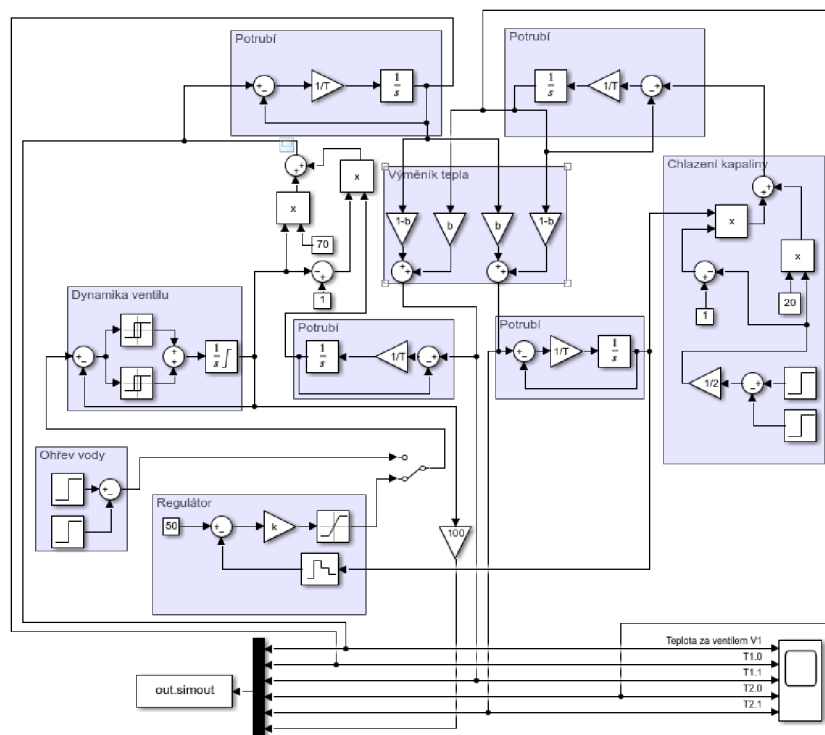
Obr. 6.5: Tlačítko pro vypnutí Traces



Obr. 6.6: Tlačítko pro export Traces

6.3.3 Úkol č.3 - Simulace

Naměřené průběhy se vykreslí v předvytvořeném Matlab kódu "vymenik". Do tohoto matlabu se nahraje soubor CSV, kde jsou uloženy hodnoty jednotlivých naměřených průběhů za čas. Jako první graf se vykreslí pouze regulovaná teplota, v tomto případě T4. Z tohoto průběhu se určí konstanty, tedy odečte se zesílení K a pomocí tečny, či vztahu který je možno použít $T=0,632 \cdot K$ se určí časová konstanta T. Po zjištění se tyto hodnoty zadají do Matlabu, kde budou sloužit pro simulaci regulátoru pomocí simulinku. K tomu slouží již vytvořený simulink s názvem "vymenik_simulace".

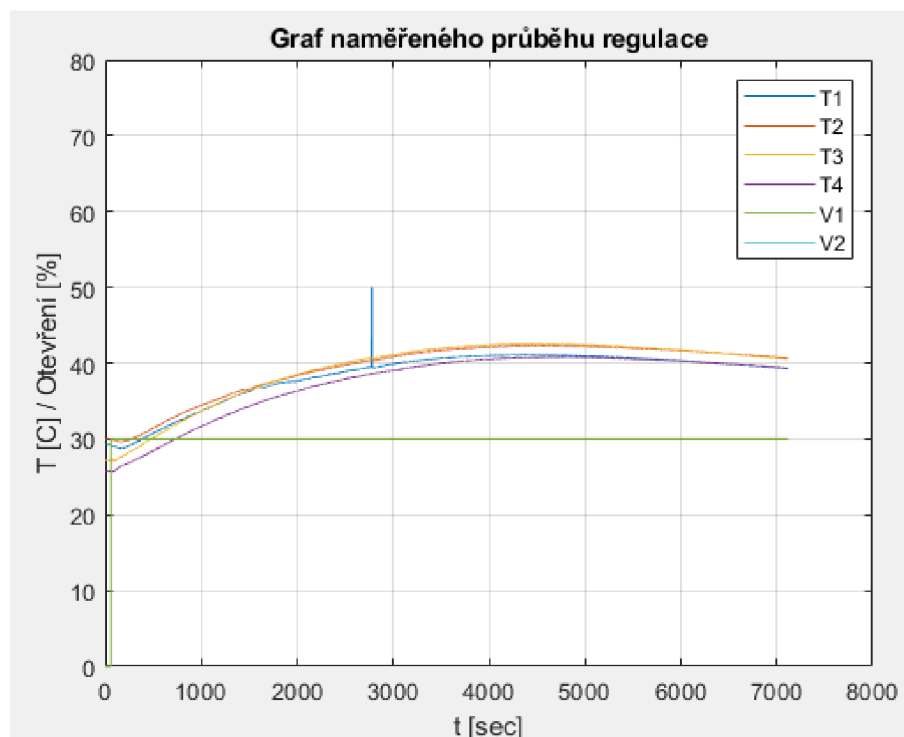


Obr. 6.7: Využívaný simulink

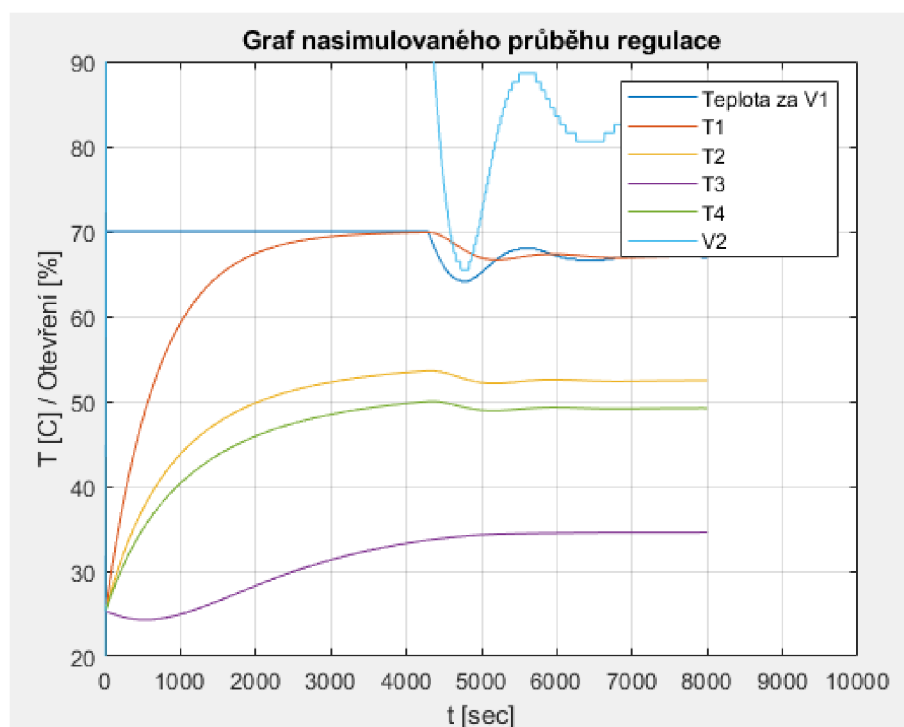
Po vypočítání konstant se vykreslí všechny průběhy do jednoho grafu pro naměřené průběhy a simulační průběhy. Výsledkem budou tedy 2 grafy, jejich vzhled by měl být podobný obrázkům 6.7 a 6.8

Pomocí kurzoru v Matlabu vyčtete z grafu naměřené přechodové charakteristiky základní parametry systému, tedy zesílení K a časovou konstantu T.

Dalším úkolem pro studenty je vyhodnocení dosažených výsledků a zhodnocení účinnosti regulátoru na daný řízený proces. Vyzkoušejte v simulinku změnit požadovanou hodnotu, či v Matlabu změnit zesílení regulátoru K. Podaří se stále vyregulovat systém na požadovanou hodnotu?



Obr. 6.8: Naměřený průběh závislosti teploty na čase



Obr. 6.9: Nasimulovaný průběh závislosti teploty na čase

Závěr

První bod zadání práce je seznámení s modelem stanice, který je sestaven v laboratorních ÚAMT. Tento bod je realizován v kapitole 1 "Přípravek výměňkové stanice". Kapitola obsahuje obecné informace o výměňkových stanicích, možné druhy výměňků a teoretické informace o použitých komponentech včetně jejich důležitých parametrů. Jsou zde také zahrnuty informace o využitém PLC a příslušném programu pro tvorbu řídicích programů. V teorii byl také popsán využitý výukový panel.

Druhý bod zadání se týká vytvoření projektové dokumentace stanice. Z důvodu nevhodného původního zapojení bylo nutné elektrický rozvaděč celé stanice předělat a vytvořit přehledné schéma zapojení. Tento bod je splněn v kapitole 2, kde je popsána úprava rozvaděče, zapojení konektorů pro propojení s PLC a nakonec vytvořené schéma.

Třetím bodem zadání bylo provedení implementace ovládání stanice. Implementace stanice je popsána v kapitole 3 a 4, které se týkají operačního panelu, jeho vzhledu a ovládání, a dále přímo realizace řízení stanice. V kapitole 4 Realizace řízení stanice je popsána struktura programu včetně nejhlavnější bloků a jejich vnitřních uspořádání.

Čtvrtý a pátý bod zadání je shrnut v 5. a 6. kapitole, kde v 5. kapitole je odzkoušeno manuální řízení stanice a změření přechodové charakteristiky, spolu s otestováním přiloženého simulinku pro simulaci regulátoru.

Poslední kapitola, Laboratorní úloha udává podrobný popis k měření přechodové charakteristiky a využití funkce Traces v prostředí TIA Portal, spolu s obrázky výsledných průběhů.

Literatura

- [1] BALÁŠ a MAREK. Kotle a výměníky tepla. Čtvrté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-3955-9.
- [2] ALPHA+ 25-40 180. Grundfos [online]. Olomouc: Grundfos Sales [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <<https://product-selection.grundfos.com/cz/products/alpha/alpha-plus/alpha-25-40-180-96288941?tab=documentation>>.
- [3] Ventily RV 111. Bola [online]. Jinočany [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.bola.cz/admin/files/e_product_files/6/6317/src_KL_RC111R.pdf>.
- [4] Servopohon Siemens. Domintex [online]. Zohor: Domintex, c2011 [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <<https://www.domintex.cz/servopohon-siemens-ssc61-24v-300n-30s-0-10v/>>
- [5] Princip výměny tepla. AlfaLaval [online]. Praha: Alfa Laval, c2015-2023 [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <<https://www.alfalaval.cz/info/czech/teorie-prenosu-tepla/>>
- [6] CIMM ACS expanzní nádoba. Koupelny topení online [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <<https://www.koupelny-online.cz/cimm-acs-expanzni-nadoba-5-1-pro-tuv/>>
- [7] Zásobník Ariston. Vodateplo [online]. Svitavy [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <<https://www.vodateplo.cz/ariston-zasobnikovy-ohrivac-vody-ti-shape-small-10-ur-elektricky-877126>>
- [8] Odporové teploměry. Rawet [online]. Blansko: Rawet [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.rawet.cz/data/files/products/12-01-2017_14-20_pt05-pt20.pdf>
- [9] Odporové teploměry. Rawet [online]. Blansko: Rawet [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.rawet.cz/data/files/products/12-01-2017_14-49_pt55.pdf>
- [10] Prospekt Enbra EV. KT plusservis [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <<https://www.kvtopenarska.cz/administrace/soubory/prospekt-enbra-ev.pdf>>




- [11] Diferenční snímače tlaku. BD Sensors [online]. Buchlovice [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <<https://www.bdsensors.cz/tlak/diferencni-snimace-tlaku/detail/produkt/dmd-331>>
- [12] PLC - cyklus. PLC AUTOMATIZACE [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <<http://plc-automatizace.cz/knihovna/plc/plc-cyklus.htm>>
- [13] 6AV2124-0GC01-0AX0. In: SiePortal [online]. Siemens, c2022 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <<https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6AV2124-0GC01-0AX0>>
- [14] S7 1512C PN. In: Reichelt elektronik [online]. [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <<https://www.reichelt.com/de/en/s7-1500-cpu-1512c-1-pn-s7-1512c-pn-p267952.html>>
- [15] Modernizace-laboratoře-SIEMENS. Interní dokumentace UAMT. Dokument Microsoft Word. [Brno]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky.
- [16] WSCAD ELECTRIX [online]. Bergkirchen: WSCAD, c2023 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <<https://www.wscad.com/en/electrix/>>

Seznam příloh

A	Parametry použitých komponentů	59
A.1	Parametry čerpadel Grundfos Alpha+ 25-40 180[2]	59
A.2	Parametry ventilů RV 111 R[3]	60
A.3	Parametry servopohonů Siemens SSC661[4]	60
A.4	Parametry teploměru PTP05[8]	61
A.5	Parametry teploměru PTP55[9]	61
A.6	Parametry ohřívače Ariston Shape UR 10[7]	62
B	Zapojení konektorů na výukovém panelu[15]	63
C	Seznam použitých součástek a schéma zapojení	65
D	Obsah příloženého CD	72
D.1	Vypracovaný Matlab program spolu se Simulink	72
D.2	Vypracovaný program v TIA Portal	72

A Parametry použitých komponentů

A.1 Parametry čerpadel Grundfos Alpha+ 25-40 180[2]

Nastavení	Výsledek	System
 Nastavení z výrobního závodu	Výkon čerpadla nastaven podle požadavku na vytápění (v přibližně 90% všech obytných domů).	Otopný systém s proměnným průtokem s normálním odporem, s termostatickými ventily nebo bez termostatických ventilů.
	Výkon čerpadla je redukován.	Otopný systém s proměnným průtokem s nízkým odporem, s termostatickými ventily nebo bez termostatických ventilů.
	Výkon čerpadla je zvýšený.	Otopný systém s proměnným průtokem s vysokým odporem, s termostatickými ventily nebo bez termostatických ventilů nebo systém podlahového vytápění. Také systémy, kde je použit obtokový ventil.
	Čerpadlo běží na minimální výkon.	Otopný systém s malým konstantním průtokem. Nastavení v případě použití obtokového ventilu v systému.
	Čerpadlo běží na střední výkon.	Středně velký otopný systém s konstantním průtokem.
	Čerpadlo běží na maximální výkon.	Otopný systém s velkým konstantním průtokem. Nastavení v případě odzdušnění otopného systému.

Obr. A.1: Nastavení výkonu čerpadla

Tab. A.1: Tabulka parametrů čerpadla Alpha+ 25-40 180

Provozní tlak	max 10 barů
Rozsah teploty kapaliny	2–110 °C
Příkon	20–45 W
Napájecí napětí	1x 230 V, 50 Hz
Hmotnost	2,6 Kg
Dopravní výška	Max 4 m
Vlhkost vzduchu	Max 95%

A.2 Parametry ventilů RV 111 R[3]

Tab. A.2: Tabulka parametrů ventilů RV 111 R

Provedení	Dvoucestný a trojcestný
Jmenovitý tlak	PN 16
Rozsah pracovních teplot	+2 až +150 C
Materiál tělesa	Šedá litina EN-JL 1030
Materiál kuželky	Korozivzdorná ocel 1.4021 / 17 022.6
Typ kuželky	Tvarovaná nebo válcová
Hodnoty Kvs	0.25 až 25 m /h
Netěsnost	< 0.0005 % Kvs
Průtočná charakteristika	Lineární
Regulační poměr	50:1

A.3 Parametry servopohonů Siemens SSC661[4]

Tab. A.3: Tabulka parametrů servopohonů SSC61

Napájecí napětí	AC 24 V, 50Hz
Řídicí signál	DC 0–10 V
Maximální příkon	2 VA
Ovládací síla	300 N
Krytí	IP 40
Nominální zdvih	5,5 mm
Doba přeběhu pro zdvih	30 s
Teplota média	Max 110 °C
Pracovní teplota okolí	5 - 50 °C
Hmotnost	0,25 Kg

A.4 Parametry teploměru PTP05[8]

Tab. A.4: Tabulka parametrů teploměru PTP05

Možný měřicí rozsah	-25 až +120 °C
Min. rozpětí	20 °C
Přesnost	±2,5 °C
Napájecí napětí	12..34 V DC
Linearizace	Parabolickou křivkou
Výstupní signál	4 - 20 mA
Chyba měření	<0,15 %
Chyba linearity	<0,1 %
Časová konstanta	Cca 35 s

A.5 Parametry teploměru PTP55[9]

Tab. A.5: Tabulka parametrů teploměru PTP55

Možný měřicí rozsah	-25 až +120 °C
Min. rozpětí	10°C
Přesnost	±0,3 %
Linearizace	Lineární
Napájecí napětí	12..34 V DC
Výstupní signál	4 - 20 mA
Chyba měření	<0,15 %
Chyba linearity	<0,1 %
Časová konstanta	Cca 10 s

A.6 Parametry ohříváče Ariston Shape UR 10[7]

Tab. A.6: Tabulka parametrů Bojleru Ariston TI SHAPE UR 10

Objem	10 l
Výkon	2 kW
Napájecí napětí	230 V AC, 50 Hz
Provozní teplota	Max 80 °C
Provozní tlak	Max 8 barů

B Zapojení konektorů na výukovém panelu[15]

Tab. B.1: Konektor CAN25 digitální vstupy/výstupy

Žíla kabelu	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	DI/DO 2	6	1
2	DI/DO 2	7	14
3	DI/DO 2	8	2
4	DI/DO 2	11	15
5	DI/DO 2	12	3
6	DI/DO 2	13	16
7	DI/DO 2	14	4
8	DI/DO 2	15	17
9	DI/DO 2	16	5
10	DI/DO 2	17	18
11	DI/DO 2	18	6
12	DI/DO 2	26	19
13	DI/DO 2	27	7
14	DI/DO 2	28	20
15	DI/DO 2	31	8
16	DI/DO 2	32	21
17	DI/DO 2	33	9
18	DI/DO 2	34	22
19	DI/DO 2	35	10
20	DI/DO 2	36	23
21	DI/DO 2	37	11
22	DI/DO 2	38	24
23	DI/DO 2	9	12
24	2	GND	25
25	2	GND	13

Tab. B.2: Konektor CAN25 analogové vstupy/výstupy

Žíla kabelu	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	AI/AO	1	1
2	AI/AO	2	14
3	AI/AO	3	2
4	AI/AO	4	15
5	AI/AO	5	3
6	AI/AO	6	16
7	AI/AO	7	4
8	AI/AO	8	17
9	AI/AO	9	5
10	AI/AO	10	18
11	AI/AO	11	6
12	AI/AO	12	19
13	AI/AO	13	7
14	AI/AO	14	20
15	AI/AO	15	8
16	AI/AO	16	21
17	AI/AO	17	9
18	AI/AO	18	22
19	AI/AO	19	10
20	AI/AO	20	23

C Seznam použitých součástek a schéma zapojení

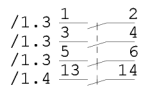
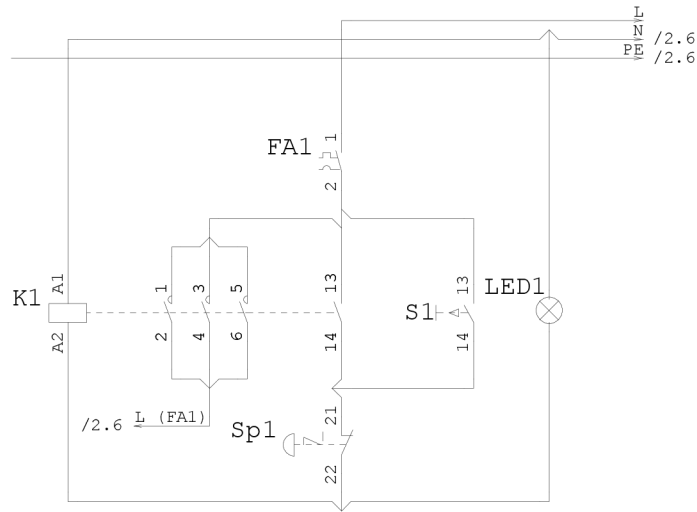
Tab. C.1: Seznam použitých součástek

Výstupní relé	
Q1	Relé sepnutí čerpadla 1
Q2	Relé sepnutí bojleru
Q3	Relé sepnutí čerpadla 2
Pojistky	
FU1	100mA pojistka pro teploměry
FU2	300mA pojistka pro ventily
FU3	2A pojistka pro U2
FU4	100mA pojistka pro primár U1
FU5	300mA pojistka pro Č1
FU6	300mA pojistka pro Č2
Stykače	
K1	Hlavní spínací stykač
K2	stykač čerpadla 1
K3	stykač bojleru
K4	stykač čerpadla 2
Zdroje napětí	
U1	Zdroj napětí 230AC/24AC
U2	Zdroj napětí 230AC/24DC
Tlačítka	
Sp	stop tlačítko
S1	hlavní tlačítko rozvaděče
S2	Tlačítko 2 - zelené
S3	Tlačítko 3 - červené
S4	Tlačítko 4 - oranžové
Jističe	
FA1	hlavní jistič 16A
FA2	jistič bojleru 10A

Výstupní svorky	
XO1	svorka L Bojler
XO2	svorka N Bojler
XO3	svorka N čerpadlo 1
XO4	svorka N čerpadlo 2
XO5	svorka V1,V2 24DC
XO6	svorka V3 24DC
XO7	svorka V1,V2 24DC-
XO8	svorka V3 24DC-
XO9	svorka V1 (0-10V)
XO10	svorka V2 (0-10V)
XO11	svorka V3 (0-10V)
XO12	svorka T1,T2 24DC
XO13	svorka T3,T4 24DC
XO14	svorka P1 24DC

EDUCATION

EDUCATION



				Date	08.11.22	 Switching_circuit	Project number	Unit	=	
				Work				Field	+	
				Check				Drawing number	sheet	1
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for			of	5

0

1

2

3

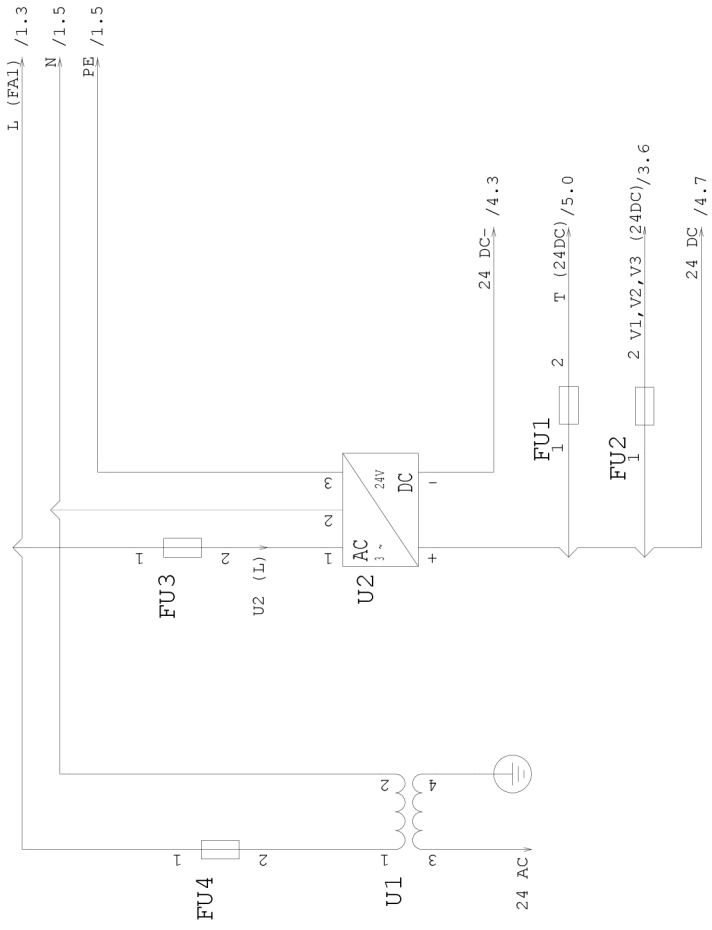
4

5

6

7

8



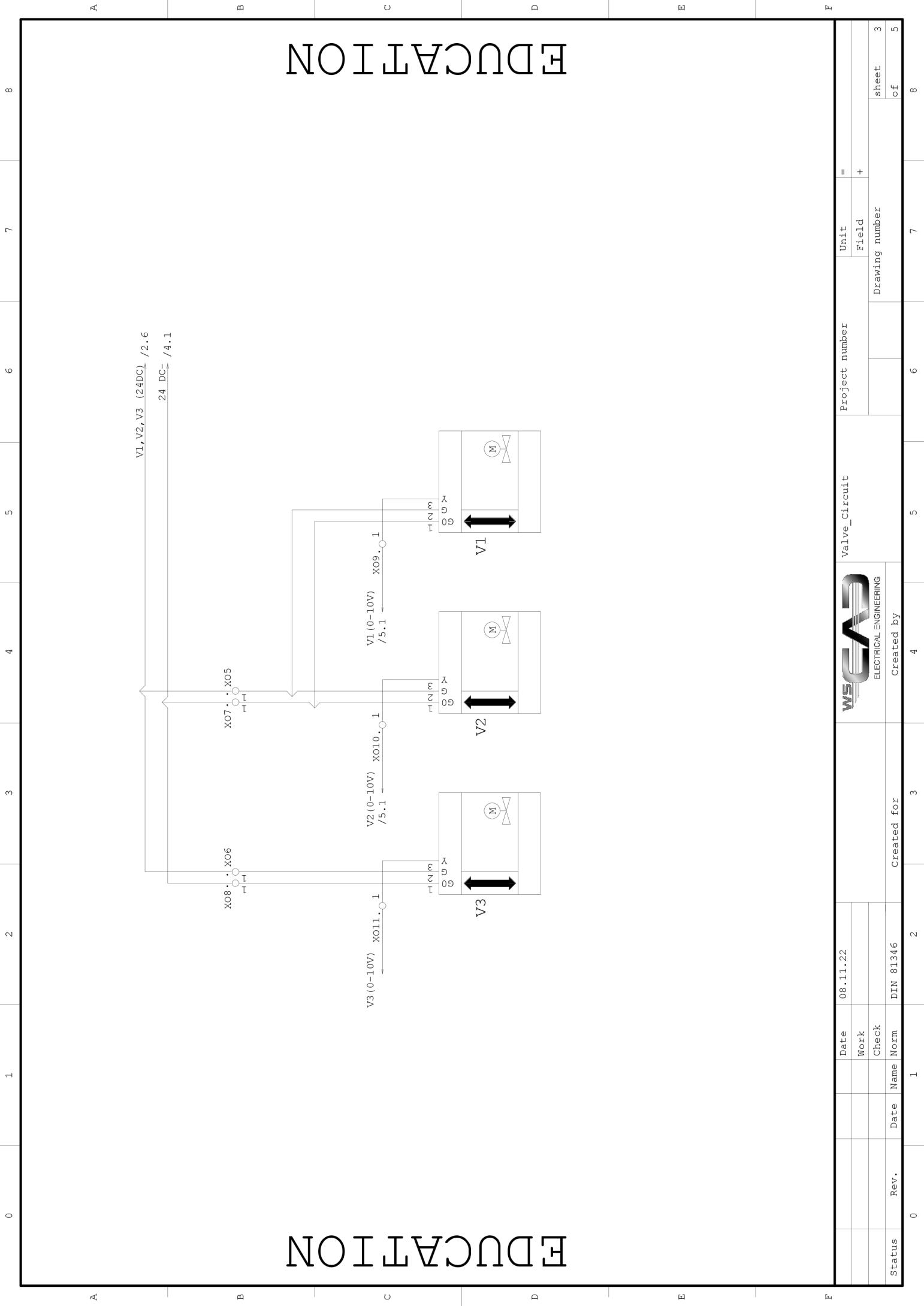
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by

Date	08.11.22
Work	
Check	
Name	
Norm	
DIN	81346
Created for	
Created by	



Supply	
Project number	
Unit	
Field	
Drawing number	
sheet	
of	

Unit	=
Field	+
Drawing number	
sheet	2
of	5



EDUCATION

EDUCATION

Status	Rev.	Date	Name	Norm	Created for		Created by		Project number	Unit	=
										Field	+
										Drawing number	
											sheet
											of
											8



Created by

Date 08.11.22

Work

Check

Name Norm

DIN 81346

Created for

Created by

Valve_Circuit

Project number

Unit

Field

Drawing number

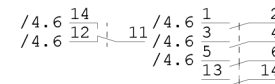
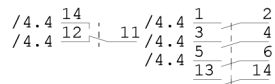
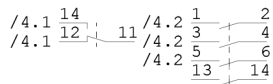
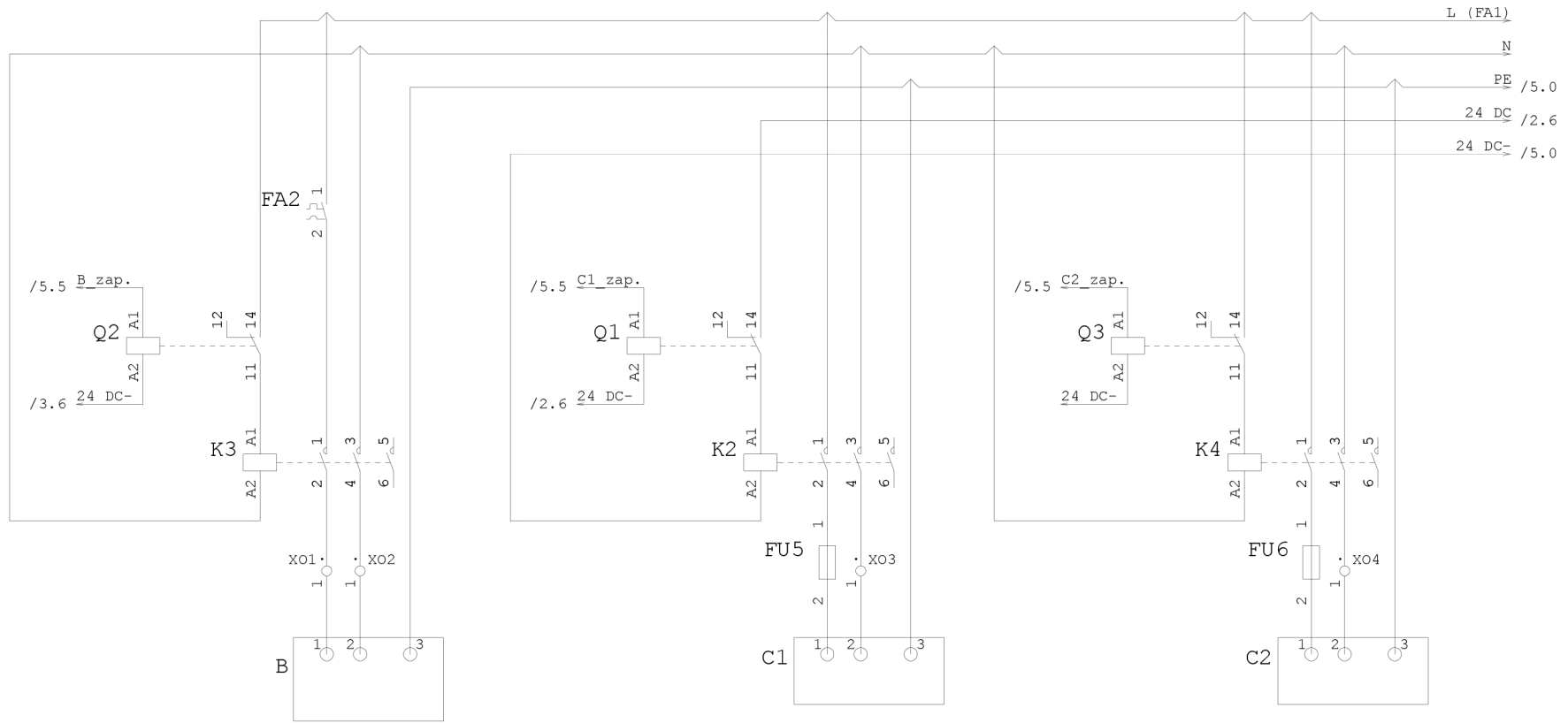
sheet

of

8

EDUCATION

EDUCATION

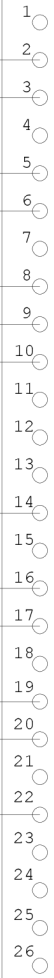
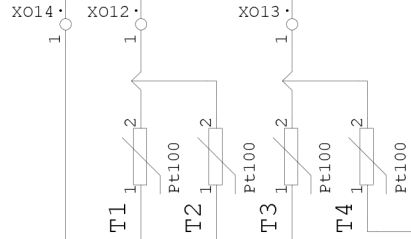
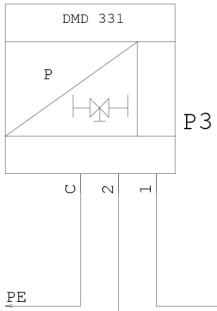


Date	08.11.22		Load_circuit	Project number	Unit	=						
Work					Field	+						
Check					Drawing number	sheet 4						
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by					of 5

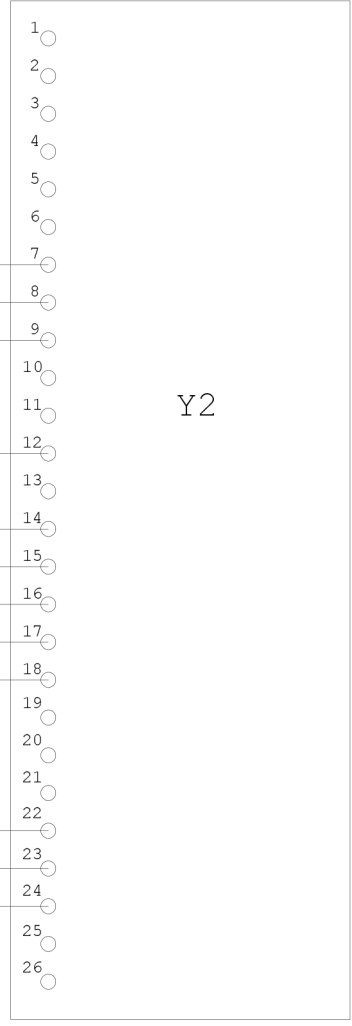
EDUCATION

EDUCATION

/4.7 24 DC-
/2.6 T (24DC)

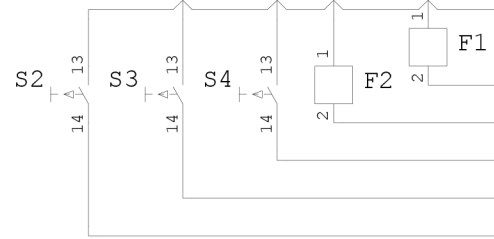
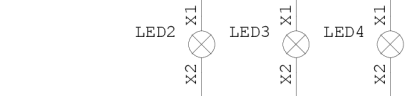


Y1



Y2

/3.4 V1 (0-10V)
/3.3 V2 (0-10V)



/4.1 B_zap.
/4.3 C1_zap.
/4.5 C2_zap.

Date	08.11.22		DB-25	Project number	Unit	=				
Work					Field	+				
Check					Drawing number					
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by		sheet	5
									of	5

D Obsah příloženého CD

Na příloženém CD se mimo potřebné kódy nachází i elektronická verze práce spolu se schématem zapojení.

D.1 Vypracovaný Matlab program spolu se Simulink

Zde se nachází vypracovaný kód Matlab pro vykreslování potřebných průběhů z naměřených a simulovaných přechodových charakteristik. Kód byl využíván ve verzi 2021b, a je uložen ve složce Matlab.

D.2 Vypracovaný program v TIA Portal

Vypracovaný program v TIA Portal byl naprogramován ve verzi V17 a je uložen ve složce Vymenikova_stanice.