



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

BLACKBOX S PLC A DEMONSTRAČNÍ ÚLOHOU

BLACKBOX WITH PLC AND DEMONSTRATION TASK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Frýdl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl, Ph.D.

BRNO 2020



Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Lukáš Frýdl

ID: 203221

Ročník: 3

Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Blackbox s PLC a demonstrační úlohou

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Navrhnete elektrické zapojení PLC řady Micro 800 a HMI do rozvaděče.
2. Provedte literární rešerši o procesu destilace a typech destilačních kolon.
3. Na základě návrhu realizujte daný rozvaděč jako blackbox.
4. Realizujte úlohu - simulace destilační kolony včetně vizualizace.
5. Ověřte funkčnost vlastního řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Micro800 and Connected Components Workbench. Rockwell Automation. 2011.

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 8.6.2020

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

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

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit simulaci včetně vizualizace destilační kolony, která je zaměřená na tepelné děje probíhající v prosté destilaci a destilaci s vodní parou. Vizualizace je zobrazena na HMI panelu, který je umístěn na předních dvířkách vytvořeného rozvaděče. Rozvaděč je realizován jako blackbox. To znamená, že uživatel bude ovládat zařízení bez hlubší znalosti vnitřní struktury. Ověření funkčnosti vlastního řešení proběhlo jak pro hardwarovou část, tak pro softwarovou část. Softwarová část byla odzkoušena na destilaci směsi vody a acetonu. V hardwarové části se testovaly vstupy a výstupy blackboxu.

Klíčová slova

Destilace, vizualizace, PLC, blackbox, simulace, HMI, rozvaděč

Abstract

The goal of this bachelor's thesis was to create a simulation including visualization of a distillation column, with the primary aim to the thermal processes of simple distillation and of distillation with a water stream. Visualization is displayed on the HMI panel, which is placed on the front doors of the switchboard. The switchboard is designed as a blackbox, which means that the knowledge of the inside functionality is unnecessary for the user to work with the device. Both software and hardware test were performed. The functionality of the software was tested using a mixture of water and acetone. On the hardware side tests of inputs and outputs were done.

Keywords

Distillation, visualization, PLC, blackbox, simulation, HMI, switchboard

Bibliografická citace:

Citace tištěné práce:

FRÝDL, Lukáš. Blackbox s PLC a demonstrační úlohou . Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/126871>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Radek Štohl.

Citace elektronického zdroje:

FRÝDL, Lukáš. Blackbox s PLC a demonstrační úlohou [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/126871>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Radek Štohl.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Blackbox s PLC a demonstrační úlohou jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

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

V Brně dne: **7. června 2020**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Dále děkuji panu Vodičkovi za mechanické úpravy rozvaděče.

V Brně dne: **7. června 2020**

.....
podpis autora

Obsah

Úvod	1
1 Destilace	2
1.1 Destilace	2
1.2 Druhy destilace a základní pravidla	2
1.2.1 Prostá destilace.....	3
1.2.2 Frakcionovaná (frakční) destilace.....	4
1.2.3 Rektifikace	4
1.2.4 Destilace za sníženého tlaku.....	6
1.2.5 Azeotropní destilace	8
1.2.6 Molekulární destilace	9
1.2.7 Destilace s vodní párou.....	9
1.3 Přehled parametrů pro konkrétní typy destilací.....	11
2 Návrh zapojení rozvaděče	14
2.1 Blackbox	14
2.2 Blokový návrh zapojení.....	14
2.3 Výběr prvků pro napájecí část.....	15
2.3.1 Napájecí konektor	15
2.3.2 Hlavní vypínač.....	15
2.3.3 Kontrolka.....	16
2.3.4 Zdroje.....	16
2.3.5 Jistič.....	16
2.3.6 Jištění PLC a HMI panelu	17
2.4 Výběr prvků pro ovládací část.....	17
2.4.1 PLC	18
2.4.2 PLC řady Micro800	18
2.4.3 HMI PanelView 800: 2711R-T10T	18
2.4.4 Snímač teploty Pt1000	19
2.5 Výběr prvků pro montážní (mechanickou) část.....	19
2.5.1 Rozvaděč.....	19
2.5.2 Konektory	19
2.5.3 Svorky.....	20
2.5.4 Vodiče	20
2.5.5 Ploché kabely.....	20
2.5.6 Žlab	21
3 Zapojení Blackboxu.....	22
3.1 Realizace zapojení v programu EPLAN	22
3.1.1 Napájecí část	22
3.1.2 Ovládací část	22

3.1.3	Mechanická (montážní) část.....	22
3.1.4	Přehledová část.....	23
3.2	Označení prvků a vodičů ve schématu a v rozvaděči.....	23
3.3	Praktická realizace zapojení.....	23
3.3.1	Uzemnění	23
3.4	Nastavené IP adresy u HMI panelu a PLC.....	24
4	Simulace demonstrační úlohy.....	25
4.1	Návrh simulace tepelných dějů	25
4.1.1	Oteplovací a ochlazovací děj.....	25
4.1.2	Určení doby ukončení děje.....	26
4.1.3	Určení časové konstanty τ	26
4.2	Ověření vykreslování křivek tepelných dějů	27
4.3	Realizace simulace tepelných dějů.....	27
4.3.1	Main.....	28
4.3.2	Funkční blok – Teplota_okolí.....	28
4.3.3	Funkční blok – Prevod.....	28
4.3.4	Funkční blok – Oteplovaci_krivka_des_banky.....	29
4.3.5	Funkční blok – Oteplovaci_krivka_vyvijec_par	30
4.3.6	Funkční blok – ohrevVyvijecePar	31
4.3.7	Funkční blok – OhrevBankyDesPar	32
4.3.8	Funkční blok – OhrevBankyDesPar	32
4.3.9	Funkční blok – Ochlazovaci_krivka	33
4.3.10	Funkční blok – ChladiciKrivkaDesPar	34
4.3.11	Funkční blok – Ohrev_banky	34
4.3.12	Funkční blok – Lednice.....	35
4.3.13	Funkční blok – Cerpadlo_chlad_okruhu.....	35
4.3.14	Funkční blok – LedniceDesPar	35
4.3.15	Funkční blok – CerpadloChladDesPar	36
4.3.16	Demo parametry	36
5	Vizualizace demonstrační úlohy	37
5.1	Návrh vizualizace.....	37
5.2	Popis jednotlivých částí vizualizace	38
5.2.1	Titulní strana	38
5.2.2	Úvod k bakalářské práci.....	38
5.2.3	Menu	39
5.2.4	Úvod k obsluze a k vybrané destilaci	39
5.2.5	Demo parametry	41
5.2.6	Nastavení parametrů.....	41
5.2.7	Vizualizace příslušné destilační aparatury	42

5.2.8	Vizualizace dílčích částí destilační aparatury	43
5.2.9	Vykreslení příslušných trendů.....	44
6	Ověření funkčnosti vlastního řešení	45
6.1	Ověření zapojení vstupů/výstupů rozvaděče.....	45
6.2	Ověření funkčnosti softwarového řešení	45
6.2.1	Parametry ukázky.....	45
7	Závěr	47

Seznam obrázků

Obr. 1: Destilační aparatura pro jednoduchou destilaci [4]	4
Obr. 2: Detail hlavy kolony [3]	6
Obr. 3: Destilační aparatura pro rektifikaci [3]	6
Obr. 4: Příklad pro destilaci za sníženého tlaku [2]	7
Obr. 5: Destilační aparatury pro azeotropní destilaci [3].....	8
Obr. 6: Přehledové schéma molekulární destilace [2]	9
Obr. 7: Destilační aparatura pro destilaci s vodní párou [3]	10
Obr. 8: Blokové znázornění obecného blackboxu.....	14
Obr. 9: Blokový diagram návrhu elektrického zapojení.....	15
Obr. 10: Vykreslení tepelných dějů, jako příklad byla zvolena voda	27
Obr. 11: Řešení startu prosté destilace.....	28
Obr. 12: Řešení startu destilace s vod. parou	28
Obr. 13: Funkční blok pro získání teploty ze snímače Pt1000	28
Obr. 14: Funkční Blok pro vykreslení tepelného děje des. baňky prosté destilace .	30
Obr. 15: Funkční blok pro tep. děj ohřevu vyvíječe par destilace s vod. Parou	31
Obr. 16: Funkční blok ohříváče vyvíječe par destilace s vodní parou	31
Obr. 17: Funkční blok pro tep. děj des. baňky destilace s vodní parou	32
Obr. 18: Funkční blok ohříváče destilační baňky destilace s vodní parou.....	32
Obr. 19: Funkční blok pro ochlaz. děj chlad. okruhu prosté destilace.....	33
Obr. 20: Funkční blok pro ochlaz. děj chlad. okruhu destilace s vodní parou	34
Obr. 21: Funkční blok ohříváče destilační baňky prosté destilace	34
Obr. 22: Funkční blok pro lednici používanou v prosté destilaci.....	35
Obr. 23: Čerpadlo chladícího okruhu prosté destilace	35
Obr. 24: Funkční blok lednice chlad. Okruhu destilace s vodní parou	35
Obr. 25: Čerpadlo chladícího okruhu destilace s vodní parou.....	36
Obr. 26: Blokový návrh řešení vizualizace destilací	37
Obr. 27: Titulní strana vizualizace.....	38
Obr. 28: Obrazovka se základním výběrem – menu	39
Obr. 29: Obrazovka s informacemi k vybrané destilaci – část 1.	40
Obr. 30: Obrazovka s informacemi k vybrané destilaci – část 2.	40
Obr. 31: Obrazovka s výběrem automatického módu.....	41
Obr. 32: Příklad obrazovky s manuálním nastavením vstupních parametrů.....	42
Obr. 33: Grafický přehled celé vybrané destilace	43
Obr. 34: Grafický přehled chodu chladícího okruhu u prosté destilace.....	44
Obr. 35: Příklad obrazovky s vykreslováním trendů	44
Obr. 36: Vykreslení tepelných dějů zkušební příkladu pro prostou destilaci	46

Seznam tabulek

Tab. 1: První část parametrů pro vybrané destilace	11
Tab. 2: Druhá část parametrů pro vybrané destilace.....	12
Tab. 3: Tabulka parametrů azeotropní destilace a rektifikace.....	13

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je vytvořit vizualizaci simulace tepelných dějů ve vybraných typech destilací. K tomu, aby bylo možné zrealizovat vizualizaci simulace tepelných dějů, je nejprve nutné se seznámit s příslušnou teorií. Především s principy jednotlivých typů destilací a se souvisejícími fyzikálními jevy.

Dále je potřeba se seznámit s obdrženými komponenty pro vytvoření elektrického zapojení rozvaděče a případné chybějící komponenty správně zvolit tak, aby odpovídaly technickým předpisům a požadavkům na bezpečnost.

Výběr příslušných prvků a seznámení se s danými technickými požadavky je uplatněno při tvorbě schématu zapojení rozvaděče v programu EPLAN. A také pro následnou realizaci zapojení rozvaděče jako blackbox. Uživatel tedy bude ovládat zařízení bez hlubší znalosti vnitřní struktury.

Po fyzické realizaci rozvaděče je možné navrhnout a zrealizovat simulaci tepelných dějů u destilace s vodní parou a u prosté destilace podle fyzikálních vztahů popisující oteplovací a ochlazovací děj. Pro zjednodušení řešení simulace je celá soustava považovaná za izolovanou.

Pro ovládání a vykreslování tepelných dějů je nutné vytvořit vizualizaci procesu destilace. Při návrhu a realizaci vizualizace je snaha o co nejpřívětivější uživatelské rozhraní.

Nakonec je ověřena funkčnost vlastního řešení. Ověřuje se jak softwarová část, tak i fyzická realizace rozvaděče. Ověření vykreslování tepelných dějů je ukázáno na demonstračním příkladu destilace směsi vody a acetonu.

1 DESTILACE

1.1 Destilace

Destilace je druh separační metody, která využívá fyzikální vlastnosti dílčích složek obsažených ve směsi k tomu, aby ji bylo možné rozdělit nejméně na dvě rozdílné části. Cílem destilace je zvýšit koncentraci preferované složky obsažené ve směsi vůči zbylým složkám na základě rozdílné teploty varu. Při zahřátí se část směsi transformuje na páru. V oddělené části plynná složka zkondenzuje. Tím dostaneme destilát s těkavějšími prvky. V destilačním zůstatku, to znamená v části, která zůstala, jsou obsaženy složky, které mají rozdílnou teplotu varu než požadovaná složka, kterou chceme vyseparovat. [1]

1.2 Druhy destilace a základní pravidla

Podle realizace destilační aparatury a také podle požadavků můžeme mít následující typy destilací: prostou destilaci, rektifikaci, frakční destilaci, destilaci za sníženého tlaku, molekulární destilaci, azeotropní destilaci a destilaci s vodní parou. [2]

Výběr pravidel a doporučení pro vykonání destilace [2] :

- Destilační baňka by měla být naplněna přibližně do dvou třetin. V případě většího množství látky dojde k výskytu kapalně fáze v chladiči. V opačném případě, tedy pokud je menší množství látky, se vrchní část baňky chová jako zpětný chladič.
- Do destilované kapaliny se vkládají varné kaménky (střípky porcelánu nebo kameniny). Tím se zabrání tzv. utajenému varu (nekontrolovatelné vzednutí kapaliny) vlivem přehřátí destilované směsi. Varný kamínek lze aplikovat pouze jednou. Při vakuové destilaci se může využít kapilárka.
- Pro kapaliny s teplotou varu do 180 °C se využívá k ochlazení par vodní chlazení. Při vyšších teplotách varu se využívá vzduchové chlazení.
- Teploměr pro snímání teploty varu destilované kapaliny se umístí tak, aby páry odcházející do chladiče obtékaly teploměr.
- Typ (velikost) chladiče se volí tak, aby jeho kapacita byla dostatečně velká vzhledem k předpokládanému množství zkondenzovaných par.
- Nikdy se neprovádí destilace až do úplného odpaření destilační kapaliny.
- Pokud se zahřívá destilační baňka prostřednictvím lázně, tak je nutné do ní vložit teploměr a dohlížet na její teplotu, která by měla být o 20 až 30 °C vyšší než bod varu destilované kapaliny.
- Je nutné zahřívát baňku rovnoměrně a pomalu. Destilát by měl odkapávat rychlostí kolem 100 kapek za minutu.

- Pokud nastane pokles teploty na teploměru v průběhu destilace (při zahřívání baňky), tak to znamená, že dojde k destilaci složky s vyšší teplotou varu, než mají zbylé složky.
- Jednotlivé části aparatury musí dobře těsnit. Celá měřicí aparatura ovšem musí být spojená s atmosférou.
- V průběhu destilace se dodržují bezpečnostní předpisy a osobně se dohlíží na celý průběh destilace.
- Pokud se bude provozovat vakuová destilace, tak se musí důkladně zkontrolovat kvalita skleněných částí aparatury (musí být bez prasklin). Při probíhajícím procesu vakuové destilace se využívá bezpečnostního vybavení.

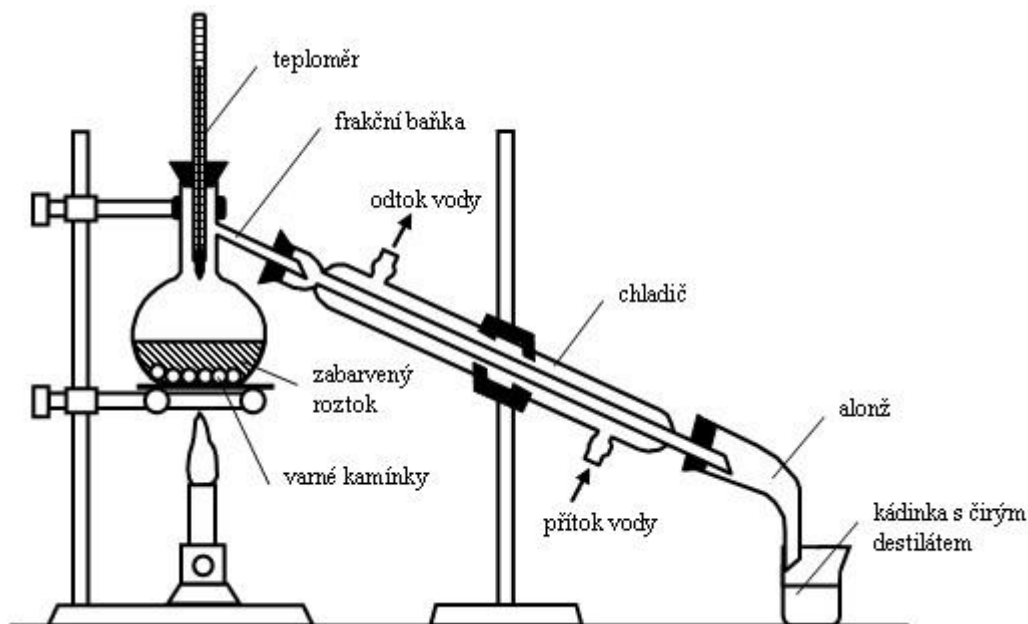
1.2.1 Prostá destilace

U prosté destilace se destilovaná směs vlivem dodaného tepla převede na páru, která v chladiči opět zkondenzuje. [3]

K separování dvou látek s významným rozdílem teploty varu nebo k oddělení rozpouštědla od netěkavé látky se využívá prostá destilace. Destilační aparatura (Obr. 1) se skládá z destilačního nástavce, destilační baňky, chladiče, alonže, předlohy (jímadla) a teploměru. Obvykle se k destilaci využívá tzv. destilačních mostů. Tyto destilační mosty představují pevné spojení některých dříve uvedených částí. Výhoda destilačních mostů spočívá v komfortním sestavení aparatury. [2]

Je důležité rovnoměrně a pozvolna zahřívát baňku tak, aby proces destilace byl adekvátně pomalý. Pokud by byl proces destilace příliš rychlý, tak by byl v baňce vyšší tlak a snímaná teplota by neodpovídala teplotě varu za atmosférického tlaku. V případě destilace čisté látky je teplota varu konstantní po převážnou dobu probíhajícího procesu. Ke konci se páry přehřívají na stěnách destilační baňky a teplota stoupá o 1 až 2 °C. Pokud dojde ke zvedání teploty během destilace, tak to znamená, že směs látek přechází. [3]

Frakcionovanou destilaci volíme, pokud je teplota varu jednotlivých složek blízká 150 °C. Rektifikaci volíme, pokud je rozdíl teplot varu menší než 80 °C. [3]



Obr. 1: Destilační aparatura pro jednoduchou destilaci [4]

1.2.2 Frakcionovaná (frakční) destilace

Prostá destilace nám neumožňuje rozdělit směs kapalin o blízké teplotě varu, proto musíme použít tzv. frakcionaci. Při této metodě rozdělíme přední destilát na nejlépe tři frakce (podíly): přední podíl, hlavní podíl a destilační zbytek. [2]

Každá z frakcí je destilát, který je destilován v určitém teplotním rozmezí. Individuální podíly dále destilujeme na několik frakcí. [3]

Čistotu jednotlivých frakcí (podílů) můžeme posuzovat: měřením teploty varu, prostřednictvím plynové chromatografie, měřením indexu lomu. Frakční destilace nedosahuje velkých výtěžků, proto provádíme raději dělení směsi pomocí rektifikace. [3]

1.2.3 Rektifikace

Jedná se o frakční destilaci s využitím destilační kolony. Frakční destilace se využívá tehdy, když už nestačí prostá destilace k dělení destilační látky. Kvalita dělení směsi je ovlivněná především konstrukcí kolony. V případě rostoucí délky kolony se zvyšuje její dělicí schopnost, ale tím nastává problém s údržbou pravidelného chodu. [2]

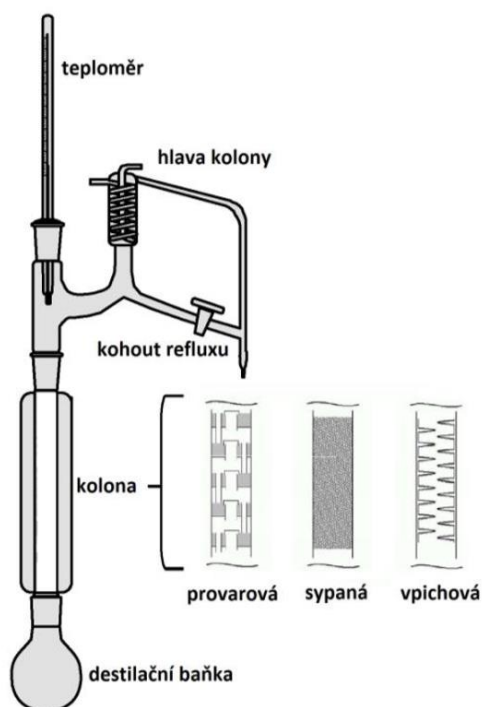
Destilační aparatura pro rektifikaci (Obr. 3) má tři části: destilační baňku, kolonu a hlavu kolony (Obr. 2). Destilační kolona slouží ke zprostředkování co nejlepšího

styku kapalné a plynné fáze. V destilační koloně se pára pohybuje směrem nahoru a kapalina směrem dolů. Obě tyto fáze jsou v neustálém styku. Průchodem par kolonou dojde ve vyšších patrech kolony k obohacování parní fáze o těkavější složku. Děje probíhající v koloně se částečně podobají opakované prosté destilaci, protože v destilační koloně se neustále ustaluje rovnováha mezi sestupující kapalinou a stoupající plynnou fází. [3]

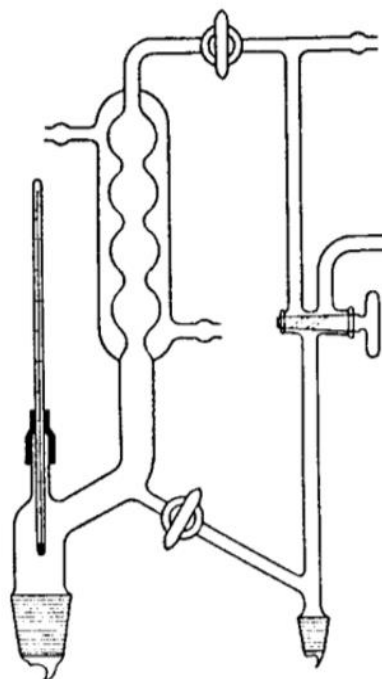
Teplota varu směsi v destilační koloně klesá směrem vzhůru. Celý proces se v koloně mnohokrát opakuje. Kondenzát vracející se destilační kolonou se označuje jako zpětný tok nebo reflux. Kondenzát by se měl vracet ve formě tenkého filmu, aby došlo k dokonalému kontaktu s parami. Tohoto docílíme vhodnou konstrukcí kolony nebo její náplní. Náplň se realizuje za pomoci drobných objektů (např. Raschigových kroužků) vyrobených ze skla, kovu, porcelánu nebo plastu. [2]

Typy rektifikačních kolon [2]:

- Patrová: má podobu válcové nádoby s řadou pater, které mohou být rozdílné. Nástřík přivedený do středu probublává do vyšších pater. Díky tomu je obohacován o prchavější složku, dokud není obsažena téměř stoprocentně. Poté, co páry zkondenzují, tak jedna část reprezentuje destilát a druhá část se navrácí jako zpětný tok. Vlivem výskytu látky s vysokým bodem varu na dně kolony je její teplota maximální. Teplota v hlavě kolony je minimální, protože se v hlavě kolony vyskytuje látka s nízkým bodem varu.
- Náplňová: obdobná realizace jako u patrové s tím rozdílem, že místo pater se používá náplň například z Raschigových kroužků, uložená na roštech.
- Filmová: Nástřík, přivedený na rotující kotouč se vlivem rotace rozstříkne na stěnu pláště kde prostřednictvím rotujících lopatek dojde k vytvoření rovnoměrného kapalinového filmu. Páry se spojují s kapalinovým filmem, který je obohacený o méně prchavou látku a odtéká jako destilační zbytek.



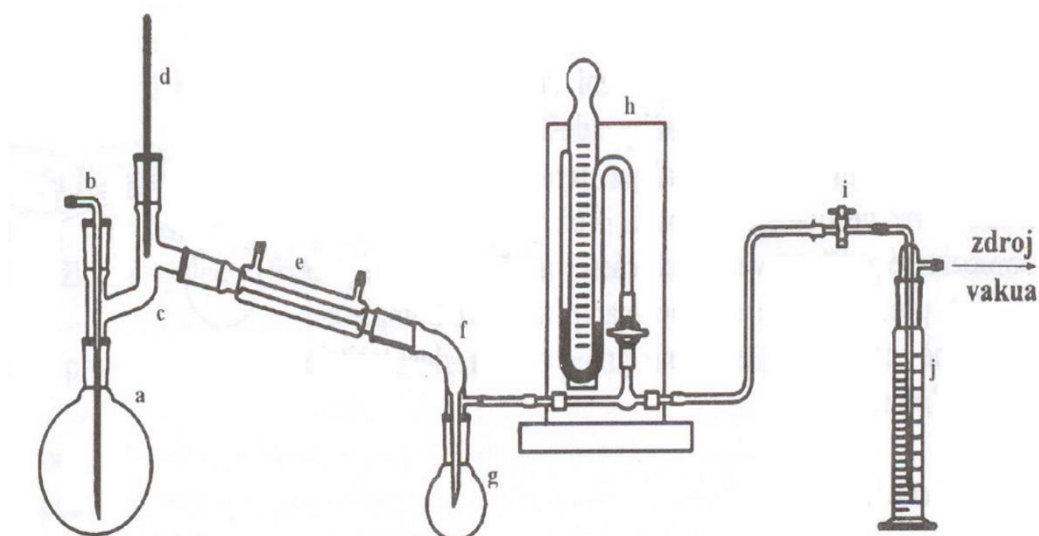
Obr. 3: Destilační aparatura pro rektifikaci [3]



Obr. 2: Detail hlavy kolony [3]

1.2.4 Destilace za sníženého tlaku

Výhodou tohoto typu destilace je to, že se snižujícím tlakem klesá bod varu destilované látky. Této výhody využíváme pro destilaci látek, které by za běžných podmínek např. oxidovaly nebo podléhaly nežádoucím chemickým změnám. Pro tento typ destilace využíváme hlavně baňky s kulatým dnem, protože v opačném případě by mohlo dojít vlivem vnějšího tlaku k implozi. Baňka se zahřívá prostřednictvím olejové lázně, v níž je umístěn teploměr, který slouží pro kontrolu lázně. [2]



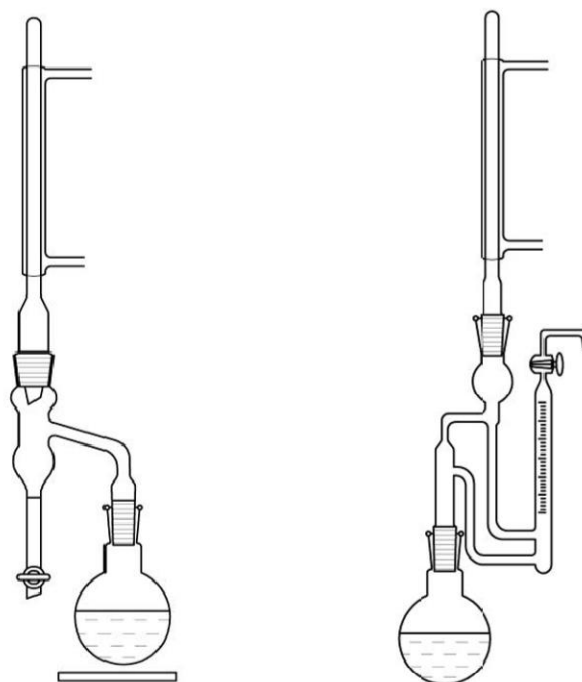
Obr. 4: Příklad přístroje pro destilaci za sníženého tlaku [2]: a - destilační baňka; b - kapilára; c - Claisenův nástavec; d - teploměr; e - sestupný chladič; f - alonž s nástavcem; g - baňka pro jímání destilátu; h - paralelně připojený manometr; i - hlavní ventil; j - pojistná láhev

Rozdíl mezi destilací za normálního tlaku a destilací za sníženého tlaku spočívá v tom, že u destilace za sníženého tlaku se spodní vrstvy destilované kapaliny více přehřívají než vrchní vrstvy. Může dojít k utajenému varu, pokud se vlivem náhodného promíchání dostane přehřátá kapalina k povrchu. Díky tomu dojde k vytvoření par. Toto můžeme omezit použitím destilační kapiláry (Obr. 4 (b)). Při použití kapiláry s příliš vysokou světlostí dochází k tomu, že nelze dosáhnout dostatečného vakua a tím se poškozuje destilovaná látka. Zabránit utajenému varu můžeme i za pomoci míchadla a elektromagnetické míchačky. [2]

Jako zdroj vakua se obvykle využívají olejová nebo vodní vývěva. Před zahájením procesu destilace se musí řádně zkontrolovat veškeré sklo použité k realizaci destilační aparatury. Pokud by sklo obsahovalo prasklinu, tak by mohlo dojít k implozi. Dále je nutné překontrolovat těsnost všech zábrusových spojů. Pro těsnost je vhodné namazat všechny spoje silikonovým tukem. Po kontrole připojíme vývěvu k destilační aparatuře a odečteme hodnotu vakua. Až dosáhne aparatura požadované hodnoty, tak začneme s vyhříváním destilační baňky. Po celou dobu destilace za sníženého tlaku sledujeme teplotu a kontrolujeme vakuum. Podle potřeby odběrů frakcí volíme zařízení pro odběr frakcí. Po dosažení destilace se musí nejprve přerušit zahřívání a poté zavzdušnit aparaturu. [2]

1.2.5 Azeotropní destilace

Azeotropní destilace se nejčastěji využívá k odstranění vody z vybraných rozpouštědel nebo reakčních směsí, a to kvůli vedení rovnováhy reakce požadovaným směrem. Destilační aparatura (Obr. 5) se skládá z azeotropních nástavců, které se nasazují na hrdlo baňky. Tyto nástavce se uzavírají se zpětným chladičem. Nejčastěji využíváme dvou typů azeotropních nástavců. První druh se využívá, pokud je rozpouštědlo lehčí než voda (např. toluen). Druhý typ se využívá, když je rozpouštědlo těžší než voda (např. chlorid uhličitý). V levé části (Obr. 5) je vyobrazená aparatura s nástavcem pro rozpouštědla lehčí než voda. Vlivem zahřívání baňky dojde k destilaci azeotropního roztoku. Ten dále zkondenzuje ve zpětném chladiči. Nahromaděný kondenzát v bočním raménku nástavce se rozdělí na dvě vrstvy. Spodní vrstva je tvořena vodou a je možné ji odpouštět kohoutkem. Horní vrstvu tvoří rozpouštědlo, které se po naplnění bočního raménka vrací zpět do baňky. Díky tomu stačí malé množství rozpouštědla k odstranění potřebného množství vody. V pravé části (Obr. 5) je vyobrazená aparatura s nástavcem pro rozpouštědla těžší než voda. [3]



Obr. 5: Destilační aparatury pro azeotropní destilaci [3]

1.2.6 Molekulární destilace

Tento typ destilace využívá vysokého vakua, při němž se výrazně projeví pokles teploty nutný k předestilování látky. Molekulární destilace (Obr. 6) se vyznačuje krátkou vzdáleností mezi chladičem a povrchem destilované látky. Obvyklá vzdálenost mezi chladičem a destilovanou látkou je od 0,5 do 2 cm. Důvod pro dodržení malé vzdálenosti spočívá v tom, že při destilačním procesu mohou uvolněné molekuly ve větším množství z povrchu kapaliny překonat vzdálenost mezi povrchem látky a chladičem, pokud neztratí srážkami s jinými molekulami svou pohybovou energii. [2]

U molekulární destilace není určitý bod varu oproti běžné destilaci. Destilace proběhne za různé teploty, jestliže je mezi povrchem chladiče a destilované kapaliny tepelný spád. Pro zamezení zpětného odrazu dopadajících molekul je nutné udržet teplotu chladiče co nejnižší. Rozdíl mezi oběma teplotami by měl být co nejmenší. Ideálně v rozsahu od 60 do 100 °C. Schopnost dělení látek je u molekulární destilace velmi malá. Molekulární destilace umožňuje čistit látky o vysoké molární hmotnosti, které jsou za vyšších teplot nestálé. Metodou molekulární destilace nezískáme látku v čistém stavu, jak je to třeba u frakční destilace, ale jen látku s koncentrací cenných součástí. [2]



Obr. 6: Přehledové schéma molekulární destilace [2]

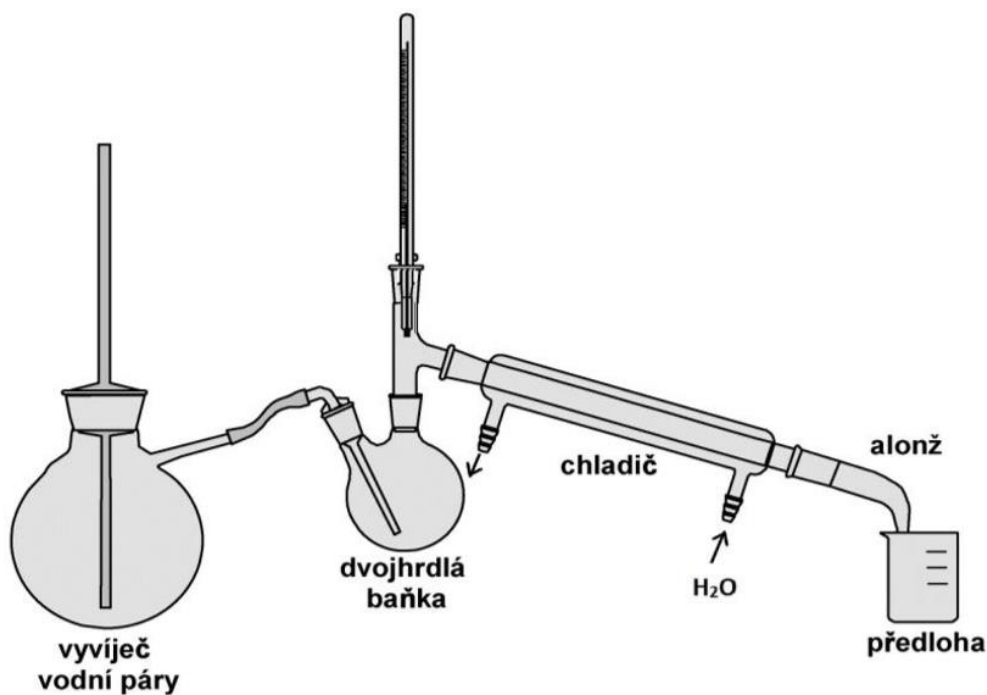
1.2.7 Destilace s vodní párou

Destilace s vodní parou [1], na které je založen reálný model vyskytující se v laboratoři, umožňuje čištění tepelně nestálých kapalin nebo čištění látek s vysokou teplotou varu. Tyto kapaliny nebo látky se při dosažení teploty varu rozkládají. Jako zdroj par se využívá voda, protože má tyto vlastnosti:

- Většina organických látek se nemísí s vodou.
- Pro destilaci daného množství organické látky je potřebné množství vodní páry relativně malé.
- Bod varu směsi se velmi výrazně sníží díky tenzi par vody.

Destilační aparatura (Obr. 7) se liší oproti ostatním druhům destilace v tom, že pro její chod je nezbytný vyvíječ vodní páry. Používá se buď kulatá baňka nebo kovová nádoba. [1]

Postup destilace pro jednostupňovou periodickou destilaci je popsán v následujících větách. Vyvíječ páry zaplněný do poloviny vodou je potřeba zahřát. Než se spustí destilace, tak je nutné ohřát destilační baňku na 100 °C, aby se nezvětšoval objem destilační kapaliny vlivem kondenzující vody. Když začne vařit voda ve vyvíječi par, tak se spustí chladicí okruh a následně se otevře přívod páry do destilační kolony. Díky tomu se odstartuje proces destilace. Destilaci ukončíme tehdy, kdy už se nebude zakalovat vznikající destilát. Pokud se přestane vznikající destilát zakalovat, tak nejprve odpojíme vyvíječ páry od baňky a až potom ukončíme ohřívání vody. Je nezbytné dodržet zmíněný postup z toho důvodu, aby se kapalina z destilační baňky nenasála do vyvíječe. Dvě vrstvy kapalin se vytvoří v předloze nebo separátoru. Chvilí trvá, než dojde k ustálí a oddělení kapalin. [1]



Obr. 7: Destilační aparatura pro destilaci s vodní párou [3]

1.3 Přehled parametrů pro konkrétní typy destilací

Tab. 1: První část parametrů pro vybrané destilace

Par.	Destilace s vodní párou	Prostá destilace	Destilace za sníženého tlaku
DI	Min. hladina v baňce vyvíječe	Min. hladina v destilační baňce	Min. hladina v baňce vyvíječe
DI	Min. hladina v zásobníku s vodou	Min. hladina v zásobníku s vodou	Min. hladina v zásobníku s vodou
DI	Max. hladina v destilační baňce	Max. hladina v destilační baňce	Max. hladina v destilační baňce
DI	Překročení nastavené hladiny	Překročení nastavené hladiny	Překročení nastavené hladiny
DI	Překročení nastaveného tlaku	Překročení nastaveného tlaku	Překročení nastaveného tlaku
DI	Detekce přetlaku v baňce vyvíječe		Max. hladina v baňce pro jímání destilátu
DI	Detekce úniku kapaliny pod chladičem	Detekce úniku kapaliny pod chladičem	Detekce úniku kapaliny pod chladičem
DI	Detekce úniku kapaliny pod vyvíječem		
DI	Detekce úniku kapaliny pod destilační baňkou	Detekce úniku kapaliny pod destilační baňkou	Detekce úniku kapaliny pod destilační baňkou
DO	Topné hnízdo destilační baňky	Topné hnízdo destilační baňky	Zahřívání olejové lázně
DO	Topné hnízdo vyvíječe páry		
DO	Laboratorní lednice	Laboratorní lednice	Laboratorní lednice
DO	Ventil (solenoid)		Hlavní ventil

Tab. 2: Druhá část parametrů pro vybrané destilace

Par.	Destilace s vodní párou	Prostá destilace	Destilace za sníženého tlaku
AI	Tlak v destilační baňce	Tlak v destilační baňce	Tlak v destilační baňce
AI	Hladina předlohy	Hladina předlohy	Hladina předlohy
AI			Tlak na manometru
AI			Tlak v pojistné láhvi
AI-Pt100	Zásobník vody	Zásobník vody	Zásobník vody
AI-Pt100	Vyvíječ páry		Claisenův nástavec
AI-Pt100	Destilační baňka	Destilační baňka	Destilační baňka
AI-Pt100	Zásobník chladící kapaliny	Zásobník chladící kapaliny	Zásobník chladící kapaliny
AI-Pt100	Vstup chladiče	Vstup chladiče	Vstup chladiče
AI-Pt100	Výstup chladiče	Výstup chladiče	Výstup chladiče
AI-Pt100	Okolí	Okolí	Okolí
RO	Čerpadlo vody	Čerpadlo vody	Čerpadlo vody
RO	Čerpadlo chladící kapaliny	Čerpadlo chladící kapaliny	Čerpadlo chladící kapaliny
RO			Vývěva (vodní / olejová)

Poznámka: parametry pro destilaci s vodní parou jsou převzaty z diplomové práce [1]

Legenda: Par. – parametr destilace; DI – Digitální vstup; DO – Digitální výstup; AI – Analogový vstup; AI-Pt100 – Analogový vstup pro snímání teploty; RO – Reléový výstup.

Tab. 3: Tabulka parametrů azeotropní destilace a rektifikace

Param.	Azeotropní destilace	Rektifikace
DI	Min. hladina v zásobníku s vodou	Min. hladina v zásobníku s vodou
DI	Max. hladina v destilační baňce	Max. hladina v destilační baňce
DI	Překročení nastavené hladiny	Překročení nastavené hladiny
DI	Překročení nastaveného tlaku	Překročení nastaveného tlaku
DI	Max. hladina v bočním raménku	Min. hladina v destilační baňce
DI	Detekce úniku kapaliny pod bočním raménkem	Detekce úniku kapaliny pod kohoutem refluxu
DI	Detekce úniku kapaliny pod destilační baňkou	Detekce úniku kapaliny pod destilační baňkou
DO	Topné hnízdo destilační baňky	Topné hnízdo destilační baňky
DO	Laboratorní lednice	Laboratorní lednice
DO	Ventil bočního raménka	Kohout refluxu
AI	Tlak v destilační baňce	Tlak v destilační baňce
AI	Hladina předlohy	Hladina předlohy
AI - Pt100	Zásobník vody	Zásobník vody
AI - Pt100	Destilační baňka	Destilační baňka
AI - Pt100	Zásobník chladící kapaliny	Nad kolonou
AI - Pt100	Vstup chladiče	Vstup chladiče
AI - Pt100	Výstup chladiče	Výstup chladiče
AI - Pt100	Okolí	Okolí
RO	Čerpadlo vody	Čerpadlo vody
RO	Čerpadlo chladící kapaliny	Čerpadlo chladící kapaliny

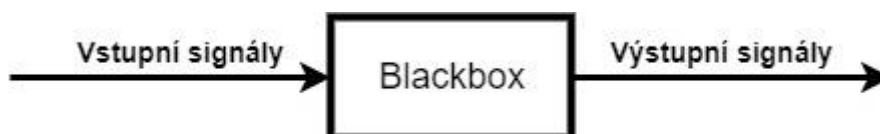
Legenda: Param. – Parametr destilace DI – Digitální vstup; DO – Digitální výstup; AI – Analogový vstup; AI-Pt100 – Analogový vstup pro snímání teploty; RO – Reléový výstup.

2 NÁVRH ZAPOJENÍ ROZVADĚČE

Tato kapitola pojednává o návrhu elektrického zapojení rozvaděče. V jednotlivých podkapitolách je blíže rozebrán postup při návrhu elektrického zapojení a také volba jednotlivých komponent.

2.1 Blackbox

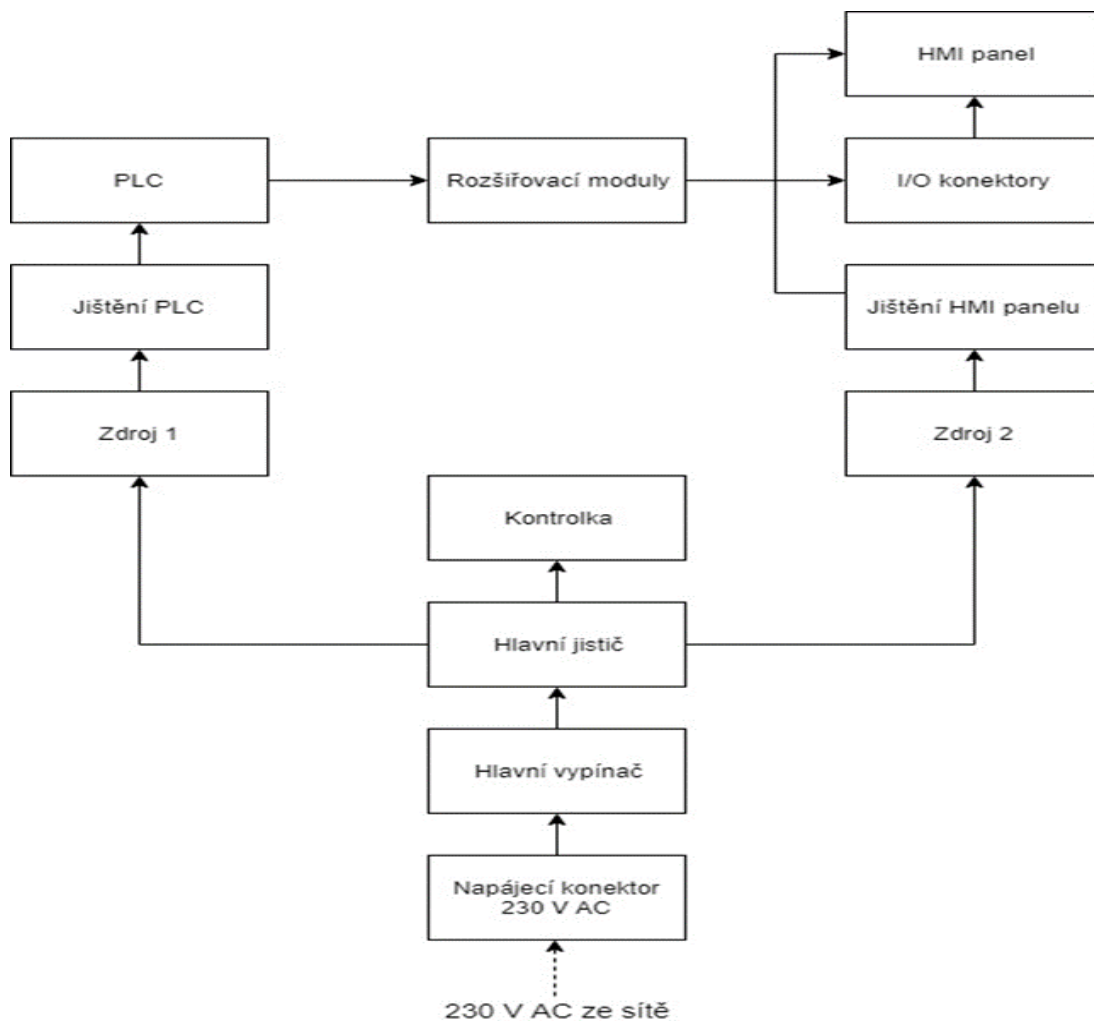
Úkolem je realizovat daný rozvaděč jako blackbox, tím je myšleno zařízení, u kterého se vím, jak se chová zvenčí, ale už se neví, jak je dané zařízení realizováno uvnitř. Uživatel tedy dané zařízení používá bez hlubší znalosti vnitřní struktury. V mém případě bude blackbox představovat rozvaděč. Uživatel bude mít přístup ke vstupům a výstupům zařízení a k ovládacím prvkům (HMI panel, hlavní vypínač).



Obr. 8: Blokové znázornění obecného blackboxu

2.2 Blokový návrh zapojení

Pro realizaci návrhu elektrického zapojení blackboxu a HMI panelu bylo nejprve nutné se seznámit s uživatelskými manuály jednotlivých řídicích a ovládacích prvků [6], [7], [8] a [9]. Podle požadavků uvedených v manuálech a podle kapitoly 1.3 jsem realizoval blokové schéma na Obr. 9. Blokový diagram se dá rozdělit na napájecí, ovládací a montážní (mechanickou) část.



Obr. 9: Blokový diagram návrhu elektrického zapojení

2.3 Výběr prvků pro napájecí část

Tahle podkapitola je věnována výběru prvků pro napájecí část blokového diagramu. Napájecí část tvoří tyto bloky: napájecí konektor, hlavní vypínač, kontrolka, zdroj 1, zdroj 2, jištění PLC a jištění HMI.

2.3.1 Napájecí konektor

Napájecí konektor slouží pro přivedení napájení z rozvodné sítě do rozvaděče. Vzhledem k tomu, že blackbox je napájen 230 V AC ze zásuvky, byl zvolený klasický PC síťový konektor.

2.3.2 Hlavní vypínač

Hlavní vypínač je bezpečnostní prvek, který slouží k zapnutí a vypnutí elektrického obvodu. Hlavní vypínač se volí podle počtu pólů a podle velikosti jmenovitého proudu. Pro blackbox jsem zvolil hlavní vypínač jednopólový se jmenovitým

proudem 16 A, protože je ze zásuvky přivedena jen jedna fáze a protože nadřazený jistič v laboratoři je 16 A.

2.3.3 Kontrolka

Kontrolka je signální prvek, který slouží k vizuální kontrole zapnutého/vypnutého obvodu. Pro signalizaci zapnutí/vypnutí obvodu jsem použil zelenou signálku na 230 V AC.

2.3.4 Zdroje

Zdroj slouží k napájení jednotlivých prvků v rozvaděči. Pro výběr zdroje je nutné zjistit celkovou velikost příkonu, tedy součet příkonů jednotlivých prvků, které budou daným zdrojem napájeny, velikost napětí pro napájení jednotlivých prvků a typ zdroje. V mém případě se jedná o napájení PLC, rozšiřovacích modulů PLC a HMI panelu. Vše je napájeno 24 V DC. K sestavě PLC a rozšiřovacích modulů byl dodán i napájecí spínaný zdroj pro PLC s hodnotou výstupního napětí 24 V DC a max. výstupním proudem 1,6 A. Výkon tohoto zdroje [15] je podle vzorce:

$$P = U \cdot I = 24 \cdot 1,6 = 38,4 \text{ [W]}, \quad (2.1)$$

kde U je napětí ve voltech, a I je proud v ampérech.

Celkový příkon výše popsaných prvků je větší než výkon dodaného zdroje. Proto bylo zapotřebí přidat další zdroj. Ze starého projektu byl k dispozici zdroj [16] s hodnotou výstupního napětí 24 V DC, max. výstupním proudem 3 A s výkonem 75 W, což je naprosto dostačující. Dále bylo zapotřebí přidat přídatný expanzní modul [7] k rozšiřujícím modulům, protože PLC může po sběrnici napájet jen 4 moduly, ale v realizaci blackboxu je použito 5 modulů.

Zdroj dodaný k PLC je využíván pro napájení PLC a rozšiřujících modulů. Druhý zdroj (3 A) je využíván k napájení HMI panelu a k napájení přídatného zdroje pro rozšíření počtu modulů. Při návrhu byla snaha o rovnoměrné zatížení jednotlivých větví zdrojů.

2.3.5 Jistič

Jedná se o bezpečnostní prvek, který je základem každého rozvaděče. Slouží k odpojení elektrického obvodu při nadproudu. Velikost vybavovacího proudu volíme podle následujících zásad: jmenovitá hodnota proudu voleného jističe by měla být menší než hodnota nadřazeného jističe, aby se vybavil volený jistič. Dále jmenovitá hodnota proudu by měla vycházet z celkového příkonu daných prvků, které má jistič chránit. Posledním kritériem je volba spínací charakteristiky jističe. Spínací charakteristika jističe se volí podle jištěných prvků v rozvaděči.

V blackboxu se vyskytují dva zdroje o celkovém výstupním proudu 4,6 A při 24 V DC a o vstupním proudu kolem 0,8 A při 230 V AC. Dále se v blackboxu vyskytuje zelená signálka se vstupním proudem kolem 0,4 A při 230 V AC. Součet proudů pro 24 V DC je 4,6 A. Součet proudů pro 230 V AC je kolem 1,2 A. Vzhledem k těmto hodnotám proudu a také vzhledem k tomu, že se jedná o spínané zdroje (velký náběhový proud), tak by se mohl zvolit 6A jistič s charakteristikou C. Já jsem ale zvolil 10 A jistič s charakteristikou B. Spínané zdroje mají velký náběhový proud a při volbě 6 A jističe s charakteristikou B by došlo k vybavení jističe, ale vzhledem k tomu, že proudová velikost jističe (B10) je téměř dvojnásobná, tak nedojde při součtu náběhových proudů k vybavení zvoleného jističe. Vybraný jistič také odpovídá pravidlu, že volený jistič by měl mít menší hodnotu jmenovitého proudu než nadřazený jistič (v mém případě 16 A jistič s charakteristikou B).

2.3.6 Jištění PLC a HMI panelu

Pro ochranu PLC a HMI panelu je nutné jejich jištění. Podle hodnoty napětí a výkonu zmíněných prvků jsem spočítal velikost proudu. Podle vypočítaných hodnot proudu jsem stanovil jmenovité proudy trubičkových pojistek a to tak, že jsem volil nejbližší vyšší jmenovité hodnoty. Obdobně jako u jističů i u trubičkových pojistek existují různé charakteristiky (rychlé, pomalé). Pro jištění PLC a HMI panelu jsem zvolil pomalý typ charakteristiky (T). Příklad stanovení velikosti skleněné trubičkové pojistky pro jištění HMI panelu:

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{14}{24} = 0,58 \text{ [A]}, \quad (2.2)$$

kde U je napětí ve voltech, a P je výkon ve wattech.

Velikost proudu vyšla 0,58 A. Podle výsledku proudu by stačilo zvolit 0.63 A trubičkové pojistky, ale jelikož byl zprvu použitý HMI panel s $P = 30 \text{ W}$, zůstaly zvolené 2 A pojistky rovnou pro všechny plusové větve zdrojů.

2.4 Výběr prvků pro ovládací část

Tahle podkapitola se věnuje stručnému popisu PLC řady Micro800, rozšiřujících modulů a HMI panelu pro realizaci simulace destilací. K realizaci blackboxu a demonstrační úlohy jsem obdržel hlavní modul PLC Micro870, rozšiřující moduly, plug-iny a HMI panel PanelView 800: 2711R – T10T.

2.4.1 PLC

PLC obecně slouží k řízení procesů v průmyslu a domácnostech (smart home). Průmyslové automaty se vyznačují značnou modularitou, odolností vůči vibracím, potřebným výkonem a dalšími vlastnostmi. Průmyslový automat se volí podle požadavků pro konkrétní realizaci. Musí se myslet na potřebný počet vstupů a výstupů, na množství dostupných rozšiřovacích modulů, na velikost paměti a další.

2.4.2 PLC řady Micro800

PLC Micro870 (katalogové číslo 2080 – LC70 – 24QBB) [6] bylo dodáno k realizaci blackboxu a má 14 vstupů a 10 výstupů. PLC se napájí 24 V DC. Je možné k hlavnímu modulu připojit až 8 expanzních modulů a 3 plug-iny, ale v případě připojení víc jak 4 modulů je potřeba přidat za 4. modul přídatný napájecí modul. Na konec sestavy se musí přidat i ukončení sběrnice. Pro programování toho typu PLC se využívá vývojového prostředí s názvem: Connected Components Workbench. Můžeme využít tyto programovací jazyky: ST, LAD a FBD.

K PLC [7] byly dodány tyto moduly:

- 2085 - IF8: 8 – kanálový – napěťový/proudový vstup
- 2085 – OF4: 4 – kanálový – napěťový/proudový výstup
- 2085 – OB16: 16 – pinový – 12/24 V DC sink/source tranzistorový výstup
- 2085 – OW16: 16 – pinový – AC/DC Reléový výstup
- 2085 – IQ16: 16 – pinový – 12/24 V DC sink/source vstup
- 2085 – EP24VDC: přídatný napájecí modul pro další moduly (pokud jich je víc než pět)
- 2085 – ECR: sběrnice ukončovač

A tyto plug-iny [9]:

- 2080 – MOT-HSC: vysokorychlostní čítač
- 2080 – MEMBACK-RTC2: záloha paměti a vysoce přesný RTC
- 2080 – RTD2: modul pro měření teploty pomocí RTD

2.4.3 HMI PanelView 800: 2711R-T10T

HMI (Human Machine Interface) [13] tvoří rozhraní mezi člověkem a strojem. HMI panely umožňují grafické zobrazení vytvořeného procesu a jeho nastavování. Pomocí panelu je také možné zobrazovat průběhy veličin v grafech.

HMI PanelView 800: 2711R – T10T [8] je grafický panel od firmy Allen-Bradley. Tato řada HMI panelů (PanelView 800) nabízí několik typů grafických panelů s různou úhlopříčkou. Pro realizaci bakalářské práce jsem obdržel 10“ variantu s těmito základními parametry:

- 24 V DC napájení
- Dotykový barevný TFT LCD displej
- 256 MB RAM
- 256 MB uložení
- 800 MHz CPU
- Konektivita: Ethernet port, USB port, SD slot a porty pro sériové linky
- Operační systém: Windows Embedded Compact 6.0
- Vývojové prostředí: CCW

2.4.4 Snímač teploty Pt1000

Pro snímání okolní teploty jsem obdržel RTD senzor teploty Pt1000 [21] od firmy Allen – Bradley. Ke snímači byl dodán i příslušný propojovací kabel s konektorem. Teplotní rozsah senzoru je standardně -30 až 130 °C.

2.5 Výběr prvků pro montážní (mechanickou) část

Tahle podkapitola se věnuje výběru rozvaděče, konektorů, svorek, vodičů a volbě žlabu.

2.5.1 Rozvaděč

Rozvaděč slouží pro bezpečné umístění prvků, které jsou napájeny nebezpečným napětím. Rozvodná skříň chrání prvky v ní umístěné před nežádoucími vlivy okolí a také ochrana před dotykem živých částí. Rozvaděč se volí podle typu umístění, podle velikosti, podle určení a podle dalších kritérií. Rozvaděč by měl být mírně naddimenzovaný, co se týče velikosti, a to kvůli případnému rozšiřování a kvůli cirkulaci vzduchu. V mém případě byl k dispozici rozvaděč z předešlého projektu, který svou velikostí vyhovoval pro realizaci blackboxu.

2.5.2 Konektory

Konektory [10] se využívají pro snadné, opakovatelné a rozebíratelné spojení vodičů a prvků bez použití nástrojů. Pro vytažení signálů z blackboxu jsem zvolil tyto typy samořezných konektorů (vidlice i zásuvky pro konektory CAN):

- CAN 9: pro sériovou linku RS – 485
- CAN 15: pro digitální vstupy z PLC, pro digitální výstupy z PLC a pro rozšiřovací modul OF4
- CAN 25: pro rozšiřovací moduly: OB16, OW16, IF8 a IQ16

Pro vyvedení Ethernetu z blackboxu jsem využil tento typ konektorů:

- RJ45 8p8c: Cat. 6 pro externí připojení k HMI panelu a PLC

2.5.3 Svorky

Svorky slouží k pevnému a rozebíratelnému spojení [10] vodičů. Svorky se volí podle průřezů vodičů, podle jmenovitého proudu, napětí, typu spojení a podle typů vodičů, které chceme ke svorkám připojit. Zvolil jsem použití těchto typů svorek [11]:

- WDU 2,5: pro propojení fáze + rezerva (celkem 4 ks)
- WDU 2,5 BL: pro propojení nulového vodiče + rezerva (celkem 2 ks)
- WDU 2,5 BL: pro propojení nulového vodiče + rezerva (celkem 2 ks)
- WPE 2,5 ZEL. ŽL: pro propojení zemního vodiče + rezerva (celkem 2 ks)

A těchto typů svorek [17]:

- RSA 4 A BILA: pro propojení V+ ze zdroje (1 ks)
- RSA 4 A TM. MODRA: pro propojení V – ze zdroje (1 ks)

2.5.4 Vodiče

Výběr průřezu vodičů se odvíjí od maximálního proudu, který vodičem může protékat, maximálním napětím a dalšími aspekty. Dále se volí barva vodiče, aby bylo jasné, jakou funkci má daný vodič. Já využívám tyto průřezy a barvy vodičů:

- 1,5 mm² – zeleno-žlutý pro vedení země (PE)
- 1,5 mm² – modrý pro vedení středního pracovního vodiče (N)
- 1,5 mm² – modrý pro vedení mínusu ze zdrojů (V-)
- 1,5 mm² – černý pro vedení fáze (L1)
- 1,5 mm² – červený pro vedení plusů ze zdrojů (V+)

Volbu více zmíněných průřezů vodičů (1,5 mm²) jsem provedl podle tabulky [12]. Z ní je patrné, že průřez vodiče 1,5 mm² je vhodný pro maximální proud kolem 18 A při volném uložení, což je vzhledem k propojeným prvkům naprosto dostačující.

2.5.5 Ploché kabely

Ploché kabely se využívají např. na vedení signálů nebo na napájení prvků. Ploché kabely jsou k dostání v různých barvách, v různých průřezech a s různým počtem žil, takže volba konkrétního typu plochého kabelu se řídí podobnými kritérii, jako samostatné vodiče popsané výše. Pro svou aplikaci jsem dostal různobarevný plochý 27 žilový kabel o průřezu 0,16 mm². Průřez jednotlivých žil se může zdát malý, ale vzhledem k tomu, že plochý kabel slouží k vedení signálů ze vstupů/výstupů PLC, expanzních modulů a plug-inů a nebude jím protékat veliký proud a napětí, tak to v mojí aplikaci nevádí. Konce plochých kabelů jsou zařezány do konektorů, které jsou umístěny na bočním plechu rozvaděče (viz kapitola: 2.5.2).

2.5.6 Žlab

Žlab slouží k uložení vodičů a kabelů na montážních deskách a rozvaděčích. Volba správného žlabu se odvíjí od množství vodičů, kabelů, od prostoru v rozvodné skříni a od dalších aspektů. Vzhledem k velikosti montážní desky a také vzhledem k množství potenciálních vodičů a kabelů jsem zvolil žlab o rozměrech 40x60 mm.

3 ZAPOJENÍ BLACKBOXU

Tato kapitola se zabývá popisem realizace elektrického zapojení v projekčním programu EPLAN a také fyzické realizaci zapojení rozvaděče. V podkapitolách je blíže rozebrán postup realizace jednotlivých částí.

3.1 Realizace zapojení v programu EPLAN

Program EPLAN je hojně využívaný projekční program, který slouží k realizaci návrhu elektrických zapojení. V programu lze realizovat i 3D vizualizaci zapojení a také samozřejmě 2D vizualizaci rozložení prvků na montážním plechu, a i rozložení mechanických prvků (vývodek, spínačů a dalších). EPLAN má rozsáhlou podporu a velkou knihovnu prvků. Pomocí Data portálu je možné stáhnout potřebné prvky. Při realizaci zapojení jsem vycházel z technické dokumentace pro PLC [6], HMI [8], expanzní moduly [7] a plug-in moduly [9]. Schéma je rozděleno na jednotlivé části podle kapitoly 2.2, akorát přibyla ještě jedna část, a to přehledová. Celé schéma zapojení je v Příloha C 2.

3.1.1 Napájecí část

Napájecí část je na druhé straně ve schématu, kde je realizováno propojení napájecích prvků (zdroj 1 a zdroj 2), bezpečnostních prvků (jistič, vačkový spínač a jištění HMI) a mechanických prvků (svorky a nap. konektor). Jednotlivé napájecí potenciály vedou na další strany.

3.1.2 Ovládací část

Ovládací část je na stranách 3 až 12 ve schématu. Ovládací část je zaměřena na zapojení PLC, HMI, expanzních modulů a plug-in modulů. Jednotlivé části, tím jsou myšleny vstupy/výstupy PLC, napájení HMI, zapojení jednotlivých expanzních modulů a plug-inů, jsou na samostatných stránkách pro jednodušší orientaci a pro přehlednost. Všechny vstupy a výstupy jsou přivedeny na konektory popsané v kapitole 2.5.2.

3.1.3 Mechanická (montážní) část

Mechanická (montážní) část je na stranách 20, 36, 50 (čísla stránek byla zvolena větší proto, aby bylo možné v případě potřeby snáze přidat mezi zmíněné stránky další) ve schématu. Tato část se věnuje vizuálnímu návrhu rozložení prvků (kontrolky, konektorů, HMI panelu a vypínače) na montážním plechu, předních dvířkách a bočním plechu.

3.1.4 Přehledová část

Přehledová část je na stranách 13 až 17 ve schématu. Přehledová část je vygenerovaná automaticky a najdeme v ní souhrnný kusovník artiklů použitých ve schématu a také přehled svorkovnic (plán, přehledové schéma).

3.2 Označení prvků a vodičů ve schématu a v rozvaděči

Každý prvek musí mít své označení. Tato označení slouží pro orientaci ve schématu. Pojmenování jednotlivých komponent vychází z jejich funkce. Příklady označení: jistič se označuje jako FAX, kde X představuje číslo, pod kterým je daný jistič označen ve schématu. Dále například označení pojistky, která se označuje jako FUX, kde X opět představuje číslo prvku. Obdobně to funguje i u ostatních prvků. Při značení jsem se řídil podle příručky zapojení Moeller [5]. Vodiče se značí následovně: Prvek: kontakt/pin/svorka. Příklad pro jistič:

- FA1: 1

3.3 Praktická realizace zapojení

Zapojení bylo realizováno podle vytvořeného schématu v Příloha C 2. Jednotlivé elektrické prvky (například: jistič, zdroje, pojistky) byly nejprve osazeny na DIN lišty. Následně byly jednotlivé vodiče vedeny podle schématu na příslušné prvky přes žlab anebo flexibilní ochranu. Konce jednotlivých vodičů se připojovaly k daným kontaktům pomocí dutinek o příslušných průřezech. Všechny vstupy a výstupy ovládací části byly přivedeny pomocí vícežilového plochého kabelu ke konektorům na bočním plechu rozvaděče. Fotky z výsledné realizace naleznete v Příloha C 7.

3.3.1 Uzemnění

Uzemnění [14] je kombinace prostředků, jimiž se elektrická instalace nebo alespoň její část dotýká se země. Význam uzemnění spočívá ve spojování vodiče nebo vodivé části se zemí.

Uzemňujeme kvůli:

- Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- Ochrana před bleskem a přepětím
- Pro správnou funkci elektrického zařízení

Uzemnění je realizované pomocí zelenožlutého ochranného vodiče o průřezu 4 mm². Tento průřez byl zvolen podle informací v tomto zdroji [14]. V článku je napsáno, že pokud je ochranný vodič nechráněný proti mechanickému poškození a pokud není ochranný vodič ve společném obložení, tak nesmí být průřez ochranného vodiče menší než 4 mm².

3.4 Nastavené IP adresy u HMI panelu a PLC

Pro PLC se nastavila tato IP adresa: 192.168.1.213. Pro HMI PanelView 800: 2711R-T10T se nastavila tato IP adresa: 192.168.1.232.

4 SIMULACE DEMONSTRAČNÍ ÚLOHY

Tato kapitola je věnována návrhu a realizaci simulace destilační kolony, která je zaměřená na provedení vykreslení tepelných dějů u vybraných typů destilace, a to konkrétně: prostá destilace a destilace s vodní parou. Simulace neřeší úbytek destilované látky v destilační baňce ani třeba množství vydestilované látky ani další vlastnosti související s plnohodnotnou simulací destilace. V jednotlivých podkapitolách je blíže specifikován postup při realizaci simulace ve vývojovém prostředí: Connected Components Workbench Standard Edition. V Příloha C 5 je celý projekt.

4.1 Návrh simulace tepelných dějů

Návrh simulace tepelných dějů je realizovaný pro destilaci s vodní parou a pro prostou destilaci. Návrh je z fyzikálního hlediska maximálně zjednodušený a „zidealizovaný“. Znamená to, že se řeší jen izolovaná soustava, na kterou nepůsobí vnější vlivy a kterou lze jednodušeji matematicky popsat a následně nasimulovat. Vzhledem k maximálnímu zjednodušení se neřeší například roztažnost látek v baňce a další. Pro vytvoření simulace tepelných dějů ve výše zmíněných typech destilace byly použité rovnice popisující oteplovací a ochlazovací děj. Dále zjednodušená kalorimetrická rovnice, která popisuje tepelnou výměnu a vztah pro určení doby ukončení děje v závislosti na potřebném množství dodaného tepla tak, aby se látka ohřála nebo ochladila na požadovanou teplotu při dodávaném konstantním výkonu.

4.1.1 Oteplovací a ochlazovací děj

Závislost teploty na čase je při ohřívání či ochlazování tělesa konstantním výkonem dodávaného ohříváče nebo chladiče popsána následujícími rovnicemi a graficky se znázorňuje jako oteplovací nebo ochlazovací křivka (Obr 10) [18].

Pro tepelný děj platí:

$$\Delta\theta(t) = \Delta\theta_{\max} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (4.1)$$

kde $\Delta\theta_{\max}$ představuje rozdíl mezi maximální a minimální teplotou a je tedy ve stupních Celsia, t je doba ukončovacího děje v sekundách a τ je časová oteplovací konstanta také v sekundách.

Pro ochlazovací děj platí:

$$\Delta\theta(t) = \Delta\theta_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (4.2)$$

kde $\Delta\vartheta_{max}$ představuje rozdíl mezi maximální a minimální teplotou a je tedy ve stupních Celsia, t je doba ukončovacího děje v sekundách a τ je časová ochlazovací konstanta také v sekundách.

4.1.2 Určení doby ukončení děje

Pro určení doby ukončení děje potřebné pro ohřev nebo ochlazení dané látky na určitou teplotu v závislosti na konstantním dodávaném výkonu slouží následující vztahy, který vychází z předpokladu, že známe potřebné množství tepla pro ohřev či ochlazení látky a máme známý konstantní výkon. Potřebné množství tepla určíme za pomoci zjednodušené kalorimetrické rovnice [18], [19]:

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta\vartheta = V \cdot \rho \cdot C_v \cdot (T_k - T_p) \quad [J = Ws], \quad (4.3)$$

kde V je objem baňky [m^3], ρ hustota látky [$kg \cdot m^{-3}$], C_v je měrná tepelná kapacita [$\frac{J}{kg \cdot K}$], T_k je konečná teplota [$^{\circ}C$], T_p je počáteční teplota [$^{\circ}C$] a P je konstantní výkon [W].

Výkon ohříváče nebo chladiče nám udává množství dodávaného tepla látky za 1 s. Díky tomu můžeme určit čas potřebný pro dosažení potřebné teploty [19]:

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{V \cdot \rho \cdot C_v \cdot (T_k - T_p)}{P} \quad [s], \quad (4.4)$$

kde V je objem baňky [m^3], ρ hustota látky [$kg \cdot m^{-3}$], C_v je měrná tepelná kapacita [$\frac{J}{kg \cdot K}$], T_k je konečná teplota [$^{\circ}C$], T_p je počáteční teplota [$^{\circ}C$] a P je konstantní výkon [W].

Určení doby ukončení děje je potřebné pro rovnice řešící oteplovací a ochlazovací děje (4.1) a (4.2).

4.1.3 Určení časové konstanty τ

Pro určení časové konstanty τ pro oteplovací a ochlazovací děj je potřebné znát dva body křivky dané rozdílem teplot v daných časech. V mém případě znám rozdíly teplot a časy, kdy se ukončí děj (t_1) s rozdílem teplot $\Delta\vartheta_1$ a kdy započne děj (t_2) s rozdílem teplot $\Delta\vartheta_2$. Zjištění časové konstanty τ ze vztahu [20]:

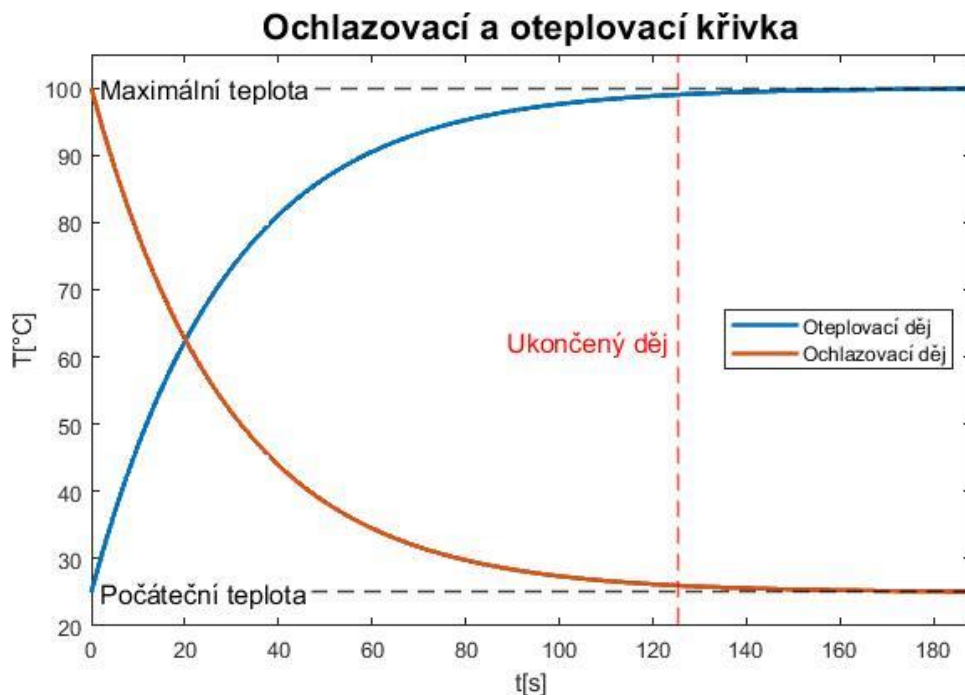
$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{\Delta\vartheta_1}{\Delta\vartheta_2}} \quad [s], \quad (4.5)$$

kde t_2 je čas zahájení děje [s], t_1 čas ukončení děje [s], $\Delta\vartheta_1$ je rozdíl teploty v čase ukončení děje [$^{\circ}C$], $\Delta\vartheta_2$ je rozdíl teploty v čase zahájení děje [$^{\circ}C$]

Určení časové konstanty τ je potřebné pro rovnice řešící oteplovací a ochlazovací děj (4.1) a (4.2).

4.2 Ověření vykreslování křivek tepelných dějů

Před softwarovým řešením vykreslování tepelných dějů jsem vytvořil skript v Matlabu (Příloha C 6) pro ověření teorie. Ve skriptu jsou použity rovnice a vztahy z podkapitoly 4.1. Na začátku skriptu se zadávají počáteční parametry v příslušných jednotkách. Zbytek probíhá automaticky. Pro ukázkou byl zvolen příklad s ohřevem a chlazením vody [19]. Počáteční teplota je zvolena na 25 °C. Maximální teplota je teplota varu vody, tedy 100 °C. Pro zjednodušení byl zvolen stejný výkon $P = 2000 \text{ W}$ pro ohřev i ochlazení. Objem baňky je 1,2 l. Tento objem je vynásobený 2/3 pro splnění doporučeného pravidla z kapitoly 1.2.



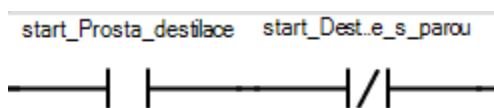
Obr 10: Vykreslení tepelných dějů, jako příklad byla zvolena voda

4.3 Realizace simulace tepelných dějů

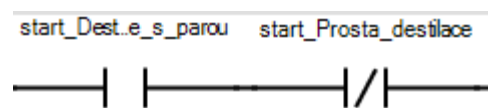
Po ověření teorie v kapitole 4.2 byly aplikovány vztahy a vzorce do softwarového řešení. Celý projekt je v Příloha C 5 a dokumentace k vizualizaci a simulaci je v Příloha C 3 a v Příloha C 4. Jednotlivé části programu jsou řešeny jako funkční bloky s individuálními lokálními proměnnými, které jsou v Mainu propojeny do funkčního celku s přivedením globálních proměnných na vstupy a výstupy jednotlivých bloků. Zvolil jsem tento postup kvůli většímu přehledu v programu a také kvůli tomu, že úkolem bylo realizovat simulaci tepelných dějů ve zmiňovaných typech destilací. Malé písmenko před názvem proměnné představuje typ dané proměnné. Příklad „rAktualTemp“ je typu REAL. „bStart“ je typu BOOL. Použité globální proměnné jsou v Příloze B.

4.3.1 Main

V Mainu je realizovaný celý chod programu. Zahájení prosté destilace proběhne při aktivaci globální proměnné „start_Prosta_destilace“. Zároveň je pomocí reverzního kontaktu „start_Destilace_s_parou“ zabezpečeno, aby jela pouze jedna destilace. Pro zapnutí destilace s vodní parou to funguje obdobně. Po startu příslušné destilace dojde k sepnutí akčních prvků (čerpadla chladící kapaliny, ohřívače, lednice) a při nenulových vstupních parametrech i k sepnutí funkčních bloků řešících vykreslování tepelných dějů. Vstupní a výstupní lokální parametry jsou u každého funkčního bloku inicializovány pomocí příslušných globálních proměnných.



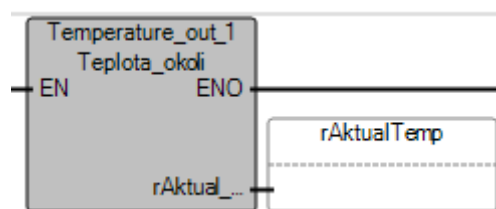
Obr. 11: Řešení startu prosté destilace



Obr. 12: Řešení startu destilace s vod. parou

4.3.2 Funkční blok – Teplota_okolí

Tento blok slouží k úpravě analogové hodnoty získané z teplotního snímače Pt1000 na zobrazitelnou reálnou hodnotu teploty okolí. Upravená hodnota se ukládá do globální proměnné „rAktualTemp“. Tato proměnná se dále využívá v blocích pro vykreslování tepelného a ochlazovacího děje jako počáteční teplota.



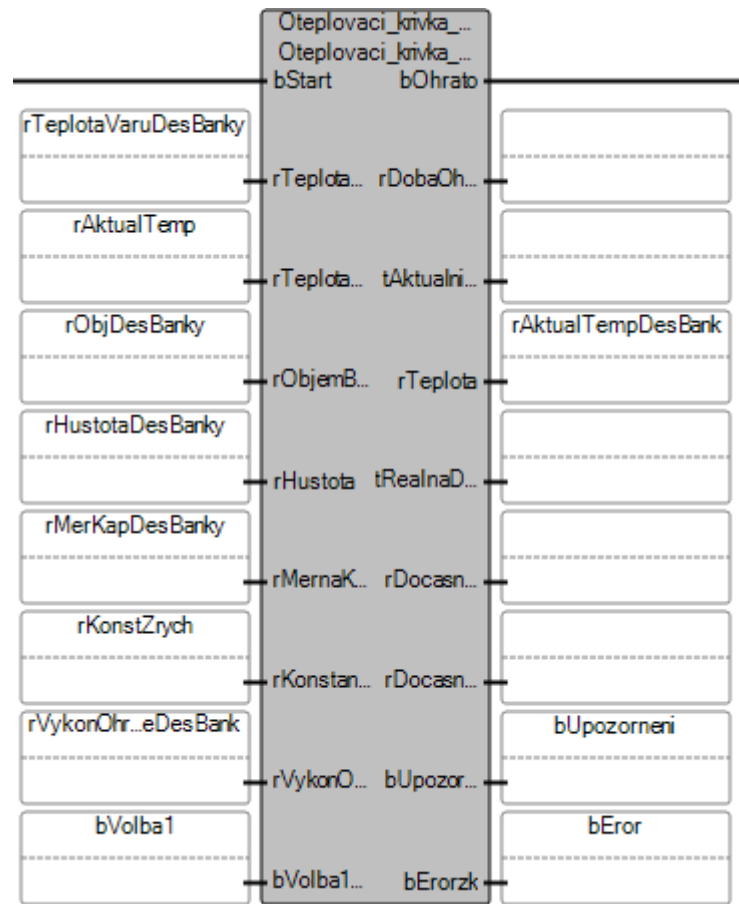
Obr. 13: Funkční blok pro získání teploty ze snímače Pt1000

4.3.3 Funkční blok – Prevod

Tento funkční blok slouží pouze k převodu datového typu LREAL na REAL, aby bylo možné zobrazit teplotu na HMI panelu, protože grafický panel nepracuje s datovým typem LREAL.

4.3.4 Funkční blok – Oteplovací_krivka_des_banky

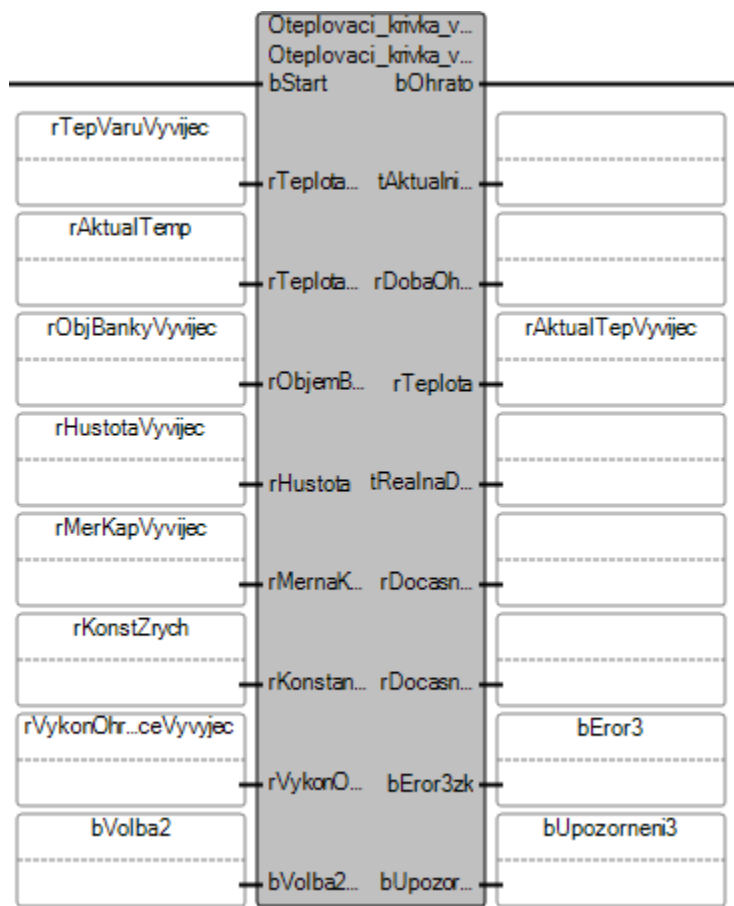
V tomto bloku je za pomoci vzorců a vztahů uvedených v kapitole 4.1 realizováno vykreslování tepelného děje v čase. Pro vykreslení děje v čase je na začátku bloku inicializovaný časovač se zpožděným sepnutím. Pokud je splněná podmínka nenulových vstupních parametrů, tak se provedou dílčí výpočty nutné pro počítání aktuální teploty a následné vykreslování průběhu. Rozdíl teplot je uložený do proměnné „rRozdilTeplot“. Výpočet času ukončení tepelného děje podle vztahu (4.1) se počítá s objemem, který je vynásobený 2/3, aby bylo splněno doporučené pravidlo z kapitoly 1.2, kdy by měla být baňka naplněna jen ze 2/3. Výsledná doba ukončení je uložena v proměnné „rCas“. Tato hodnota typu REAL je následně konvertována na proměnnou „tCas“ typu TIME a vynásobena 1000 a to proto, aby byl čas v sekundách. Proměnná „tCas“ se využívá pro nastavení doby časovače. Do proměnné „tRealnaDobaOhrevu“ se ukládá proměnná „tCas“, tato proměnná slouží pro sledování doby ukončovacího děje v Mainu. Hodnota časové konstanty τ počítané podle vztahu (4.5) je uložena v proměnné „rTau“. Časovač se sepne při detekci náběžné hrany na vstupu „bStart“ a při splnění podmínek, kdy žádný z parametrů není nulový. Po sepnutí dochází k vynulování dílčích proměnných, nastavení optimální hladiny „bOptimalniHladina“ a k výpočtům aktuální teploty podle vztahu (4.1). Tato teplota se ukládá do proměnné „rTeplota“. Při výpočtu aktuální teploty uložené v proměnné „rTeplota“ se proměnná „rTime“ násobí proměnnou „rKonstantaZrychlení“, a to kvůli možnosti zrychlení vykreslování průběhu. Při dosažení ukončovacího děje se výstup „bOhrato“ nastaví na TRUE. Při splnění příslušné podmínky (ukončení děje) se proměnná „rPomocna“ nastaví na TRUE a ve vizualizaci je vygenerovaná hláška s upozorněním. Při detekci sestupné hrany na vstupu „bStart“ se vypne blok a do proměnných „rDocasnaDobaOhrevu“ a „rDocasnaTeplota“ se zapíší hodnoty detekované při sestupné hraně na vstupu. Pokud je jeden nebo více vstupních parametrů nulových, tak se proměnná „bErrorzk“ nastaví na TRUE a ve vizualizaci je vygenerovaná errorová hláška. Poslední část programu se zabývá automatickým vygenerováním vstupních parametrů. Při detekci náběžné hrany na vstupu „bVolba1“ se vyplní všechny vstupní parametry ukázkovými hodnotami. Algoritmus umožňuje automatické generování pouze u jedné z vybraných destilací. Všechny zmíněné proměnné jsou lokální.



Obr. 14: Funkční Blok pro vykreslení tepelného děje des. baňky prosté destilace

4.3.5 Funkční blok – Oteplovaci_krivka_vyvijec_par

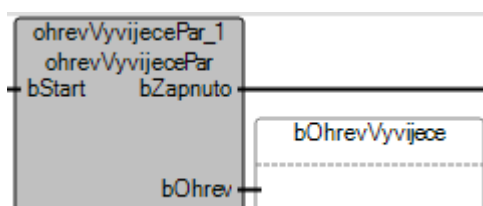
Tento blok slouží k vykreslení tepelného děje ohřevu vyvíječe par destilace s vodní parou. Algoritmus je obdobný jako v bloku „Oteplovaci_krivka_des_banky“ jen s menšími rozdíly. Konečná teplota je nastavená o 3 stupně vyšší než teplota varu vody, množství látky v baňce je nastaveno na $\frac{1}{2}$ z objemu baňky vyvíječe a blok obsahuje jiné lokální proměnné.



Obr. 15: Funkční blok pro tep. děj ohřevu vyvíječe par destilace s vod. Parou

4.3.6 Funkční blok – ohrevVyvijecePar

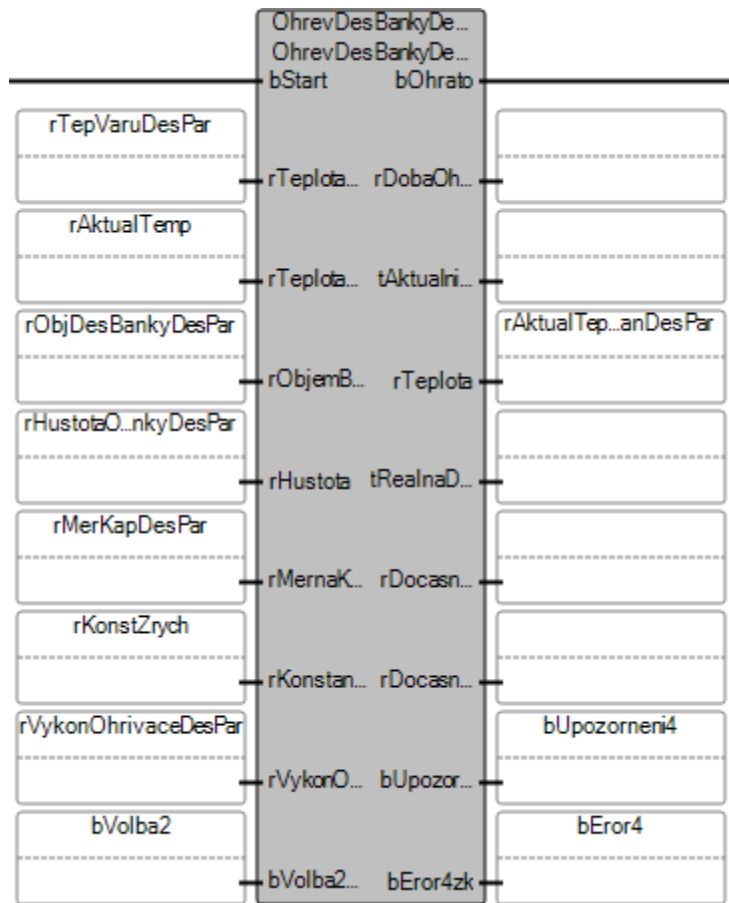
Tento blok řídí chod ohřivače vyvíječe par destilace s vodní parou. Řízení zde probíhá stejně jako u bloku „OhrevBankyDesPar“.



Obr. 16: Funkční blok ohřivače vyvíječe par destilace s vodní parou

4.3.7 Funkční blok – OhrevBankyDesPar

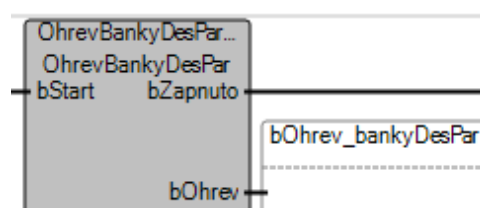
Tento blok slouží k vykreslení tepelného děje ohřevu destilační baňky destilace s vodní parou. Algoritmus vychází z blok „Oteplovaci_krivka_des_banky“ jen s jinými lokálními proměnnými.



Obr. 17: Funkční blok pro tep. děj des. baňky destilace s vodní parou

4.3.8 Funkční blok – OhrevBankyDesPar

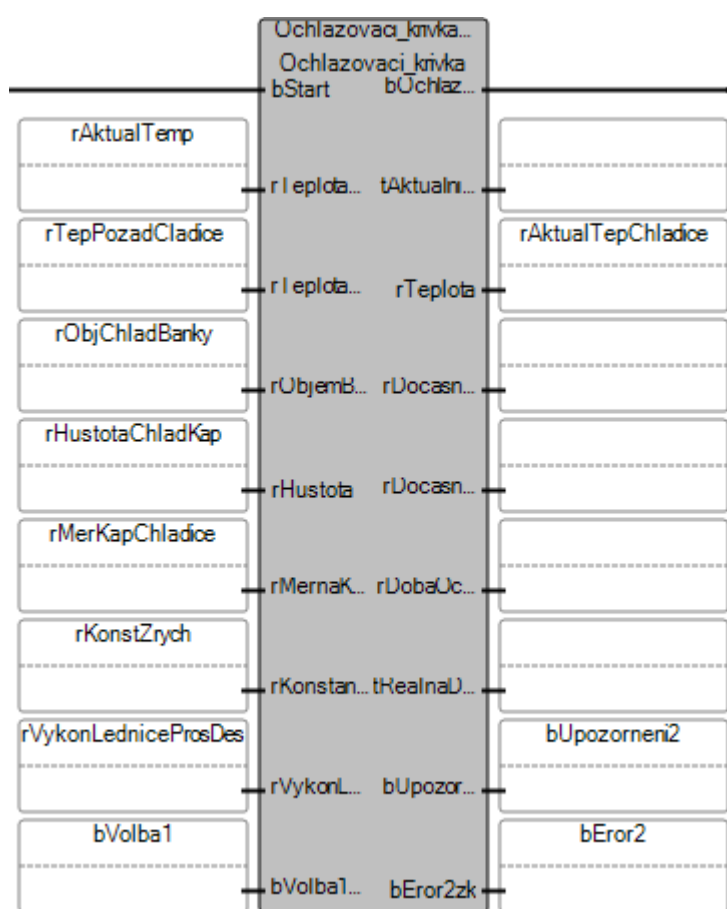
Tento blok slouží k řízení ohřevu destilační baňky destilace s vodní parou. Řízení je řešeno formou start/stop. Není tedy k řízení použitý regulátor. Při aktivaci vstupu „bStart“ se lokální proměnné představující výstup bloku („bOhrev“ a „bZapnuto“) nastaví na TRUE, jinak na FALSE.



Obr. 18: Funkční blok ohříváče destilační baňky destilace s vodní parou

4.3.9 Funkční blok – Ochlazovací_krivka

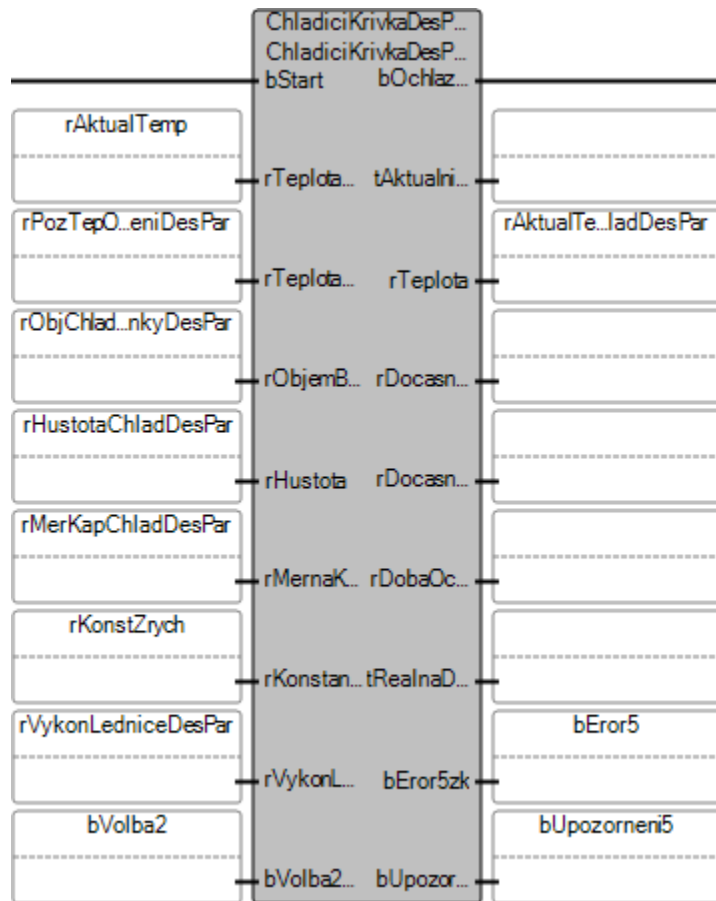
Blok slouží k vykreslení ochlazovacího děje chladícího okruhu prosté destilace. Algoritmus vychází z bloku „Oteplovací_krivka_des_banky“ s tím rozdílem, že se pro výpočet aktuální teploty nepoužívá vzorec pro oteplovací děj (4.1), ale vzorec pro ochlazovací děj (4.2) a že rozdíl teplot je brán v absolutní hodnotě. Jinak je algoritmus obdobný a jen s jinými proměnnými a jinou konstantou násobící objem – 0,75.



Obr. 19: Funkční blok pro ochlaz. děj chlad. okruhu prosté destilace

4.3.10 Funkční blok – ChladiciKrivkaDesPar

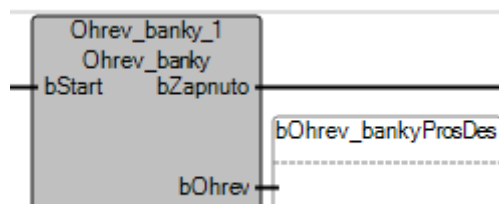
Blok slouží k vykreslení ochlazovacího děje chladícího okruhu destilace s vodní parou. Algoritmus je stejný jako blok „Ochlazovací_krivka“ jen s jinými parametry a jinou konstantou násobící objem – 0,75.



Obr. 20: Funkční blok pro ochlaz. děj chlad. okruhu destilace s vodní parou

4.3.11 Funkční blok – Ohrev_banky

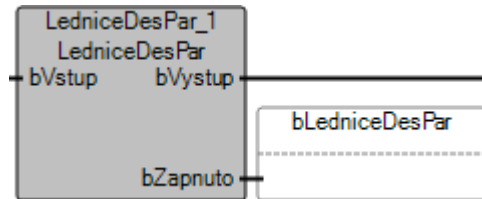
Tento blok představuje řízení ohřívače destilační baňky prosté destilace. Řízení je řešeno formou start/stop. Není tedy k řízení použitý regulátor. Při aktivaci vstupu „bStart“ se lokální proměnné představující výstup bloku („bOhrev“ a „bZapnuto“) nastaví na TRUE, jinak na FALSE.



Obr. 21: Funkční blok ohřívače destilační baňky prosté destilace

4.3.12 Funkční blok – Lednice

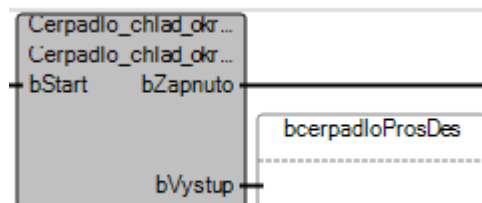
Blok slouží k řízení lednice, která je součástí chladícího okruhu prosté destilace a slouží k ochlazení cirkulující chladící kapaliny. Řízení je řešeno formou start/stop. K řízení tedy není použitý regulátor. Při aktivaci vstupu „bStart“ se lokální proměnné představující výstup bloku („bVystup“ a „bZapnuto“) nastaví na TRUE, jinak na FALSE.



Obr. 22: Funkční blok pro lednici používanou v prosté destilaci

4.3.13 Funkční blok – Čerpadlo_chlad_okruhu

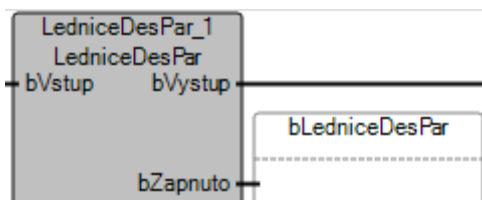
Pomocí tohoto bloku se řídí chod čerpadla chladícího okruhu prosté destilace. Řízení je řešeno formou start/stop. K řízení tedy není použitý regulátor. Při aktivaci vstupu „bStart“ se lokální proměnné představující výstup bloku („bVystup“ a „bZapnuto“) nastaví na TRUE, jinak na FALSE.



Obr. 23: Čerpadlo chladícího okruhu prosté destilace

4.3.14 Funkční blok – LedniceDesPar

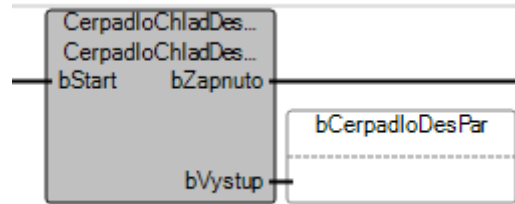
Blok je určen k řízení lednice, která je součástí chladícího okruhu destilace s vodní parou a slouží k ochlazení cirkulující chladící kapaliny. Řízení zde probíhá stejně jako u bloku „Lednice“.



Obr. 24: Funkční blok lednice chlad. Okruhu destilace s vodní parou

4.3.15 Funkční blok – ČerpadloChladDesPar

Pomocí tohoto bloku se řídí chod čerpadla chladící kapaliny destilace s vodní parou. Řízení zde probíhá stejně jako u bloku „Čerpadlo_chlad_okruhu“.



Obr. 25: Čerpadlo chladícího okruhu destilace s vodní parou

4.3.16 Demo parametry

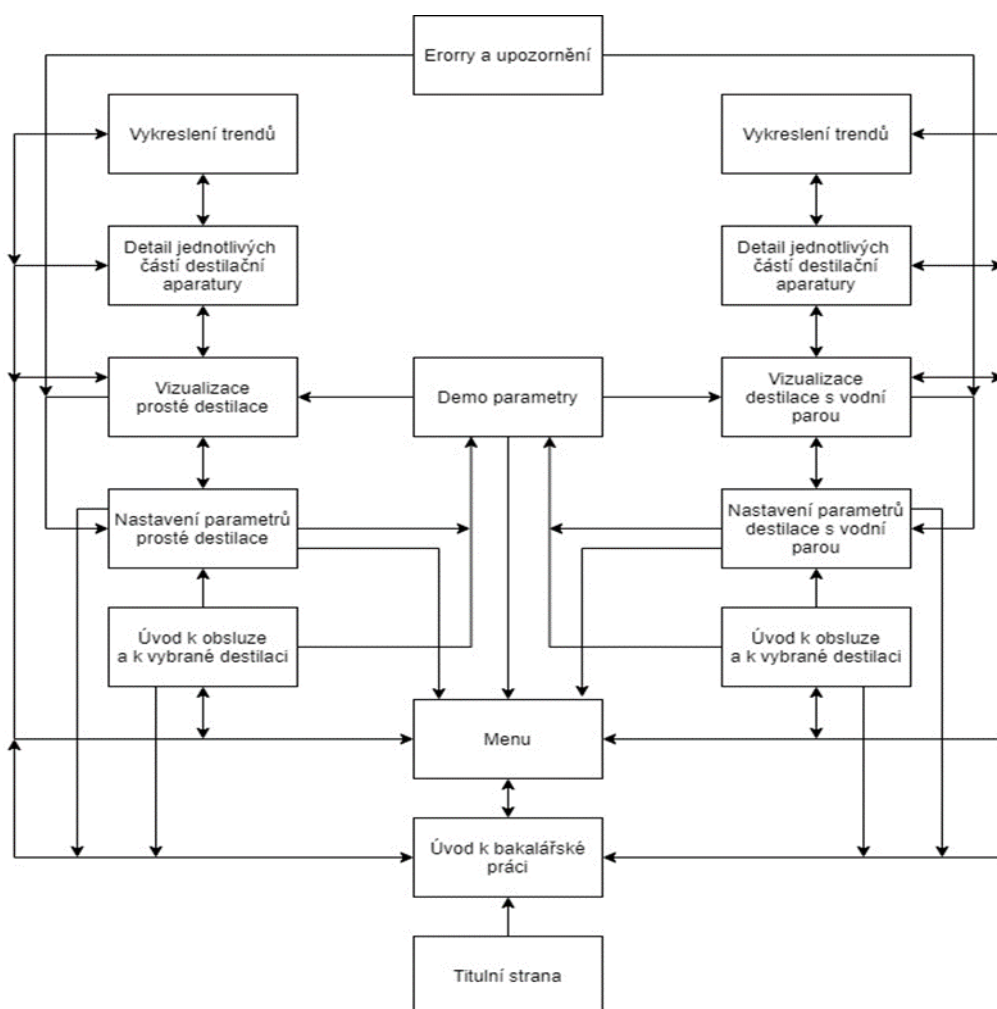
V každém bloku, který slouží pro vykreslení oteplovacího nebo ochlazovacího děje, je globální vstupní parametr „Volba1“ pro prostou destilaci a „Volba2“ pro destilaci s vodní parou. Tyto vstupy slouží k zapnutí automatického vygenerování ukázkových parametrů. Pro ukázkou byla zvolena destilace směsi acetonu a vody. Jako chladící médium je použita voda u prosté destilace a ethylenglykol u destilace s vodní parou. Parametry ethylenglykolu použité v programu jsou převzaty z fyzikálních tabulek [22].

5 VIZUALIZACE DEMONSTRAČNÍ ÚLOHY

Tato kapitola je věnována realizaci vizualizace destilační kolony, která je zaměřená na vykreslování tepelných dějů u vybraných typů destilace, a to konkrétně: prosté destilaci a destilaci s vodní parou. V jednotlivých podkapitolách je blíže specifikován postup při realizaci vizualizace ve vývojovém prostředí: Connected Components Workbench Standard Edition. Statické obrázky destilační aparatury pro jednotlivé destilace vychází z obrázku destilační aparatury pro destilaci s vodní parou [1]. Vygenerovaná dokumentace s proměnnými a s grafickým náhledem na jednotlivé obrazovky je dostupná v Příloha C 3. V Příloha C 5 je celý projekt a v Příloha C 7 jsou demonstrační videa s realizovanou vizualizací.

5.1 Návrh vizualizace

Návrh vizualizace vychází z následujícího přehledového blokového schématu:



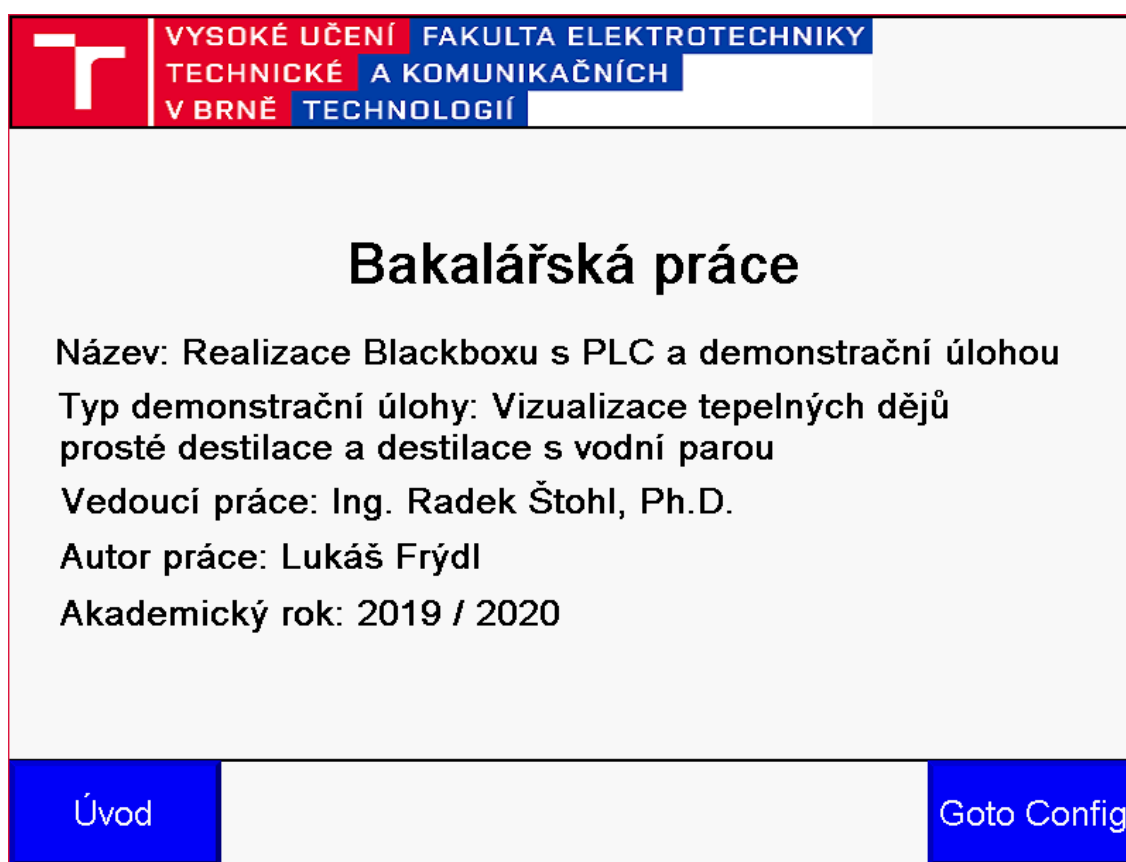
Obr. 26: Blokový návrh řešení vizualizace destilací

Blokové schéma vizualizace je rozděleno na několik částí: titulní strana, menu, úvody, nastavení parametrů, vizualizace jednotlivých destilací, vizualizace dílčích částí, vykreslování trendů a chybová a jiná hlášení.

5.2 Popis jednotlivých částí vizualizace

5.2.1 Titulní strana

Při spuštění je nastavená jako titulní strana obrazovka s obecnými informacemi o zadání. Pro pokračování je třeba kliknout na blok „ÚVOD“. Po kliknutí se dostanete na obrazovku ÚVOD.



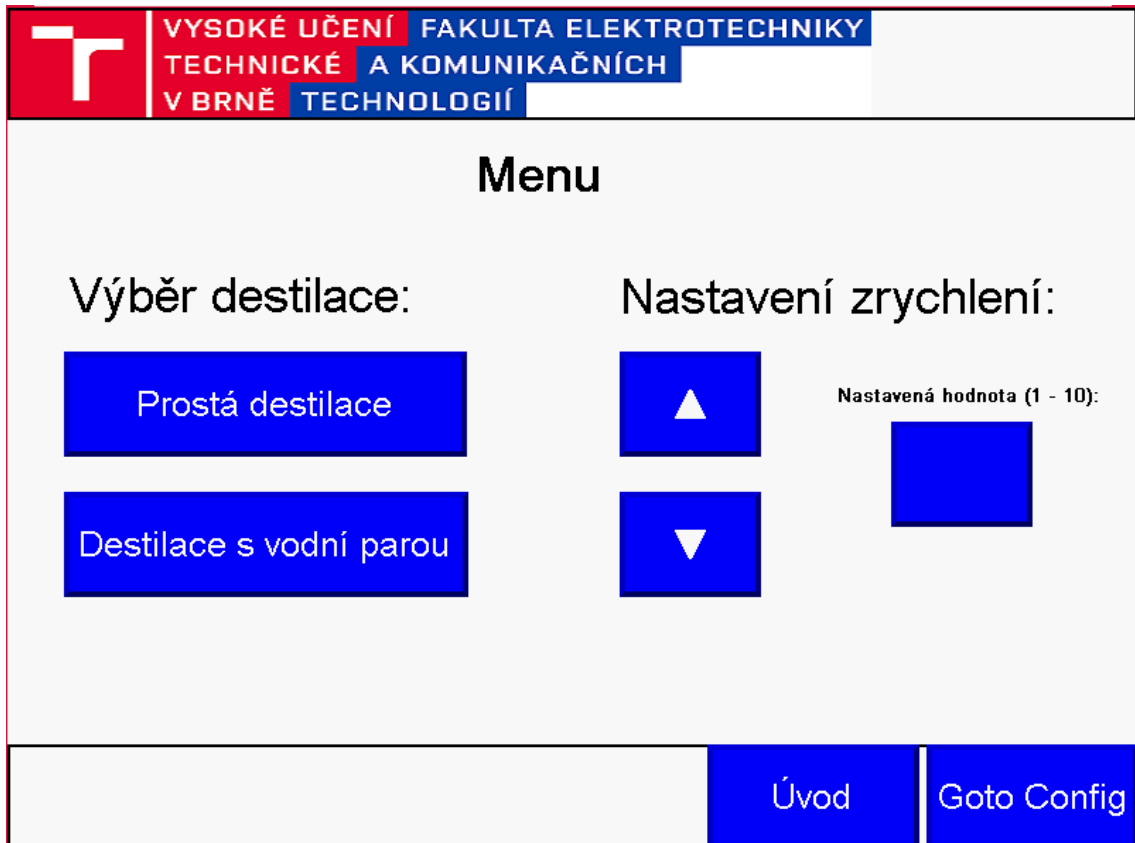
Obr. 27: Titulní strana vizualizace

5.2.2 Úvod k bakalářské práci

Obrazovka „ÚVOD“ slouží k popisu základních informací o vizualizaci. Pro pokračování je nutné kliknout na blok „Menu“. Poté dojde k přesměrování na obrazovku se základními volbami.

5.2.3 Menu


Menu obrazovka slouží k prvotnímu výběru žádaného typu destilace a k nastavení zrychlení. Výběr destilace se provede kliknutím na jeden z dvou bloků: „Prostá destilace“ a „Destilace s vodní parou“. Zrychlení lze nastavit pomocí šipek od 1 do 10. Zrychlení je defaultně nastavené na 1. Po kliknutí na požadovaný blok s názvem preferované destilace dojde k přesměrování na úvodní obrazovky vybrané destilace.



Obr. 28: Obrazovka se základním výběrem – menu

5.2.4 Úvod k obsluze a k vybrané destilaci

Na těchto obrazovkách je základní seznámení s vybranou destilací, s postupem vykreslení tepelných dějů a s informacemi, jak vyplnit požadované vstupní parametry. Přejít mezi obrazovkami je realizovaný pomocí příslušných bloků ve spodní části dané obrazovky. Pro pokračování je nutné buď kliknout na blok „Demo parametry“, nebo na „Nastavení parametrů“. V případě kliknutí na „Demo parametry“ dojde k přesměrování na obrazovku s volbou automatického vyplnění ukázkových parametrů pro jeden nebo druhý typ destilace. V případě kliknutí na „Nastavení parametrů“ dojde k přesměrování na příslušné obrazovky s uživatelským vyplňováním jednotlivých parametrů.



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

TECHNICKÉ A KOMUNIKAČNÍCH

V BRNĚ TECHNOLOGIÍ

Prostá destilace - úvod:

Tento druh destilace se využívá k separování dvou látek s rozdílem teploty varu alespoň 50 °C a nebo k oddělení rozpuštědla od netěkavé látky.

Po kliknutí na "Demo parametry" se přesunete na obrazovku, kde jsou uvedeny vzorové parametry pro odzkoušení.

Po kliknutí na tlačítko "Nastavení parametrů" budete přesunuti na obrazovky, kde je potřeba nastavit všechny počáteční parametry pro výpočet doby ukončovacího děje podle vztahu:

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{V\rho C_v(T_k - T_p)}{P}$$

Samotné tepelné děje se vykreslují podle oteplovacího a ochlazovacího děje, a to podle těchto rovnic:

Oteplovací děj:

$$\Delta\vartheta = \Delta\vartheta_{max} * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Ochlazovací děj:


$$\Delta\vartheta = \Delta\vartheta_{max} * e^{-\frac{t}{\tau}}$$

čas. konstanta τ :

$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{\Delta\vartheta_1}{\Delta\vartheta_2}}$$

Úvod
Demo parametry
Další strana
Menu

Obr. 29: Obrazovka s informacemi k vybrané destilaci – část 1.



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA ELEKTROTECHNIKY


TECHNICKÉ A KOMUNIKAČNÍCH

V BRNĚ TECHNOLOGIÍ


Prostá destilace - úvod:

Obsluha programu:

Pro zadání parametrů musíte kliknout na tento tmavě modrý obdelník. Po kliknutí se zobrazí číselná dotiková klávesnice, na které můžete zadávat číselné hodnoty.



Pro kontrolu zadaných hodnot na číselné klávesnici slouží numerický displej:

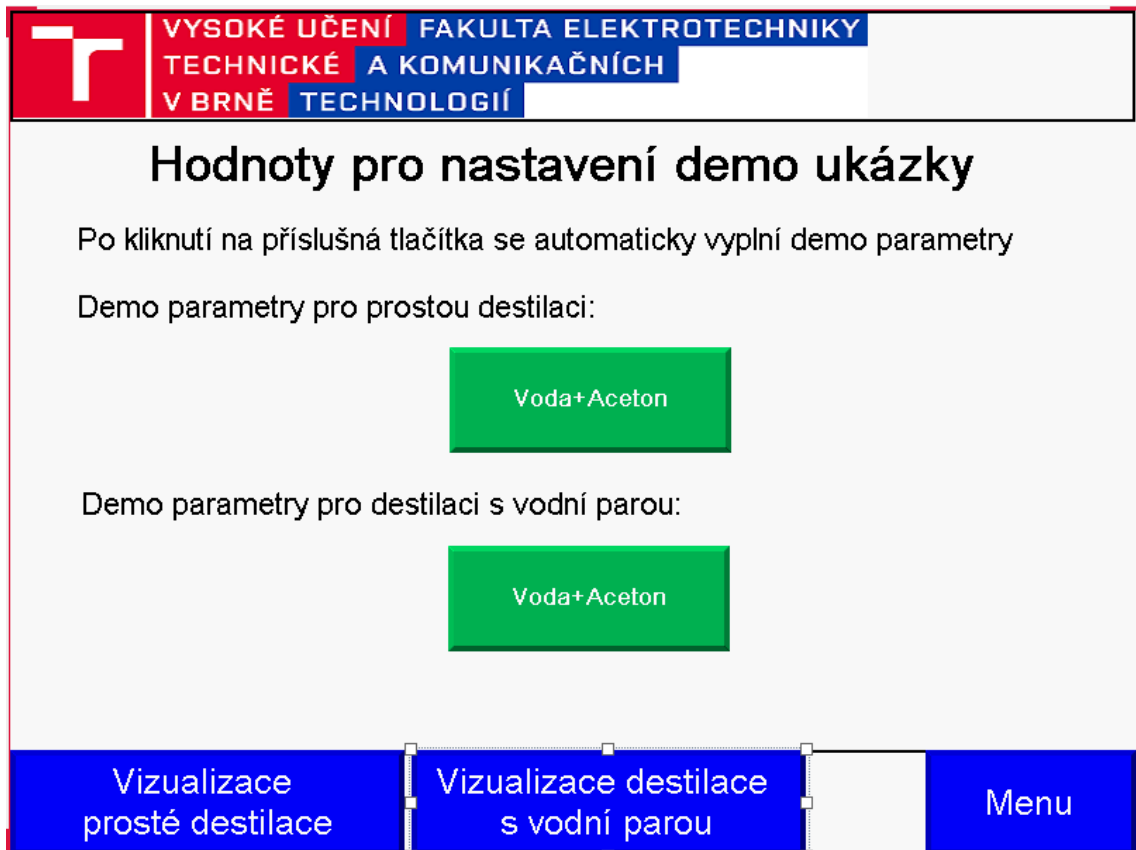


Úvod
Demo parametry
Předchozí strana
Vizualizace
Nastavení parametrů
Menu

Obr. 30: Obrazovka s informacemi k vybrané destilaci – část 2.

5.2.5 Demo parametry


Na této obrazovce je možnost volby automatického vyplnění ukázkových parametrů pro jednotlivé typy destilací. Pro výběr je nutné kliknout na jeden ze dvou bloků. Pro pokračování je nutné kliknout na „Vizualizace prosté destilace“ anebo na „Vizualizace destilace s vodní parou“. Po kliknutí dojde k přesměrování na příslušnou vizualizaci.



Obr. 31: Obrazovka s výběrem automatického módu

5.2.6 Nastavení parametrů

Příslušné obrazovky slouží k nastavení jednotlivých vstupních parametrů pro jednotlivé destilace. Pro přechod mezi jednotlivými obrazovkami slouží příslušné bloky ve spodní části dané obrazovky. Na poslední obrazovce s parametry je blok „Vizualizace“. Při kliknutí na tento blok dojde k přesměrování na obrazovku s grafickým přehledem dané vizualizace.



**VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
TECHNICKÉ A KOMUNIKAČNÍCH
V BRNĚ TECHNOLOGIÍ**

Nastavení parametrů ohřevu destilační baňky:

Nastavení objemu baňky V [l]: <input style="width: 100%; height: 20px; background-color: #0000FF; color: white;" type="text"/>	Nastavený objem: <input style="width: 100%; height: 20px; background-color: #0000FF; color: white;" type="text" value=".00"/>
Nastavení hustoty ρ [kg/m ³]: <input style="width: 100%; height: 20px; background-color: #0000FF; color: white;" type="text"/>	Nastavená hustota: <input style="width: 100%; height: 20px; background-color: #0000FF; color: white;" type="text" value=".00"/>
$t = \frac{Q}{P} = \frac{V\rho C_v(T_k - T_p)}{P}$	
Nastavení měř. tep. kapacity C_v [J kg ⁻¹ K ⁻¹]: <input style="width: 100%; height: 20px; background-color: #0000FF; color: white;" type="text"/>	Nastavená měř. tep. kapacita: <input style="width: 100%; height: 20px; background-color: #0000FF; color: white;" type="text" value=".00"/>

Úvod

Úvod k dané destilaci

Předchozí strana

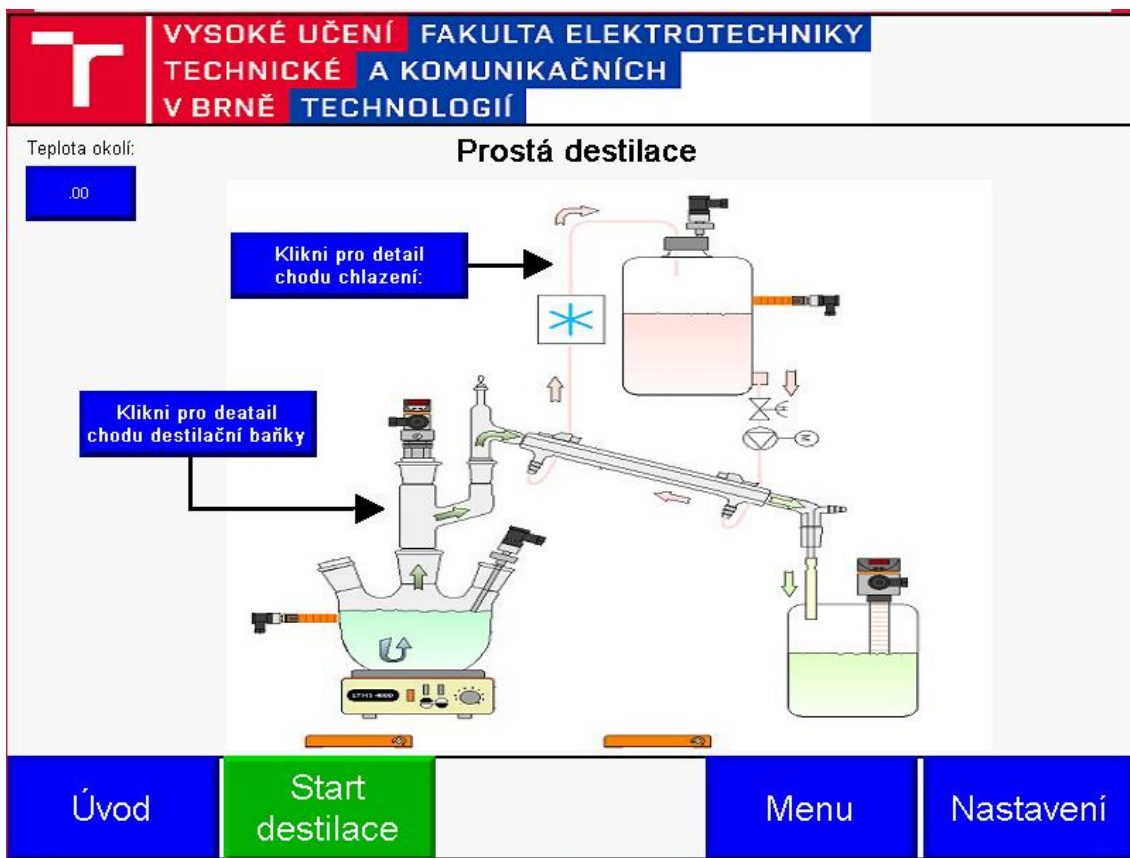
Další strana

Menu

Obr. 32: Příklad obrazovky s manuálním nastavením vstupních parametrů

5.2.7 Vizualizace příslušné destilační aparatury

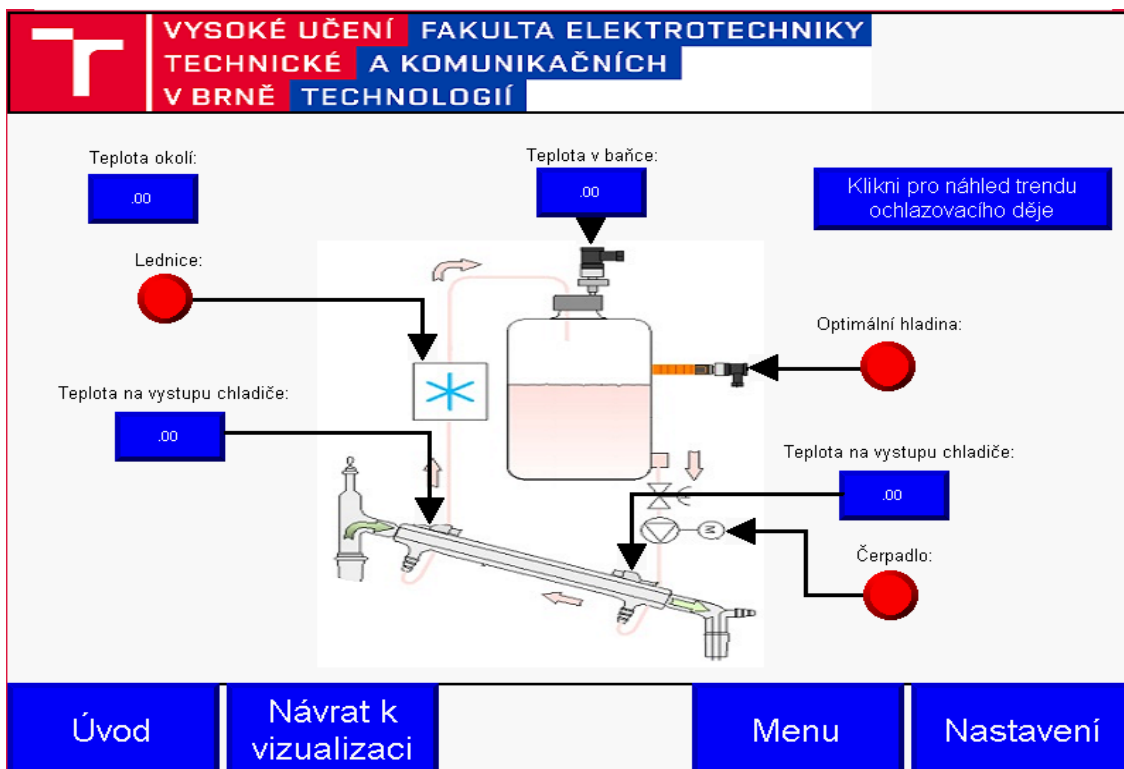
Tyto obrazovky slouží ke grafickému přehledu celku dané destilace a ke startu nebo stopnutí chodu příslušné destilace. V případě nezadaných parametrů se při kliknutí na tlačítko „Start“ v horní části obrazovek objeví chybová hlášení o nezadání parametrů u příslušných nastavení a proces destilace nezačne, dokud nejsou zadány všechny parametry. Pro vizuální přehled chodu jednotlivých částí destilační aparatury dané destilace je potřeba kliknout na blok odkazující na část aparatury. Po kliknutí na příslušný blok začínající „Klikni pro detail“ dojde k přesměrování na danou obrazovku, na které je přehledně vidět chod dané částí destilační aparatury. Tento způsob zobrazení byl zvolen kvůli lepšímu přehledu.



Obr. 33: Grafický přehled celé vybrané destilace

5.2.8 Vizualizace dílčích částí destilační aparatury

Obrazovky jsou určeny k detailnímu zobrazení části zvolené destilační aparatury. Díky zobrazení dané části je dosaženo většího přehledu v chodu dané části. Tím je myšleno to, že je zde vidět chod dílčích částí jako například ohříváče destilační baňky nebo třeba chod čerpadla chladící kapaliny v chladícím okruhu a další. Při kliknutí na blok začínající „Klikni pro náhled trendu“ dojde k přesměrování na příslušnou obrazovku, kde lze pozorovat daný tepelný děj zvolené části destilační aparatury.



Obr. 34: Grafický přehled chodu chladičího okruhu u prosté destilace

5.2.9 Vykreslení příslušných trendů

Tyto obrazovky jsou určeny k vykreslení tepelných dějů zvolené destilace a k zobrazení chodu destilace (start/stop).



Obr. 35: Příklad obrazovky s vykreslováním trendů

6 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI VLASTNÍHO ŘEŠENÍ

Tato kapitola je věnována ověření funkčnosti vlastního řešení. V jednotlivých podkapitolách je blíže specifikován postup ověření funkčnosti celého řešení.

6.1 Ověření zapojení vstupů/výstupů rozvaděče

Ověření funkčnosti rozvaděče, který byl zapojený podle vlastního vytvořeného elektrického schématu, proběhlo tím způsobem, že se testovaly jednotlivé vstupy a výstupy pomocí Watch tabulek u PLC Micro870 a u PLC Compact Logix 1769-L33ERM tak, že se příslušný vstup nastavil na TRUE pokud to byl digitální vstup nebo se inicializoval na hodnotu typu INT z rozsahu, pokud to byl analogový vstup. Výsledkem testování bylo stanovení propojení jednotlivých vstupů a výstupů, které lze vidět v tabulkách v Příloze A. Pomocí Watch tabulek se nemohl ověřit výstup z expanzního modulu 2085 – OW16, protože PLC Compact Logix 1769-L33ERM nemělo vstupní reléovou kartu. Výstupy expanzního modulu byly tedy ověřeny pomocí multimetru.

6.2 Ověření funkčnosti softwarového řešení

Ověření softwarového řešení bylo provedeno tak, že se na vstup bloků přivedl jednotkový skok a tím se odstartoval proces destilace včetně spuštění akčních prvků (čerpadla chladící kapaliny, ohříváče, lednice) a spuštění vykreslení tepelných dějů. Toto ověření proběhlo pro prostou destilaci, kdy byla zvolena destilace směsi vody a acetonu. Jako chladící médium byla zvolená voda. Samotný test proběhl v simulátoru vývojového prostředí CCW Standard Edition.

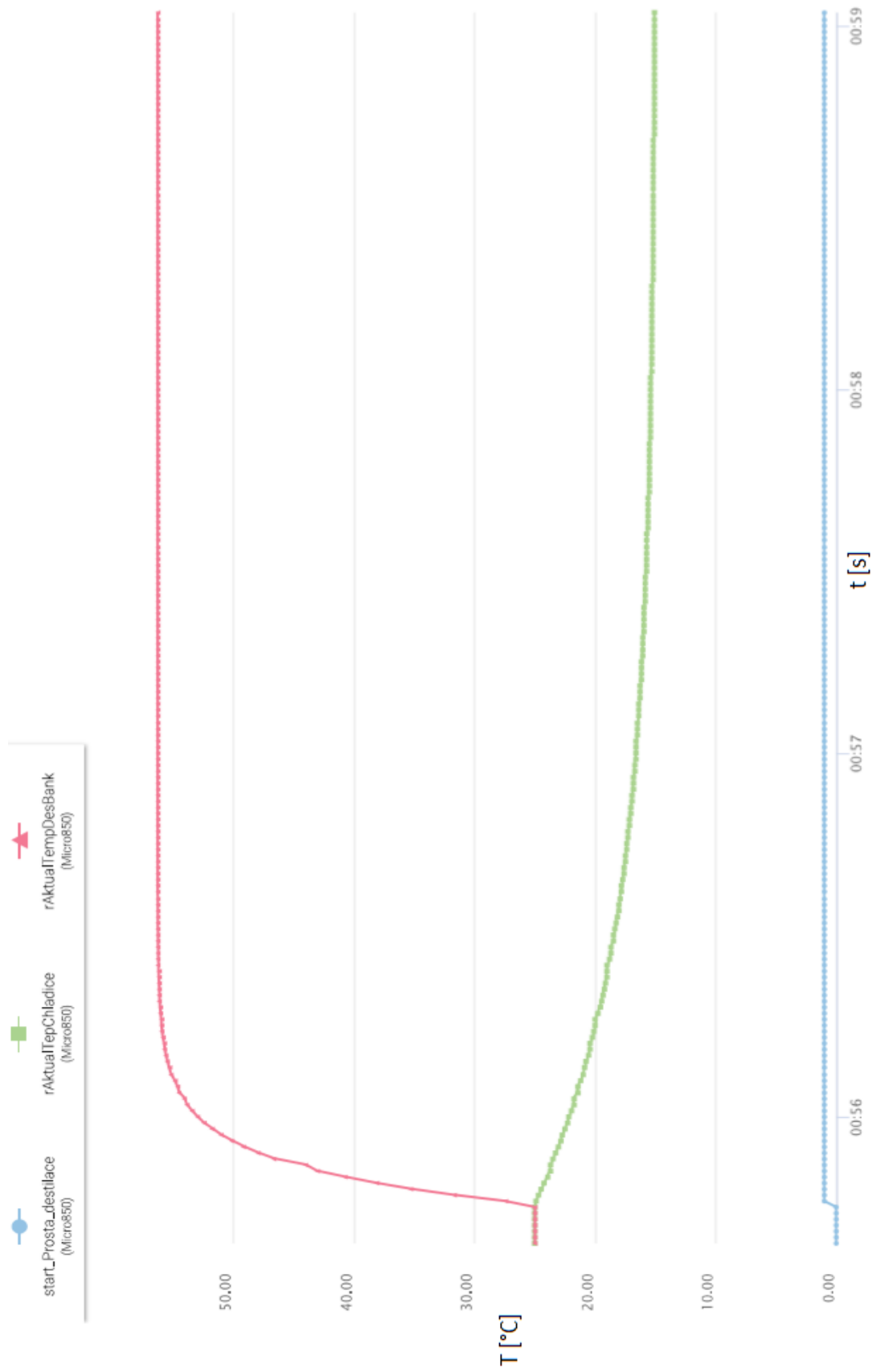
6.2.1 Parametry ukázky

V destilační baňce, která je zaplněná z 2/3, je směs vody a acetonu. V zásobníku určeného pro chladící kapalinu je voda. Zásobník je naplněný do 3/4.

Aceton [22] má tyto parametry: teplota varu: 56.3 °C; hustota: 789.9 kg·m⁻³; měrná tepelná kapacita: 2160 J/kg · K.

Voda [19] má tyto parametry: teplota varu: 100 °C; hustota: 1000 kg·m⁻³; měrná tepelná kapacita: 4180 J/kg · K.

Další parametry: výkon lednice: 500 W; výkon ohříváče destilační baňky: 2000 W; teplota okolí: 25 °C; konečná teplota pro chladič: 15 °C; objem destilační baňky: 5 l; objem zásobníku s chladící kapalinou: 6 l; konstanta zrychlení: 4.



Obr. 36: Vykreslení tepelných dějů zkušební příkladu pro prostou destilaci

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce částečně navazuje na předešlé diplomové práce, které se věnovaly tvorbě zařízení a softwaru pro realizaci destilační aparatury s vodní parou. Dále se zabývá návrhem zapojení rozvaděče a jeho praktickou realizací, návrhem simulace tepelných dějů a jeho následnou softwarovou implementací a ověřování vlastního řešení.

Díky poznatkům z literární rešerše bylo možné stanovit základní parametry pro vybrané typy destilací, zhodnotit rozdílné podmínky pro realizaci jednotlivých typů destilací a navrhnout vizualizaci.

Při návrhu elektrického zapojení se vycházelo z jednotlivých dostupných technických dat získaných z dokumentací k obdržným elektrickým prvkům. Z technických požadavků pro HMI panel a PLC Micro870 se postupně vybíraly potřebné komponenty pro zajištění bezpečnosti a chodu zařízení.

Zapojení blackboxu vychází z realizace zapojení elektrického schématu vytvořeného v programu EPLAN. První oživení rozvaděče proběhlo úspěšně.

Návrh vizualizace simulace tepelných dějů v prosté destilaci a destilaci s vodní parou vychází ze získaných poznatků z fyzikální oblasti. Pro maximální zjednodušení byla soustava považována za izolovanou. To znamená, že se v návrhu neuvažovalo s působením vnějších vlivů. Dále se ani neuvažovalo s podružnými jevy souvisejícími s přestupem tepla jako je například změna objemu látky v destilační baňce a další. Aplikace příslušných vzorců a vztahů byla ověřena v matlabovém skriptu, který je součástí příloh.

Realizace vizualizace tepelných dějů byla vytvořena ve vývojovém prostředí CCW Standard Edition. Hlavní program v Mainu je sestaven z jednotlivých funkčních bloků, které pak tvoří celek. Řízení ohřevu a ochlazování je řešeno formou start/stop.

Vizualizace simulace tepelných dějů byla vytvořena na základě poznatků z teoretického úvodu této práce. Při realizaci byla snaha o co nejpřívětivější uživatelské rozhraní.

Ověření funkčnosti vlastního řešení proběhlo jak pro hardwarovou část, tak i pro softwarovou část úspěšně a byla tím demonstrována funkčnost celého řešení.

Vypracování této práce mi umožnilo se naučit novým věcem, které můžu uplatnit v budoucnosti.

Literatura

- [1] CHLAD, Petr. *Řídicí systém pro laboratorní model destilační kolony: diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2012, s. 98, Vedoucí práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D. [online]. [cit. 23. 10. 2019] <https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=51711>
- [2] CÍDLOVÁ, Hana. *Destilace*, [online]. [cit. 23. 10. 2019] <http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech-old/soubory/operace/separacni_metody/destilace.pdf>
- [3] PŘÍHODA, Jiří, ČERNÍK, Miloš, JANKŮ, Slávka, LITERÁK, Jaromír. *Laboratorní technika: Příručka začínajícího chemika*. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2012, kap. 6.9, [online]. [cit. 30. 10. 2019]. <https://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/C1100k/um/Laboratorni_technika-ucebni_text.pdf>
- [4] BRÁNECKÁ, Jana. *Učebnice chemie pro 8. ročník ZŠ*, [online]. [cit. 30. 10. 2019] <<http://www.zschemie.euweb.cz/index.html>>
- [5] *Označení podle DIN EN 61346-2:2000-12 (IEC 61346-2:2000)*. Eaton Electric s.r.o. [online]. [cit. 02. 12. 2019] <<http://archiv.eatonelektrotechnika.cz/priruckazapojeni/norm002.html#wp1619923>>
- [6] *User Manual - Micro830, Micro850 and Micro870 Programmable Controllers*. Allen – Bradley. Milwaukee, Wisconsin, USA, 2019, [online]. [cit. 05. 12. 2019] <https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2080-um002_-en-e.pdf>
- [7] *User Manual - Micro800 Expansion I/O Modules*. Allen – Bradley. Milwaukee, Wisconsin, USA, 2019, [online]. [cit. 05. 12. 2019] <https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2080-um003_-en-p.pdf>

- [8] *Technical Data - PanelView 800 Terminals*. Allen – Bradley. Milwaukee, Wisconsin, USA, 2019, [online]. [cit. 05. 12. 2019]
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/2711r-td001_-en-p.pdf>
- [9] *User Manual – Micro800 Plug-in Modules*. Allen – Bradley. Milwaukee, Wisconsin, USA, 2019, [online]. [cit. 05. 12. 2019]
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2080-um004_-en-e.pdf>
- [10] *Rozpojitelné spoje*. Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o. Łódź, POLAND, [online]. [cit. 14. 12. 2019]
<<https://bqcable.com/cz/cz/page/2382/Rozpojitelne-spoje/>>
- [11] *Terminal blocks (Catalogue 1)*. WEIDMÜLLER Holding AG & Co. Klingenbergstraße 26, 32758 Detmold, Německo, [online]. [cit. 14. 12. 2019] <<http://download.weidmueller.com/asset/download/file//39470>>
- [12] *Proudové zatížení pro flexibilní kabely*. DDA a.s. Šámalova, Brno, [online]. [cit. 14. 12. 2019]
<http://www.kabelyvodice.cz/technicka-podpora/tech_proud_zat.php>
- [13] OPL, Miroslav, ZÁRIBNICKÝ, Tomáš, JAROŠ, Miroslav, TREFLÍKOVÁ, Dana, VESELÝ, Bohumil, JANÝŠKA, Lubomír. *Zobrazovače, HMI*. ELUC – ELKTRONICKÁ UČEBNICE, Olomouc, [online]. [cit. 19. 12. 2019]
<<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/972>>
- [14] KŘÍŽ, Michal, 2014. *Zásady uzemňování a pospojování*, [online]. [cit. 19. 12. 2019]
<<https://elektrika.cz/data/clanky/zasady-uzemnovani-a-pospojovani>>
- [15] *Micro800 Programmable Controller External AC Power Supply*. Allen – Bradley. Milwaukee, Wisconsin, USA, 2010, [online]. [cit. 30. 12. 2019]
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2080-in001_-en-p.pdf?fbclid=IwAR2Uz0hb2AKqsBvhBwMJecv_NWrkpC7G88eneSQ_MLC4gQT7VGrCAMi08ls>

- [16] AXSP3P03 - Stabilizovaný zdroj spínaný 195÷265VAC / 24VDC 3A, [online]. [cit. 30. 12. 2019] <<https://www.axima-obchod.cz/admin-data/storage/get/1442-axsp3p03-05012n.pdf>>
- [17] EB_Katalog_prehledovy_2020. Tovární 128, 364 64 Bečov nad Teplou, [online]. [cit. 03. 01. 2020] <<http://eshop.elektrobecov.cz/katalogy.html>>
- [18] VRÁNA, Václav. ELEKTRICKÉ TEPLLO. VŠB – TU Ostrava, fakulta elektrotechniky a informatiky, katedra elektrotechniky, 2008, [online]. [cit. 30. 05. 2020] <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske_FMMI/Prednasky/TEPLO_bc_08.pdf>
- [19] OHŘEV VODY VE VARNÉ KONVICI. Katedra didaktiky fyziky, matematicko-fyzikální fakulta UK, od 2006, [online]. [cit. 30. 05. 2020] <<http://reseneulohy.cz/316/ohrev-vody-ve-varne-konvici>>
- [20] VAŇKOVÁ, Veronika. TEPELNÁ TECHNIKA ZÁKLADNÍ POJMY, [online]. [cit. 30. 05. 2020] <<https://slideplayer.cz/slide/2863735/>>
- [21] Installation Instructions – Non-display Resistance Thermometers. Allen – Bradley. Milwaukee, Wisconsin, USA, 2019, [online]. [cit. 02. 06. 2020] <https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/837rtd-in001_-en-p.pdf>
- [22] Fyzikální tabulky, Gymnázium J. Vrchlického, Klatovy, [online]. [cit. 05. 06. 2020] <<http://kabinet.fyzika.net/studium/tabulky/tabulky.php>>
- [23] MIKŠÍK, František. Teplonosné kapaliny pro celoroční termické solární systémy. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 29 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Josef Kotlík, CSc. [online]. [cit. 06. 06. 2020] <https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8682>

Seznam symbolů, veličin a zkratek

Zkratky:

FEKT	-	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
CCW	-	Connected Components Workbench
VUT	-	Vysoké učení technické v Brně
PLC	-	Programovatelný automat (Programmable Logic Controller)
HMI	-	Rozhraní mezi člověkem a strojem (Human Machine Interface)
USB	-	Universální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)
LCD	-	Displej s tekutými krystaly (Liquid Crystal Display)
TFT	-	Tenký tranzistorový film (Thin Film Transistor)
RTD	-	Odporový detektor teploty (Resistance Temperature Detector)
SD	-	Typ paměti
RAM	-	Náhodný přístup do paměti (Random Access Memory)
MB	-	Megabajt (Megabyte)
ST	-	Strukturovaný text (Structured Text)
LAD	-	Žebříkový diagram (Ladder Diagram)
FBD	-	Jazyk funkčních bloků (Function Block Diagram)
PE	-	Ochranný vodič (Protective Earth)
N	-	Nulový/střední vodič (Neutral)
L1	-	Fázový vodič (jedna fáze)
RTC	-	Hodiny reálného času (Real time clock)
V+	-	Kladná větev napájení
V-	-	Záporná větev napájení

Veličiny:

U	-	napětí [V]
I	-	proud [A]
P	-	výkon [W]
T	-	teplota [°C]
t	-	doba ukončovacího děje [s]
V	-	objem [m ³]
t ₁	-	čas ukončení děje [s]
t ₂	-	čas zahájení děje [s]
$\Delta\vartheta_1$	-	rozdíl teploty v čase ukončení děje [°C]
$\Delta\vartheta_2$	-	rozdíl teploty v čase zahájení děje [°C]
τ	-	časová ochlazovací/ohřívací konstanta děje [s]
ρ	-	hustota látky [kg·m ⁻³]
C_v	-	měrná tepelná kapacita [$\frac{J}{kg \cdot K}$]
$\Delta\vartheta(t)$	-	aktuální teplota v čase [°C]
Q	-	teplo [J=Ws]
T _k	-	konečná teplota [°C]
T _p	-	počáteční teplota [°C]
$\Delta\vartheta_{max}$	-	rozdíl mezi maximální a minimální teplotou [°C]
m	-	hmotnost [kg]

Seznam příloh

A	Tabulky vstupů a výstupů	54
	Tab. A 1: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 1	54
	Tab. A 2: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 2	55
	Tab. A 3: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 3	55
	Tab. A 4: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 4	56
B	Tabulky globálních proměnných	57
	Obr. B 1: První část tabulky globálních proměnných	57
	Obr. B 2: Druhá část tabulky globálních proměnných	58
	Obr. B 3: Poslední část tabulky globálních proměnných.....	59
C	Obsah DVD.....	60
	Příloha C 1 - BP_Frydl_Lukas.pdf.....	60
	Příloha C 2 - SchemaZapojeniRozvadece.pdf.....	60
	Příloha C 3 - DokumentaceVizualizace.pdf.....	60
	Příloha C 4 - DokumentaceSimulace.pdf	60
	Příloha C 5 - SimulaceTepelnychDeju. ccwarc	60
	Příloha C 6 - Oteplovaci_a_ochlazovaci_dej.m	60
	Příloha C 7 - Fotky_a_vidoa	60

A Tabulky vstupů a výstupů

Tab. A 1: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 1

Propojení vstupů a výstupů jednotlivých PLC	
PLC Micro870 2080-LC70-24QBB	PLC Compact Logix 1769-L33ERM
Digitální I/O	
Modul: PLC1-DO	Modul: 1769-IQ32
_IO_EM_DO_00	Local:4:I.Data.0
_IO_EM_DO_01	Local:4:I.Data.1
_IO_EM_DO_02	Local:4:I.Data.2
_IO_EM_DO_03	Local:4:I.Data.3
_IO_EM_DO_04	Local:4:I.Data.4
_IO_EM_DO_05	Local:4:I.Data.5
_IO_EM_DO_06	Local:4:I.Data.6
_IO_EM_DO_07	Local:4:I.Data.7
_IO_EM_DO_08	Local:4:I.Data.8
_IO_EM_DO_09	Local:4:I.Data.9
Digitální I/O	
Modul: 2085-OB16	Modul: 1769-IQ32
_IO_X3_DO_00	Local:4:I.Data.16
_IO_X3_DO_01	Local:4:I.Data.17
_IO_X3_DO_02	Local:4:I.Data.18
_IO_X3_DO_03	Local:4:I.Data.19
_IO_X3_DO_04	Local:4:I.Data.20
_IO_X3_DO_05	Local:4:I.Data.21
_IO_X3_DO_06	Local:4:I.Data.23
_IO_X3_DO_07	Local:4:I.Data.22
_IO_X3_DO_08	Local:4:I.Data.24
_IO_X3_DO_09	Local:4:I.Data.26
_IO_X3_DO_10	Local:4:I.Data.25
_IO_X3_DO_11	Local:4:I.Data.27
_IO_X3_DO_12	Local:4:I.Data.28
_IO_X3_DO_13	Local:4:I.Data.29
_IO_X3_DO_14	Local:4:I.Data.30
_IO_X3_DO_15	Local:4:I.Data.31

Tab. A 2: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 2

Propojení vstupů a výstupů jednotlivých PLC	
PLC Micro870 2080-LC70-24QBB	PLC Compact Logix 1769-L33ERM
Digitální I/O	
Modul: PLC1-DI	Modul: 1769-OB32
_IO_EM_DI_00	Local:5:0.Data.0
_IO_EM_DI_01	Local:5:0.Data.1
_IO_EM_DI_02	Local:5:0.Data.2
_IO_EM_DI_03	Local:5:0.Data.3
_IO_EM_DI_04	Local:5:0.Data.4
_IO_EM_DI_05	Local:5:0.Data.5
_IO_EM_DI_06	Local:5:0.Data.6
_IO_EM_DI_07	Local:5:0.Data.7
_IO_EM_DI_08	Local:5:0.Data.8
_IO_EM_DI_09	Local:5:0.Data.9
_IO_EM_DI_10	Local:5:0.Data.10
_IO_EM_DI_11	Local:5:0.Data.11
_IO_EM_DI_12	Local:5:0.Data.12
_IO_EM_DI_13	Local:5:0.Data.13

Tab. A 3: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 3

Propojení vstupů a výstupů jednotlivých PLC	
PLC Micro870 2080-LC70-24QBB	PLC Compact Logix 1769-L33ERM
Digitální I/O	
Modul: 2085-IQ16	Modul: 1769-OB32
_IO_X5_DI_00	Local:5:0.Data.16
_IO_X5_DI_01	Local:5:0.Data.17
_IO_X5_DI_02	Local:5:0.Data.18
_IO_X5_DI_03	Local:5:0.Data.19
_IO_X5_DI_04	Local:5:0.Data.20
_IO_X5_DI_05	Local:5:0.Data.21
_IO_X5_DI_06	Local:5:0.Data.22
_IO_X5_DI_07	Local:5:0.Data.23
_IO_X5_DI_08	Local:5:0.Data.24
_IO_X5_DI_09	Local:5:0.Data.25
_IO_X5_DI_10	Local:5:0.Data.26
_IO_X5_DI_11	Local:5:0.Data.27
_IO_X5_DI_12	Local:5:0.Data.28
_IO_X5_DI_13	Local:5:0.Data.29
_IO_X5_DI_14	Local:5:0.Data.30
_IO_X5_DI_15	Local:5:0.Data.31

Tab. A 4: Propojení jednotlivých vstupů/výstupů PLC část 4

Propojení vstupů a výstupů jednotlivých PLC	
PLC Micro870 2080-LC70-24QBB	PLC Compact Logix 1769-L33ERM
Analogové I/O	
Modul:2085-OF4	Modul: 1769-IF16V
_IO_X2_A0_00	Local:2:I. Ch01.Data
_IO_X2_A0_01	Local:2:I. Ch03.Data
_IO_X2_A0_02	Local:2:I. Ch05.Data
_IO_X2_A0_03	Local:2:I.Ch07.Data
Analogové I/O	
Modul:2085-OF4	Modul:1769-OF8V
_IO_X1_AI_00	Local:3:0:Ch0Data
_IO_X1_AI_01	Local:3:0:Ch1Data
_IO_X1_AI_02	Local:3:0:Ch2Data
_IO_X1_AI_03	Local:3:0:Ch3Data
_IO_X1_AI_04	Local:3:0:Ch4Data
_IO_X1_AI_05	Local:3:0:Ch5Data
_IO_X1_AI_06	Local:3:0:Ch6Data
_IO_X1_AI_07	Local:3:0:Ch7Data

B Tabulky globálních proměnných

Name	Alias	Data Type	Dimension	Project Value	Initial Value
start_Prosta_destilace		BOOL			
start_Destilace_s_parou		BOOL			
rAktualTemp		REAL			
bError		BOOL			
bUpozomeni		BOOL			
rObjChladBanky		REAL			
rHustotaChladKap		REAL			
rMerKapChladice		REAL			
rVykonLednice		REAL			
rAktualTepChladice		REAL			
bOptimalniHladina		BOOL			
bOptimalniHladinaChladi		BOOL			
bOptimalniHladinaVyvijec		BOOL			
bLednice		BOOL			
bOhrev_banky		BOOL			
bcerpadlo		BOOL			
rCasUkonceniDejeProsDe		REAL			
rCasUkonceniDejeChlazer		REAL			
rCasUkonceniDejeVyvijec		REAL			
rTeplotaVaruDesBanky		REAL			
rObjDesBanky		REAL			
rHustotaDesBanky		REAL			
rMerKapDesBanky		REAL			
rKonstZrych		REAL			1.0
rVykonOhrivaceDesBank		REAL			
rAktualTempDesBank		REAL			

Obr. B 1: První část tabulky globálních proměnných

Name	Alias	Data Type	Dimension	Project Value	Initial Value
rTepPozadCladice		REAL			
bLedniceProsDes		BOOL			
bOhrev_bankyProsDes		BOOL			
bError2		BOOL			
bUpozorneni2		BOOL			
bError3		BOOL			
bUpozorneni3		BOOL			
rTepVaruDesPar		REAL			
rObjDesBankyDesPar		REAL			
rHustotaOhrbankyDesPar		REAL			
rHustotaDesBankyDesPar		REAL			
rVykonOhrivaceDesPar		REAL			
rAktualTepOhrivaceDesPa		REAL			
bcerpadloProsDes		BOOL			
rPozTepOvhlazeniDesPar		REAL			
rObjChladBankyDesPar		REAL			
rHustotaChladDesPar		REAL			
rMerKapChladDesPar		REAL			
rVykonLedniceDesPar		REAL			
rAktualTepChladDesPar		REAL			
rTepVaruVyvijec		REAL			
rObjBankyVyvijec		REAL			
rHustotaVyvijec		REAL			
rMerKapVyvijec		REAL			
rVykonOhrivaceVyvyjec		REAL			
bUpozorneni5		BOOL			

Obr. B 2: Druhá část tabulky globálních proměnných

Name	Alias	Data Type	Dimension	Project Value	Initial Value
bOhrevVyvijec		BOOL			
bVolba1		BOOL			
bVolba2		BOOL			
rVykonLedniceProsDes		REAL			
rAktualTepVyvijec		REAL			
rMerKapDesPar		REAL			
rCasUkonceniDejeDesPar		REAL			
rCasUkonceniDejeChlazer		REAL			
bOhrev_bankyDesPar		BOOL			
bLedniceDesPar		BOOL			
bCerpadloDesPar		BOOL			
bUpozorneni4		BOOL			
bError4		BOOL			
bError5		BOOL			

Obr. B 3: Poslední část tabulky globálních proměnných

C Obsah DVD

Na přiloženém DVD jsou tyto soubory:

Příloha C 1 - BP_Frydl_Lukas.pdf

Příloha C 2 - SchemaZapojeniRozvadec.pdf

Příloha C 3 - DokumentaceVizualizace.pdf

Příloha C 4 - DokumentaceSimulace.pdf

Příloha C 5 - SimulaceTepelnychDeju. ccwarc

Příloha C 6 - Oteplovaci_a_ochlazovaci_dej.m

Příloha C 7 - Fotky_a_vidoa