

Ochranný systém laboratorních soustav

A Laboratory Plant Safety Protection System

Bc. Vlastimil Čabla

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vlastimil ČABLA**
Osobní číslo: **A09565**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Ochranný systém laboratorních soustav**

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte přehled fyzikálních veličin, které jsou běžně sledovány v chemických laboratořích z důvodů bezpečnosti, způsobů jejich měření a akčních členů, používaných pro bezpečné ukončení chemických procesů.
2. Vytvořte rešerši zabývající se hardwarovými a softwarovými prostředky používanými pro měření, regulaci a ochranu laboratorních soustav.
3. Popište vybranou laboratorní soustavu a vytvořte její zjednodušený matematicko-fyzikální model. Zaměřte se především na kritické stavy z hlediska ochrany a bezpečnosti soustavy.
4. Navrhněte hardware pro ochranný systém vybrané soustavy.
5. Sestavte a naprogramujte a ověřte navržený ochranný systém v reálných podmínkách.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. CORRIOU, Jean-Pierre. Process control: theory and applications. London: Springer, c2004, xx, 752 s. ISBN 1-85233-776-1.
2. HRUŠKA, František. Technické prostředky automatizace IV: snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky. Vyd. 3. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 108 s. ISBN 8073182742.
3. HRUŠKA, František. Senzory: fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití (e-book). 2. rozš. vyd. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011, [202] s. ISBN 978-80-7454-096-7.
4. KOLOMAZNÍK, Karel. Modelování zpracovatelských procesů. 1. vyd. Brno: VUT, 1990, 191 s. ISBN 8021401141.
5. MÍKA, Vladimír. Základy chemického inženýrství. 2. nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981, 870 s.
6. NOF, Shimon Y. Springer handbook of automation. Berlin: Springer, 2009, lxxvi, 1812 s. ISBN 978-3-540-78830-0.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Chalupa, Ph.D.

Ústav řízení procesů

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

11. června 2013

Ve Zlíně dne 24. února 2013


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce popisuje technické prostředky využívané při sestavování ochranného systému laboratorních soustav, způsob jejich navrhování, řízení a aplikaci do prostředí.

Práce se zabývá tvorbou matematických modelů chemických reakcí a simulací nebezpečných stavů při chemické reakci.

Výsledkem této práce je reálný ochranný systém míchaného vsádkového reaktoru s chladičem.

Klíčová slova: ochranný systém, matematický model, simulace, GPRS modem, laboratorní soustava, vsádkový reaktor

ABSTRACT

The thesis describes facilities used in the course of building a laboratory safety system, methods of projecting, its control and application to environment.

The thesis discusses creating of mathematical formulas of chemical reactions and simulations of dangerous conditions during a chemical reaction.

Product of the theses is a real laboratory safety system of mixing batch reactor with condenser.

Keywords: safety system, mathematical formula, simulation, GPRS modem, laboratory assemblage, batch reactor

Děkuji vedoucímu své diplomové práce Ing. Petru Chalupovi, Ph.D. za vzorné vedení, hodnotné rady a připomínky udělené při práci. Děkuji také panu Ing. Jiřímu Pechovi za významnou pomoc při práci v chemické laboratoři. Děkuji i zaměstnancům firmy Tronic Control s. r. o. za jejich čas a pomoc při realizaci ochranného systému, zvláště pak panu Ing. Josefu Helvichovi.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OCHRANNÝ SYSTÉM	12
1.1 MĚŘENÉ TECHNOLOGICKÉ VELIČINY	12
1.2 MĚŘÍCÍ OKRUH SIA	12
1.3 SIGNÁLY MĚŘÍCÍHO OKRUHU V SYSTÉMU SIA.....	13
1.4 POŽADAVKY NA ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI	14
2 NÁVRH OCHRANNÉHO SYSTÉMU V CHEMICKÉ LABORATOŘI	15
2.1 SENZORY.....	15
2.1.1 MĚŘENÍ TEPLoty	16
2.1.1.1 Akční členy	18
2.1.2 MĚŘENÍ TLAKU	18
2.1.2.1 Akční členy	19
2.1.3 MĚŘENÍ PRŮTOKU A MNOŽSTVÍ TEKUTIN.....	19
2.1.3.1 Akční členy	21
2.1.4 MĚŘENÍ VÝŠKY HLADINY	22
2.1.4.1 Akční členy	22
2.1.5 MĚŘENÍ SLOŽENÍ A VLASTNOSTÍ PLYNŮ	22
2.1.5.1 Akční členy	23
2.2 VYHODNOCOvacÍ JEDNOTKA.....	23
2.2.1 PROGRAMOVATELNÉ LOGICKÉ AUTOMATY	24
2.2.1.1 Programování PLC.....	24
2.2.2 PROGRAMOVATELNÉ VÝPOČETNÍ AUTOMATY	25
2.2.2.1 Programování PCC.....	25
2.3 AKČNÍ ČLEN	26
2.3.1 OVLÁDÁNÍ TOKU TEKUTIN V POTRUBÍ	26
2.3.2 OVLÁDÁNÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE	26
2.3.2.1 Elektromagnetické relé.....	27
2.3.2.2 Stykač	27
3 KONSTRUKCE MATEMATICKÝCH MODELŮ	29
3.1 BILANCE.....	29
3.2 ROZMĚROVÁ ANALÝZA	30
3.3 TEORIE PODOBNOSTI	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
4 VSÁDKOVÝ MÍCHANÝ REAKTOR S CHLADIČEM	34
4.1 MAGNETICKÁ MÍCHAČKA S OHŘEVEM	35
4.2 CHLADIČ	36
4.3 MÍCHADLO	36
4.4 MATEMATICKÝ MODEL.....	37

4.4.1	BILANCE HMOTY	38
4.4.2	BILANCE ENERGIE	39
4.4.2.1	Simulace	39
5	REALIZACE OCHRANNÉHO SYSTÉMU	44
5.1	POŽADAVKY NA OCHRANNÝ SYSTÉM.....	44
5.1.1	PORUCHY OCHRANNÉHO SYSTÉMU.....	44
5.1.2	PROVOZNÍ PODMÍNKY.....	44
5.2	ZVOLENÉ TECHNICKÉ PROSTŘEDKY OCHRANNÉHO SYSTÉMU	45
5.2.1	SNÍMAČ TEPLoty	45
5.2.1.1	Akční člen	45
5.2.2	PRŮTOKOVÝ SPÍNAČ.....	46
5.2.2.1	Akční člen	47
5.2.3	ČIDLO ZAPLAVENÍ.....	48
5.2.3.1	Akční člen	50
5.2.4	HLÍDACÍ PROUDOVÉ RELÉ.....	50
5.2.4.1	Akční člen	51
5.2.5	VYHODNOCOVACÍ JEDNOTKA.....	52
5.2.5.1	Technické parametry stanice.....	52
5.2.5.2	Vstupy a výstupy stanice.....	52
5.2.5.3	Připojování analogových vstupů.....	53
5.2.5.4	Připojování dvouhodnotových vstupů.....	53
5.2.5.5	Připojení analogových výstupů.....	53
5.2.5.6	Připojení dvouhodnotových výstupů.....	54
5.2.5.7	Komunikační vybava stanice	54
5.2.5.8	Terminál obsluhy	54
5.2.5.9	Napájení stanice	54
5.2.5.10	Svorkové připojení stanice.....	54
5.3	GPRS MODEM.....	55
5.4	ROZVADĚČ	56
6	PROGRAMOVÉ VÝBAVENÍ STANICE	58
6.1	VLASTNÍ PROGRAM	58
	ZÁVĚR	61
	CONCLUSION	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK.....	68
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

Diplomová práce je zaměřena na sestavení ochranného systému pro procesy v chemické laboratoři. V chemické laboratoři probíhají nejrůznější chemické pokusy, při kterých existuje celá řada stavů ohrožující bezpečnost na pracovišti. Chemické procesy probíhají na laboratorních soustavách obsahující elektrická zařízení, které vytváří podmínky pro chemický proces. Pokud existují technické prostředky, které jsou schopny měřit chemické a fyzikální veličiny probíhající při procesu a převádět tento stav na elektrickou energii a současně existují elektrické akční členy pro ovládání této veličiny, jsme schopni nebezpečné stavy veličiny zabezpečit.

Nebezpečný stav může taktéž nastat přímo v chemické reakci. Nejčastěji při exotermní reakci. Při překročení kritické teploty se teplota exponenciálně zvyšuje a může dosahovat teplot vysoko nad bod varu reagujících látek. Tento nebezpečný jev často nelze technickými prostředky systému jakkoliv ochránit. Je tedy nutné před začátkem chemického procesu znát kritické hodnoty reakce. Matematicko-fyzikální model umožňuje simulovat průběh reakce a změnou jeho vstupních parametrů určit kritické hodnoty. Tímto se minimalizuje nebezpečný stav při procesu.

Hlavním důvodem vedoucím k zabezpečení laboratorní soustavy je časová náročnost operací zde probíhajících pohybujících se v řádech dní. Operace bez ochranného systému si vyžadují přítomnost pracovníka, který v případě poruchy soustavu vypne. Tuto službu zajistí ochranný systém.

Ochranný systém je postaven na základech regulačního obvodu s tím rozdílem, že vstupy a výstupy do vyhodnocovací jednotky by měly být v maximální míře dvoustavové a při správné funkci sepnuté. Tato podmínka má jednoduché vysvětlení. Při zabezpečení vymezíme stav, který už je pro nás nepřijatelný. A pokud tento stav na laboratorní soustavě nastane, vyhodnocovací jednotka „musí“ zasáhnout. Pokud dojde k poškození kabelu od jednotky ke snímači a my za správný signál považujeme rozepnutý stav, zařízení bude v provozu i mimo vymezený stav. Podobně pokud na odporovém snímači očekáváme hodnotu větší než x a kabel mezi vyhodnocovací jednotkou a snímačem je poškozen (nekonečně velký odpor), bude měření vykazovat maximální hodnotu rozsahu. V opačném případě, očekáváme-li na odporovém snímači hodnotu menší než x a měření je ve zkratu (minimální odpor), na vstupu do vyhodnocovací jednotky bude minimální hodnota rozsahu měření.

Pokud je zabezpečená laboratorní soustava dlouhodobě v provozu bez dozoru je vhodné instalovat informační systém pro obsluhu. Nejčastěji k těmto účelům slouží vzdálená plocha mezi dvěma počítači ve stejné síti nebo GPRS modem.

Pro pochopení této práce by měl čtenář ovládat základní znalosti oboru informatiky, chemie a elektrotechniky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OCHRANNÝ SYSTÉM

Ochranný systém je postavený na systému integrované automatizace. Systémy integrované automatizace (dále jen SIA) realizují své funkce podle měřených parametrů nebo podle získaných údajů. Měření a nebo získávání informací umožňují technické prostředky měřících obvodů a nebo zařízení pro získávání informací. Vytváří zpravidla vstupní vazbu mezi technickým nebo technologickým zařízením a systémem automatizace. [1]

1.1 Měření technologické veličiny

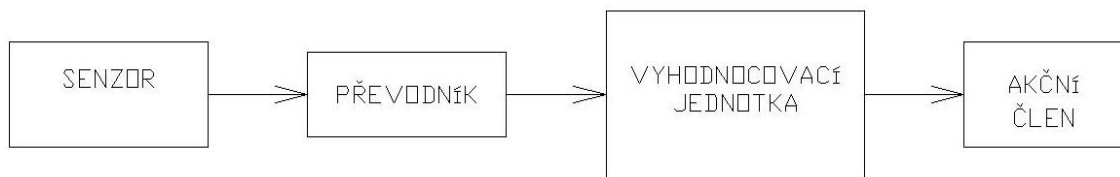
Systémy automatizace jako jeden druh SIA nejčastěji měří tyto základní druhy technologických veličin: průtok a množství, tlakové veličiny, výšku hladiny, dráhu a prodloužení, čas, rychlost, otáčení, hmotnost, sílu, složení a vlastnosti látek, výkon a práci, počet kusů, parametry elektrického proudu, povrchová kvalita ap. Každá tato veličina má přidělenou jednotku danou mezinárodním měřicím a jednotkovým systémem nebo u specifických veličin popsanou měřicím předpisem. [1]

1.2 Měřicí okruh SIA

Měřicí okruh v systému SIA (Obr. 1.1) se skládá z jednoho nebo více technických prvků. Jsou to:

- měřicí snímač, např. snímač teploty Pt 100, snímač tlaku, který je umístěn na technologickém zařízení v přímém nebo nepřímém kontaktu s měřeným médiem a snímá průběh měřené veličiny; jeho základním elementem je senzor, na který působí technologická měřená veličina a na výstupu je signál, zpravidla elektrická veličina pro další zpracování a nebo další přenos,
- převodník, např. převodník teploty Pt 100/4...20 mA, převodník tlaku nebo podtlaku, který zpracovává signál z měřicího snímače a převádí ho na unifikovaný signál pro dálkový přenos a pro další zpracování,
- vyhodnocovací jednotka, např. vyhodnocovací jednotka měření spotřeby tepla (magnetická, výpočetní nebo logická jednotka), která má na vstupu jeden nebo více signálů ze snímačů a vyhodnocuje je na vyšší informační úroveň; výstupem je jeden nebo více signálů nebo soubor údajů ve formě zprávy pro komunikaci,
- kabelové vedení spojuje snímač s převodníkem a převodník s dalšími přístroji – ukazatelem, zapisovačem, vstupní stranou počítače, napáječem,

- napáječ, který dodává do snímače a nebo převodníku požadovanou napájecí nebo pomocnou energii – elektrické napětí nebo tlakový vzduch.[1]



Obr. 1.1 – Schéma SIA

Signály z měřicích okruhů nebo údaje ze snímacích zařízení v systémech SIA jsou využívány v technických prostředcích pro zpracování informace. Může to být např. zapisovač, regulátor, průmyslová a nebo personální výpočetní technika, zařízení pro signalizaci. Tyto jednotky jsou umístěny ve vzdálenějších místech od snímače, ale některé mohou být integrovány přímo do měřicího zařízení. [2]

1.3 Signály měřicího okruhu v systému SIA

Přenos signálů měřicích okruhů má charakter:

- stejnosměrného elektrického proudu jako analogový spojitý signál v rozsahu: 4..20 mA, případně 0..5 mA, 0..20 mA, -5..+5 mA, -20..+20 mA,
- stejnosměrného elektrického napětí jako analogový spojitý signál v rozsahu: 0..10 V, 0..2 V, -10..+10 V,
- stejnosměrného elektrického napětí jako stavový nebo impulzní digitální signál úrovně TTL v rozsahu log 0=0..0,7 V a log 1=2,2..5 V, úrovně DTL v rozsahu log 0=0..2,7 V a log 1=8,2..15 V, nebo úrovně log 0=0..7 V a log 1=11..24 V,
- střídavé elektrické napětí jako frekvenční analogový amplitudový nebo frekvenční signál v rozsahu frekvence 0..50 Hz, 0..1 kHz, 0..100 kHz,
- střídavého elektrického napětí jako digitální signál frekvenční v rozsahu log 0=0.3 kHz a log 1=3.4 kHz nebo amplitudový v rozsahu úrovně log 0=0..7 V a log 1=11..24 V,
- tlaku ladícího vzduchu jako pneumatický analogový signál v rozsahu 20..100kPa,
- tlaku ladícího vzduchu jako pneumatický digitální signál úrovně log 0=0..20kPa a log 1=50..100kPa,
- digitálního signálu s informací ve formě zprávy různé elektrické úrovně a různého protokolu přenosu informace podle standardů. [2]

1.4 Požadavky na elektrické vlastnosti

Provozování systémových prostředků v současné době, kdy jsou používány v převážné míře elektrické přístroje, je dáno také elektrickými podmínkami a elektrickými vlastnostmi zařízení. Jedná se především o kvalitu pomocné napájecí energie, parametry elektromagnetické kompatibility, parametry vazebních obvodů jednotlivých prvků obvodů, odolnost vůči rušení a o bezpečnostní podmínky. [1]

Důležitým aspektem při sestavování technických prostředků jsou elektrické parametry vazebních obvodů výstupu prvku a vstupu následujícího prvku. U těchto vazeb musí být dodržena správná napěťová úroveň, druh napětí správná výstupní a vstupní impedance propojených obvodů a frekvenční charakteristika. [2]

2 NÁVRH OCHRANNÉHO SYSTÉMU V CHEMICKÉ LABORATOŘI

Při návrhu ochranného systému je důležitý výběr vhodných prostředků. Jak bylo zmíněno v první kapitole, je důležité prostředky sladit na vstupně-výstupní straně každého zařízení. Pro správnou funkčnost ochranného systému je důležité správně navrhnout tyto prostředky:

- senzor (převodník)
- vyhodnocovací jednotka
- akční člen.

V dalších kapitolách jsou jednotlivé členy popsány z hlediska instalace do prostředí. Faktory a podmínky, za kterých je vhodné je použít a jak nám případně ovlivní měřenou soustavu.

2.1 Senzory

Senzory zajišťují informace o měřených stavech. Senzory pracují podle různých fyzikálně chemických, mechanických a dalších principů [3]. Jejich navrhování záleží na pracovních podmínkách senzorů, jejich konstrukci a ceně. Správně zvolený senzor je schopen měřit fyzikální veličiny s minimální chybou. Senzorů existuje celá řada s různými způsoby měření většiny fyzikálních veličin. V chemické laboratoři je nutné sledovat pro bezpečnost a správnost chemického experimentu nejčastěji tyto fyzikální veličiny:

- teplota
- tlak
- průtok
- výška hladiny
- složení a vlastnosti plynů.

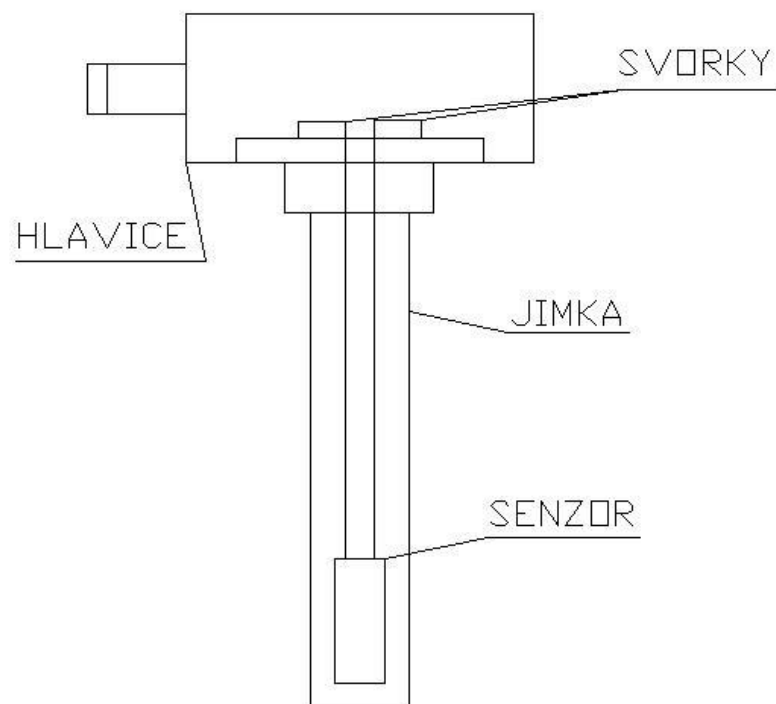
V následujících podkapitolách jsou představeny senzory pro tyto měření z pohledu způsobu měření. V podkapitolách jsou taktéž nastíněny vlastnosti senzorů, které jsou důležité zvážit při návrhu uplatnění v ochranném systému. Zároveň jsou představeny akční členy každého měření.

2.1.1 Měření teploty

U návrhu teploměru je důležitý rozsah měření předmětu nebo látky a prostředí okolí. Při výběru je taktéž důležitá přesnost měření a konstrukce teploměru.

Při měření teploty hodnoceného předmětu nebo látky se používá několik typů senzorů založených na fyzikálním principu závislosti veličin na teplotě. V praxi se uplatňují tyto snímače teploty:

- dilatační
- tlakové
- odporové
- termoelektrické
- tepelného záření.



Obr. 2.1 – Odporový teploměr s jímkou

Odporový teploměr (Obr. 2.1) obsahuje vestavěný převodník s unifikovaným signálem 4 – 20 mA nebo 0 – 10 V. Principem tohoto odporového senzoru je teplotní závislost odporu kovového materiálu na jeho teplotě. Jako materiál slouží především čisté kovy. Požadavkem je konstantní teplotní součinitel v čase, nulová hystereze a dostatečně vysoký

měrný odpor. Nejčastěji používaným kovovým materiálem je platina, nik, měď, molybden, slitina stříbra a zlata, případně další kovy. [3]

Významným parametrem pro teplotní závislosti senzorů je tzv. teplotní součinitel. Teplotní součinitel vyjadřuje přesnost měření. Čím je tedy číslo větší, tím má měření větší přesnost. Pro teplotní součinitel kovových senzorů teploty α je stanoven vztah (2.1):

$$\alpha = \frac{\rho_{100} - \rho_0}{100\rho_0} \quad (2.1)$$

kde je ρ_{100} měrný odpor při 100° C, ρ_0 měrný odpor při 0° C. Jednotkou je (1/K) nebo (ppm, hodnota 1.10^{-6} větší). Hodnoty měrného elektrického odporu ρ_{20} a teplotního součinitele α (ppm) pro některé kovy jsou v Tab. 2.1 [3]:

Tab. 2.1 – Hodnoty měrného elektrického odporu a teplotního součinitele vybraných čistých kovů [3]

Kov	ρ_{20} (Ωm). 10^{-6}	α (ppm)
Ag	0,0149	4100
Al	0,0241	4300
Au	0,0204	3900
Cu	0,0155	4330
Fe	0,10	5600
Mo	0,05	4700
Na	0,0434	5460
Ni	0,0605	6900
Pt	0,098	3920
Re	0,198	3100
Rh	0,044	4400
W	0,0491	4820

Každý kov je vhodný pro určitý rozsah měření teploty. Při vyšších nebo nižších teplotách dochází k nezvratným strukturálním změnám. V Tab. 2.2 je uveden použitelný rozsah měření pro čtyři nejčastější kovy (platina, nikl, měď a molybden).

Tab. 2.2 – Rozsah měření pro vybrané kovy

Kov	Minimální teplota (°C)	Maximální teplota (°C)
Pt	-200	860
Ni	-60	150
Cu	-200	200
Mo	-200	200

2.1.1.1 Akční členy

Při havarijních stavech ze snímačů teploty vyhodnocovací jednotka zasahuje do zdroje tepla. Ať už je zdroj tepla přímý (kotel, topné hnízdo) či nepřímý (trojcestný ventil na topné větvi) jednotka zajišťuje při přehřátí odstavení zdroje tepla. Při nedostatečné teplotě i přes maximální akční zásah vyhodnocovací jednotka po uplynutí určité doby vyhlašuje poruchu zdroje tepla. Snímač teploty slouží i k mnoha dalším měřením. Měření může být pouze informativní. [4]

2.1.2 Měření tlaku

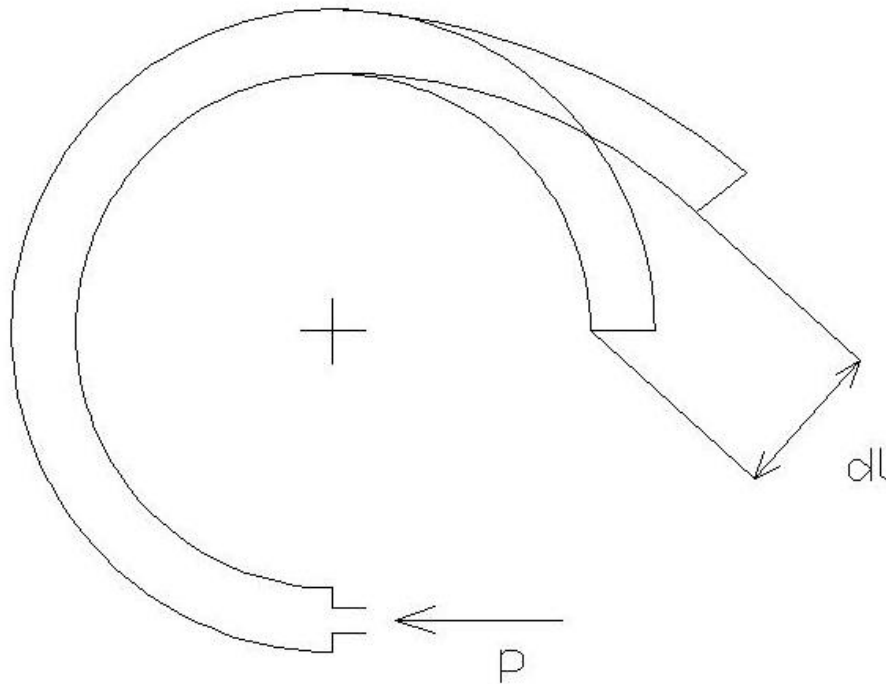
Použití tlakoměru neovlivňuje zásadním způsobem měřenou soustavu. Volíme zde vhodné umístění, rozsah tlakoměru a konstrukci.

S rozvojem elektroniky a automatizace se rozvinuly i elektrické tlakoměry. Všechny tyto přístroje používají senzor, který převádí vnější tlakový podnět na elektrický signál. Některá provedení používají deformační mechanický člen s tím, že se snímá změna jeho délky nebo natočení. Další jsou plně elektronické a senzor používá elektronický deformační člen.

Tlakoměry vybavené mechanickým deformačním členem používají senzory:

- odporově potenciometrické (snímá se např. natočení hřídele ručičky tlakoměru, natočení konce Bourdonovy trubice Obr. 2.2)
- indukčnostní (snímá se např. poloha pístu nebo zvonu, prodloužení trubice)

- tenzometrické (snímá napětí na libovolném deformačním členu)
- kapacitní (snímá změnu tvaru membránového členu)



Obr. 2.2 – Bourdonova trubice

2.1.2.1 Akční členy

Měření tlaku se nejčastěji používá pro minimální a maximální tlak v soustavách. Centrální jednotka ovládá dopouštění nebo vypouštění soustavy pracovní náplní. Může nastat i stav dopouštění po neúměrně dlouhou dobu, který značí poničení potrubí. V tomto případě se jedná o krajní stav, kdy je třeba zastavit proces i dopouštění a vyhlásit poplach. Nejčastější akční členy jsou ventily. [5]

2.1.3 Měření průtoku a množství tekutin

Při návrhu průtokoměrů uvažujeme s parametry:

- průtok jmenovitý „ F_{jmen} “ (hodnota pro jmenovité podmínky nebo běžný režim technologie)
- průtok dělicí nebo přechodový „ F_{del} “ (hodnota průtoku na hranici jmenovité přesnosti)

- průtok minimální „ F_{min} “ (hodnota průtoku, kdy přesnost je ještě únosná)
- průtok startovací „ F_{start} “ (hodnota průtoku, kdy začíná průtokoměr ukazovat počáteční hodnotu, i když přesnost je velmi špatná)
- průtok maximální „ F_{max} “ (průtok maximální, v provozu se vyskytuje krátkodobě)

Pro správnou funkci průtokoměrů je důležitý druh proudění. Při laminárním proudění se pohybují částice po proudnicích, které jsou rovnoběžné a nekříží se. Při turbulentním proudění dochází vírovému pohybu proudnic, které se vzájemně kříží. Kritériem určující druh proudění je Reynoldsovo číslo, pro které platí vztah (2.2):

$$Re = \frac{D \cdot v}{\gamma} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\xi} \quad (2.2)$$

kde je D	průměr potrubí (m)
v	střední rychlost proudění (m/s)
γ	kinetická viskozita (m ² /s)
ρ	měrná hustota (kg/m ³)
ξ	dynamická viskozita (Pa.s)

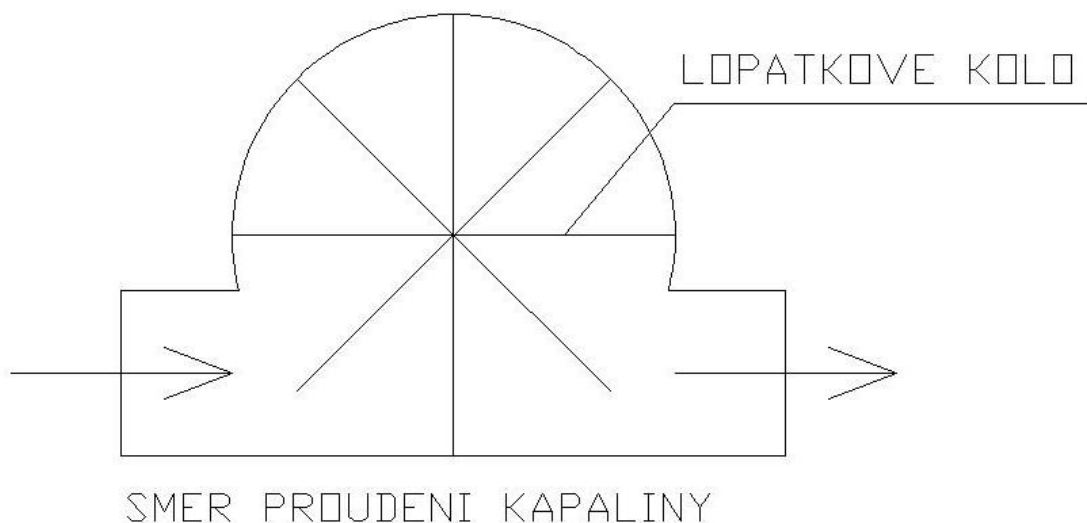
Kritické Reynoldsovo číslo, kdy dochází k přechodu laminárního na turbulentní proudění, je pro průtok kruhovým potrubím hodnota 2300. Pro hodnoty $Re < 2300$ se jedná o laminární proudění. Pro $2300 < Re < 10000$ uvažujeme s prouděním přechodovým. Hodnota $Re > 10000$ určuje turbulentní proudění.

Průtokoměr vyvolává v hydraulickém okruhu tlakovou ztrátu danou jeho hydraulickým odporem. Dalším parametrem průtokoměrů je hodnota časové konstanty udávající dynamické vlastnosti měřeného systému. Spolehlivost systému je dána použitou metodou a druhem senzoru.

Nejčastěji se měří průtok tekutin v uzavřeném potrubí, výjimečně průtok kapalin v otevřeném kanále. Podle způsobu vyjádření měřené veličiny, používáme hodnoty okamžitého hmotnostního nebo objemového průtoku nebo hodnoty celkového hmotnostního množství nebo celkového objemu. Pojem tekutina je společné označení pro kapaliny, plyny a páry.

Obecně se v praxi používané průtokoměry pro potrubní systémy třídí podle metody měření na:

- objemové čítače (průtokoměr s turbínkou, s lopatkovým kolem Obr. 2.3, s oválnými koly),
- průřezová měřidla (clona, dýza, Venturiho trubice, rychlostní sonda),
- plováčkové průtokoměry,
- termoelektrické průtokoměry,
- indukční průtokoměry,
- ultrazvukové průtokoměry,
- vírové průtokoměry,
- Coriolisovy hmotnostní průtokoměry.



Obr. 2.3 - Průtokoměr s lopatkovým kolem

2.1.3.1 Akční členy

Při regulaci průtoku centrální jednotka reguluje zdroj průtoku. Pokud je osazený průtokoměr na konci procesu, ztráta průtoku značí problém v procesu (prasknutí potrubí) v tomto případě centrální jednotka zdroj průtoku omezuje. V případě, kdy je osazen průtokoměr před procesem, ztráta průtoku značí poruchu na zdroji průtoku. V těchto situacích je nutné zastavit proces a ohlásit závadu. Akčními členy jsou v těchto případech ventily s havarijní funkcí.

2.1.4 Měření výšky hladiny

Pro spolehlivou funkci obvodů měření výšky hladiny mají zásadní význam vlastnosti měřené látky. U sypkých látek je to např. granulace, prašnost, sklon k vytváření nálepů, usazením, klenby, abrasivita, agresivita, hořlavost, výbušnost, měrná hmotnost, teplota, vodivost. U kapalných látek hrají roli navíc viskozita, vzlínavost, tvorba par, kondenzace, tvorba pěny. Konstrukce snímačů určuje aplikace podle tvaru zásobníku, jeho rozměrů a materiálu stěn zásobníků.

Pro měření výšky hladiny v zásobnících používáme různé fyzikální metody, abychom zajistili splnění požadavků kladených na měření kapalných, sypkých ale i kašovitých látek.

Způsoby měření hladiny:

- mechanický
- pneumatický
- kapacitní
- pomocí změn vodivosti prostředí
- pomocí ultrazvuku
- pomocí hydrostatického tlaku
- vibračním způsobem
- pomocí radioizotopů
- pomocí mikrovlnného záření
- pomocí vážení.

2.1.4.1 Akční členy

Havarijní stavy jsou definovány jako maximální naplnění nádoby, akční zásah představuje konec procesu. Havarijní stav může představovat i zaplavení prostoru a značit tak poničené vedení látky nebo poničený zásobník. V takových případech se ukončuje proces a vyhláší poplach. Akčním členem je havarijní ventil.

2.1.5 Měření složení a vlastností plynů

Měření složení a vlastností plynů nejčastěji slouží jako detekce nebezpečných plynů. Při výběru je důležité vědět, jaké plyny má snímač detekovat. Důležité je také umístění snímače. Pokud je daný plyn lehčí než okolní vzduch, je třeba jej umístit do nejvyššího bodu v prostoru.

Měření složení a vlastností plynů dává informace o obsahu plyných, kapalných nebo pevných látek ve směsích plynů nebo o jejich fyzikálních parametrech. Při měření složení a vlastností plynů jsou použity chemické nebo fyzikální principy. Při chemických principech se jedná o vzájemné působení částic měřené látky a senzoru s jejich chemickou přeměnou (reakcí), dochází ke změnám látky, při čemž se měří významná změna fyzikální veličiny. U fyzikálních principů nedochází ke změnám druhu látky a využívá se pouze změna některé fyzikální veličiny měřené látky.

V průmyslové praxi jsou používány pro měření složení a vlastností plynů zařízení využívající metody:

- tepelné vodivosti
- paramagnetické
- spektrální analýzy
- katalytického spalování
- průmyslových plynových chromatografů
- měření vlhkosti vzduchu

2.1.5.1 Akční členy

Havarijní stav nastane při detekci plynu o určité koncentraci. V takovém případě vyhodnocovací jednotka uzavírá přívod plynu do daného prostoru. Pokud nemáme nad měřeným plynem kontrolu vyhodnocovací jednotka zastavuje proces a vyhláší poplach. Akčním členem zde bývá nejčastěji havarijní ventil.

2.2 Vyhodnocovací jednotka

Signály od snímačů a převodníků jsou v systémech SIA zpracovány a vyhodnoceny tak, aby byl splněn cíl automatizace.

Cíle automatizace mohou být následující:

- regulace
- řízení a ovládání
- zobrazení, zápis informací
- signalizace limitních stavů
- archivace.

V následujících dvou kapitolách jsou popsány dva typy vyhodnocovacích jednotek. Každý z nich má svoje charakteristické vlastnosti. V dnešní době jsou takřka zaměnitelné, protože trh vyžaduje kombinaci těchto dvou typů vyhodnocovacích jednotek, jak po stránce konstrukce, tak po stránce programování.

2.2.1 Programovatelné logické automaty

Programovatelné logické automaty (dále jen PLC) jsou hardwarová zařízení určená pro úlohy nespojitého sekvenčního a logického řízení podle uživatelského programu. Rozvoj této techniky se ubírá i směrem k automatizaci spojitých procesů s analogovými vstupy a výstupy.

Vedle daného určení je dalším charakteristickým rysem PLC způsob sériového zpracování programu. Naprogramovaná úloha se plní postupně řešením sériové sekvence instrukcí, které nelze přerušit. [1]

PLC představují základní jednotku pro centrální část SIA. Jsou používány pro jednotlivé dílčí operace i pro skupinu operací.

2.2.1.1 Programování PLC

Programování PLC se kvůli jednotnosti řídí normou ISC 1331. Norma vyhláší následující podmínky:

- nezávislost programu na hardware PLC
- jednotný programátorský přístup
- možnost ladění ve fázi offline
- strukturovanost a modulárnost programu.

Programovaná úloha se plní postupně řešením sériové sekvence instrukcí. Cyklická činnost se skládá ze čtyř úseků:

- vzorkování vstupů
- zpracování programu
- nastavení výstupů
- diagnostika a servis.

Doba provedení cyklu je velmi krátká. Programování PLC se provádí na samostatném PC. Propojení PC s PLC je realizováno linkou RS 232. Pro programování se používá jazyk textový a grafický.

Textový jazyk je seznam instrukcí s významem mnemokódů a je blízké assembleru. Text programu je poté přeložen do strojového kódu a uložen do paměti PLC.

Grafický jazyk je ve tvaru symbolů blokových schémat pro obvody číslicové techniky. Nejvyšší úroveň grafického programování má jazyk sekvenčních blokových schémat. [1]

2.2.2 Programovatelné výpočetní automaty

Programovatelné výpočetní automaty (dále jen PCC) představují malou skupinu zařízení určenou pro automatizaci operací, úkonu a jednoduchých procesů. Oproti PLC mají tyto odlišnosti:

- centrální jednotka je monolitický počítač
- pracuje s paralelním řídicím programem
- jsou vhodné i pro výpočetní aplikace

PCC je postaven na obvodu, který obsahuje centrální procesní jednotku CPU, paměť ROM i RAM, digitální vstupy a výstupy, analogové vstupy, sériové komunikační propojení. Tyto mikropočítače jsou vyráběny v různých modifikacích. Liší se počtem vstupů a výstupů, počtem čítačů a časovačů, vybavenosti obvodem watchdog, vybavenosti analogových vstupů a sériového propojení, velikostí ROM a RAM a typem PCU.

2.2.2.1 Programování PCC

Zařízení PCC mají na rozdíl od jednotek PLC zaváděcí program jako firmware pro úvodní spouštění. Po zapnutí PCC do sítě se provádí úvodní operace testování obvodů, nastavení standardního výchozího režimu. Následuje vstup do režimu čekání na vnější podmět vyvolání přerušení. Úrovně jsou nastaveny uživatelem. Vyvolání přerušení způsobí např. změna stavu některého digitálního vstupu. Po vyvolání přerušení se vyhodnotí její priorita a úroveň, zapíše se do paměti proměnné a spustí se uživatelský program. Pokud je vyvoláno přerušení během zpracování jiného podmětu, vyhodnotí se priorita. Je-li priority vyšší, přeruší se vykonávání rozpracované úlohy, uloží se všechny proměnné a zahájí se úloha s vyšší prioritou. Po dokončení se vrátí do místa opuštěné úlohy a dokončí tuto úlohu. Má-li úloha prioritu nižší, dokončí se aktuální úloha a poté se vykoná úloha s nižší prioritou.

Programy se tvoří prostřednictvím standardního PC ve vývojovém prostředí. Pro programování se využívá programovací jazyk textový i grafický.

Textový program pro PCC závisí na typu mikropočítače. Používá se jazyk assembler nebo jako seznam instrukcí s významem mnemokódů. Text mnemokódů je přeložen do strojového kódu a uložen do paměti PCC. Nejčastějším jazykem je jazyk C a BASIC.

Grafický jazyk pro PCC využívá blokových schémat funkčních objektů. K dispozici je knihovna bloků, ze kterých se vybírá potřebný blok, propojí se vstupy a výstupy a nastaví se parametry. Po překladu se program opět nahraje do paměti PCC. [1]

2.3 Akční člen

Akční členy mohou být spojitě nebo nespojitě. Při návrhu ochranného systému se volí nespojitě akční členy. Při návrhu se vymezují krajní podmínky chemického procesu, které ohrožují bezpečnost okolí. Ochranný systém je posledním stupněm ochrany a při překročení krajních podmínek je nutné zasáhnout i za cenu ztráty experimentu.

2.3.1 Ovládání toku tekutin v potrubí

Nejčastějšími akčními členy sloužící pro ovládání toku tekutin v potrubí jsou ventily, klapky, kohouty, šoupátka, nebo žaluzie. Změnu polohy zařízení realizuje pohon či servomechanismus. Pohony jsou nejčastěji elektrické, pneumatické nebo elektrohydraulické.

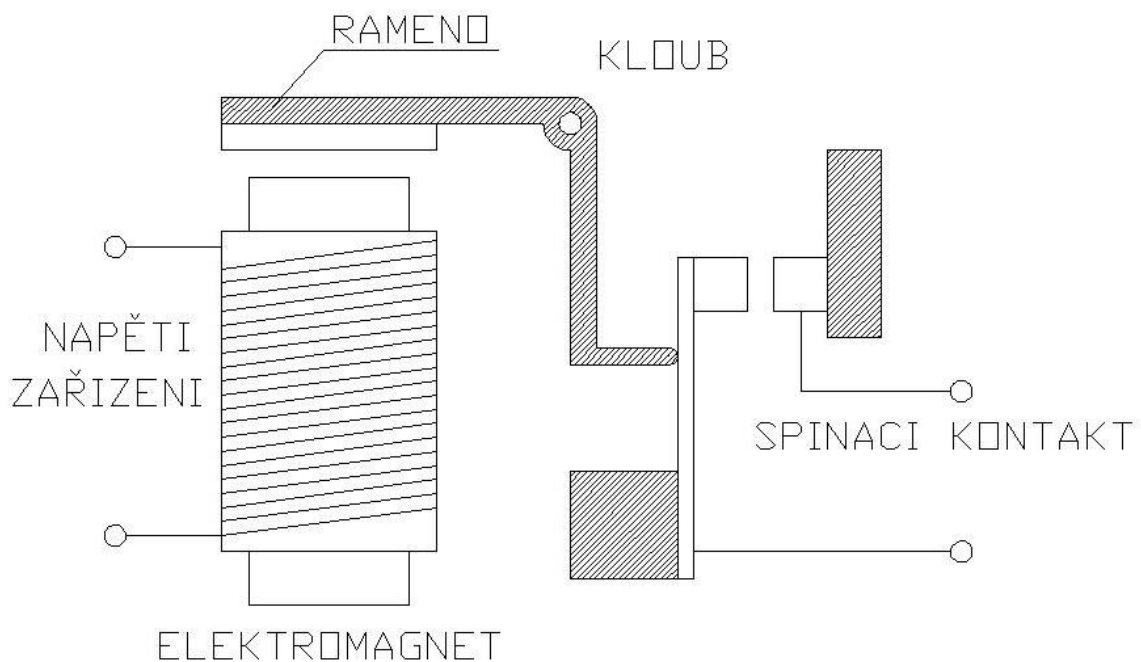
Při návrhu vybíráme podle konstrukce funkce ovládání toku: zavírací, regulační, havarijní. Přičemž při návrhu ochranného systému se používá nejčastěji havarijní provedení. Konstrukce zajišťuje i odolnost vůči chemickým a mechanickým vlastnostem tekutiny jako je teplota a tlak. Důležitá je i odolnost vůči vnějšímu prostředí: teplota a vlhkost.

2.3.2 Ovládání elektrické energie

Dalším důležitým akčním členem jsou součástky pro ovládání elektrické energie. Tyto akční členy se používají v případech, kdy se dohlíží na chemickou reakci a je připojeno zařízení s vlastní regulací. V případech, kdy je třeba jej odstavit, použijeme elektromechanické relé nebo stykače. Takto lze ovládat elektrické zařízení s výkonem v rozsahu jednotek mW až MW pro stejnosměrný i střídavý třífázový proud. Použití relé i stykačů je i v době elektroniky aktuální. Tyto prvky představují spolehlivá zařízení zajišťující spínání s velmi malým přechodovým odporem a levná zařízení především u spínání silových zařízení.[2]

2.3.2.1 Elektromagnetické relé

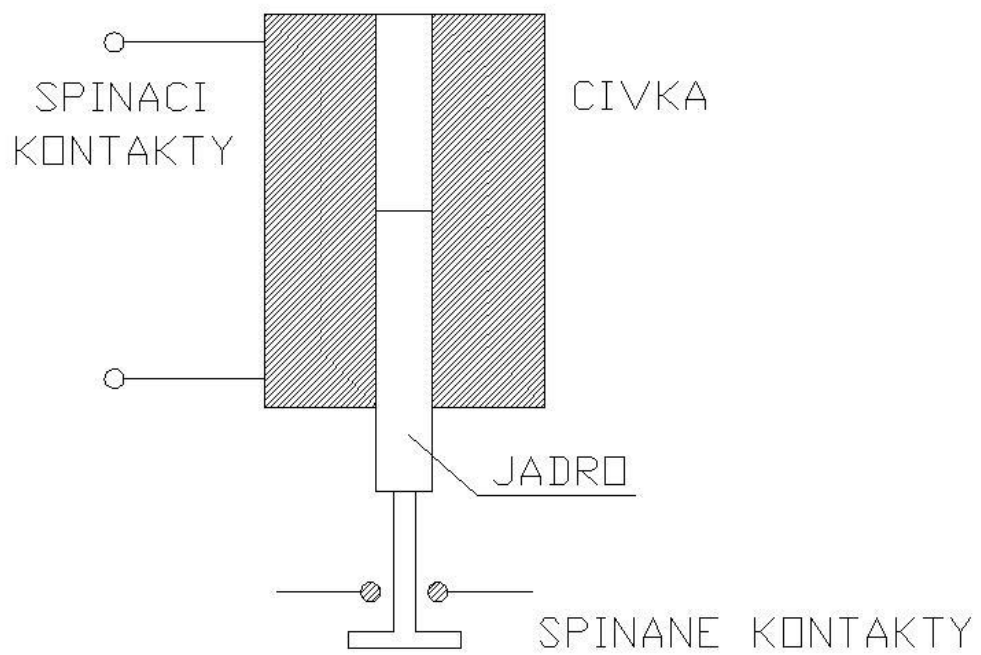
Sepnutí nebo rozeznutí elektrického proudu se provádí elektromechanicky. Na Obr. 2.4 je schéma elektromagnetického relé. Pokud se je na zařízení napětí, cívka přitáhne rameno, které se natočí v kloubu a sepne spínací kontakt. Na straně spínacího kontaktu se připojuje napětí 3V, 6V, 12V, 24V nebo i více. Napětí je střídavé nebo jednosměrné. Spínací napětí je větší než rozeznací. Spínací kontakt je konstruován na jednotky až desítky ampér. Specifickými relé jsou relé polarizované nebo paměťové. Polarizované relé má permanentní magnet pro předmagnetizaci. Pomocí pružin jsou v klidovém stavu udržovány kontakty ve střední poloze. Při přivedení proudu do cívky se podle polarizace spínají kontakty na jednu nebo druhou stranu. Paměťové relé má konstrukci, která zajistí polohu sepnutí kontaktů v poloze posledního zapnutí po dobu vypnutí relé.



Obr. 2.4 – Elektromagnetické relé

2.3.2.2 Stykač

Stykač (Obr. 2.5) je konstruován podobně jako relé, ovšem pro velké spínané proudy od stovek až po tisíce ampér. Elektromechanická síla je vytvořena vtahováním jádra do cívky, kdy stykač sepne spínané kontakty. Spínací kontakt je realizován nejčastěji střídavým napětím 230 V. Spínaný kontakt je konstruován jako jedno nebo třífázové. Zpětná vazba mezi spínaným zařízením a systémem (pro signalizaci stavu sepnutí nebo vypnutí) je možná pomocí kontaktů na stykači.



Obr. 2.5 – Stykač

3 KONSTRUKCE MATEMATICKÝCH MODELŮ

Existují dvě mezní cesty, jak získat matematický model. Metoda černé skříňky, kdy se nesnažíme vytvářet si představu o tom, co se děje ve zkoumaném objektu, který považujeme za zdroj vztahů mezi vstupem a výstupem. Druhou cestou, jak získat matematický model objektu je metoda založená na představě o mechanismu zpracovatelského procesu. Kdy kvantitativně vyjadřujeme fyzikální nebo chemické reakce, které jsou podstatou zpracovatelského děje. [6]

3.1 Bilance

Bilancovat lze nejen hmotnost, nýbrž i další veličiny, jako je např. energie, hybnost atd. Rovnice bilance jsou obsaženy, ať už přímo nebo nepřímo, v soustavě rovnic popisujících každý z procesů, kterými se zabývá chemické inženýrství. Je to proto, že poskytují cenné vztahy mezi bilancovanými veličinami. Umožňují tak nalézt na základě známých hodnot další, předem neznámé hodnoty bilancovaných veličin. Bilanční rovnice mají také značný teoretický význam. [7]

Bilanční veličiny, pro které platí zákon zachování:

$$A + B = C + D \quad (3.1)$$

kde A – množství veličiny v systému na začátku období

B – součet množství veličiny do systému vstupujících

C – množství veličiny v systému na konci období

D – součet množství veličiny ze systému vystupujících

Při bilanci veličiny, pro kterou neplatí zákon zachování, se objevuje v bilanci další člen, který vyjadřuje možnost přeměny bilancované veličiny na jinou veličinu a naopak. Pak proměnné v rovnici (3.1) budou mít tento tvar:

A – součet množství veličiny do systému vstupujících

B – zdroj veličiny

C – součet množství veličiny ze systému vystupujících

D – akumulace veličiny v systému

Při používání bilančních rovnic záleží na tom, je-li proces ustálený či nikoliv. Jestliže se veličiny, které mají na proces vliv, nemění s časem, jde o stacionární proces. Pokud se veličiny s časem mění, je proces nestacionární. Jestliže se libovolný stav v průběhu nestacionárního procesu v určitých časových intervalech opakuje, jde o proces periodický.

3.2 Rozměrová analýza

Rozměrová analýza je založena na tom, že každý fyzikální vztah mezi rozměrovými veličinami lze převést na vztah mezi bezrozměrovými veličinami a na tom, že počet těchto bezrozměrových veličin je roven počtu rozměrových veličin, popisujících systém, zmenšenému o počet základních rozměrů, kterými jsou tyto rozměrové veličiny vyjádřeny.

Matematického zjednodušení fyzikálních rovnic pomocí bezrozměrového vyjádření se využívá při řešení složitějších rovnic. Velký význam však má zejména na zmenšení počtu pokusů potřebných k nalezení vztahu mezi veličinami, jež ovlivňují děj, který nás zajímá. Některé systémy jsou totiž tak složité, že děje v nich probíhající se dosud nepodařilo popsat vhodnou fyzikální rovnicí. Můžeme si pouze učinit představu o tom, které veličiny mohou mít na daný děj vliv. Přitom se samozřejmě může stát, že nevezmeme v úvahu všechny veličiny. Ovšem vliv jednotlivých veličin na proces může být různě silný. Zanedbáním veličiny, která děj značně ovlivňuje, se přirozeně dopustíme mnohem větší chyby než zanedbáním jiné veličiny, jejíž vliv je malý. Může se také stát, že zvolíme omylem veličiny, které děj prakticky neovlivňují, čímž hledanou závislost zbytečně komplikujeme. [7]

Pojem rozměrové analýzy si přiblížíme na jednoduchém příkladu. Z fyziky je známo, že tlak p je v určitém místě nehybné tekutiny s hustotou ρ lze vyjádřit pomocí tlaku p_0 v jiném místě ve svislé vzdálenosti h podle vztahu (3.2):

$$p = p_0 + h\rho g \quad (3.2)$$

kde g je tíhové zrychlení. Každý člen této rovnice musí mít stejný rozměr. V mezinárodní soustavě jsou základními jednotkami pro náš případ kilogram, metr a sekunda. Po dosazení v těchto jednotkách bude jednotka každého členu $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$ (tj. Pa).

Rovnici (3.2) můžeme upravit tak, že dělíme každý člen veličinou p_0 :

$$\frac{p}{p_0} = 1 + \frac{h\rho g}{p_0} \quad (3.3)$$

Tím se rovnice upravila jednak z hlediska matematického, neboť místo tří proměnných členů máme dva, a jednak z hlediska rozměrů, neboť každý člen v rovnici (3.3) je nyní bezrozměrový. Zavedeme-li bezrozměrové veličiny $P = \frac{p}{p_0}$ a $R = \frac{h\rho g}{p_0}$, můžeme pak zapsat rovnici (3.3) jako:

$$P = 1 + R \quad (3.4)$$

Představme si teď, že nemáme rovnici (3.2), ale víme, které veličiny ovlivňují hodnotu p . Můžeme pak zapsat takovýto vztah (3.5):

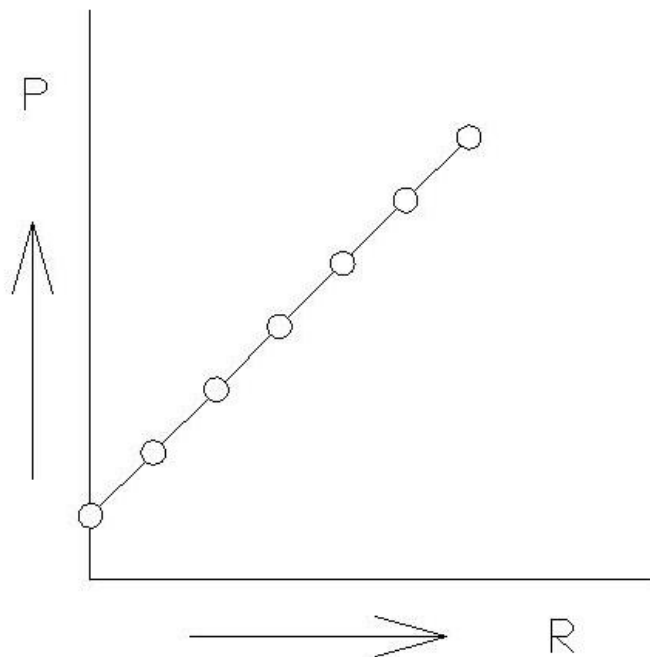
$$p = f(p_0, h, \rho, g) \quad (3.5)$$

Protože o funkci f nic nevíme, musíme její tvar najít pokusně, což je časově náročné a nákladné.

Kdybychom však vycházeli z bezrozměrových proměnných, měli bychom podstatně jednodušší vztah (3.6):

$$P = \varphi(R) \quad (3.6)$$

Funkci φ bychom opět museli stanovit pokusně, ovšem měření by byla mnohem méně časově náročná a tedy i méně nákladná. [7] Grafické znázornění je na Obr. 3.1.



Obr. 3.1 – Grafické znázornění vztahu (3.6)

3.3 Teorie podobnosti

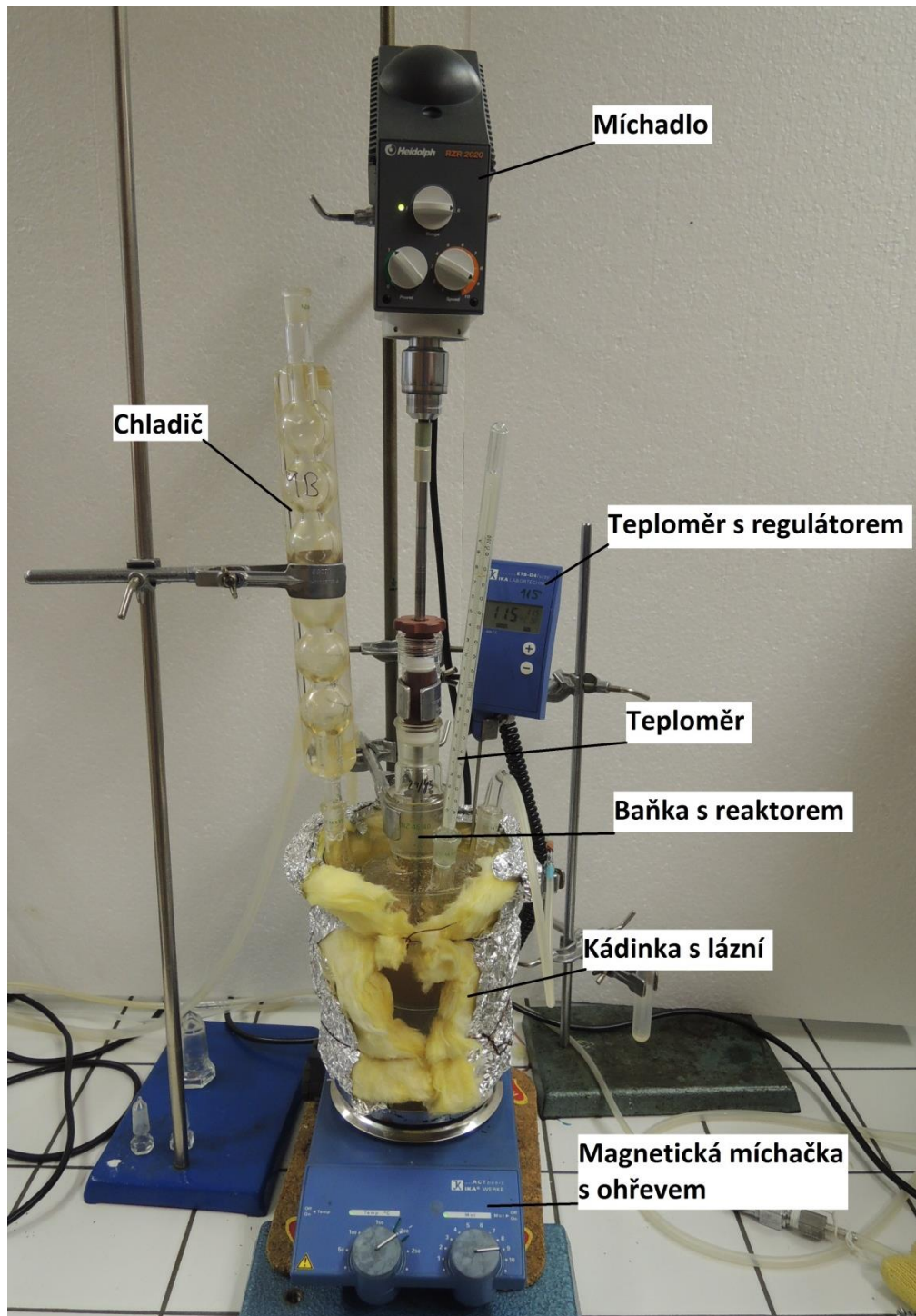
Pod pojmem podobnost se rozumí určité vztahy, které musí platit mezi jednotlivými fyzikálními veličinami, z nichž nutnou podmínkou jsou vztahy plynoucí z geometrické podobnosti. Geometrická podobnost je známa z partií matematiky a definuje tu skutečnost, že odpovídající si geometrické rozměry na díle jsou ve stejných poměrech jako příslušné rozměry na modelu. Geometrická podobnost je nutnou podmínkou, ale nikoliv dostačující. Soubor diferenciálních rovnic popisujících daný děj jsou rovnice mezi fyzikálními veličinami, proto je třeba, aby všechny tyto fyzikální veličiny, a to ve všech místech zařízení, splňovaly fyzikální podobnost, tj. odpovídající si fyzikální veličiny v daných místech a ve všech směrech byly vyjádřeny stejným poměrem jak v modelu tak na díle. Dohromady geometrická a fyzikální podobnost jsou dostačujícími podmínkami k tomu, aby dílo a model si byly podobné. [7]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 VSÁDKOVÝ MÍCHANÝ REAKTOR S CHLADIČEM

K zabezpečení byl vybrán vsádkový míchaný reaktor s chladičem (Obr. 4.1). Ohřívač udržuje nastavenou teplotu lázně v kádince, ve které je ponořena baňka s reaktorem. Reakční směs je promíchávána míchadlem. Reaktor je vybaven chladičem, který je určen k provádění reakcí za atmosférického tlaku.

Tento laboratorní reaktor představuje univerzální vybavení pro laboratorní experimentální výzkum a technologický vývoj. V zařízeních tohoto typu se provádí řada rozličných reakcí jako je hydrolýza, transesterifikace, oxidace, hydrogenizace apod.



Obr. 4.1 – Vsádkový reaktor

4.1 Magnetická míchačka s ohřevem

K ohřevu a míchání lázně slouží magnetická míchačka Heidolph MR Hei-Standard (Obr. 4.2) nebo zařízení od jiných výrobců v totožném provedení a funkcemi. Pomocí tyčinkového magnetu, který je vložen v lázni se lázeň promíchává. Otáčky magnetu a požadovaná teplota se nastavují pomocí otočného tlačítka. Nastavenou teplotu zařízení

udržuje s přesností $\pm 5^\circ \text{C}$. K míchačce lze připojit teploměr s regulátorem, který udržuje nastavenou teplotu s tolerancí $\pm 1^\circ \text{C}$. Vstupní napětí míchačky je 230 V/50Hz. Maximální příkon se pohybuje od 800 W do 900 W. Krytí IP 32. Regulace výkonu topné desky je pomocí termostatu. V případě připojení teploměru s regulátorem je topná deska ovládána pulsně šířkovou modulací.



Obr. 4.2 – Magnetická míchačka s ohřevem

4.2 Chladič

Ve skleněném chladiči kondenzují páry vypařující se z reaktoru. Chladicí voda je odebírána z vodovodního řádu a odváděna do odpadu pomocí gumových hadiček o vnitřním průměru 6 mm.

4.3 Míchadlo

K promíchávání reaktoru je použito míchadlo RZR 2020 od firmy Heidolph (Obr. 4.3). Vstupní napětí je 230 V/50Hz. Příkon míchadla je 50 W. Krytí IP 40. Rozsah otáček 40 – 2000 otáček/min.



Obr. 4.3 – Míchadlo

4.4 Matematický model

Pro kvantitativní popis systému laboratorního reaktoru sestavíme jeho matematický model. Předpokládejme, že v reaktoru probíhá oxidace 2-oktanolu na 2-oktanon v kyselině dusičné. Jedná se o modelovou reakci, která je výrazně exotermní a navíc autokatalytická. Průmyslově se obdobná reakce využívá pro výrobu kyseliny adipové z cyklohexanolu, která je základní složkou pro výrobu široce rozšířeného termoplastu Nylon. Následnou oxidaci 2-oktanonu kyselinou dusičnou v modelu zanedbáme, v reaktoru tedy bude probíhat pouze jediná reakce, oxidace 2-oktanolu, dle následující rovnice (4.1):



4.4.1 Bilance hmoty

Bilanci látkového množství jednotlivých složek ve vsádkovém reaktoru popisují rovnice (4.2 až 4.4):

Složka A (2-oktanol):

$$\frac{dc_A}{d\tau} = -r \quad (4.2)$$

Složka B (nitrosoniový ion):

$$\frac{dc_B}{d\tau} = r \quad (4.3)$$

Složka P (2-oktanon):

$$\frac{dc_P}{d\tau} = r \quad (4.4)$$

Rychlost reakce r vyjádříme rychlostní rovnicí (4.5), v níž je zanedbána změna hodnoty Hammettovy funkce kyselosti se změnou koncentrace kyseliny dusičné. Tento předpoklad je oprávněný pro počáteční složení reakční směsi s velkým přebytkem kyseliny dusičné. Rychlostní rovnice dále zanedbává heterogenitu reakčního systému, simulace jsou tedy spočteny za podmínky homogenní reakce:

$$r = k_{\infty} \cdot \exp\left(-\frac{E_A}{RT} + C_H\right) \cdot c_A \cdot c_B \quad (4.5)$$

Kde	c_A	koncentrace složky A
	c_B	koncentrace složky B
	c_P	koncentrace složky P
	r	rychlost reakce
	k_{∞}	frekvenční faktor
	E_A	aktivační energie
	R	univerzální plynová konstanta
	C_H	konstanta vyjadřující vliv Hammettovy funkce kyselosti na reakční rychlost
	T	teplota reakční směsi

4.4.2 Bilance energie

Sestavíme matematický model bilance energie:

$$V_r \cdot \Delta H_r \cdot r = V_r \cdot \rho_r \cdot c_{pr} \cdot \frac{dT}{d\tau} + k \cdot S \cdot (T_r - T_{ohřev}) \quad (4.6)$$

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{1}{\rho_r \cdot c_{pr}} \cdot \left(\Delta H_r \cdot r - \frac{k \cdot S}{V_r} \cdot (T_r - T_{ohřev}) \right) \quad (4.7)$$

Kde	V_r	objem reaktoru
	ΔH_r	reakční teplo
	ρ_r	hustota reakční směsi
	c_{pr}	tepelná kapacita reakční směsi
	k	koeficient prostupu tepla
	S	teplosměnná plocha reaktoru
	T_r	teplota reakční směsi
	$T_{ohřev}$	teplota lázně

4.4.2.1 Simulace

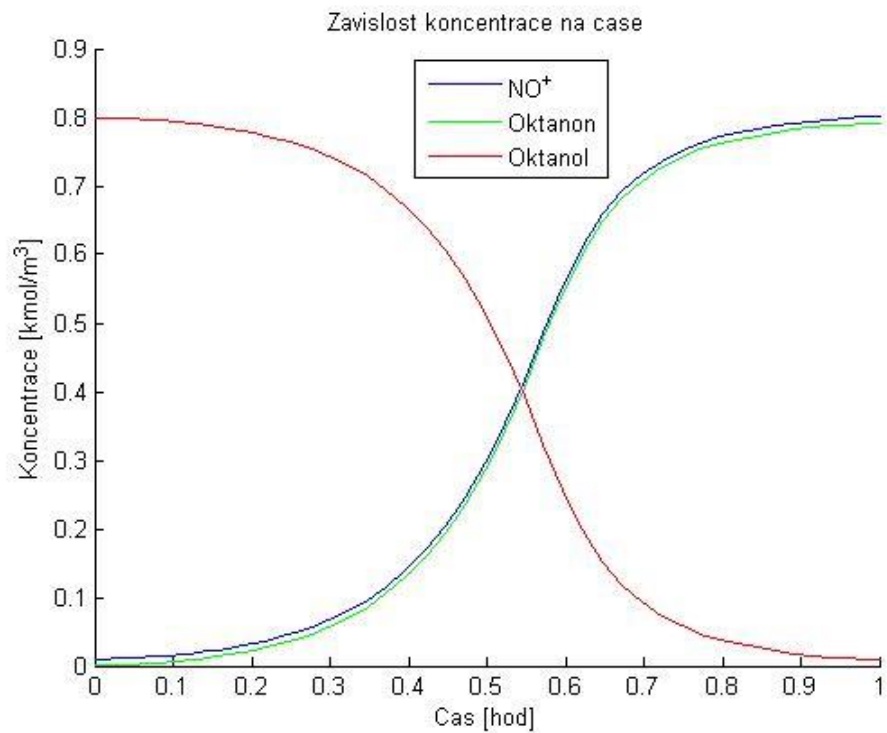
V Tab. 4.1 jsou uvedeny počáteční hodnoty parametrů použitých při simulaci v programu MATLAB. Hodnoty oxidace byly převzaty z práce [8].

Tab. 4.1- Počáteční hodnoty parametrů použitých při simulaci

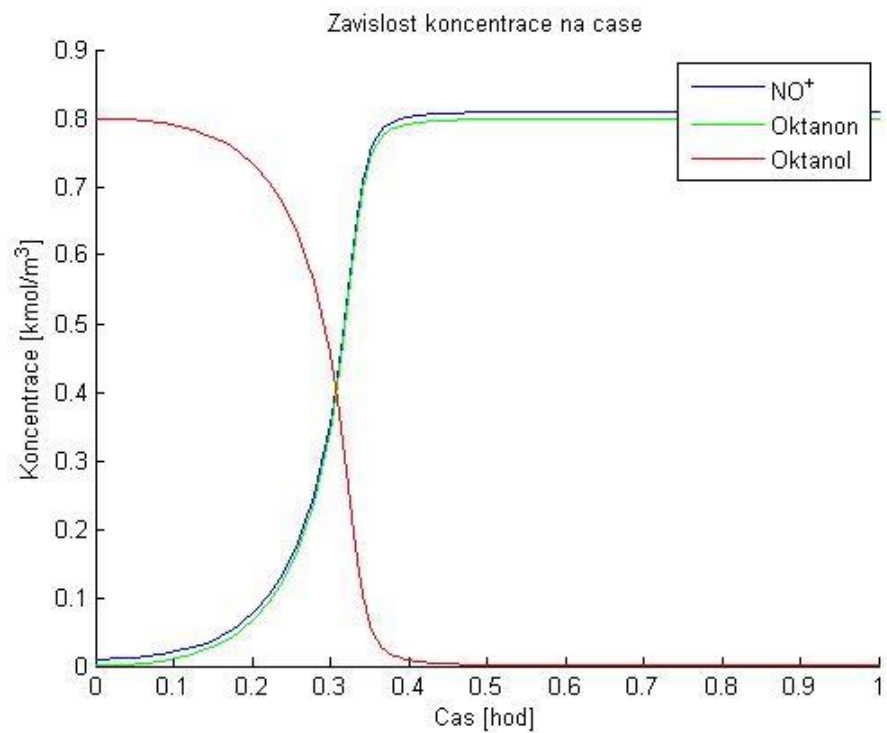
Parametr	Hodnota	Jednotka
c_A	0,8	kmol/m ³
c_B	0,01	kmol/m ³
c_P	0	kmol/m ³
k_∞	$1 \cdot 10^5$	m ³ /kmol.s
E_A	93950	kJ/kmol
R	8,314	kJ/(kmol.K)

V_r	0,5	l
ΔH_r	$160 \cdot 10^2$	kJ/kmol
ρ_r	1200	kg/m ³
c_{pr}	2,68	kJ/(kg.K)
k	0,3	kW/m ² .K
S	$0,2 \cdot 10^{-2}$	m ²
T_r	20	° C
$T_{ohřev}$	30	° C
T	1	hod

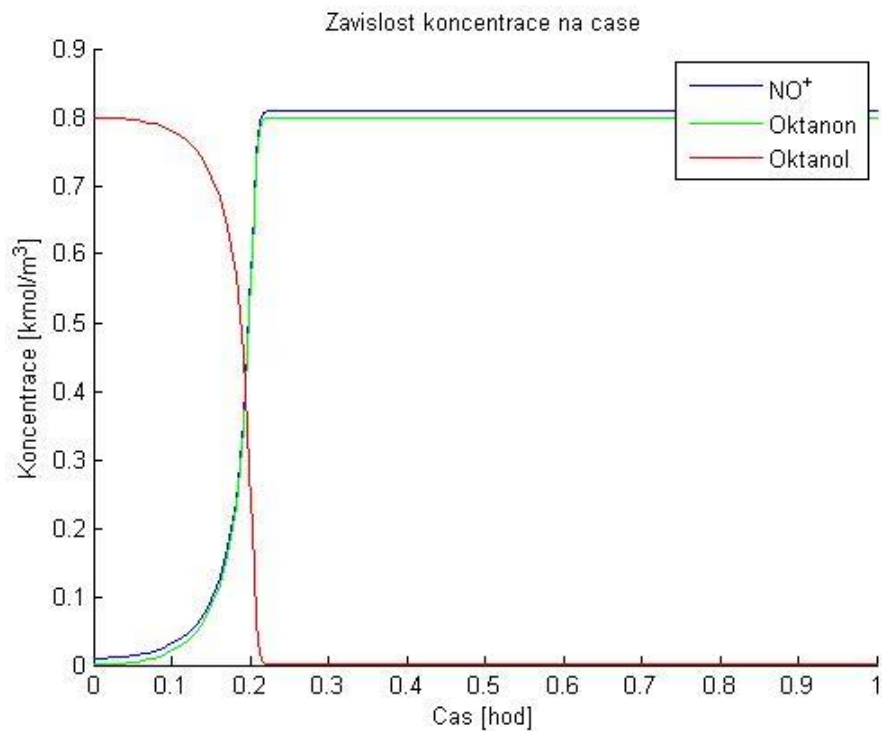
Následující grafy znázorňují nasimulovaný průběh koncentrací při oxidaci. Na Obr. 4.4 je zřejmé, že doba oxidace, při počáteční teplotě lázně 30° C, není dostatečná. Při počáteční teplotě lázně 35° C již oxidace probíhá podle grafu vykresleném na Obr. 4.5. Pokud teplotu zvýšíme o dalších 5° C na 40° C, oxidace proběhne v kratším časovém intervalu zobrazeném na Obr. 4.6.



Obr. 4.4 – Průběh koncentrací jednotlivých složek oxidace při počáteční teplotě lázně 30° C

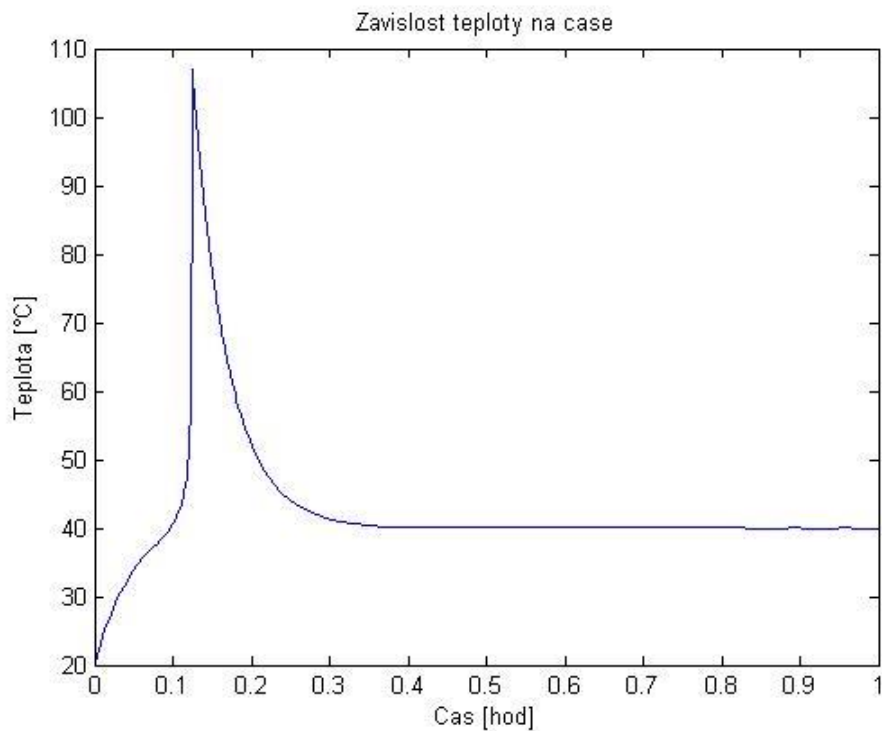


Obr. 4.5 - Průběh koncentrací jednotlivých složek oxidace při počáteční teplotě lázně 35° C

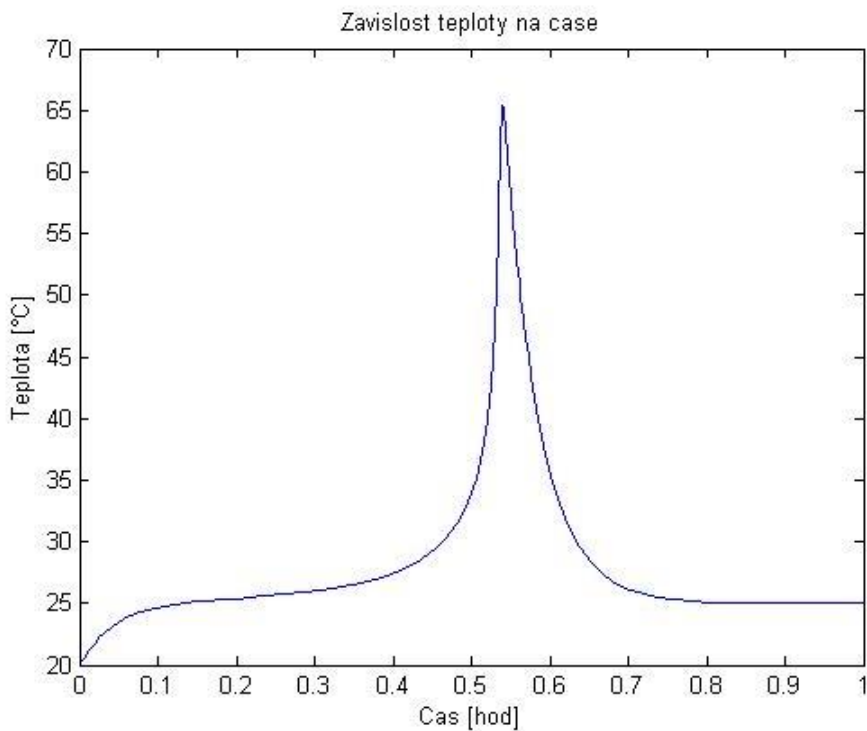


Obr. 4.6 - Průběh koncentrací jednotlivých složek oxidace při počáteční teplotě lázně 40° C

Pokud zvýšíme koncentraci oktanolu z $0,8 \text{ kmol/m}^3$ na $1,5 \text{ kmol/m}^3$ a ponecháme počáteční teplotu lázně na 40°C , nastane uprostřed oxidace výrazný nárůst energie, který ohrozí okolí vyvřením, případně výbuchem. Simulaci tohoto případu pozorujeme na Obr. 4.7. Snížíme-li počáteční teplotu lázně na 25°C oxidace proběhne bezpečně pro okolí, jak je zřejmé na Obr. 4.8.



Obr. 4.7 – Průběh teploty uvnitř reaktoru při počáteční koncentraci oktanolu $1,5 \text{ kmol/m}^3$ a počáteční teplotě lázně 40°C



Obr. 4.8 - Průběh teploty uvnitř reaktoru při počáteční koncentraci oktanolu $1,5 \text{ kmol/m}^3$ a počáteční teplotě lázně 25°C

5 REALIZACE OCHRANNÉHO SYSTÉMU

5.1 Požadavky na ochranný systém

Hlavním důvodem, který vedl k potřebě zabezpečit vsádkový reaktor s chladičem, byla časová náročnost většiny operací probíhajících na tomto zařízení. Navržený systém musí splňovat tyto požadavky:

- nepřetržitý monitoring chemické reakce v rádech dnů
- ukončení pokusu v případě poškození některé části zařízení
- zaslání informační zprávy v případě poruchy zařízení.

5.1.1 Poruchy ochranného systému

Během operací na vsádkovém reaktoru s chladičem může dojít k poškození soustavy, které bude mít za následek ohrožení okolí. Nebezpečné stavy:

- poškození kádinky s lázní
- poškození míchadla nebo skleněné míchací tyče
- poškození vařiče
- poškození skleněného chladiče nebo poškození trasy chladicí vody
- překročení nastavené teploty v reaktoru $\pm 5^\circ \text{C}$.

5.1.2 Provozní podmínky

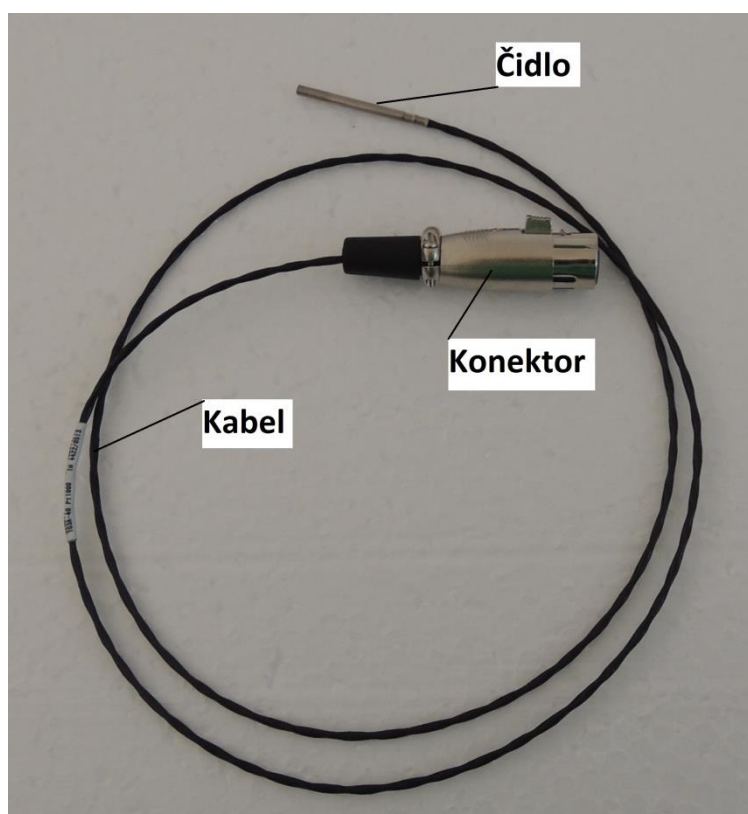
Jelikož bude ochranný systém aplikován do praxe, je třeba definovat podmínky provozu. Teplota reaktoru se pohybuje od 0°C do 250°C . Průtok chladicí vody se nastavuje ručně v rozsahu přibližně 600 ml/min do 1600 ml/min. V případě jakékoliv poruchy v průběhu chemické reakce musí ochranný systém odstavit zařízení z provozu a informovat obsluhu. Před spuštěním zařízení se nastaví délka trvání chemické reakce a po uplynutí této doby se proces ukončí a systém informuje obsluhu. V případě zdárného dokončení procesu doběhne míchadlo a chladič se zpožděním.

Systém bude umístěn do přenosného rozvaděče tak, aby vstupní a výstupní kabely byly snadno rozpojitelné.

5.2 Zvolené technické prostředky ochranného systému

5.2.1 Snímač teploty

Čidlo teploty (Obr. 5.1) snímá teplotu uvnitř reakční baňky. Reakční baňka je osazena třemi nebo dvěma hrdly s vnitřním průměrem 14,5 mm, z nichž jeden je určen právě pro snímač teploty. Teplotní snímač byl vybrán od firmy Sensit s. r. o. typu TG3A. Jedná se o teplotní snímač s kabelem a kovovým pouzdem o průměru 3 mm a délce 40mm. Pouzdro je vyrobeno z nerez. Čidlo teploty je Pt 1000/3850 ppm. Teplotní rozsah je od 0 ÷ 250° C. Přívodní kabel je vyroben z teflonu 2 x 0,205 mm² a odolává teplotám do 250° C. Teplotní čidlo se připojí přímo do vyhodnocovací jednotky pomocí mikrofonního konektoru XLR, jehož zásuvka je osazena na levé bočnici rozvaděče.



Obr. 5.1 – Teploměr s kabelem Pt 1000

5.2.1.1 Akční člen

Akčními členy teploty jsou dva jednofázové stykače od firmy Hager Electro s. r. o. typu ERC 125 (Obr. 5.2) s ručním ovládáním pro jmenovité napětí 230 V a jmenovitý proud 25 A. Stykače zvláště ovládají napětí pro vařič a míchadlo. Stykače spíná a rozepíná

vyhodnocovací jednotka, která v případě překročení maximální nebo minimální meze nastavené teploty odstaví zařízení z provozu a upozorní obsluhu pomocí SMS zprávy.



Obr. 5.2 – Stykač Hager ERC 125

5.2.2 Průtokový spínač

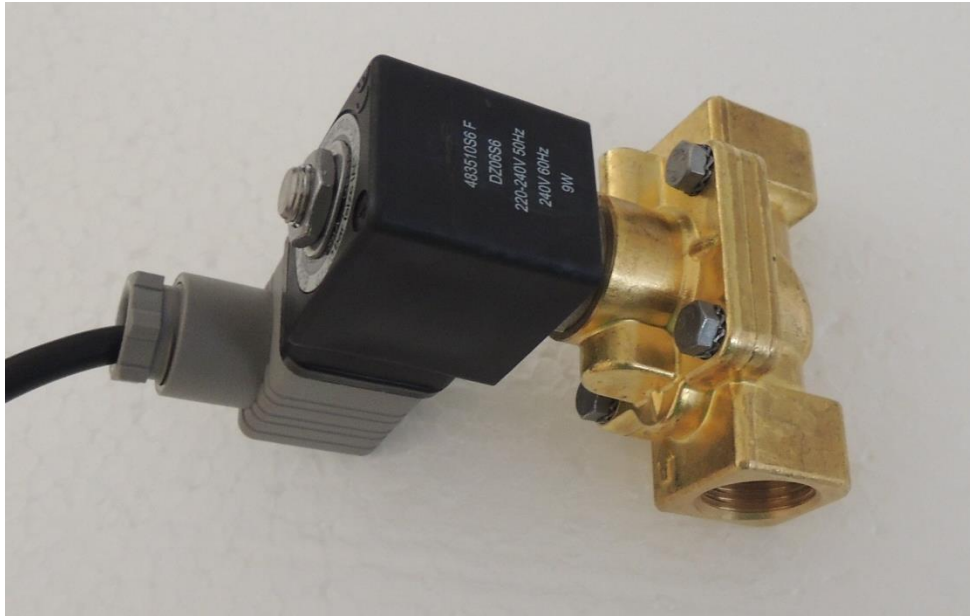
Pro zabezpečení funkce chladiče byl vybrán průtokový spínač FCS-01 (Obr. 5.3) od firmy Conrad Electronic Česká republika s. r. o. Průtokový spínač se osadí na konec trasy chladicí vody, před výpusť do odpadního potrubí. Průtokový spínač spíná při minimálním průtoku 500 ml/min. Maximální zátěž spínaného kontaktu je 100 VDC a 250 VAC.



Obr. 5.3 – Průtokoměr FCS-01

5.2.2.1 Akční člen

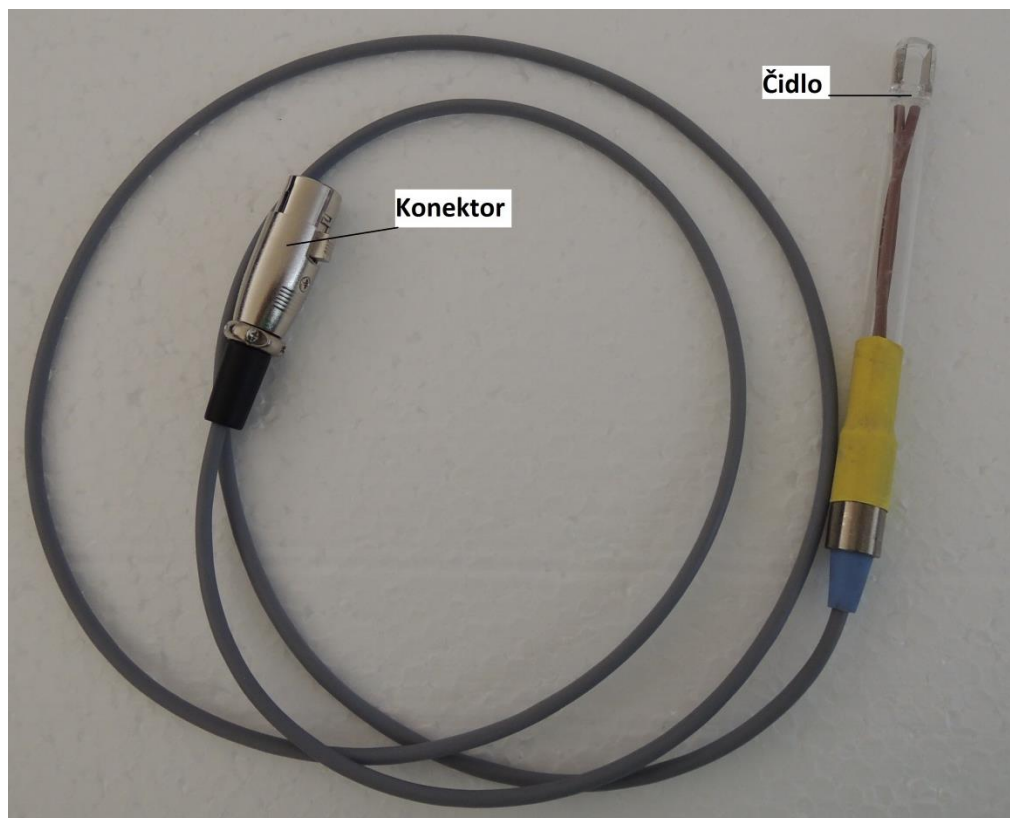
Pokud na snímači průtoku není signalizován průtok, je nutno zastavit přívod chladící vody do chladiče. Akčním členem je solenoidový ventil (Obr. 5.4) od firmy Parker Hannifin Czech Republic s. r. o. typu 443779W. Solenoidový ventil ovládá vyhodnocovací jednotka. Otevírací napětí je 230 V. Solenoid je osazen na přívodním potrubí chladící vody za kohoutovým ventilem.



Obr. 5.4 – Solenoidový ventil

5.2.3 Čidlo zaplavení

Ke snímání hladiny lázně slouží čidlo zaplavení PS-2 (Obr. 5.5), které vyrábí firma REMAX CZ s. r. o. se skleněným pouzdem. Za čidlo osadíme hlídač zaplavení HZ 01 (Obr. 5.6) od stejného výrobce. Hlídač je napájen napětím 24 VDC. Hlídač zaplavení je osazen výstupním relé, které indikuje zaplavení rozepnutým nebo sepnutým kontaktem. Tento výstup připojíme na vyhodnocovací jednotku. Hlídač zaplavení je umístěn v rozvaděči. Pomocí konektoru a jeho zásuvky, která je osazena na bočnici rozvaděče, je realizován propoj mezi čidlem a hlídačem.



Obr. 5.5 – Snímač zaplavení PS-2



Obr. 5.6 – Hlídač zaplavení HZ 01

5.2.3.1 Akční člen

Akčním členem čidla zaplavení jsou stykače, které ovládá vyhodnocovací jednotka. Pomocí stykačů zajistí odstavení zařízení z provozu v případě neindikování přítomnosti kapaliny a upozorní obsluhu pomocí SMS zprávy.

5.2.4 Hlídací proudové relé

Hlídací proudové relé PRI-51 (Obr. 5.7) od firmy ELKO EP s. r. o. slouží k hlídání úrovně proudu v jednofázových AC obvodech. Výstupní relé je v normálním stavu vypnuto. Při překročení nastavené úrovně proudu relé při nastavené prodlevě (0,5-10 s) sepne. Při návratu z chybové polohy do normálního stavu se uplatňuje hystereze 5%. Napájecí napětí je AC 24-240 V/50-60 Hz a DC 24 V. V ochranném systému jsou použita dvě hlídací proudová relé. První pro hlídání proudu vařiče, který má výkon 800-900 W, zde je použit rozsah hlídaného proudu 0,5- 5 A. Druhé hlídací proudové relé je zvoleno rozsahu 0,1-1 A pro hlídání proudu míchadla, které má výkon 50 W.



Obr. 5.7 – Hlídací proudové relé PRI-51

5.2.4.1 Akční člen

Hlídací proudové relé nám poslouží k hlídání odběru proudu na spotřebičích. Pokud odebíraný proud bude menší než nastavená hodnota, vyhodnocovací jednotka vyhodnotí poruchu na zařízení. Při hlídání proudu vařiče se musí porucha filtrovat, jelikož je vařič samostatně regulován vlastním termostatem. Akční člen jsou stykače, které ovládá vyhodnocovací jednotka, která v případě poruchy zařízení vyřadí z provozu a pomocí SMS zprávy informuje obsluhu.

5.2.5 Vyhodnocovací jednotka

Vyhodnocovací jednotka byla zvolena od firmy Tronic Control© s. r. o. Firma Tronic Control© s. r. o. vyvíjí a vyrábí řídicí systémy TRONIC© 2000 vhodné pro regulaci a řízení vytápění, vzduchotechniky, chlazení a pro řízení technologických procesů.

Byl vybrán programovatelný regulátor TRONIC 2008E (Obr. 5.8) vhodný pro menší až střední aplikace.



Obr. 5.8 – Stanice T2008E

5.2.5.1 Technické parametry stanice

Řídicí stanice je kompaktní pro montáž do rozvaděčové skříně. Upevňuje se na lištu TS35. Pouzdro má profil modulových přístrojů dle DIN, velikost 9M.

Rozměry stanice: 160 x 90 x 53 mm (š, v, h)

Hmotnost: 340 g

5.2.5.2 Vstupy a výstupy stanice

Regulátor T2008E má tyto vstupy a výstupy:

- šest analogových vstupů
- čtyři dvouhodnotové vstupy

- dva analogové výstupy $0 \div 10$ VDC
- šest reléových výstupů.

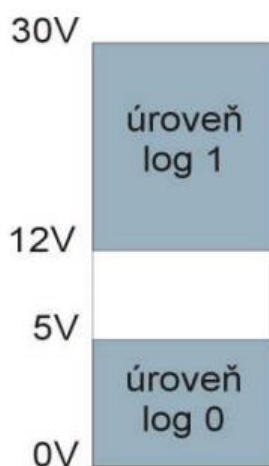
5.2.5.3 Připojování analogových vstupů

Na šest analogových vstupů lze připojit teploměr Pt 1000, Ni 1000 se strmostí 5000 ppm/°C nebo 6178 ppm/°C, DC proud $0 \div 20$ mA ($4 \div 20$ mA), DC napětí $0 \div 10$ V, dvouhodnotový signál 24 VDC s možností čítat pulsy a měřit periodu.

Analogové signály se ke stanici T2008E připojují dvěma vodiči. Při výrobě je každý vstup osazen unifikačním článkem podle požadavku.

5.2.5.4 Připojování dvouhodnotových vstupů

Dvouhodnotové signály se ke stanici připojují na dvouhodnotové vstupy. Jmenovité vstupní napětí je 24 VDC. Signál je zpracován buď jako dvouhodnotový stavový nebo čítačem s číslicovou filtrací a měřením periody. Vstupy jsou navzájem i od systému galvanicky odděleny. Všechny vstupy jsou pasivní. Neaktivní úroveň vstupního signálu je $5 \div 12$ V (viz Obr. 5.9).



Obr. 5.9 – Logická úroveň vstupního signálu

5.2.5.5 Připojení analogových výstupů

Stanice má dva analogové výstupy s napětím $0 \div 10$ V. Záporný pól výstupů je spojený se zemí stanice.

5.2.5.6 Připojení dvouhodnotových výstupů

Dvouhodnotové výstupy stanice T2008E jsou tvořeny kontakty relé. Mohou spínat napětí 230 V/2A nebo stejnosměrné napětí 48 V/0,5A. Izolační pevnost výstupních obvodů splňuje požadavky na oddělení bezpečného malého napětí.

5.2.5.7 Komunikační výbava stanice

Stanice má jedno sériové komunikační rozhraní RS232. Maximální délka propojení je 18 m. Přenosová rychlost je 300 Bd až 115,2 kBd. Lze jej použít následovně

- připojení servisního PC
- připojení modemu nebo převodníku pro Ethernet uvnitř rozvaděče

5.2.5.8 Terminál obsluhy

Čelní plochu stanice tvoří terminál obsluhy obsahující:

- LC displej 2 x 16 znaků s podsvětlením
- dva indikátory LED
- membránovou klávesnici s pěti klávesami.

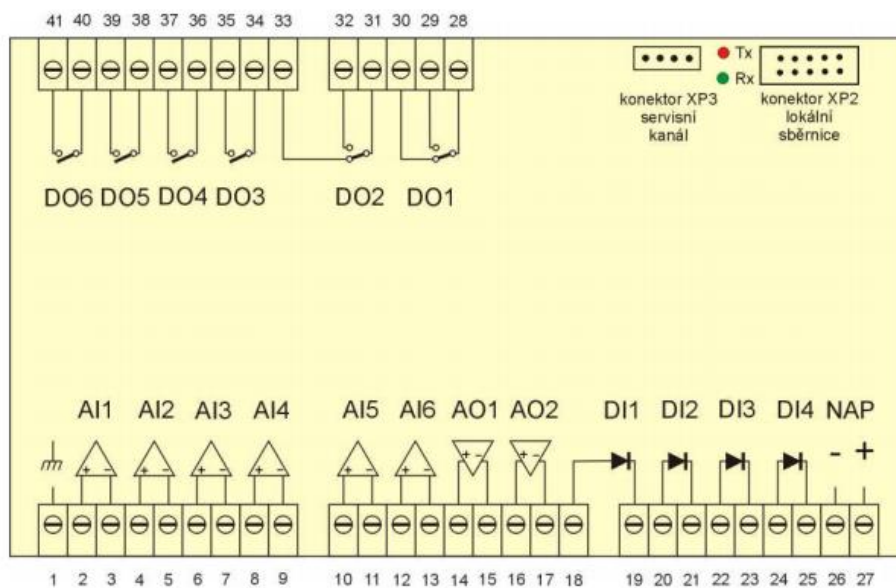
Pomocí šipek doprava a doleva se pohybujeme v menu. Pokud řádek začíná symbolem + má položka svoje vlastní menu o úroveň níž. Pomocí šipky dolů otevřeme nižší úroveň. Šipkami doprava a doleva listujeme v tomto menu. Šipkou nahoru nižší menu opustíme. Enter tlačítko slouží k nastavování dvouhodnotových proměnných. Případně pomocí šipek nastavíme analogovou proměnnou.

5.2.5.9 Napájení stanice

Stanice se napájí stejnosměrným napětím 13 VDC. Přívod je jištěn pojistkou F315mA. Pro vstupní obvody je třeba použít externí napájení.

5.2.5.10 Svorkové připojení stanice

Na Obr. 5.10 je schéma vstupů a výstupů stanice T2008E.



Obr. 5.10 – Svorkové propojení T2008E

5.3 GPRS modem

K jednotce byl pomocí sériové linky připojen GPRS modem MG 55i (Obr. 5.11) od polského výrobce Netkom. Do modemu byla vložena předplacená SIM karta Vodafone s telefonním číslem +4200773910924. Modem je nastaven tak, aby v případě požadavku vyhodnocovací stanice poslal SMS zprávu. Telefonní čísla mohou být až tři a nastavují se v programu stanice nebo přímo na displeji vyhodnocovací jednotky. SMS zprávy se posílají pouze na správně vyplněná telefonní čísla.



Obr. 5.11 – GPRS modem

5.4 Rozvaděč

Bylo navrženo schéma ochranného systému, které zkontroloval a schválil zaměstnanec firmy Tronic Control s. r. o. pan Ing. Josef Helvich. Podle tohoto schématu byla vyrobena rozvaděčová skříň (Obr. 5.12), ve které se nachází vyhodnocovací jednotka T2000E s displejem. Rozvaděčová skříň se v chemické laboratoři osadí podle možností. Schéma je přílohou této práce.



Obr. 5.12 - Rozvaděč

6 PROGRAMOVÉ VÝBAVENÍ STANICE

Program pro stanici T2008E je napsán v jazyce LEDA. Tento program je vyvinutý pro všechny řídicí stanice vyrobené firmou TRONIC CONTROL s. r. o. Tvorba a nahrání programu se provádí v aplikaci WinLeda, jejíž instalační balíček je v příloze této práce. Instalace není nijak náročná. Podmínkou správného fungování je pouze instalace přímo na disk (nejčastěji na disk C), nikoliv jak je tomu u jiných programů do adresáře /Program Files.

Při úspěšné instalaci se nám vytvoří adresář WINLEDA. Tento adresář je taktéž přílohou této práce. V tomto adresáři nalezneme manuály potřebné k upravování programů od úplného začátku. Konkrétně v adresáři winleda/manuals. Návody je popsán v souborech M-Leda a M-PreLeda, oba dokumenty jsou k dispozici s koncovkou pdf a html.

6.1 Vlastní program

Vlastní program je uložen v souboru *kolona.obj*. Je přeložen a následně pomocí sériového kabelu nahrán do stanice. Vše v aplikaci WinLeda. Všechny zdrojové soubory jsou přílohou této práce uloženy ve složce /DP.

Kód uvedený na následujících řádcích není kompletní. Je vybráno pouze „tělo“ programu pro představu kódu LEDA.

```
/* Vyhodnocení chodu technologie */  
  
IF(A_ar_start_okruh_xx)  
    { IF(HMIN > DIF){A_ar_zad_cas_min_xx - 1 >  
A_ar_zad_cas_min_xx}};  
  
(A_ar_zad_cas_min_xx <= 0) > RES > A_ar_start_okruh_xx;  
  
/* Vyhodnocení chodu okruhu */  
  
(A_ar_start_okruh_xx & !blok_okruh_xx) > chod_okruh_xx;  
  
/* Ovládání míchání */  
  
IF(A_ar_start_michani_xx)  
    { chod_okruh_xx,A_ar_dobeh_michani_xx > SDR >  
DO_michani_xx;
```

```
        }ELSE
        {
            0 > DO_michani_xx;};
/* Ovládání ohřevu */
IF(A_ar_start_ohrev_xx)
    {
        chod_okruh_xx,20 > DSR > DO_ohrev_xx;
    }ELSE
    {
        0 > DO_ohrev_xx;};
/* Ovládání chlazení */
IF(A_ar_start_chlazení_xx)
    {
        chod_okruh_xx,A_ar_dobeh_chlazení_xx > SDR >
DO_chlazení_xx;
    }ELSE
    {
        0 > DO_chlazení_xx;};
/* Vyhodnocení poruchy míchání */
IF(DO_michani_xx & !DI_proud_michani_xx)
    {
        1 > ER_alarm3_xx;
    }ELSE
    {
        0 > ER_alarm3_xx;
    };
/* Vyhodnocení poruchy ohřevu */
IF(DO_ohrev_xx & !DI_proud_ohrev_xx)
    {
        1 > ER_alarm4_xx;
    }ELSE
    {
        0 > ER_alarm4_xx;
    };
/* Vyhodnocení poruchy chlazení */
IF(A_ar_start_chlazení_xx & chod_okruh_xx)
```

```
{(!DI_prutok_chlazení_xx), 30 > DSR > ER_alarm5_xx;
}ELSE
    {
        0 > ER_alarm5_xx;
    };

/* Vyhodnocení poruchy přehřátí, podchlazení média */
IF(AI_teplota_xx >= S_ar_maxtep_xx)
{1 > teplo_xx};

IF(AI_teplota_xx <= (S_ar_maxtep_xx - 50))
{0 > teplo_xx};

IF(AI_teplota_xx <= S_ar_mintep_xx)
{1 > zima_xx};

IF(AI_teplota_xx >= (S_ar_mintep_xx + 50))
{0 > zima_xx};

/* Vyhodnocení zpožděného chodu pro zpožděné vyhodnocování
poruchy podchlazení média (sec) */
chod_okruh_xx, (A_ar_zp_chod_xx / per2) > DSR >
A_zp_chod_okruh_xx;

(chod_okruh_xx & teplo_xx) > ER_alarm1_xx;

(A_zp_chod_okruh_xx & zima_xx) > ER_alarm2_xx;

/* Vyhodnocení poruchy nepřítomnosti kapaliny v baňce */
((chod_okruh_xx & A_ar_start_ohrev_xx) &
!DI_kapalina_banko_xx) > ER_alarm6_xx;

/* Vyhodnocení ukončení procesu pomocí poruchy */
(A_ar_start_okruh_xx > NIMP ), 20 > SDR > konec_proces_xx;
konec_proces_xx > ER_alarm7_xx;
```

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a sestavit funkční ochranný systém laboratorní soustavy, která při provozu vyžadovala přítomnost pracovníka. Byl sestaven ochranný systém s vyhodnocovací jednotkou T2000E, který zabezpečí laboratorní soustavu v řádech několika dní bez přítomnosti pracovníka. Ochranný systém byl aplikován na míchaný vsádkový reaktor s chladičem.

Pracovník před zahájením chemické operace zadá do menu vyhodnocovací jednotky čas, po který má operace probíhat a operaci spustí. Po uplynutí tohoto času vyhodnocovací jednotka operaci ukončí a pomocí GPRS modemu odešle pracovníkovi SMS o zdárném ukončení operace.

Pokud během chemické operace nastane porucha, vyhodnocovací jednotka operaci ukončí a pomocí GPRS modemu odešle SMS s popisem poruchy.

Při bezporuchovém ukončení operace zůstává míchadlo a chladič v přednastaveném doběhu. Děje se tak z důvody vychladnutí lázně a reaktoru.

Vyhodnocovací jednotka je na vstupech osazena snímači s dvouhodnotovými stavy, vyjma snímače teploty. Pracovník ovšem před začátkem operace nastavuje maximální a minimální teplotu, která je přípustná v reaktoru. Toto opatření zabezpečí laboratorní soustavu v případě poškození teplotního čidla nebo jeho kabelového vedení.

Jelikož se lázeň ohřeje na požadovanou teplotu za určitý čas, nastavuje pracovník v menu displeje dobu nahřívání. Po tuto dobu je vyhodnocováno pouze překročení maximální teploty.

Vyhodnocovací jednotka je umístěna do přenosné rozvaděčové skříně s osazenými konektory na stranách rozvaděče pro vstupní a výstupní kabelové vedení.

CONCLUSION

The aim of this thesis was to propose and assembly the workable safety system of laboratory assemblage which demands attendance of an employee. The safety system was assembled with the evaluation unit T2008 which ensures safety of the laboratory assemblage for several days without employee's attendance. The safety system was applied to a mixing batch reactor with condenser.

The employee sets the operation time using a display of evaluation unit before the start of a chemical operation and he initiates the operation. The evaluation unit ends the operation after the time expires and sends a successful text message via GPRS modem to the employee.

In case of a failure during chemical operation the evaluation unit ends an operation and sends an error text message via GPRS modem to the employee.

In case of a failure-free chemical operation the stirrer and the condenser are still working for a preset time. The reactor's fusion cools down during this time.

The evaluation unit has binary inputs except for sensor of temperature. The employee sets minimal and maximal temperatures which are admissible in the reactor before operation. This precaution saves the laboratory assemblage in case of failure of sensor or its cable raceway.

Heating the bath liquid takes some time to reach requested temperature. The employee sets time for heating using the display of evaluation unit. During this time the evaluation unit evaluates only over-temperature failure.

The evaluation unit is located in movable switch-box. There are input and output raceway connectors on side plates.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HRUŠKA, František. *Technické prostředky automatizace IV: snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 108 s. ISBN 80-7318-274-2.
- [2] HRUŠKA, František. *Technické prostředky automatizace II*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 112 s. ISBN 80-7318-397-8.
- [3] HRUŠKA, František. *Senzory: fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití. (e-book)*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011, 202 s. ISBN 978-80-7454-096-7.
- [4] CORRIOU, Jean-Pierre. *Process Control: theory and applications*. London: Springer, 2004, 752 s. ISBN 1-85233-776-1.
- [5] NOF, Shimon Y. *Springer handbook of automation*. Berlin: Springer, 2009, 1812 s. ISBN 978-3-540-78830-0.
- [6] KOLOMAZNÍK, Karel. *Modelování zpracovatelských systémů*. Brno: VUT, 1990, 190 s. ISBN 8021401141.
- [7] MÍKA, Vladimír. *Základy chemického inženýrství*. Praha: Statní nakladatelství technické literatury, 1981, 870 s. ISBN 04-622-77.
- [8] WOEZIK, Bob Arnold August van. *Runaway and thermally safe operation of a nitric acid oxidation in a semi-batch reactor*. Enschede: Thesis University of Twente. 2000, 168 s. ISBN 90-365 14878. Digitální kopie ve formátu PDF dostupná také z (URN): <http://doc.utwente.nl/9513/> .

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GPRS	General Packet Radio Service
SIA	system integrované automatizace
Obr	obrázek
TTL	tranzistorově-tranzistorová logika
DTL	diodově-tranzistorová logika
α	součinitel kovových senzorů teploty
ρ_{100}	měrný odpor při 100° C
ρ_0	měrný odpor při 0° C
ppm	parts per million
ρ_{20}	Měrný odpor při 20° C
Tab	tabulka
F_{jmen}	průtok jmenovitý
F_{del}	průtok dělicí
F_{start}	průtok startovací
F_{min}	průtok minimální
F_{max}	průtok maximální
Re	Reynoldsovo číslo
v	střední rychlost proudění
γ	kinetická viskozita
ρ	měrná hustota
ζ	dynamická viskozita
PLC	programovatelné logické automaty
ICS	International Classification for Standards
PC	stolní počítač

PCC	programovatelné výpočetní automaty
ROM	read-only memory
RAM	random-access memory
PCU	power control unit
p	tlak
p_0	tlak v jiném místě
h	svislá vzdálenost
g	tíhové zrychlení
IP	stupeň krytí
c	koncentrace
r	rychlost reakce
k_{∞}	frekvenční faktor
E_A	aktivační energie
R	univerzální plynová konstanta
C_H	konstanta vyjadřující vliv Hammettovy funkce kyselosti na reakční rychlost
T	teplota reakční směsi
V_r	objem reaktoru
ΔH_r	reakční teplo
ρ_r	hustota reakční směsi
c_{pr}	tepelná kapacita reakční směsi
k	koeficient prostupu tepla
S	teplosměnná plocha reaktoru
T_r	teplota reakční směsi
$T_{ohřev}$	teplota lázně
NO^+	nitrosoniový ion
SMS	služba krátkých textových zpráv

DIN	normovaná nosná lišta do elektrických rozvaděčů
LED	light-emitting diode
DI	digitální vstup
DO	digitální výstup
AI	analogový vstup
AO	analogový výstup
SIM	účastnická identifikační karta v mobilní síti

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 – Schéma SIA
- Obr. 2.1 – Odporový teploměr s jímkou
- Obr. 2.2 – Bourdonova trubice
- Obr. 2.3 - Průtokoměr s lopatkovým kolem
- Obr. 2.4 – Elektromagnetické relé
- Obr. 2.5 – Stykač
- Obr. 3.1 – Grafické znázornění vztahu (3.6)
- Obr. 4.1 – Vsádkový reaktor
- Obr. 4.2 – Magnetická míchačka s ohřevem
- Obr. 4.3 – Míchadlo
- Obr. 4.4 – Průběh koncentrací jednotlivých složek oxidace při počáteční teplotě lázně 30° C
- Obr. 4.5 - Průběh koncentrací jednotlivých složek oxidace při počáteční teplotě lázně 35° C
- Obr. 4.6 - Průběh koncentrací jednotlivých složek oxidace při počáteční teplotě lázně 40° C
- Obr. 4.7 – Průběh teploty uvnitř reaktoru při počáteční koncentraci oktanolu 1,5 kmol/m³ a počáteční teplotě lázně 40° C
- Obr. 4.8 - Průběh teploty uvnitř reaktoru při počáteční koncentraci oktanolu 1,5 kmol/m³ a počáteční teplotě lázně 25° C
- Obr. 5.1 – Teploměr s kabelem Pt 1000
- Obr. 5.2 – Stykač Hager ERC 125
- Obr. 5.3 – Průtokoměr FCS-01
- Obr. 5.4 – Solenoidový ventil
- Obr. 5.5 – Snímač zaplavení PS-2
- Obr. 5.6 – Hlídač zaplavení HZ 01
- Obr. 5.7 – Hlídací proudové relé PRI-51
- Obr. 5.8 – Stanice T2008E
- Obr. 5.9 – Logická úroveň vstupního signálu
- Obr. 5.10 – Svorkové propojení T2008E
- Obr. 5.11 – GPRS modem
- Obr. 5.12 - Rozvaděč

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 – Hodnoty měrného elektrického odporu a teplotního součinitele vybraných čistých kovů [3]

Tab. 2.2 – Rozsah měření pro vybrané kovy

Tab. 4.1- Počáteční hodnoty parametrů použitých při simulaci

SEZNAM PŘÍLOH

CD-ROM obsahující:

- P1 schéma rozvaděče
- P2 M-file soubory
- P3 Instalační balíček WinLeda
- P4 adresář WinLeda
- P5 adresář s kódem Leda
- P6 schéma menu v T2008