

Senzory pro řízení ochranné atmosféry ve skladovacím zásobníku

Petr Bílek

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Bílek**
Osobní číslo: **A15587**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Senzory pro řízení ochranné atmosféry ve skladovacím zásobníku**
Téma anglicky: **Sensors for Storage Tank Protective Atmosphere Control**

Zásady pro vypracování:

1. Nastudujte problematiku měření technologických veličin souvisejících se skladovacími zásobníky v zadané firmě.
2. Seznamte se s dotčenými provozními úseky firmy, popište stávající stav.
3. Na základě stávajícího stavu navrhnete vhodná čidla a konkrétní umístění měřicích bodů.
4. Po dohodě s vedoucím práce určete vybrané parametry procesu.
5. Navrhnete vhodný způsob řízení koncentrace dusíku.
6. Podle reálné situace navrhnete vhodná zařízení potřebná k řízení celého procesu.
7. Zařízení navrhnete s ohledem možného přenosu informací k řídicímu systému.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. VÁŇA, Jaroslav. Analyzátory plynů a kapalin. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL, 1984. Automatizace a regulace. ISBN 978-80-214-4010-4.
2. ČECH, Jaroslav, Jiří PERNIKÁŘ a Kamil PODANÝ. Strojírenská metrologie I. Vyd. 5., V Akademickém nakl. CERM vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-4010-4.
3. NAVRÁTIL, Pavel. Automatizace: vybrané statě. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011, 289 s. ISBN 978-80-7318-935-8.
4. KADLEC, Karel, Miloš KMÍNEK a Pavel KADLEC. Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výrobcích: technologie potravin. Ostrava: Key Publishing, 2015. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-232-7.
5. HRUŠKA, František. Technické prostředky automatizace IV: (snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky). Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2001. ISBN 807318026x.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lubomír Macků, Ph.D.**

Ústav řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **21. prosince 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 21. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Jméno, příjmení:

Název bakalářské/diplomové práce:

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 připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- 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/bakalářské 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, dne

Petr Bílek v. r.
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá měřením koncentrace plynů, využitím analyzátorů a dalších automatizačních prvků. V práci je navržen vhodný měřicí setu pro plnění potravinových sil v zadané firmě. Obsahem návrhu je výběr čidel, automatizačních zařízení a určení řídicích procesů. Návrh slouží jako podklad pro realizaci řešení.

Klíčová slova:

Analyzátor plynu, automatizace, skladování potravin, řídicí systém

ABSTRACT

Bachelor thesis focused on gas concentration measurement, analyser usage and other automation elements. Bachelor is design of suitable measuring set for filling the food forces in a given company. The content of the design is the selection of sensors, equipment and control processes. Solution proposal as a basis for solution implementation.

Keywords:

Gas analyser, automation, food storages, control system

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD	9
I. TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MĚŘENÍ PLYNNÝCH VELIČIN	11
1.1 OBECNÉ VLASTNOSTI PLYNŮ	11
1.1.1 ATMOSFÉRA.....	11
1.1.2 DUSÍK.....	12
1.1.3 KYSLÍK	12
1.1.4 MĚŘENÍ SLOŽENÍ PLYNŮ	13
1.1.5 MĚŘENÍ PRŮTOKU PLYNŮ	14
1.2 ANALYZÁTORY	15
1.2.2 TŘÍDĚNÍ AUTOMATICKÝCH ANALYZÁTORŮ PODLE DRUHU ANALYZOVANÉ FÁZE	16
1.2.3 TŘÍDĚNÍ ANALYZÁTORŮ PODLE PRINCIPU ČINNOSTI	17
1.2.4 TŘÍDĚNÍ PODLE POUŽITÉHO ANALYTICKÉHO POSTUPU.....	18
1.2.5 TŘÍDĚNÍ PODLE POČTU URČOVANÝCH SLOŽEK	19
1.3 TERMÍNY A DEFINICE METROLOGIE	19
1.3.1 JAKOST, KVALITA	19
1.3.2 PRODUKT	19
1.3.3 ZPŮSOBILOST	20
1.3.4 CÍL JAKOSTI	20
1.3.5 PLÁNOVÁNÍ JAKOSTI	20
1.3.6 ŘÍZENÍ JAKOSTI	20
1.3.7 ZNAK, CHARAKTERISTIKA.....	20
2 PRINCIPY AUTOMATICKÉ ANALÝZY PLYNŮ	22
3 VÝROBA ZADANÉHO PRŮMYSLOVÉHO PODNIKU	24
3.1 PROFIL FIRMY	24
3.2 ÚSEK SKLAD SUROVIN, POTRAVINOVÁ SILA	24
3.2.1 SOUČASNÝ STAV	25
3.2.2 CÍL 28	
4 MĚŘÍCÍ A REGULAČNÍ ČLENY, PRŮZKUM SOUČASNÉHO TRHU	29
4.1 VENTILY, PRŮTOKOMĚRY NA REGULACI DUSÍKU	29

4.1.1	SOLENOIDOVÉ VENTILY	30
4.1.2	TLAKEM OVLÁDANÉ VENTILY	30
4.1.3	MOTORICKY OVLÁDANÉ VENTILY	30
4.1.4	PROPORCIONÁLNÍ VENTILY	30
4.2	SENZORY NA MĚŘENÍ KYSLÍKU	32
4.2.1	PLYNOVÝ SENZOR VÝROBCE HONEYWELL GMS-10RVS SERIES	32
4.2.2	KYSLÍKOVÝ SENZOR VÝROBCE AHLBORN, TYP FYA600O2	33
4.3	REGULAČNÍ ZAŘÍZENÍ	34
4.3.1	LOGICKÝ MODUL LOGO! 8.2 OD VÝROBCE SIEMENS.....	34
4.3.2	PLC TECOMAT FOXTROT.....	35
II.	37PRAKTICKÁ ČÁST	37
5	NÁVRH MĚŘÍCIHO A REGULAČNÍHO SETU NA PLNĚNÍ SIL DUSÍKEM	38
5.1	VÝBĚR TYPU ČIDEL.....	38
5.2	UMÍSTĚNÍ ČIDEL/SNÍMAČŮ.....	39
5.2.1	SNÍMAČ PRŮTOKU	39
5.2.2	SENZOR VENTILU.....	39
5.2.3	ČIDLO KONCENTRACE PLYNU.....	40
5.3	VYBRANÉ PARAMETRY PROCESU	40
5.4	ŘÍZENÍ KONCENTRACE DUSÍKU.....	41
5.4.1	VSTUPNÍ INFORMACE PRO OTEVŘENÍ VENTILU	41
5.4.2	ZPĚTNÁ VAZBA Z PRŮTOKOMĚRU PRO VENTIL	41
5.4.3	ZPĚTNÁ VAZBA Z ČIDLA KONCENTRACE PLYNŮ	42
5.4.4	SOUHRN, DATOVÁ STRUKTURA, VZORKOVÁNÍ	42
5.5	NÁVRH ŘEŠENÍ	43
5.5.1	VÝBĚR AKČNÍCH ČLENŮ	43
5.5.2	VÝBĚR ŘÍDÍCIHO ČLENU.....	44
5.5.3	VÝBĚR ZDROJE, PROCESNÍ PŘIPOJENÍ.....	44
5.5.4	DALŠÍ KROKY PRO REALIZACI ŘEŠENÍ.....	44
	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
	INTERNETOVÉ ZDROJE:.....	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ	48
	SEZNAM TABULEK.....	49
	SEZNAM PŘÍLOH	50

ÚVOD

Podmětem pro tuto práci byl impulz ze zadané výrobní firmy na automatizaci procesu plnění potravinových sil dusíkem. Data z plnění nejsou digitalizována a zcela je ztracena informace v průběhu plnění o parametrech procesu. Jedná se o důležitý proces ve firmě, zajišťující kvalitu potravin. Potřeba zaznamenávat data a celý proces automatizovat je v dnešní době zřejmá.

Cílem této práce je tedy seznámit se s problematikou měření koncentrace plynů, zjistit možnosti pro automatizaci plnicího procesu a navrhnout automatizační systém pro daný proces. Jedná se o podklad pro realizaci automatizace procesu plnění sil, z kterého by mělo být zřejmé jaké HW členy budou potřeba nakoupit. Principy regulace, jako podklad pro programátora řešení, kontakty na dodavatele a soupis žádoucích kroků pro realizaci řešení.

Jedná se i o materiál pro vedení zadané firmy, která by měla na základě této práce zahájit diskuzi o výhodnosti navrženého řešení. Diskuze by měla vést k rozhodnutí o realizaci řešení.

Realizace ani rozhodnutí o realizaci není součástí této práce.

Cíl práce v jedné větě: Podklady pro realizaci automatizovaného řešení na plnění potravinových sil dusíkem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MĚŘENÍ PLYNNÝCH VELIČIN

1.1 Obecné vlastnosti plynů

Vedle kapalin a pevných látek představují plyny jednu ze tří základních skupenství látek. Plyn nalezneme všude, typickým příkladem je vzduch nezbytné pro člověka. Vzduch je směsí více plynů, kde nejdůležitější je kyslík.

Plyny jsou charakterizovány vysokou vzájemnou vzdáleností částic, ze kterých jsou plyny složeny. Částice se vůči sobě pohybují, ale vzhledem ke své vzdálenosti na sebe nepůsobí žádnými silami. Kinetická energie částic je u plynů mnohem vyšší, než energie potenciální.

Plyny nemají svůj stálý tvar, který je proměnný. Nemají svůj objem, rozprostírají se vždy v celém objemu prostoru, kde jsou umístěny.¹

1.1.1 Atmosféra

Jedná se o směs plynů kolem nás, kterou vdechujeme. Průměrné chemické složení suchého vzduchu v blízkosti povrchu zemského:

1. Dusík - 78,08%
2. Kyslík - 20,945%
3. Argon - 0,914%
4. Oxid uhličitý - 0,0383%
5. Další plyny s % < 0,002 : neon, helium, metan, krypton, vodík, oxid dusnatý, xenon, oxid dusičitý, ozon a jod²

¹ <http://www.ucitel.net/fyzika/plyny>

² <http://www.prvky.com/7.html>

1.1.2 Dusík

Chemická značka je *N*. Jedná se o chemický prvek bez barvy, chuti a zápachu s dvěma atomy. Volně se dusík nachází v přírodě v atmosféře. Jako vázaný se nachází ve spoustě organických sloučenin. Celkem bylo zaznamenáno 83 minerálů s obsahem dusíku. Největší obsah dusíku má minerál urea s 46,65 %.

Vybrané vlastnosti dusíku uvedu v tabulce: ³

Protonové číslo	7
Relativní atomová hmotnost	14,00674
Zařazení	Nekovy
Teplota tání / varu	-209,86 / 195,8 °C
Hustota	0,0012506. <i>g.cm</i> ⁻³
Atomový poloměr	56 <i>pm</i>

Tabulka 1

1.1.3 Kyslík

Chemický prvek kyslík má chemickou značku *O*. Jedná se o za normálních podmínek bezbarvý plyn s dvěma atomy. V přírodě nalezneme kyslík v atmosféře a v řadě sloučenin. Například ve vodě či v téměř 4000 zaznamenaných nerostech. Kyslík je nejrozšířenějším prvkem na Zemi. Vybrané vlastnosti kyslíku uvedu v tabulce: ⁴

Protonové číslo	8
Relativní atomová hmotnost	15,9994
Zařazení	Nekovy
Teplota tání / varu	-218,4 / - 182,962 °C
Hustota	0,001429. <i>g.cm</i> ⁻³
Atomový poloměr	48 <i>pm</i>

Tabulka 2

³ <http://www.prvky.com/7.html>

⁴ <http://www.prvky.com/8.html>

1.1.4 Měření složení plynů

Měřením složení a vlastností plynů dostáváme informaci o obsahu látek ve směsi. To platí pro měření látek plyných, kapalných či pevných. Měřením můžeme také dostat informaci o fyzikálních parametrech látky.

V praxi nalezneme v měření využití těchto metod:

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

Obsah libovolného vybraného plynu v daném objemu vyjadřujeme jako:

1) Látkovou koncentraci

$$C_i = \frac{n_i}{V} \quad (1)$$

Kde n_i je látkové množství látky (g/mol), Mol je základní jednotkou látkového množství.

2) Hmotnostní koncentraci

$$C_i = \frac{m_i}{V} \quad (2)$$

Kde m_i je hmotnostní objem látky

3) Objemovou koncentraci

$$C_i = \frac{V_i}{V} \quad (3)$$

Kde V_i je objemové množství látky

Vždy platí, že pro procentuální vyjádření koncentrace platí: ⁵

$$c = c_i \cdot 100(\%) \quad (4)$$

1.1.5 Měření průtoku plynů

Průtok vyjadřuje množství látky, která proteče určeným průtočným průřezem za čas. Výsledek udáváme jako průtok hmotnostní Q_m nebo průtok objemový Q_V .

$$Q_m = \frac{dm}{d\tau} \quad (5)$$

$$Q_V = \frac{dV}{d\tau} \quad (6)$$

Měřidla bývají vybavena integračním zařízením a údaj je potom ukázán jako proteklý objem V nebo proteklá hmotnosti m .⁶

⁵ Technické prostředky automatizace, František Hruška

⁶ KADLEC, Karel, Miloš KMÍNEK a Pavel KADLEC. *Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výroбах: technologie potravin.*

1.2 Analyzátory

Analyzátor je měřicí zařízení, které může pracovat automaticky či poloautomaticky. Kvalitativně či kvantitativně vyhodnocuje analyzovanou látku a určuje její složení. To vše na základě změn chemických, fyzikálně chemických či fyzikálních.

Vzorkování zařízení může být kontinuální, či diskontinuální. Vzorky se mohou odebírat ručně, automaticky. Stejně tak v kratších intervalech - můžeme nazvat plynule - , nebo v delších pravidelných intervalech - periodicky.

Typickým příkladem analyzátorů jsou přístroje na měření absorpce záření, tepelné vodivosti, nebo i zařízení na měření koncentrace plynů.

Na základě typu své činnosti dělíme analyzátory na poloautomatické, nebo automatické.⁷

1.2.1.1 Automatický (samočinný) analyzátor

Celý proces analyzování, tedy od odběru vzorku až po výstupní signál, znázorňující patřičnou analytickou hodnotu, je u tohoto typu analyzátoru automatický. Jinak řečeno samočinný. Tento typ zařízení pracuje zpravidla kontinuálně.

Využití automatických analyzátorů je typické pro čidla regulátorů, signalizační zařízení.⁸

1.2.1.2 Poloautomatický analyzátor

Proces analyzování vyžaduje manuální zásahy u tohoto typu analyzátoru. Jedná se tak o nižší stupeň automatického analyzátoru.

Vyžadované manuální zásahy mohou být dvou druhů, periodický přísun analyzované látky, nebo nutnost manuálního vyhodnocování vzorku.

Z důvodu manuálních zásahů není tento typ analyzátoru vhodný jako čidlo pro regulátor.⁹

⁷ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

⁸ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

⁹ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

1.2.1.3 Indikátor

Posledním typem analyzátorů je indikátor. Jedná se i o určitý typ polo automatického analyzátoru, protože vyžaduje manuální zásahy. Indikátory se potom vyznačují i tím, že fungují diskontinuálně.

Sběr vzorků je zpravidla manuální a samotné výsledky nejsou registrovány. Výstup může být ukazován na stupnici, popř. se pracuje s grafy. Indikátor je tedy zcela nevhodný jako čidlo regulátoru.

Důležitější je kvalitativní stránka rozboru než kvantitativní. Zásadní je rychlost, jednoduchost a nízké náklady. Klade se význam i na schopnost snadné manipulace a možnost přemístění.

Indikátor se též označuje jako detektor, každopádně častěji pod detektorem rozumíme vlastní směšovací ústrojí, tedy nějaké čidlo analyzátoru.¹⁰

1.2.2 Třídění Automatických Analyzátorů podle druhu analyzované fáze

Základní rozdělení analyzátorů zavedeme podle skupenství látky, kterou analyzují.

1. Analyzátorů tuhých látek,
2. Analyzátorů kapalin,
3. Analyzátorů plynů

Podrobněji rozebereme pouze Analyzátorů plynů.¹¹

1.2.2.1 Analyzátorů plynů

Analyzátorů plynů zkoumají vlastnosti plynů, koncentraci určitých plynů. Tyto analyzátorů mají za sebou nejdelší vývoj a byly první, které se uplatnily v provozech.

¹⁰ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátorů plynů a kapalin*.

¹¹ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátorů plynů a kapalin*.

Jsou tedy nejpočetnější ze všech typů podle rozdělení skupenství analyzované látky. V provezech můžeme nacházet i dnes typy, které se dají považovat za zastaralé, což vychází z dlouhodobého vývoje a dlouhé historie zavádění.¹²

1.2.3 Třídění analyzátorů podle principu činnosti

Podle principu zvolené analýzy, dělíme analyzátory do tří skupin podle typu principu na kterém jsou založené.

1. Na fyzikálním principu,
2. Na chemickém principu
3. Na fyzikálně chemickém principu,

Zvolení správného typu analyzátoru dle principu činnosti, je základem každé analytické práce. Velmi zásadní je tato volba při vytváření automatického postupu¹³

1.2.3.1 Analyzátory na principu fyzikálním

Tento typ analyzátorů využívá téměř všechny fyzikální veličiny, mající vztah ke koncentraci určované složky ve zkoumané směsi. Míra dané fyzikální veličiny potom značí koncentraci určované složky.

Výhodou tohoto druhu a znakem je neměnnost chemického složení analyzované látky. Nevýhodou potom je závislost na vlivu okolního prostředí, kdy tlak, teplota nebo koncentrace doprovodných složek může ovlivnit výsledek. Další nevýhodou je nízká selektivita.¹⁴

¹² VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

¹³ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

¹⁴ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

1.2.3.2 *Analyzátory na principu fyzikálně chemickém*

Analyzátory založenými na fyzikálně chemickém principu fungují na principu, kdy v průběhu vyvolané chemické reakce měříme určitou fyzikální veličinu. Správným výběrem reakce můžeme dosáhnout určení selektivity sledované látky. Nevýhodou je zpoždění výsledků oproti analyzátorům fyzikálním.¹⁵

1.2.3.3 *Analyzátory na principu chemickém*

Velikou výhodou tohoto typu analyzátoru je vysoká selektivita sledované látky. Toho je dosaženo obvykle převodem sledované látky, tedy chemickou reakcí, do látky vhodnější pro stanovení koncentrace sledované látky. Samotné vyhodnocení proběhne až po dosažení rovnovážného stavu po reakci. Na základě změn, ke kterým došlo při chemické reakci stanovíme koncentraci.¹⁶

1.2.4 **Třídění podle použitého analytického postupu**

Další třídou dělení, kterou si zavedeme, je dle použitého analytického postupu, resp. I četnosti postupů, ale nikoliv nezbytně.

1. **Jednorázové** - postup pro určení např. Koncentrace sledované látky proběhne jednou. Tato varianta je dostačující pro prostředí, kde se neočekávají změny.

2. **S periodickým opakováním analýz** - Jednorázový typ se opakuje v definovaných intervalech. Tento typ je vhodný do prostředí, kde dokážeme určit periodicitu změn prostředí a zároveň dokážeme zajistit dostatečnou vzorkovací frekvenci.

3. **Kontinuální** - Plynulý záznam výsledků, který je vhodný do nepředvídatelně se měnícího prostředí. Jedná se o ideální typ pro regulátory, či signalizační soustavy.¹⁷

¹⁵ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

¹⁶ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

¹⁷ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*.

1.2.5 Třídění podle počtu určovaných složek

Další třídění analyzátorů můžeme zavést podle počtu složek, které analyzujeme.

1. Jednosložkové,
2. vícesložkové,
3. Pro úplný rozbor.¹⁸

1.3 Termíny a definice Metrologie

1.3.1 Jakost, kvalita

“Jakost a kvalita je stupeň plnění požadavků souborem inherentních znaků. Termín jakost se může používat s přívlasky, např. Špatná, dobra nebo vynikající. Inherentní na rozdíl od Přiřazený znamená existující v něčem, zejména jako trvalý znak.” Přímá citace: ČECH, Jaroslav, Jiří PERNIKÁŘ a Kamil PODANÝ. Strojírenská metrologie I. Vyd. 5

1.3.2 Produkt

Produkt můžeme definován jako výsledek nějakého procesu. Druhů procesů rozlišujeme více, proto zavedeme 4 kategorie produktu:

- služby
- software
- hardware
- zpracované materiály¹⁹

¹⁸ VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin.*

¹⁹ *Strojírenská metrologie I.* Vyd. 5

1.3.3 Způsobilost

Jedná se o schopnost systému, procesu či organizace produkovat produkt. Produkt splňuje veškeré požadavky.²⁰

1.3.4 Cíl jakosti

Jedná se o výsledek, činnosti o které usilujeme pro dosažení jakosti. Můžeme rozumět jako i soubor zmíněného pro funkce a oddělení v organizaci.²¹

1.3.5 Plánování jakosti

Specifikování nezbytných činností a procesů, identifikace potřebných zdrojů pro splnění cílů jakosti. Plánování je část managementu.²²

1.3.6 Řízení jakosti

Jedná se o část managementu, řízení jakosti za účelem splnění plánování a cílů jakosti.²³

1.3.7 Znak, charakteristika

Znak či charakteristika můžeme popsat jako rozlišující vlastnost. Rozlišujeme kvalitativní nebo kvantitativní. Existuje několik tříd, například:

- hmotné
- smyslové
- týkající se chování
- časové
- ergonomické

²⁰ *Strojírenská metrologie I.* Vyd. 5

²¹ *Strojírenská metrologie I.* Vyd. 5

²² *Strojírenská metrologie I.* Vyd. 5

²³ *Strojírenská metrologie I.* Vyd. 5

- funkční²⁴

²⁴ *Strojírenská metrologie I. Vyd. 5*

2 PRINCIPY AUTOMATICKÉ ANALÝZY PLYNŮ

Měření můžeme chápat jako proces, kde výsledkem rozumíme číselný vztah mezi měřenou veličinou a zvolenou jednotkou měření. Je proto nezbytné určit:

- vhodnou metodu, ve které definuje vztah mezi měřenou veličinou a jednotkou měření
- zařízení na měření, na jehož výstupu je měřicí přístroj
- jednotku měřené veličiny



Obrázek 1- Princip automatické analýzy

Kde:

$$Y = k * X \quad (7)$$

Z uvedeného vztahu plyne závislost výstupního signálu na měřené veličině. Závislost bývá v nejjednodušších případech lineární, ale může být i kvadratická. Stupnice zařízení jsou potom buď lineární či nelineární.²⁵

Uvedu tabulku dle: VÁŇA, Jaroslav. *Analýzátory plynů a kapalin*

“Porovnání analýz prováděných ručně a automaticky

Analýzy prováděné ručně	Analýzy prováděné automaticky
1. Vzorek se odebírá nepravidelně	1. Vzorek je pravidelně odebírán
2. Výsledek rozboru je znám se značným zpožděním	2. Zpoždění je minimální
3. Počet informací je nedostatečný	3. Informace jsou získávány nepřetržitě nebo v krátkých časových intervalech
4. Výsledek rozboru se musí zapisovat ručně	4. Zápis je automatický
5. Údaje jsou zatíženy subjektivními chybami	5. Údaje analyzátoru jsou objektivní

²⁵ VÁŇA, Jaroslav. *Analýzátory plynů a kapalin*.

<p>6. Rozbor je pracný a zdlouhavý</p> <p>7. Produktivita práce je malá</p> <p>8. Periodická kontrola nezajišťuje vysokou kvalitu výrobků</p> <p>9. Nelze zajistit bezporuchovost výroby a vysoký stupeň bezpečnosti práce</p> <p>10. Údaje nelze přímo použít pro automatické řízení výroby</p>	<p>6. Analýza je rychlá a obvykle nevyžaduje přímé pracovní zásahy</p> <p>7. Produktivita práce je velká</p> <p>8. Automatická kontrola umožňuje dosáhnout vysoké standardní kvality výrobků při hospodárném využití surovin</p> <p>9. Lze zajistit dokonalou kontrolu výrobního procesu; signalizační, popř. Blokovací zařízení umožňují dosáhnout vysokého stupně bezpečnosti práce a bezporuchovosti výroby</p> <p>10. Údaje analyzátorů lze přímo využít pro automatické řízení výroby</p>
--	--

Tabulka 3 - Porovnání analýz prováděných ručně a automaticky

”

3 VÝROBA ZADANÉHO PRŮMYSLOVÉHO PODNIKU

V této kapitole popíšeme zadanou firmu a vybraný výrobní úsek, kterému se budeme věnovat v praktické části. Na úvod je třeba zmínit, že firma si nepřeje zveřejňovat podrobnosti a svůj název. Firmu tedy v celé této práci zmiňuji jako “firma”. Za chybějící detaily se tímto omlouvám.

3.1 Profil firmy

Firma byla založená jako rodinná firma na začátku 90. let, činností firmy bylo obchodování se zeleninou a ovocem. Postupem času firma rostla, rozšiřovala sortiment o rýži a luštěniny, na trh dodávala, v té době, neznámé suroviny, například. Rýži basmati, indiánskou či jasmínovou. Dnes se jedná o významného zaměstnavatele regionu se zhruba 160 zaměstnanci a objemem zpracování v desítkách tun rýže a luštěnin. Dalšími produkty jsou sůl, kořenící směsi či sterilizovaná zelenina. V rámci oboru se jedná o významnou technologickou referenci svou metodou ochrany potravin před škůdci.

3.2 Úsek sklad surovin, potravinová sila

Vybraný úsek je skladištěm dovážených surovin a zároveň slouží pro prvotní distribuci potravin ze sil na dopravníkový pás.

Úsek je zaplněný sedmi metry vysokými potravinovými sily z železného materiálu. 72 sil pravidelně rozmístěných, zaplňuje celou halu a tvoří jakýsi obdélník.

Horní část sil díky těsnému umístění tvoří podlahu, která je dostupná a dá se vystoupat po schodech. Horní část sil je určena primárně k plnění sil potravinami. Plnění obstarává 2-osý plnič s dostupem na všechny zásobníky. Na obrázku je vidět kolej pro sypač, což je 1 osa. (obrázek 2)

Spodní část sil je taktéž dostupná, spodní část sil slouží k vyprazdňování sil na dopravníkový pás, což slouží jako prvotní distribuce potravin, která dále pokračují do dalších výrobních úseků. (obrázek 3)



Obrázek 2 - Pohled na silo z vrchu



*Obrázek 3- Pohled na silo ze spodu,
dopravníkový pás u výsypu sila*

3.2.1 Současný stav

Každá potravinová firma ve světě řeší problematiku hubení škůdců, kteří se v potravinách mohou nacházet. Zadaná firma škůdce hubí dusíkem v silách, dusík vytlačuje kyslík a škůdci nebo jakékoliv zárodky jsou zahubeny a potraviny jsou tak chráněny a očištěny. Toto řešení je efektivní. Problémem totiž bývá, že samotní škůdci jsou velmi těžko detekovatelní a je také typické, že v tisíci pytlech mouky nenajdete ani jednoho škůdce a v tisíci prvním škůdců tisíce. Kontrola jednotlivých potravin na přítomnost škůdců je tedy neefektivní a je třeba preventivně ošetřit veškeré suroviny.

Různé jiné metody hubení řeší v Americe a Číně pomocí pesticidů, tyto metody ale nemusí být trvalé a bezpečné. Z toho důvodu používají čištění potravin v zadané firmě dusíkem, což se jim osvědčilo.

3.2.1.1 Plnění dusíku v zadané firmě

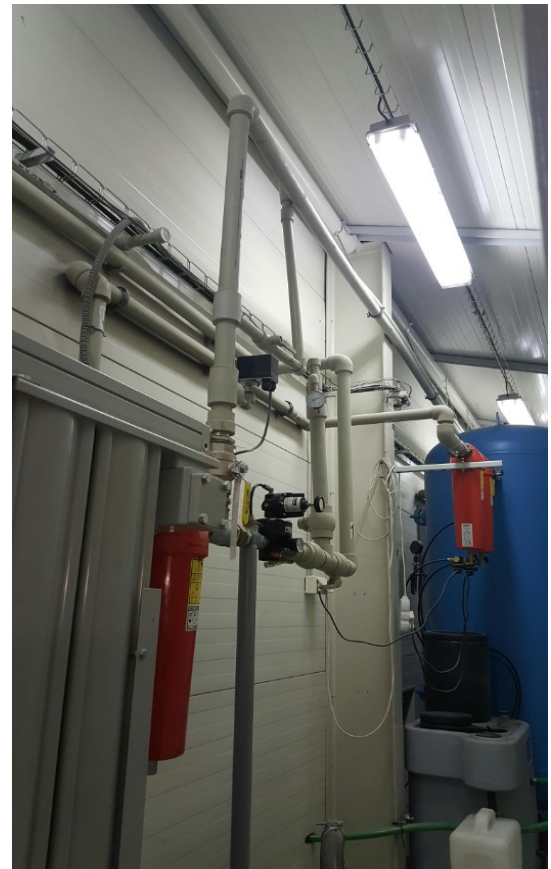
Dusík si firma vyrábí sama ze vzduchu generátory. Druhá varianta - dovoz zkapalněného dusíku byla vyhodnocena ve firmě jako méně výhodná. Výstupnou koncentraci dusíku pracovníci kontrolují denně. Koncentrace dusíku z generátorů je 99,5% (Obrázek 4), takové médium je rozváděno pod tlakem 4 - 6,5 bar rozvodnými trubkami po celém výrobním závodě. Trubky na rozvod média jsou klasické plastové trubky používané na rozvod pitné vody. (obrázek 5)

Ve vybraném výrobním úseku vedou rozvodné trubky s dusíkem do vrchní části sil, kde probíhá plnění. Tedy plnění surovinami i dusíkem. Trubky vedou ke všem silům a jsou pod tlakem. U každého sila je v trubkách nainstalovaný vývod pro dusík s rychlospojku a klasickým vodovodním ventilem (venkovní). Do rychlospojky je napojena hadička vedoucí do poklopu sila, kudy se při otevřeném ventilu silo plní. (Obrázek 6)

Ve spodní části sil nalezneme stejný ventil jako v části vrchní, tímto ventilem při plnění uniká přebytečný vzduch. (Obrázek 7)



Obrázek 4 - Generátor dusíku



Obrázek 5 - Trubkové rozvody dusíku



Obrázek 6 - Vrchní část sil, vývod dusíku k silu



Obrázek 7 - Spodní část sila, výfuk na přebytečný plyn ze sila

3.2.1.2 *Proces plnění*

Plnicí proces je třeba provádět dostatečně pomalu, aby ztráty dusíku byly co nejmenší. Při zahájení plnění zaměstnanec napojí mezi ventil a hadici (viz. Obrázek 6) průtokoměr a otočí ventilem, okamžitou zpětnou vazbu mu poskytuje průtokoměr. Ideálním průtokem je průtok dusíku kolem 30 l/min, plnění potom trvá přibližně 12 hodin a ztráty jsou minimální.

Při zahájení plnění dusíkem postupně, díky svým fyzikálním vlastnostem, dusík prochází potravinami a vytlačuje atmosféru s kyslíkem. Atmosférický polštář je postupně tlačěn níže a níže. Z tohoto důvodu je vhodné pomalejší plnění, nedochází k přílišnému míšení, ale vytlačování kyslíku

Ve spodní části sila se odfukuje díky přetlaku plyn, nejdříve atmosféra a s rostoucí mírou zaplnění přibývá na výfuku podíl dusíku. Kontrola naplnění sila dusíkem, probíhá připojením analyzátoru plynů na výfuk ve spodní části. Firma používá analyzátor Drager X-am 7000, který měří hladinu kyslíku. Jedná se tedy o nepřímou metodu měření dusíku, měřením hodnoty zbytkové koncentrace kyslíku. Pokud je na výfuku naměřeno méně jak 3% kyslíku. Silo je považováno za naplněné a ventil s přívodem dusíku se může uzavřít.

Problémy tohoto procesu jsou vícero charakterů. Prvním problémem je vysoká citlivost ventilu, kdy sebemenší změna znamená přílišně velkou změnu na průtokoměru, což může být nežádoucí. Správné nastavení je tak časově náročné. Dalším problémem jsou kapacity, práci vykonává jeden pracovník a současně je plněno více sil. Může se tedy stát, že silo je plněno během nepřítomnosti pracovníka i po dosažení menší jak 3% koncentraci kyslíku na výfuku. Zahájení plnění v pátek a kontrola naplnění po víkendu není neobvyklou praxí. Zde při zhruba 12ti hodinovém plnění (při průtoku cca 30 l/min) je ztráta dusíku zřejmá.

3.2.2 **Cíl**

Pro výrobní úsek vznikl požadavek na vytvoření plnicího a měřicího setu, který by zmíněné problémy eliminoval. Má se tedy jednat o set méně závislý na lidských pracovnících a set má mít schopnost automaticky měnit průtok, na základě na výfuku naměřených hodnot.

Od automatického setu se očekávají i statistické informace a délkách plnění a průběžných hodnotách měřeného kyslíku na základě hodnot průtokoměru. Tyto informace dnes nejsou. Je zřejmé, že pro analýzu ideálních parametrů plnění jsou tato data nezbytná.

4 MĚŘÍCÍ A REGULAČNÍ ČLENY, PRŮZKUM SOUČASNÉHO TRHU

Předmětem této kapitoly je průzkum současného trhu. Průzkum je omezen na potřeby praktické části - návrh měřicí a regulační soustavy pro plnění sil dusíkem v zadané firmě. Předmětem této kapitoly není výběr jednotlivých prvků, ale průzkum. Výběr je předmětem v praktické části.

Potřeby soustavy na členy jsou:

- ventil na regulaci objemu vpouštěného dusíku do plnicího sila
- Plynový průtokoměr jako kontrola regulačního ventilu
- Senzor na měření koncentrace kyslíku
- zařízení na propojení ostatních členů a jejich regulaci

Pro ventil a průtokoměr je preferován vlastní zdroj energie, elektrickou sít 230V lze jen obtížně zavést do vybrané části výrobního úseku zadané firmy. Preferována je také bezdrátová komunikace a regulace mezi členy, síťový na internet je opět problematické zavést.

Vstupním filtrem pro výběr prvků budou parametry z kapitoly o popisu výrobního úseku zadané firmy.

- Médium je Dusík o čistotě 99,5%
- Maximální tlak 6,5 Bar
- Průtok 0-100 l/min
- Procesní připojení na standardní trubky pro rozvod pitné vody.

4.1 Ventily, průtokoměry na regulaci dusíku

Na trhu je k nalezení široká škála ventilů a průtokoměrů. Od Klasických kulových ventilů až po proporcionální ventily s integrovaným průtokoměrem a displejem. Výběr je značný a každý typ je dostupný ve více variantách, v závislosti na požadavky zařízení, jako je tlak, průtok, druh média, procesní připojení. V této části se zaměříme jen na druhy, kde je potenciál pro zařazení do regulačního setu. Např. Kulové ventily vynecháme.

4.1.1 Solenoidové ventily

Jedná se o elektricky aktivovaný ventil, založený na elektromagnetickém principu. Nejběžnějším typem jsou dvoupolohové ventily, a proto nemá smysl podrobněji prozkoumávat.²⁶

4.1.2 Tlakem Ovládané ventily

Dvoupolohové ventily, které jsou ovládány pneumatickým tlakem. Tento typ by vyžadoval zavedení dalšího ventilu, který by do ovládání tohoto ventilu přiváděl pneumatický tlak. Nevhodné, nemá smysl dál se tomuto druhu věnovat²⁷

4.1.3 Motoricky ovládané ventily

Jedná se ventily, které jsou ovládané elektrickým motorem. Tyto ventily jsou opět dvoupolohové. Na trhu nalezneme ventily napájené ze sítě 230V či 24V -což nám umožňuje využití vlastního zdroje energie.

Ventil 2/2 NC

Série E290

- Teplota -10 až 90°C
- Tlak 0 až 6 Bar
- Médium voda, pára
- Zdroj AC(V) 24V/230V nebo DC(V) 24V
- Připojení G3/8 - G3/4

4.1.4 Proporcionální ventily

Využívají se pro pozvolnou regulaci průtoků popřípadě pro pozvolnou regulaci tlaku v hydraulickém systému. Vyznačují se jemným a přesným spínáním a může mít snímání posuvu i se snímáním střední polohy signálu pro přesné řízení.²⁸

²⁶ https://www.oemautomatic.cz/produkty/tlak-a-prutok/ventily/solenoidov%C3%A9-ventily-_486339

²⁷ <http://www.kasen.cz/ventily/tlakem-ovladane/>

²⁸ <https://www.hydraulics-brno.cz/hydraulicke-komponenty/proporcionalni-ventily/>

Proporcionální ventily od výrobce Hoerbiger

Výrobce Hoerbiger nabízí průtokové proporcionální ventily i se snímači posuvu šoupátka, což nám dává veškeré předpoklady pro ideální člen do setu. Omezení jeho výrobků je v médiu. Výrobky má jen pro kapalné médium.²⁹

Proporcionální ventily od výrobce IMI Norgen

Výrobce Hoerbiger nabízí průtokové proporcionální ventily i se snímači posuvu šoupátka, což nám dává veškeré předpoklady pro ideální člen do setu. K dispozici jsou 2 modely VP50s a VP51. Modely jsou podobné, ale VP51 je programovatelný.³⁰

	VP50s	VP51
Médium	Stlačený vzduch či plyn	Stlačený vzduch či plyn
Přívodní tlak	2-14 bar	2-14 bar
Okolní teplota	0 až +50 °C	0 až +50 °C
Průtok	Až 1400 N l/min	Až 1400 N l/min
Připojení	G1/4	G1/4
Elektrický vstupní signál	0 až 10V nebo 4 až 20mA	0 až 10V nebo 4 až 20mA
Napájecí vstup	24 VDC	24 VDC

Tabulka 4

Proporcionální ventil s integrovaným průtokoměrem od výrobce Brooks Instrument

Výrobce Brooks Instrument nabízí produkty série SLA5800, což jsou primárně průtokoměry s digitálním výstupem, nebo analogovým. Tyto průtokoměry mají integrovaný proporcionální ventil. Jedná se tedy o člen s ideálními předpoklady pro náš set.

V rámci série jsou k dispozici 3 základní verze lišící se primárně rozsahem průtoku.

Verze Ventilu / průtokoměru	Rozsah průtoku	Maximální tlak	Přesnost průtokoměru
SLA 5850 / SLA5860	0,003 až 50 l/min	103 bar	+/-0,9% při rozsahu průtoku 20 - 100%
SLA 5851 / SLA5861	15 až 20 l/min	103 bar	+/-0,9% při rozsahu průtoku 20 - 100%
SLA 5853 / SLA5863	100 až 2500 l/min	70 bar	+/-0,9% při rozsahu průtoku 20 - 100%

²⁹ <https://www.hydraulics-brno.cz/hydraulicke-komponenty/proporcionalni-ventily/>

³⁰ <https://www.imi-precision.com/cz/cs/list/proporcionalni-ventily>

Tabulka 5

Teplotní rozsah všech variant produktů ze série je -14 až 65°C. Odezva zařízení je do 3 sekund.³¹

4.2 Senzory na měření kyslíku

Požadavky jsou komunikace s komunikačním zařízením (PLC/Programovatelný automat), odpovídající rozměry s ohledem na zařízení výrobního úseku, přesnost měření koncentrace v jednotkách % a odezva, která je pro výběr velmi mírná. Vyhovuje i minutové zpoždění.

4.2.1 Plynový senzor výrobce Honeywell GMS-10RVS Series

Přesný senzor kyslíku, jeho velkou výhodou je schopnost fungovat bez nutnosti referenčního plynu. Vyznačuje se lineárním výstupním signálem a dlouhou životností. Využívá se v letectví pro kontrolu kyslíkové hladiny na palubě.

Vybrané vlastnosti v tabulce:

Characteristic	Parameter
Sensor voltage levels (recommended)	45-64-85 mV
Pump current (recommended)	40 uA
Heater supply	4.0 V (1.7 A)
Heater supply (stand by)	2.0 V
Pump resistance at 700 °C [1292 °F]:	
dc	1 kOhm, typ.
ac	1 kHz 120 Ohm, typ.
Oxygen pressure range	2 mbar to 3 bar
Operational temperature	700 °C [1292 °F]
Stand by temperature	500 °C [932 °F], typ.
Sensitivity	1.05 ms/mbar
Accuracy	<5 mbar
Response time	<15 s
Warm up time	<100 s
Warm up time (from stand by)	<20 s
Permissible gas temperature	-100 °C/250 °C [-148 °F/482 °F]
Gas flow rate	0 m/s to 10 m/s
Repetitive permissible acceleration	5 g
Incidental permissible acceleration	30 g

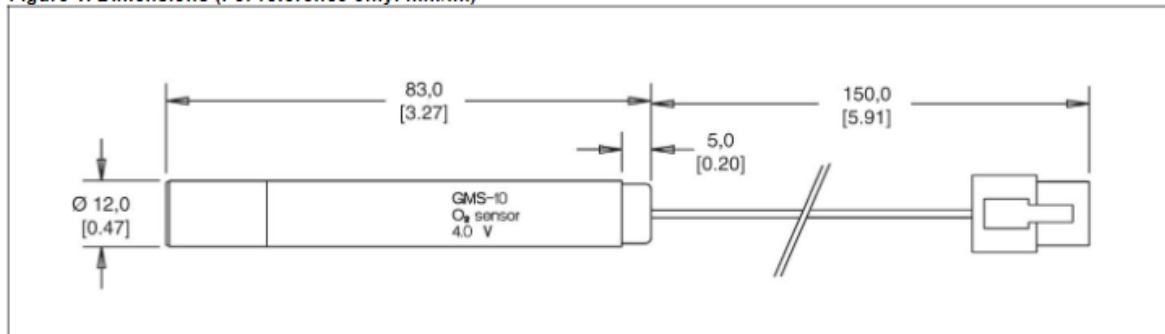
Obrázek 8 - Tabulka parametrů zařízení

³¹ <https://www.oemautomatic.cz/hledat?q=SLA5800&st={924095D3-C240-460C-A157-20DFE12D9EFF}>

Nevýhodou je vysoká provozní teplota 700 °C a nízký rozsah požadované rychlosti toku vzduchu okolo senzoru 0 - 10 m/s. Problematický může být i maximální tlak protékajícího vzduchu 3 bar.

Rozměry jsou vyhovující, viz obrázek³²:

Figure 1. Dimensions (For reference only: mm/in.)



Obrázek 9 - Rozměry zařízení GMS-10RVS Series

4.2.2 Kyslíkový senzor výrobce Ahlborn, typ FYA600O2

Snímač na elektrochemickém principu malých rozměrů, průměr 3cm a délka 43 mm, který se používá v automobilovém průmyslu. Vyznačuje se dlouhou životností 2 roky. Nevýhodou může být délka odezvy, pro účely setu ale zcela dostačující, která je 40s.

Vybrané vlastnosti v tabulce³³:

Měřicí rozsah:	1- 100%, výstupní signál je lineární
Přesnost měření koncentrace:	1%
Přijatelné provozní teploty:	-20 až +50 °C, deklarovaná přesnost v -10 až +40 °C
Přijatelný tlak média	+/- 10% oproti atmosférickému tlaku

Tabulka 6

³² www.honeywell.com/sensing

³³ https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/FYA600CO_O2.pdf

Oxygen Probe Type FYA600O2



Obrázek 10 - Obrázek čidla FYA600O2

4.3 Regulační zařízení

Senzory kyslíku jsou relativně jednoduchá zařízení, která poskytují zpravidla jen lineární analogový signál úměrný naměřené % koncentraci kyslíku v médiu. Připojení těchto členů je poměrně jednoduchá záležitost, jen je třeba kalibrovat signál ze senzoru v regulačním zařízení. Necht' je tedy výběrovým kritériem především schopnost připojit a regulovat ventil a průtokoměr.

4.3.1 Logický modul LOGO! 8.2 od výrobce Siemens

Jedná se o logický řídicí modul malých rozměrů s integrovaným displejem. Výhodou zařízení je vestavěný webový server. Nevýhodou by byla nutnost zavést pro komunikaci s členy setu drátové spojení. Parametry v tabulce³⁴:

Napájecí napětí	24 V DC
Výstup	4x, typ tranzistor
Vstup	8x z toho 4x analogový
Typ komunikačního portu	Ethernet
Rozměr	90x71,5x60 mm

Tabulka 7

³⁴ <https://cz.rs-online.com/web/p/products/1653222/>

4.3.2 PLC Tecomat Foxtrot

Regulační systém pro malé a střední aplikace s možností napojení členů setu na sběrnici až do vzdálenosti 1700m. zařízení obsahuje integrovaný displej. Výhodou jsou doplňující moduly řady Rfox, umožňující připojit členy bezdrátově. Moderní PLC s širokou produktovou řadou umožňující připojit konverze a další moduly. Prakticky je možné připojit zařízení přes jakýkoliv rozšiřující modul.³⁵

4.3.2.1 Rozšíření Rfox

Jedná se o produktovou řadu pro PLC Foxtrot umožňující bezdrátovou komunikaci se zapojenými členy.

Rozšíření PLC Foxtrot má pro naše potřeby 2 části. Modul RF-1131 do sběrnice samotného PLC, což je anténa pro komunikaci s až 64 členy. A modul R-HM-1113M který bezdrátově přijímá a posílá informace z PLC. Tento modul je připojen přímo na akční člen, ze kterého může sbírat informace nebo člen řídit přes PLC.

4.3.2.1.1 R-HM-1113M

Modul pro bezdrátovou komunikaci do PLC pro různé typy zařízení.

Vybrané parametry v tabulce³⁶:

Napájení	+24 - 27,2 V DC
Rozměry	90x105x65 mm
Využitelné výstupy	2x Analog 0-10 V
Vstup	3x Analog, 8x binární

Tabulka 8

³⁵ https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00403_01_comm_serial32_cz

³⁶ <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-r-hm-1113m>

4.3.2.1.2 RF-1131

Modul, který se zapojuje na sběrnici PLC. Jedná se o anténu komunikující s až 64 členy, například s R-HM-113M modulem, který je brán jako 1 člen.³⁷

³⁷ <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-rfl131>

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 NÁVRH MĚŘÍČÍHO A REGULAČNÍHO SETU NA PLNĚNÍ SIL DUSÍKEM

5.1 Výběr typu čidel

Cílem této kapitoly není vybrat konkrétní čidla na základě přesných technických požadavků. V této kapitole určíme obecně jaká čidla a na jakých místech budou vybrány. Konkrétní typy budou vybrány na základě současného stavu a přesných technických parametrů v další části práce.

Je zřejmé, že jakýkoliv návrh by měl vycházet ze současného stavu výrobního úseku zadané firmy. Podrobně popsáno v kapitole 3., stručně popíšeme stav i zde.

Konstrukce sil je jednoduchá, vertikální železné zařízení plněné z vrchní části, vyprazdňované ze spodní části. Sila s neošetřenými potravinami jsou naplněna okolní atmosférou, složenou z cca 21% kyslíkem a 78% dusíkem. Tato sila se plní dusíkem, a tím ošetřují. Kyslík má vyšší hustotu než dusík a při plnění čistým dusíkem (99,5%) je postupně vytlačován plynem s nižší hustotou. Přetlak je výfukem odváděn. V omezené míře dochází k nežádoucímu míšení.

V úrovni vrchních otvorů jsou nainstalovány rozvody plnicího média a je zřejmé, že členy pro plnění budou zde i v návrhu konkrétního automatizačního řešení. Rozvody jsou konstantně natlakované plnicím médiem (neznamená konstantním tlakem) a mezi plnicím médiem a silou je ventil, který uvolňuje médium a svým stavem (mírou otevřenosti) určuje průtok média do sil. Požadavek na set je tedy regulační ventil, který je regulován na základě zpětné vazby z průtokoměru. Zařízení na sběr informací pro zmíněná zařízení na vrchní část sila jsou:

- Snímač průtoku
- Senzor ventilu

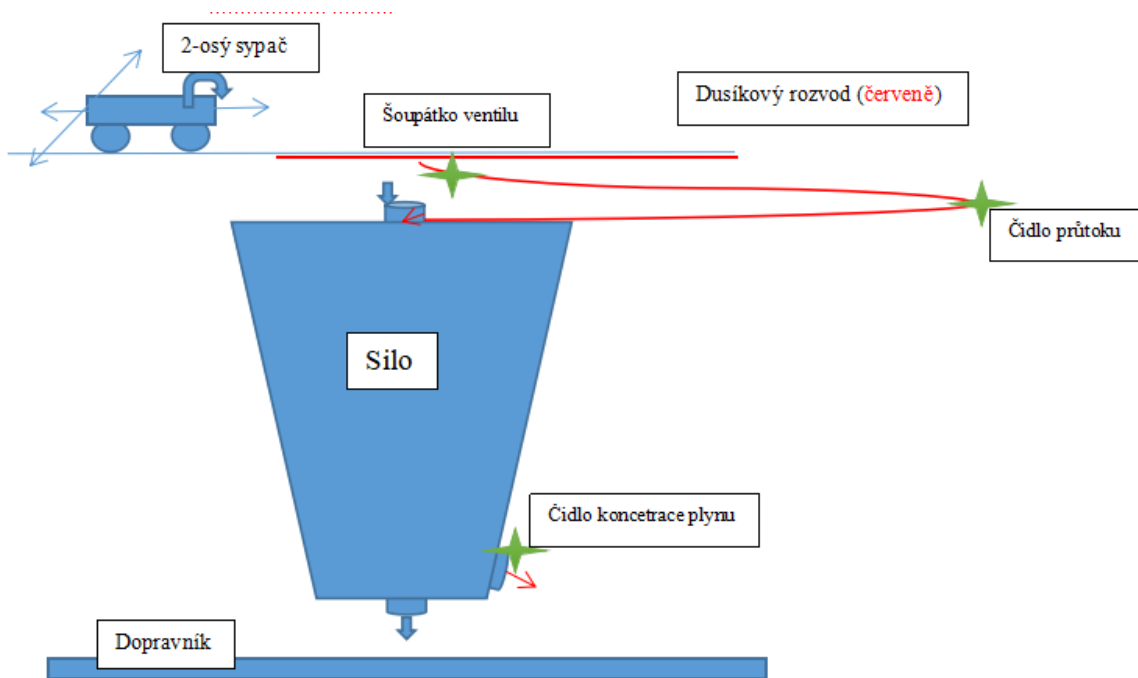
Pozn. *Senzor ventilu není zcela nezbytný, stačil by jen snímač průtoku. Každopádně přesná poloha ventilu nám eliminuje adjustaci ventilu metodou "pokus omyl". Poloha šoupátka nám dává zřejmé možnosti do regulačního algoritmu - pokud průtok = $x+10$ a ventil = $y+10$, potom zřejmě poloha y se sníží o 10. Pokud x a y je ideální stav a vztah mezi x a y je 1:1. Spodní otvory jsou využívány v současnosti jako výsyp potravin na dopravník a nachází se*

zde také výfuk pro přetlak plynů, vznikající plněním. Na výfuk bude umístěno čidlo pro měření koncentrace plynů. Čidla pro spodní část tedy:

- Čidlo koncentrace plynů

5.2 Umístění čidel/snímačů

Popis umístění a odůvodnění v podkapitolách, schéma návrhu obrázkem zde:



Obrázek 11 - Schéma umístění čidel

5.2.1 Snímač průtoku

Umístění tohoto čidla bude ve vrchní části sil mezi ventilem a samotným silem na stejném rozvodné instalaci jako ventil. Umístění čidla i samotného zařízení, kde čidlo bude, je nutné zřídit tak, aby zařízení neomezovalo plnění 2-osé zařízení.

5.2.2 Senzor ventilu

Umístění tohoto čidla bude ve vrchní části sil jako první člen, tedy před průtokoměrem. Umístění čidla i samotného zařízení, kde čidlo bude, je nutné zřídit tak, aby zařízení neomezovalo plnění 2-osé zařízení.

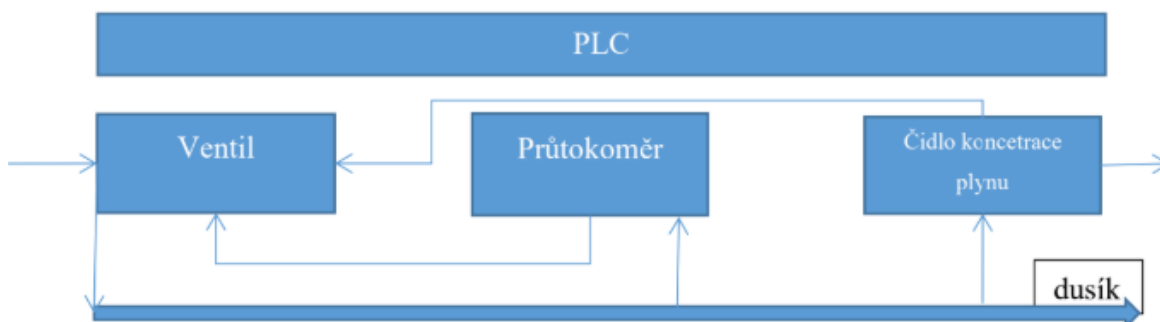
5.2.3 Čidlo koncentrace plynu

Umístění tohoto čidla bude ve spodní části sila na výfuku, který je součástí každého sila a vzhledem k fyzikálním vlastnostem plnicího média, okolní atmosféry a samotného sila, bude toto umístění využito. Čidlo koncentrace plynu bude posledním členem z pohledu toku plynů.

5.3 Vybrané parametry procesu

V této kapitole určíme nezbytné procesy, které bude regulačně měřící set obsahovat. Podrobnější popis procesů v dalších kapitolách.

Schéma procesu:



Obrázek 12 - Komunikační schéma

Pozn.: Akční členy budou řízeny z PLC, veškeré informace jdou přes tento řídicí člen. Pro zjednodušení není PLC uvedeno v schématu. Stejně tak platí pro kroky níže (PLC = mezikrok v popsaném procesu).

Nyní si popíšeme schéma výše.

1) Vstupní informace do ventilu, aby se otevřel.

-Ventil se otevře na před programovanou hodnotu

2) Průtokoměrem prochází dusík a tento člen poskytuje se zpožděním v řádu vteřin zpětnou vazbu ventilu.

-Je definována ideální hodnota průtoku, ventil je tedy přizpůsobován, dokud průtokoměr nepotvrzuje požadovanou hodnotu.

3) Dusík proudí do sila a následně přes čidlo koncentrace plynu, které poskytuje zpětnou vazbu v řádu minut pro ventil. Ventil je připraven se zavřít.

- Je definována ideální hodnota koncentrace plynu, ventil se při požadované naměřené koncentraci zavře a plnění je ukončeno.

5.4 Řízení koncentrace dusíku

V této části si popíšeme jednotlivé parametry procesu, jako základ pro vytvoření řídicího programu regulace plnění. Jedná se o vytvoření principů a struktury, která umožní přenos dat do databáze mimo řídicí systém pro analyzování procesu. Struktura odpovídá číselným krokům z předchozí kapitoly a jedná se tak o rozšiřující popis.

Tuto část práce je soupis požadavků pro programátora.

5.4.1 Vstupní informace pro otevření ventilu

Jedná se o hodnotu otevřenosti proporcionálního ventilu. Je to konstanta, která se definuje na základě prvotních měření. Konstanta by měla odpovídat stavu ideálního průtoku. Pojmenuje se jako „vstupní_hodnota_pro_ventil“.

vstupní_hodnota_pro_ventil bude využita jen při zahájení plnicího procesu, dále v procesu plnění je nahrazena proměnnou (další část práce). Nejedná se totiž o hodnotu, která bude pro ventil využita po celou dobu procesu. Stav ventilu je proměnná a mění se na základě zpětné vazby. *vstupní_hodnota_pro_ventil* je využita jen jako vstupní hodnota. Viz další podkapitola.

Hodnota *vstupní_hodnota_pro_ventil* pro prvotní testy necht' je 10% maximální hodnoty otevřeného ventilu.

Pozn. Při osvědčení přesnosti proporcionálního ventilu můžeme uvažovat i s variantou 2. vstupní_hodnota_pro_ventil je konstanta a je použita jako hodnota otevřenosti ventilu po celou dobu plnění. Člen průtokoměr tedy není potřeba.

5.4.2 Zpětná vazba z průtokoměru pro ventil

Je definována konstanta ideálního průtoku, „ideální průtok“ a proměnná „aktuální průtok“. Průtokoměr (respektive PLC) zapisuje *aktuální průtok* do tabulky aktivit a kontroluje aktuální stav průtoku vůči konstantě *ideální průtok*. Pokud *ideální průtok* > *aktuální průtok*, PLC více otevře ventilu, pokud nižší, PLC ventil přivře. Informace na úpravu ventilu přes proměnnou „adjustace“. Její hodnota se získá rozdílem hodnot *ideální průtok* a *hodnota průtoku*:

$Adjustace = \text{Ideální průtok} - \text{Aktuální průtok}$

Samotný stav ventilu bude upraven proměnnou „Nový_stav_ventilu“ tímto vztahem ($Stav_ventilu$ je další proměnná):

$$\text{Nový_stav_ventilu} = \left(stav_ventilu + \left(\frac{stav_ventilu}{100} \right) * adjustace \right) \quad (9)$$

Ideální průtok bude o hodnotě 30 (l/min). Rozsah ventilu je rozdělen na hodnoty 0-100 – jednotka tedy odpovídá 1% rozsahu. To znamená, že obě proměnné pro ventil mohou nabývat hodnot 0-100.

Příklad: Hodnota průtoku 40 (l/min), ventil je zahájením otevřen s hodnotou 10.

$Adjustace = -30$

$\text{Nový_stav_ventilu} = 10 + (0,1 * -30)$ tedy $10 - 3 = 7$.

V dalších cyklech (vzorkování) dojde k zarovnání k ideálnímu průtoku. Nevýhoda je možnost oscilace výsledku kolem ideálu v 1% rozsahu ventilu. Na toto myslet a zabudovat počítadlo stejných hodnot, nebo podmínkovat.

Na ventil je tedy po každém cyklu poslán požadavek na změnu stavu ventilu, který se odpovídá spočítané hodnotě proměnné:

Nový_stav_ventilu .

Vzorkování bude potřeba definovat, aby návrh regulace fungoval.

5.4.3 Zpětná vazba z čidla koncentrace plynů

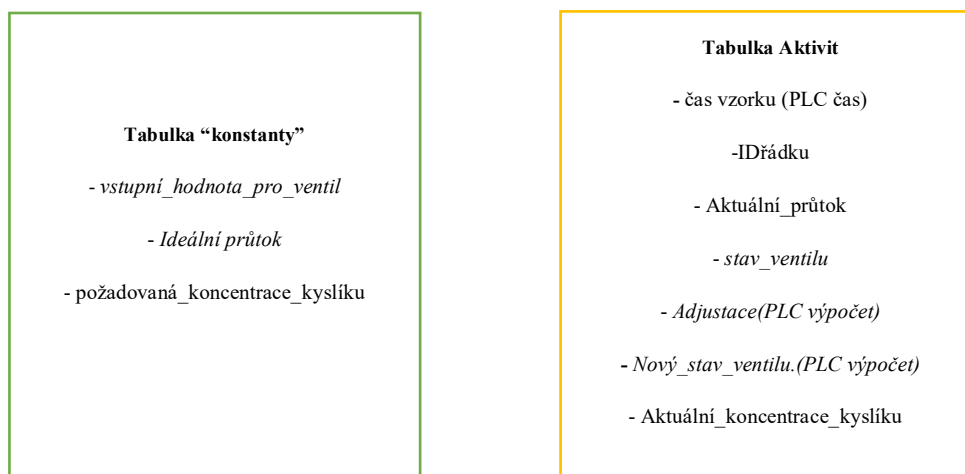
Je definována konstanta požadovaná_koncentrace_kyslíku. Čidlo bude zapisovat do proměnné Aktuální_koncentrace_kyslíku v definované vzorkovací frekvenci do tabulky aktivit a porovnávat s požadovaná_koncentrace_kyslíku. Pokud je všech posledních 50 aktuálních hodnot koncentrace menší než požadovaná koncentrace, ventil se zavře a cyklus plnění končí.

Bez této podmínky by vzhledem k výběru konkrétních zařízení v dalších kapitolách, mohlo docházet k ukončení plnění v prvním cyklu.

5.4.4 Souhrn, datová struktura, vzorkování

Jsou dvě nezbytné tabulky. Tabulka aktivit je dynamická a v definované vzorkovací frekvenci do ní čidla zapisují, popřípadě zapisuje PLC výpočtem (např. Adjustace). Druhá je

statická tabulka konstant, zde uživatelsky upravujeme na základě analýz plnění, ideální hodnoty (konstanty) procesu. Což povede ke zvýšení efektivity plnění.



Obrázek 13 - Datová struktura

5.4.4.1 Vzorkování

Do tabulky aktivit se bude zapisovat každých 10 sekund. Přičemž liché zápisy budou: stav ventilu, sudé zápisy: Aktuální_průtok, adjustace, *Nový_stav_ventilu*, Aktuální_koncentrace_kyslíku. Cyklus úpravy ventilu je tedy každých 30s.

5.5 Návrh řešení

Cílem této části je výběr HW členů setu a určení hrubého postupu vedoucí k realizaci řešení.

5.5.1 Výběr akčních členů

Pro vrchní část síla, kde bude průtokoměr a ventil se jeví jako nejvhodnější **proporcionální ventil s integrovaným průtokoměrem od výrobce Brooks Instrument**. Toto zařízení je malých rozměrů a je možné napájet 24V DC, tedy baterií. Splňuje požadavky na kvalitu a jakost procesu. V příloze technické parametry od výrobce.

Pro spodní část síla, doporučuji **čidlo koncentrace kyslíku od výrobce Honeywell GMS-10RVS Series**. Splňuje požadavky na kvalitu a jakost procesu. Nevýhodou budou data v prvním cyklu měření. Odezva zařízení je > 15 sekund, v druhém a dalším cyklu budou data v pořádku. Problém možného předčasného ukončení procesu plnění v prvním cyklu je vyřešen v části řízení. Tedy podmínka 50ti měření. Technické parametry v části průzkum trhu v tabulce.

5.5.2 Výběr řídicího členu

Nejvhodnější volbou se jeví **PLC od výrobce Tecomat, Foxtrot**. Je to jediné zařízení nalezené průzkumem trhu, schopné řídit proces bezdrátově ve vrchní části sil. Součástí řešení budou i **moduly pro bezdrátovou komunikaci RF-1131 + R-HM-1113M**. Technické parametry od výrobce v příloze.

5.5.3 Výběr zdroje, procesní připojení

Nezbytnou součástí řešení bude nákup zdroje energie pro Proporcionální ventil s průtokoměrem a PLC členy Tecomat. Požadavky na zdroje viz. Technické parametry v příloze. Dalším bodem bude nákup potřebných instalačních konverzí umožňující připojení např. Průtokoměru na současnou rozvodnou síť. Výběr členů proběhl s tímto omezením, nemělo by se tedy jednat o překážku.

5.5.4 Další kroky pro realizaci řešení

Dle výběru v praktické části, je nutné poptat u výrobců jednotlivá zařízení. Další částí bude poptat naprogramování PLC a samotnou instalaci zařízení.

Kontakt na dodavatele (vyjma dodavatele na zdroje a služby):

Průtokoměr a proporcionální ventil:

- <https://www.oemautomatic.cz/kontakty/zakaznický-servis>

Čidlo koncentrace kyslíku:

- <http://www.atecom.cz/>

Pozn. Dodavatel se mnou nekomunikoval, zkusit případně jiného dodavatele Honeywell zařízení.

PLC a moduly k PLC

- <https://www.tecomat.cz/>

ZÁVĚR

Tato práce je podklad pro realizaci automatizovaného řešení plnění potravinových sil dusíkem v zadané firmě. Podařilo se nalézt bezdrátové řešení pro část setu, nacházejícího se ve vrchní části sil, kde se pohybuje plnicí zařízení. Instalace kabeláže by byla problematická, z tohoto pohledu se tedy jedná o úspěšný výsledek.

Výzvou pro realizaci bude nutnost vyšších vstupních nákladů. První investice spočívá v nákupu veškerých členů. Druhá a další investice bude nižší, protože není třeba nakupovat další PLC a modul pro bezdrátovou komunikaci. PLC včetně zařízení s bezdrátovým modulem má potenciál řídit až 64 setů. Další výzvou je odhodlat se k realizaci, kde je nejistý přínos. Není zřejmé, jestli data z automatického plnění povedou analýzou k úpravě plnicích parametrů vedoucí k vyšší efektivitě plnění. Jediný zřejmý přínos je eliminace zaměstnance při ukončení plnění. Zaměstnanec může ukončit plnění zbytečně pozdě a dochází tak ke ztrátě dusíku - Ztráta dusíku vyjádřena finančně vůči velikosti investice tohoto řešení, nemusí být dostatečným argumentem pro realizaci.

Je třeba zmínit, že prvotní ambice této práce byla vyšší, výsledkem práce měla být i realizace. Z časových důvodů a rozsahu práce se od této části po dohodě s vedoucím upustilo a při tvorbě zadání se cíle revidovali na návrh řešení. Myslím, že se nabízí realizaci provést v rámci nových bakalářských prací příští rok, popřípadě diplomových prací. Tomu ale musí předcházet rozhodnutí zadané firmy o výhodnosti investice.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VÁŇA, Jaroslav. *Analyzátory plynů a kapalin*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL, 1984. Automatizace a regulace. ISBN 978-80-214-4010-4.
- [2] ČECH, Jaroslav, Jiří PERNIKÁŘ a Kamil PODANÝ. *Strojírenská metrologie I*. Vyd. 5., V Akademickém nakl. CERM vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-4010-4.
- [3] KADLEC, Karel, Miloš KMÍNEK a Pavel KADLEC. *Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výroбах: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2015. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-232-7.
- [4] HRUŠKA, František. *Technické prostředky automatizace IV: (snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky)*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2001. ISBN 807318026x.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

- A. <http://www.ucitel.net/fyzika/plyny>
- B. <http://www.prvky.com/7.html>
- C. <http://www.prvky.com/8.html>
- D. https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/FYA600CO_O2.pdf
- E. <https://www.oemautomatic.cz/hledat?q=SLA5800&st={924095D3-C240-460C-A157-20DFE12D9EFF}>
- F. <http://www.kasen.cz/ventily/tlakem-ovladane/>
- G. https://www.oemautomatic.cz/produkty/tlak-a-prutok/ventily/solenoidov%C3%A9-ventily-_486339
- H. <https://www.tecomat.cz/modules>
- I. <https://cz.rs-online.com/web/p/products/1653222/>
- J. <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-rfl131>
- K. <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-r-hm-1113m>
- L. https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00403_01_comm_serial32_cz
- M. <https://www.imi-precision.com/cz/cs/list/proporcionalni-ventily>
- N. <https://www.hydraulics-brno.cz/hydraulicke-komponenty/proporcionalni-ventily/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Princip automatické analýzy.....	21
Obrázek 2. Pohled na sila z vrchu.....	24
Obrázek 3. Pohled na silo ze spodu, dopravníkový pás u výsypu sila.....	24
Obrázek 4. Generátor dusíku.....	26
Obrázek 5. Trubkové rozvody dusíku.....	26
Obrázek 6. Vrchní část sil, vývod dusíku k silu.....	26
Obrázek 7. Spodní část sila, výfuk na přebytečný plyn ze sila.....	26
Obrázek 8. Tabulka parametrů zařízení.....	31
Obrázek 9. Rozměry zařízení GMS-10RVS Series.....	32
Obrázek 10. Obrázek čidla FYA600O2.....	33
Obrázek 11. Schéma umístění čidel.....	38
Obrázek 12. Komunikační schéma.....	39
Obrázek 13. Datová struktura.....	42

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Vybrané vlastnosti dusíku.....	11
Tabulka 2. Vybrané vlastnosti kyslíku.....	11
Tabulka 3. Porovnání analýz prováděných ručně a automaticky.....	22
Tabulka 4. Parametry ventilů VP50s a VP51.....	30
Tabulka 5. Parametry Ventilů s průtokoměrem SLA5800.....	30
Tabulka 6. Parametry zařízení FYA600O2.....	32
Tabulka 7. Parametry LOGO! 8.2.....	33
Tabulka 8. Parametry R-HM-1113M.....	34

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Serie SLA8500, Datasheet výrobce
- PII Modul pro PLC Foxtrot CZ-RF1131, Datasheet výrobce
- PIII Modul pro PLC Foxtrot CZ-R-HM-1131M, Datasheet výrobce
- PIV PLC Tecomat Foxtrot, příručka

Veškeré přílohy jsou nahrány na CD, které je součástí práce. Vzhledem k rozsahu nejsou přímou součástí práce.

