

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**Rekonštrukcia riadiaceho systému pre
dávkovací a baliaci nástroj cestovín**

Diplomová práca

2015

Bc. Dávid Kendi

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**Rekonštrukcia riadiaceho systému pre
dávkovací a baliaci nástroj cestovín**

Diplomová práca

Študijný program: Kybernetika a informačno-riadiace systémy

Študijný odbor: Kybernetika

Školiace pracovisko: Katedra kybernetiky a umelej inteligencie (KKUI)

Školiteľ: prof. Ing. Iveta Zolotová, CSc.

Konzultant: Ing. Martin Miškuf

Ladislav Lukacs

Košice 2015

Bc. Dávid Kendi

Abstrakt v SJ

Táto práca sa zaoberá rekonštrukciou riadenia výrobnej linky pre dávkovanie a balenie cestovín. Hlavnou úlohou tejto práce bola výmena a vylepšenie riadenia výrobnej linky. Vylepšením hardvérovej časti systému bola výmena váhového snímača za tenzometrický snímač a výmena riadiacej jednotky. Pre spracovanie signálu z váhového snímača bol systém rozšírený o prevodník určený pre tenzometrické snímače. Následne bol vytvorený riadiaci program a vizualizácia pre vylepšenie riadenia systému. Pre zefektívnenie výroby v podniku bol aplikovaný informačný systém pre zber, ukladanie a spracovanie informácií o výrobe. Funkčnosť realizovaného systému bola overená v prevádzke v reálnych podmienkach.

Kľúčové slová

Výrobná linka, Informačný systém, PLC, Snímač

Abstrakt v AJ

This thesis deals with the reconstruction of a manufacturing line for dispensing and packaging pasta. The focus of the work was to replace and upgrade the control system of this manufacturing line. The hardware has been improved by replacing the scale sensors for potentiometric sensors and by replacing the control unit. Scale sensor signal processing has been extended by a signal conditioner for potentiometric sensors. Afterwards, control program and visualization for control system improvement has been created. To make the production more effective information system for collecting, storing and processing production information has been applied. System functionality has been verified in real-time conditions.

Kľúčové slová v AJ

Manufacturing line, Information system, PLC, Sensor

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
Katedra kybernetiky a umelej inteligencie

**ZADANIE
DIPLOMOVEJ PRÁCE**

Študijný odbor: **9.2.7 Kybernetika**

Študijný program: **Kybernetika a informačno-riadiace systémy**

Názov práce:

Rekonštrukcia riadiaceho systému pre dávkovací a baliaci nástroj cestovín

Reconstruction of control system for dispensing and packaging tool of pasta

Študent: **Bc. Dávid Kendi**

Školiteľ: **prof. Ing. Iveta Zolotová, CSc.**

Školiace pracovisko: **Katedra kybernetiky a umelej inteligencie**

Konzultant práce: **Ing. Martin Miškuf, Ladislav Lukacs**

Pracovisko konzultanta: **KKUI FEI TUKE, JBL spol. s r.o.**

Pokyny na vypracovanie diplomovej práce:

1. Analýza súčasného stavu výrobných liniek a ich informačno-riadiacich systémov v podnikoch s dôrazom na potravinársky priemysel.
2. Analyzovať rekonštrukciu riadiaceho systému pre dávkovací a baliaci nástroj cestovín v podniku Trója v spolupráci s JBL spol. s r.o. a navrhnuť riešenie podľa požiadaviek.
3. Na základe analýzy vymeniť PLC automat, váhový snímač, terminál, napísať riadiaci program, vytvoriť vizualizáciu, informačný systém pre ukladanie dát a otestovať celé riešenie v prevádzke.
4. Zhodnotiť dosiahnuté výsledky.
5. Vypracovať dokumentáciu podľa pokynov vedúcej príce: hlavná časť, prílohy - systémová a používateľská príručka, DVD s textami, dokumentami, obrázkami a softvérovými výstupmi.

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský

Termin pre odovzdanie práce: 30.04.2015

Dátum zadania diplomovej práce: 31.10.2014

.....
prof. Ing. Peter Sinčák, CSc.
vedúci garantujúceho pracoviska

.....
prof. Ing. Liberios Vokorokos, PhD.
dekan fakulty



Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval(a) samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Košice 30. 4. 2015

Vlastnoručný podpis

Pod'akovanie

Ďakujem prof. Ing. Iveta Zolotovej, CSc. a konzultantovi bakalárskej práce Ing. Martinovi Miškufovi a Ladislavovi Lukácsovi, za odbornú pomoc a pripomienky pri spracovaní práce.

Zároveň by som sa rád pod'akoval svojim rodičom, ktorí mi umožnili štúdium na vysokej škole a taktiež kamarátom, ktorí ma počas štúdia podporovali.

Obsah

Úvod	1
1 Formulácia úlohy	3
2 Teoretické základy automatizácie	4
2.1 Programovateľný logický automat (PLC)	4
2.1.1 Základný popis PLC automatov	4
2.1.2 História PLC automatov	6
2.1.3 Vlastnosti PLC automatov	7
2.1.4 Výhody PLC automatov	8
2.1.5 Súčasti PLC automatov	10
2.1.6 Programovanie PLC automatov	13
2.2 HMI - Rozhranie človek-stroj	16
2.3 SCADA	18
2.4 Automatizácia	19
2.4.1 Výhody a nevýhody automatizácie	20
2.4.2 Sériová výroba	22
3 Analýza stavu výrobnej linky v podniku	25
3.1 Popis funkcie systému	25
3.2 Štruktúra výrobnej linky	25
3.3 Dôvod rekonštrukcie systému	27
3.4 Požiadavky na vylepšenie systému v podniku	31
4 Návrh vylepšenia a riadenia systému	32
4.1 Návrh technického vylepšenia systému	32
4.1.1 Návrh riešenia pre spracovanie signálu	34
4.2 Návrh vylepšenia riadenia systému	37
4.2.1 Vylepšenie riadiaceho systému	37

4.2.2	Softvérové riešenie riadenia systému	42
4.2.3	Návrh softvérového riešenia pre spracovanie dát	45
5	Realizácia rekonštrukcie riadenia systému	49
5.1	Výmena váhového snímača	49
5.2	Výmena riadiaceho systému	51
5.3	Softvérové riešenia	52
5.4	Komunikácia	57
6	Experimentálne overenie	59
6.1	Overenie funkčnosti nástroja v prevádzke	59
7	Zhrnutie	62
8	Záver	64
	Zoznam použitej literatúry	66
	Zoznam príloh	68

Zoznam obrázkov

2–1 Programovateľné logické automaty	4
2–2 Reléový riadiaci systém	5
2–3 Kompaktné a modulárne automaty	7
2–4 PLC komponenty [8]	10
2–5 Centrálny procesor autamtu [8]	12
2–6 Zdroj pre automat [8]	13
2–7 Porovnanie programovacích jazykov [8]	16
2–8 Rozhranie človek–stroj(HMI)	17
2–9 Štruktúra SCADA/HMI systému	19
2–10 Sériova linka	23
3–1 Výrobná linka pre dávkovanie a balenie cestovín	26
3–2 Konštrukčný výkres starého váhového snímača	28
3–3 Riadiaci a monitorovací terminál	30
4–1 Elektrické zapojenie tenzometrického snímača sily, Wheats-tonov mostík	33
4–2 Integrovaný obvod typu INA 125	34
4–3 Zapojenie tenzometrického snímača na prevodník INA 125 [14]	35
4–4 Integrovaný plošný obvod pre vibráciu	38
4–5 Zostava zvoleného riadiacemu systému	39
4–6 PanelView	41
4–7 Algoritmus dávkovania	43
4–8 Algoritmus vypustenia cestovín podľa poradia	44
4–9 Komunikácia s dátovým OPC serverom FactoryTalk Gateway	47
5–1 Elektrické zapojenie snímača Teda Huntleigh 1042 [13] . . .	49
5–2 Výkres upevnenia váhového snímača	50
5–3 Špeciálny prevodník EMS168R [15]	51

5–4 Zapojený PLC automat	52
5–5 Funkcia LIM_ALRM	53
5–6 Aplikácia pre spracovanie logovaných dát	54
5–7 Aplikácia pre spracovanie logovaných dát	54
5–8 Odoslanie a zoznam požiadaviek	55
5–9 Zoznam požiadaviek a akcia pre automatickú prípravu na HMI	55
5–10 Hlavná obrazovka vizualizácie	56
5–11 Štruktúra komunikácie riadiaceho systému	57
6–1 Analýza pre overenie funkčnosti dávkovania rezancov	60
6–2 Analýza pre overenie funkčnosti dávkovania malých fliačkov	61

Zoznam tabuliek

4 – 1 Závislosť medzi zosilnením a odporom R_G [14]	36
---	----

Zoznam symbolov a skratiek

PLC	Programovateľný logický automat
GM	General Motors
B.A.	Bredford Associates
I/O	Input/Output
CPU	Central Processing Unit
RAM	Random Access Memory
ROM	Read-Only Memory
FBD	Function Block Diagram
ST	Structured Text
LD	Ladder Diagram
IL	Instruction List
V	Volt, základná jednotka napäťia v sústave SI
mV	Milivolt
R	Odpor, fyzikálna veličina v SI
RS	Rockwell Software
OPC	Object Linking and Embedding for Process Control
PC	Personal Computer , Osobný počítač
A.B.	Allen-Bradley
IS	Informačný systém
HTML	Hypertextový značkový jazyk

Slovník termínov

Riadiaci systém je zariadenie, ktorého úlohou je riadiť systém na základe stanovených podmienok.

Riadenej systém je zariadenie, na ktorého vplyva riadiaca jednotka pomocou riadiaceho signálu.

Riadiaci signál je signál poslaný riadiacou jednotkou.

Snímač sníma potrebné veličiny v riadenej sústave a posiela dátu do riadiacej sústavy.

Systém je celok, ktorý pozostáva z častí (zložiek, prvkov, komponentov), medzi ktorými existujú väzby.

Informačný systém je systém, ktorý umožňuje zber, ukladanie a spracovanie informácií o výrobnom procese.

Prevodník je zariadenie, ktoré pozostáva z obvodu pre úpravu, prenos a spracovanie elektrických signálov.

Integrovaný obvod je zložitá alebo jednoduchá elektronická súčiastka, ktorá v relatívne malom puzdre obsahuje viacero prvkov.

Úvod

Táto diplomová práca sa bude zaoberať rekonštrukciou výrobnej linky a celého riadiaceho systému a vytvorením informačného systému pre spracovanie dát o výrobe v istej firme. Výrobná linka bude rekonštruovaná v jednej malej cestovinárni s názvom Cestovináreň – Trója, kde vyrábajú rôzne druhy vaječných cestovín. Úlohou tejto linky je dávkovanie a balenie rôznych typov cestovín. Funkciou výrobnej linky je automatické odváženie cestovín pomocou štyroch váh a štyroch dávkovacích kanálov do jedného baliaceho nástroja, ktorý je súčasťou tejto linky. Výrobná linka je riadená pomocou starého PLC automatu, vstupnými a výstupnými modulmi.

Vo všeobecnosti výrobné linky slúžia na zvýšenie produktivity v priemysle a na redukciu možných chýb človeka vo výrobe. Dôvodom rekonštrukcie sú problémy, ktoré vo výrobe znemožňujú zvýšenie produkcie. Prvým problémom je nepresné odváženie cestovín. Dôvodom nepresnosti sú zastaralé váhové moduly. Niektoré boli zlomené alebo deformované počas výroby a po úprave sa tieto moduly stali nepresné.

Riadiaci systém výrobnej linky je starý PLC automat, ktorý má pokazenú batériu. PLC vôbec neukladá stavy a nastavenia ani pri vypnutí alebo výpadku elektrickej energie. Po každom zapnutí stroja treba znova nastaviť parametre výroby a každú váhu treba vynulovať jednotlivco. Z toho vyplýva, že tento postup znižuje produktivitu dávkovacieho stroja. Kvôli nepresnému váhovému snímaču nám PLC zobrazuje nereálne hodnoty hmotnosti odvážených cestovín. Riadiaci terminál nám zobrazuje len málo informácií o výrobe, iba hmotnosť.

Systém nám neponúka žiadne dátá o výrobe, čiže pre vytvorenie skladových zásob potrebujeme ľudí, ktorí spočítajú počet zabalených cestovín podľa typu a určia celkovú hmotnosť spracovaných cestovín. Tieto dátá sa spracovávajú ručne, čo v tejto technologickej dobe nie je efektívny spôsob produkcie.

Pre vylepšenie produkcie potrebujeme navrhnúť taký riadiaci systém, ktorý nám

ponúka viac informácií o výrobe, viac funkcií v dávkovaní, má lepšiu dávkovaciu logiku, ale umožňuje ľahšie používanie stroja, teda zlepší produkciu. Namiesto nepresného váhového snímača by sme mali nájsť taký, ktorý je oveľa masívnejší ako súčasný, to znamená, že je odolnejší voči vibráciám a vonkajšími vplyvmi a je tiež presnejší.

Potrebuje navrhnúť taký systém, ktorý zhromažďuje, ukladá a spracováva informácie o celkovej výrobe a ponúka nám zrozumiteľné informácie. Umožňuje vytvoriť skladovú zásobu v elektronickej forme.

Poslednou úlohou tejto práce je realizácia, resp. nasedenie navrhnutého riešenia a overenie funkčnosti v reálnej prevádzke.

1 Formulácia úlohy

Cieľom tejto diplomovej práce bolo navrhnúť, realizovať a zrekonštruovať riadiaci systém pre dávkovací a baliaci stroj cestovín vo firme Trója Cestovináreň v obci Biel', v spolupráci s JBL spol. s r.o. a navrhnúť riešenie podľa požiadaviek. Na realizáciu riadenia dávkovacieho nástroja sa využíva teória riadenia, programovania, fyziky a elektrotechniky. Úlohou tohto stroja je dávkovanie rôznych druhov cestovín v požadovanom množstve do baliaceho stroja.

Táto diplomová práca sa zaoberá nasledujúcimi úlohami:

- Teoretické poznatky automatizácie a PLC automatov.
- Analýza súčasného stavu dávkovacieho stroja.
- Návrh rekonštrukcie stroja a riadiaceho systému.
- Realizácia rekonštrukcie a riadenia dávkovacieho stroja.
- Vylepšenie informačného systému v podniku.
- Experimentálne overenie funkčnosti systému a vytvorenie programovej dokumentácie.

2 Teoretické základy automatizácie

V tejto kapitole sa venujeme k popisu použitých prvkov v automatizovanom systéme. Zaobráme popisu a vlastnosti PLC automatov a HMI terminálov, história ich vzniku, architektúre a spôsobom programovania.

2.1 Programovateľný logický automat (PLC)

V tejto časti popisujeme základné vlastnosti PLC automatov, jednotlivé prvky automatu, história a ich vzniku a štandard PLC programovania.

2.1.1 Základný popis PLC automatov

Programovateľný logický automat alebo PLC (z anglického názvu *Programmable Logic Controller*) je digitálny počítač používaný na automatizáciu typických priemyslových elektromechanických procesov, ako je kontrola a riadenie strojov na výrobných montážnych linkách, zábavných dráh alebo svietidiel.



Obr. 2 – 1 Programovateľné logické automaty

PLC je používané vo viacerých priemysloch alebo strojoch. PLC automaty sú určené na kontrolu viacnásobných analógových a digitálnych vstupov a výstupov,

na používanie v prostredí s vysokými teplotnými rozdielmi, majú odolnosť voči elektrickému rušeniu, voči vibráciám a nárazom. Pre riadenie s PLC automatom je potrebné vytvoriť program určený na riadenie výstupov vzhľadom na získané vstupy. Programy pre riadenie prevádzky stroja sú obvykle uložené v zálohovanom úložisku s batériou alebo energeticky nezávislej pamäti. PLC je príkladom „hard“ real-time systému, pretože výstupné výsledky musia byť vyrobené v reakcii na vstupné podmienky v obmedzenom čase. Pre PLC je charakteristické, že program sa vykonáva v tzv. cykloch.



Obr. 2 – 2 Reléový riadiaci systém

Pred PLC sa riadiaci systém pre riadenie a bezpečnostnú blokovaciu logiku pre výrobu automobilov skladal prevažne z relé, vačkových časovačov, bicích sekvencerov a z regulátora uzavretou slučkou. Vzhľadom k tomu by sme mohli počítať so stovkami alebo dokonca tisícami procesov. Aktualizácie alebo zmeny riadiacej logiky pre nové modely boli v týchto zariadeniach časovo a finančne náročné, elektrikári potrebovali individuálne prepojiť relé k zmene ich prevádzkových vlastností. [1]

PLC automaty sa líšia od bežných počítačov nielen tým, že spracovávajú program cyklicky, ale aj tým, že ich periféria sú priamo prispôsobené na napojenie na technologické procesy. Prevažnú časť periférií v tomto prípade

tvoria digitálne vstupy (DI) a digitálne výstupy (DO). Pre ďalšie spracovanie signálov a napojenie na technológiu sú určené analógové vstupy (AI) a analógové výstupy (AO) na spracovanie spojitých signálov. S rozvojom automatizácie v priemysle sa začali používať aj ďalšie moduly periférnych jednotiek pripojiteľných k PLC, tzv. funkčné moduly (FM), napr. pre polohovanie, komunikačné procesory (CP) pre zber a prenos dát, impulzné moduly a ďalšie špecifické moduly podľa výrobcu konkrétneho systému. [5]

2.1.2 História PLC automatov

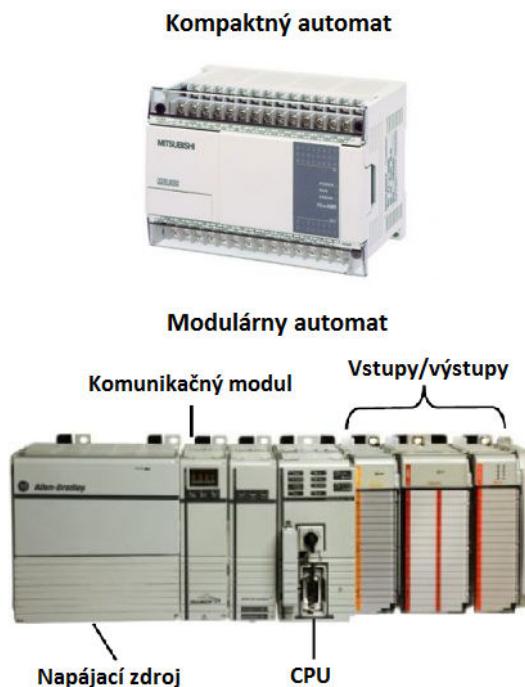
V roku 1968 GM Hydra – Matic (automatická prevodovka divízie General Motors) vypísala konkúr na návrh na jednoduchšiu komplexnej riadiacej sústavy. Snažili sa o výmenu drôtových prenosových systémov. Vítazný návrh prišiel z Bedford Associates v Bedforde, Massachusetts. Prvý PLC automat mal meno 084, pretože to bol osemdesiaty štvrtý projekt Bedford Associates [2]. Bedford Associates založila novú spoločnosť zameranú na vývoj, výrobu, predaj a servis produktu Modicon, ktorý sa stal modulárnym digitálnym automatom (MOdular DIgital CONtroller). Jedným z ľudí, ktorí pracovali na tomto projekte bol Dick Morley, ktorý je považovaný za „otca“ PLC. Značka Modicon bol predaný v roku 1977 Gould Electronics, neskôr ju získala nemecká firma AEG a potom francúzska Schneider Electric, ktorá je súčasným majiteľom. Prvý model od Modicon bol v nepretržitej bezproblémovej prevádzke takmer dvadsať rokov. [3]

Prvé používané PLC boli prevažne schopné spracovať binárnu logiku riadenia, ich prvotným cieľom bola náhrada reléových automatov. Postupne sa s rozvojom polovodičových súčiastok rozširovalo spektrum použiteľnosti týchto systémov na spracovanie analógových signálov, matematických funkcií, až po možnosť realizácie zložitých systémov riadenia obsahujúce spracovania binárnych signálov, analógových hodnôt, komunikáciu s inými systémami, prenos dát, archiváciu nameraných hodnôt, vlastnú diagnostiku, tlačové výstupy atď. [4]

V súčasnej dobe sa PLC stále používa na riadenie v takmer každom výrobnom zariadení na svete. Aj keď existuje určitá konkurencia regulátorov na báze PC a DCS, PLC stále zostáva jedným z najdôležitejších automatizačných vynálezov všetkých čias.

2.1.3 Vlastnosti PLC automatov

Z hľadiska konštrukcie programovateľné logické automaty delíme do skupín „*kompaktných*“ a „*modulárnych*“ automatov:



Obr. 2 – 3 Kompaktné a modulárne automaty

- **Kompaktné** automaty sú systémy, ktoré v jednom module obsahujú riadiaci procesor (CPU – Central Processor Unit), digitálne a analógové vstupy/výstupy a základné podpory komunikácie, a v niektorých prípadoch aj napájací zdroj. Rozšíriteľnosť kompaktného systému je obmedzená alebo vôbec nie sú rozšíriteľné.

- **Modulárne** automaty sú také systémy, kde sú jednotlivé komponenty celkom rozdelené do modulov. Celý systém PLC sa skladá z modulov: zdroje, CPU, vstupy/výstupy, funkčné moduly, komunikačné a špeciálne moduly.

Pôvodne malé počítače pre automatizáciu už dorastli do výkonných riadiacich systémov, kedy jadro riadiaceho systému (modul CPU) obsahuje aj niekoľko procesorov, z ktorých má každý svoju špecifickú funkciu. Malé a lacné jednotky CPU samozrejme neobsahujú všetky vymoženosti a komfort ako výkonovo veľké CPU. U veľkých CPU je architektúra (viac procesorov) použitá z dôvodu zaistenia potrebnej odozvy a rýchlosťi spracovania dát v reálnom čase. Každé CPU obsahuje jeden "hlavný" procesor, ktorý spracováva programový algoritmus riadenia (vytvorený programátorom ako užívateľská aplikácia) a ďalšie procesory, ktoré sú tomuto podriadené. Tieto podradené procesory zaistujú komunikáciu po internej zbernici s jednotkami vstupu/výstupu, komunikáciu s ďalšími procesormi (napr. na sieti), zber dát z decentralizovaných periférií a ďalšie funkcie. V dnešnej dobe nie je výnimkou ani prípad, kedy CPU obsahuje WWW server (HTML generátor), to znamená, že CPU môže byť pripojené do siete a byť sledované a riadené použitím bežného prehliadača WWW. Riadiace jednotky niektorých modulárnych systémov sú v skutočnosti klony osobných počítačov so zvýšenou odolnosťou voči vonkajším vplyvom a s upraveným štandardným desktopovým operačným systémom.

2.1.4 Výhody PLC automatov

Poznáme šesť hlavných výhod vyplývajúce z použitia PLC cez reléové systémy, ktoré sú nasledovné:

- Flexibilita
- Jednoduché riešenie problémov
- Priestorová úspornosť

- Nízke náklady
- Testovanie
- Vizuálna prevádzka

Flexibilita - Jediný PLC môže ľahko spustiť viac strojov.

Jednoduché riešenie problémov - Pred PLC automatom, riešenie problémov bolo časovo náročné pre drôtované reléové panely z dôvodu prepojovania panelov a zariadení. Pri riadení PLC je akákoľvek zmena obvodu alebo sekvencie rovnako jednoduchá ako prepisovanie logiky. Korekcia chýb v PLC je veľmi jednoduchá a nákladovo efektívna.

Priestorová úspornosť - V PLC systéme je vyžadovaný menší počet hardvérových zariadení ako v hardvérovom systéme. PLC plní funkcie časovača, počítadlá, sekvencerov a riadiacich relé, takže tieto hardvérové zariadenia nie sú potrebné. Jediné prístroje, ktoré sú požadované, sú komunikačné rozhrania so systémom, prepínače a spúšťače motorov.

Nízke náklady - Ceny PLC sa líšia od niekoľko sto do niekoľko tisíc. To je minimálne v porovnaní s cenami kontaktných cievok a časovačov. Pomocou PLC sa tiež šetrí na nákladoch inštalácie a dopravy.

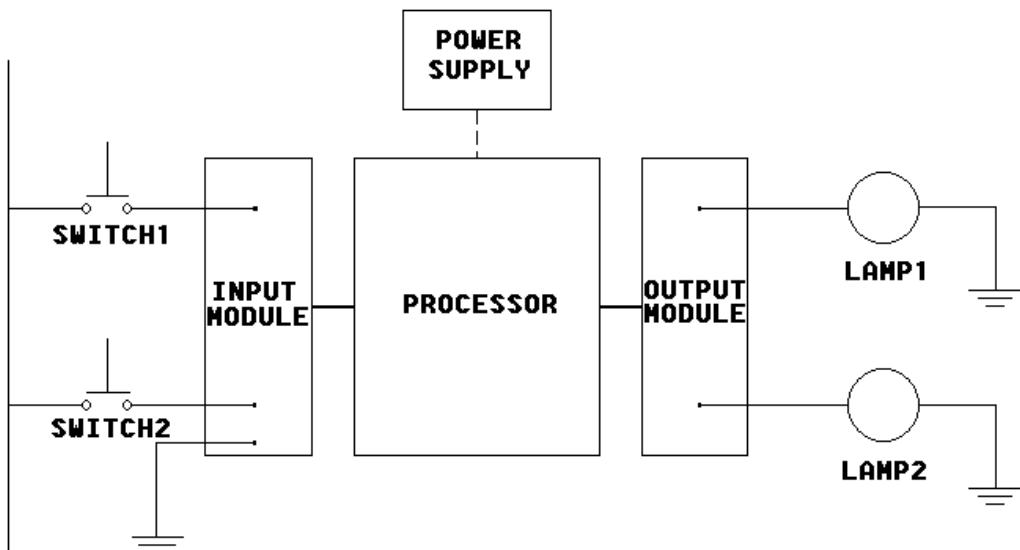
Testovanie - PLC program môže byť testovaný, vyhodnocovaný a overený v laboratóriu pred použitím v prevádzke.

Vizuálne pozorovania - Pri spustení programu v PLC pomocou montážného zobrazovacieho modulu sa zobrazia na obrazovke vizuálne operácie programu, ktoré pomáhajú pri rýchлом a jednoduchom riešení problémov. 2 – 4

2.1.5 Súčasti PLC automatov

Všetky PLC majú rovnaké základné komponenty. Tieto komponenty spolupracujú, aby všetky informácie o systéme boli zbierané a spracované v PLC automate. Tieto informácie vyhodnotí a odosiela späť do rôznych odborov. Ak niektorý z týchto hlavných zložiek dostane poruchu, automat nebude správne fungovať.

Medzi základné zložky patria napájací zdroj, centrálna procesorová jednotka (CPU alebo procesor), co-procesorové moduly, vstupné a výstupné moduly (I/O) a periférne zariadenia. [8]



Obr. 2 – 4 PLC komponenty [8]

Vstupné/výstupné moduly

Typ vstupných modulov, ktoré PLC používa, závisí od typu vstupného zariadenia. Napríklad, niektoré reagujú na digitálne vstupy, ostatné reagujú na analógové signály. V tomto prípade analógové signály predstavujú podmienky zariadenia alebo procesu ako rozsah napäcia alebo aktuálnych hodnôt. Vstupné obvody PLC prevádzajú signály do logických signálov, aby s nimi CPU mohol

pracovať. CPU hodnotí stav vstupov, výstupov a ďalších premenných pri vykonaní uloženého programu. CPU potom vysiela signály k aktualizácii stavu výstupov.

Výstupné moduly prevádzajú riadiace signály z procesora do digitálnych alebo analógových hodnôt, ktoré môžu byť použité na ovládanie rôznych výstupných zariadení. Programovacie zariadenie sa používa na zadanie a zmenenie programu v PLC alebo na monitorovanie a zmenenie uloženej hodnoty v programe. Program a súvisiace premenné sú uložené v CPU. Okrem týchto základných prvkov, PLC systém môže tiež obsahovať zariadenie „*rozhranie operátora*“ pre zjednodušenie monitorovania zariadenia alebo procesu.

Štandardné typy modulov PLC a ich popisy sú nasledovné:

- **AC Input** - používa striedavé napätie pre stav vstupu periférií.
- **DC vstup (diskrétny)** - používa DC napätie pre stav vstupu periférií.
- **DC vstup (analógový)** - vstup je premenná úroveň DC signálu.
- **AC výstup** - ovládanie ON/OFF stav zariadeniach striedavého prúdu výstupné polia, ako sú relé, cievok a elektromagnetov.
- **DC výstup (diskrétny)** - diskrétné výstupné moduly DC ovládanie ON/OFF stavy DC výstup prevádzkových zariadení.
- **DC výstup (analógový)** - poskytuje rôznorodé úrovne DC.

Vstupné/Výstupné moduly sú k dispozícii s rôznym počtom bodov periférií, napr. 4, 8, 16 a 32 bodov. Optočleny v moduloch sa používajú na elektrické izolovanie modulu od CPU.[8]

Modul Co-procesor

Moduly co-procesorov sú programovateľné univerzálné mikropočítače, ktoré rozširujú možnosti a funkčnosť systému PLC. Modul co-procesor je riadený procesorom.

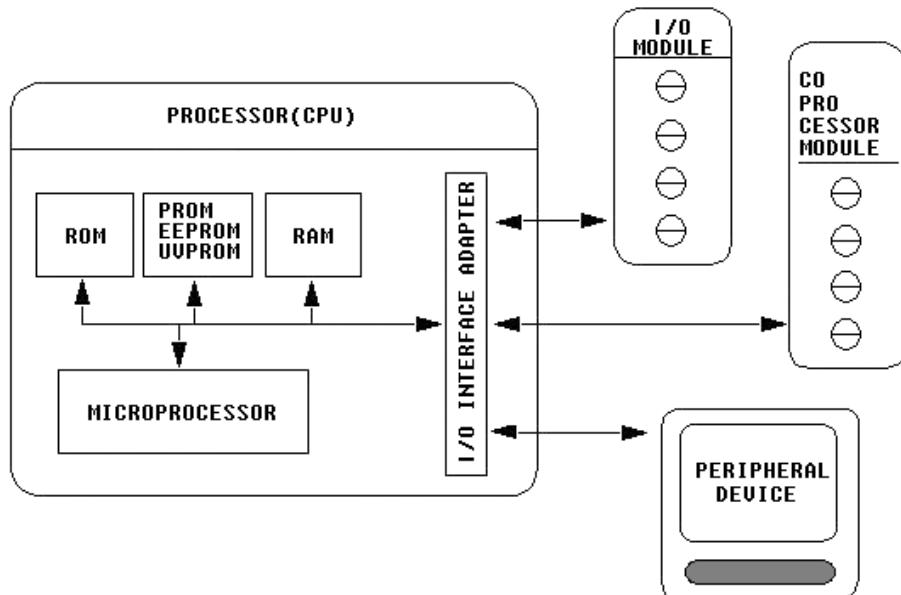
Moduly co-procesor monitoruje a ovláda periférne systémy, ktoré sú nasledovné:

- alfanumerický displej
- video-grafický displej
- komunikačné siete[8]

Centrálny procesor CPU

Funkciou CPU je uložiť a spustiť softvérové programy PLC. Je rozhranie s co-procesor modulmi, vstupno-výstupnými modulmi, periférnymi zariadeniami a diagnostikuje ich stavy. Je v podstate *"mozgom"* PLC.

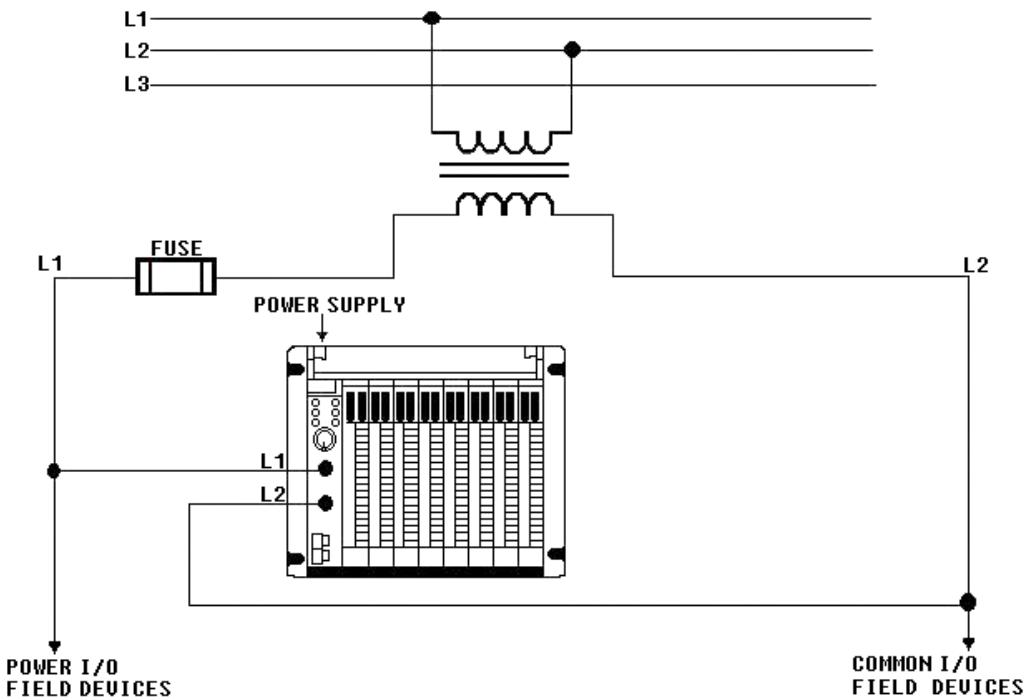
CPU je znázornený na obr. 2–5, obsahuje mikroprocesor, pamäť a vstupno-výstupný modul.[8]



Obr. 2 – 5 Centrálny procesor autamtu [8]

Napájanie

Funkciou napájania je poskytnúť jednosmerný prúd pre prevádzku PLC. Je dodávaný jednofázovým 120 alebo 240 VAC sieťovým napájaním, ktorý poháňa systém PLC, viď obr. 2 – 6



Obr. 2–6 Zdroj pre automat [8]

Zdroj je modul, ktorý sa nachádza v modulovom systéme PLC tzv. rack-u. DC (napätie a prúd) napája ostatné moduly v rack-u, ako je CPU, modul co-procesor a vstupno-výstupné moduly.[8]

2.1.6 Programovanie PLC automatov

Predošlé PLC automaty, a to až do polovice 1990, boli programované pomocou proprietárnych programovacích panelov alebo špeciálnym programovacím terminálom, ktoré často majú funkčné klávesy, ktoré zastupujú rôzne logické prvky PLC programov. Niektoré proprietárne programovacie terminály zobrazujú prvky PLC programov ako grafické symboly, tzv. ASCII znaková reprezentácia kontaktov, cievok a drôtov. Programy boli ukladané na magnetofónovú pásku. Zariadenia pre tlačenie dokumentácie boli minimálne z dôvodu nedostatočnej kapacity pamäte.

Dnešné automaty sú programované pomocou aplikačného softvéru na osobných počítačoch, ktoré predstavujú logiku v grafickej forme miesto znakových symbolov. Počítač je pripojený k PLC cez Ethernet, RS-232, RS-485 alebo RS-422 káblom. Programovací softvér umožňuje vstup a editáciu ladder logiky. Vo všeobecnosti platí, že softvér poskytuje funkcie pre ladenie a riešenie problémov PLC programu, napríklad zvýraznením časti logiky a zobrazí aktuálny stav počas prevádzky alebo počas simulácie. Softvér môže nahrávať a stiahovať PLC program pre zálohovanie a obnovenie. V niektorých modeloch sa program prenáša z osobného počítača do PLC cez programovaciu dosku, ktorá zapíše program na vymeniteľný čip ako je EEPROM alebo EPROM.[6]

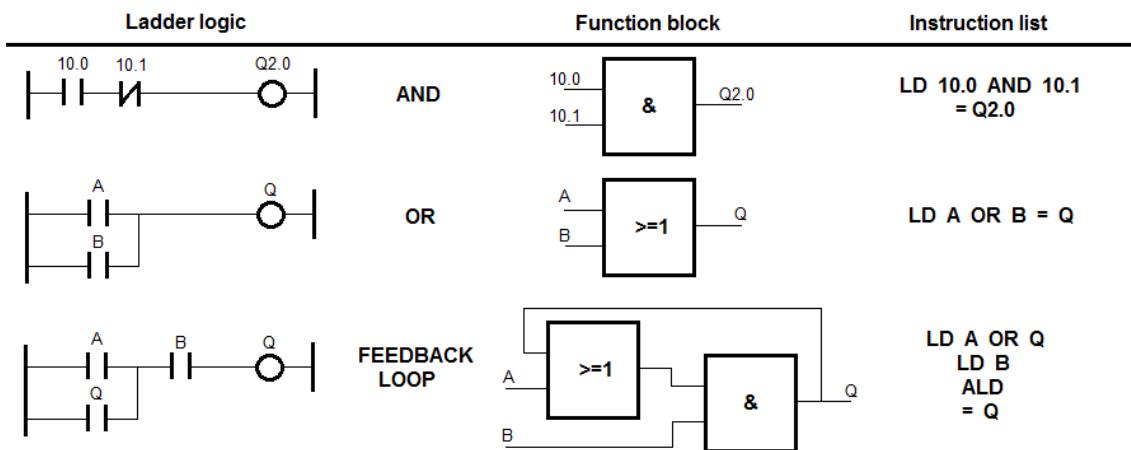
Podľa normy IEC 61131-3, PLC je možné programovať pomocou štandardných programovacích jazykov. Spočiatku väčšina PLC využívali ladder logic diagram. IEC 61131-3 v súčasnosti definuje päť programovacích jazykov pre programovateľné riadiace systémy:

- **Ladder Diagram (LD)**, grafický – vyvinutý do programovacieho jazyka, ktorý predstavuje program grafických schém založených na schémach zapojenia reléového logického hardvéru.
- **Funkčné bloky (FB)**, grafický – navrhnutý tak, že je možné opísat funkciu medzi vstupnými a výstupnými premennými. Vstupné a výstupné premenné sú spojené do bloku čiarkami. Vstupy a výstupy blokov sú prepojené čiarkami alebo odkazmi. Jednotlivé riadky môžu byť použité na prepojenie dvoch logických diagramov: vstupné premenné a vstup bloku; výstup bloku a vstup ďalšieho bloku; výstup bloku a výstupné premenné.
- **Štruktúrovaný text (ST)**, textový – jazyk na vysokej úrovni, je to štruktúrovaný blok, ktorý sa syntakticky podobá Pascalu, na ktorom je založený. Premenné a funkcie sú definované tak, aby rôzne jazyky v rámci normy IEC 61161-3 mohli byť použité.

- **Inštrukčný list (IL)**, textový – jazyk na nižšej úrovni podobný Assembly. Premenné a funkcie sú definované tak, aby rôzne jazyky v rámci normy IEC 61161-3 mohli byť použité. [5]
- **Sekvenčné funkčné grafy (SFC)**, grafický – definovaný ako príprava funkčných máp pre riadiace systémy. Bola založená na GRAFCET (na základe binárneho Petriho siete). Hlavné komponenty SFC: akcie; prechody s logickými podmienkami; väzby medzi akciami a prechodmi. [7]

Dátové typy

- BOOL – 1 bit
- BYTE – 8 bitov (1 byte)
- WORD – 16 bitov (2 byte)
- DWORD – 32 bitov (4 byte)
- LWORD – 64 bitov (8 byte)
- INTEGER – celé čísla
- SINT – signed short (1 byte)
- INT – signed integer (2 byte)
- DINT – double integer (4 byte)
- LINT – long integer (8 byte)
- REAL – (4 byte)
- LREAL – (8 byte)



Obr. 2–7 Porovnanie programovacích jazykov [8]

Kým základné pojmy programovania PLC automatov sú spoločné pre všetky produkty, sú rozdiely v I/O adresovaní, organizácii pamäte a inštrukčných sadách, to znamená, že programy v PLC nie sú úplne zameniteľné medzi rôznymi produktmi. Aj v rámci rovnakej produktovej rady jedného výrobcu nemusia byť priamo kompatibilné.

2.2 HMI - Rozhranie človek-stroj

Rozhranie človek-stroj (HMI) je vstupno-výstupné zariadenie, prostredníctvom ktorého ľudský operátor riadi proces, a ktoré poskytuje procesné dátá ľudským operátorom.

HMI (Human Machine Interface) je obvykle spojený SCADA systémovou databázou a softvérovým programom, aby poskytoval trendy, diagnostické údaje a informácie o riadení, ako napr. plánované postupy údržby, logistických informácií, detailné schémy pre konkrétné senzory alebo počítač a pokyny expertným systémom na odstraňovanie problémov. 2–8

Systém HMI obvykle prezentuje informácie obsluhujúcemu personálu graficky, vo forme slepej schémy. To znamená, že operátor môže vidieť schematické znázornenie

riadeného zariadenia. Napríklad, môže obraz z čerpadla pripojeného k rúrke ukázať prevádzkovateľovi, že čerpadlo beží a aké množstvo tekutín je čerpané trúbkou v danom okamihu. Operátor potom môže vypnúť čerpadlo. HMI softvér ukáže pokles prietoku kvapaliny v potrubí v reálnom čase. Grafický objekt sa môže skladať z riadkovej grafiky a symbolov reprezentujúcich procesné prvky alebo sa môže skladať z digitálnych fotografií technologického zariadenia zakrytých animovanými symbolmi.



Obr. 2 – 8 Rozhranie človek–stroj(HMI)

Balíček HMI pre SCADA systém obvykle obsahuje kresliaci program, ktorý manažéri alebo pracovníci údržby systému používajú na zmenu grafických objektov, ktoré sú zastúpené v rozhraní. Táto reprezentácia môže byť rovnako jednoduchá ako semafor, ktorá predstavuje stav skutočného semaforu v odbore alebo v zložitom multi-projektovom displeji predstavujúca pozície všetkých výťahov v mrakodrage alebo všetky vlaky na železnici.[4]

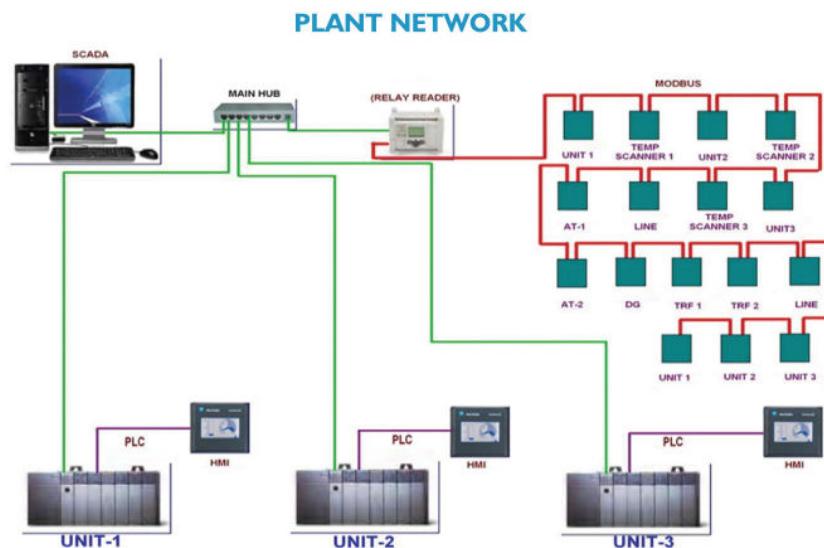
2.3 SCADA

SCADA (Supervízne riadenie a zber dát), je systém pracujúci s kódovanými signálmi cez komunikačné kanály tak, aby ovládal vzdialené zariadenia. Kontrolný systém je kombinovaný so zberným systémom dát, ktorý používa kódované signály cez komunikačné kanály pre získanie informácií o stave vzdialeného zariadenia pre zobrazenie alebo pre záznam funkcie. Jedná sa o typ priemyselného riadiaceho systému (ICS). Priemyselné riadiace systémy sú počítačové systémy založené na monitorovanie, ktoré riadia výrobné procesy existujúce vo fyzickom svete. SCADA systémy sa historicky odlišujú od iných ICS systémov tým, že majú rozsiahle procesy, ktoré môžu obsahovať viac častí vo veľkých vzdialostiach. Nimi sú procesy priemyselné, infraštruktúrne a procesy zariadenia, ktoré sú popísané nižšie: [9]

- **Priemyselné procesy** zahŕňajú výrobu: výroba elektriny, výroba a rafinácia, a môžu byť spustené v nepretržitých, opakujúcich sa alebo jednotlivých režimoch.
- **Infraštruktúrne procesy** môžu byť verejné alebo súkromné a zahŕňajú úpravu a rozvod vody, zber a čistenie odpadových vôd, ropovody a plynovody, elektrický prenos a rozvod energie, veterné farmy, sirénové systémy civilnej obrany a veľké komunikačné systémy.
- **Procesy zariadenia** prebiehajú tak vo verejných ako aj súkromných zariadeniach zahrňujúc budovy, letiská, lode a vesmírne stanice. Sledujú a riadia vykurovanie, vetranie a klimatizačné systémy (HVAC), prístup a spotrebú energie.

Dôležitou súčasťou väčšiny SCADA implementácií je manipulácia alarmov. Systém kontroluje, či sú splnené určité podmienky alarmu, určí udalosti, kedy sa objavuje alarm. V mnohých prípadoch prevádzkovateľ SCADA musí uznať poplachové udalosti to môže vypnúť niektoré indikátory alarmu, zatialčo ostatné

ukazovatele sú aj nadálej aktívne, až kým sa vymažú podmienky alarmu. Poplach môže byť explicitný, napr. alarm je digitálny status, ktorý má buď hodnotu NORMAL alebo ALARM, ktorý sa vypočítava podľa vzorca na základe hodnôt v iných analógových a digitálnych bodoch. Implicitné alarmy SCADA systému môžu automaticky sledovať, či analogická hodnota leží mimo vysokých a nízkych limitných hodnôt spojených s týmto bodom. K príkladom varovných indikátorov patria sirény, pop-up okno na obrazovke, alebo farebná, či blikajúca oblasť na obrazovke. V každom prípade úlohou indikátora alarmu je upozorniť prevádzkovateľa na časti systému „*v poplachu*”, aby sa mohli prijať vhodné opatrenia.



Obr. 2 – 9 Štruktúra SCADA/HMI systému

2.4 Automatizácia

Automatizácia alebo automatické riadenie je použitie rôznych riadiacich systémov na prevádzku zariadení ako sú stroje, procesy v továrnach, kotly, tepelné spracovanie pecí, prepínanie na telefónnych sieťach, riadenie a stabilizácia

lodí, lietadiel a ďalších aplikácií s minimálnym alebo zníženým zásahom človeka. Niektoré procesy boli úplne automatizované.

Najväčšou výhodou automatizácie je, že šetrí prácu, prispieva k úsporám energie a materiálov a zlepšuje kvalitu, presnosť a precíznosť.

Termín automatizácia, inšpirovaný starším automatický (zo slova automat), neboli pred rokom 1947 bežne používaný. V tom roku General Motors založili oddelenie automatizácie. [10] Počas tejto doby priemysel rýchlo prijímal spätno-väzobné regulátory zavedené v roku 1930. [11]

Automatizácia bola dosiahnutá rôznymi spôsobmi, vrátane mechanických, hydraulických, pneumatických, elektrických, elektronických a počítačových, a to zvyčajne v kombinácii. Zložité systémy ako sú moderné továrne, lietadlá a lode zvyčajne využívajú všetky tieto kombinované techniky.

2.4.1 Výhody a nevýhody automatizácie

Jedným z najjednoduchších typov kontroly je on/off kontrola. Príkladom sú termostaty používané v domáčich spotrebičov. Elektromechanické termostaty používané v HVAC môžu mať len ustanovenia pre on/off reguláciu vykurovania alebo chladenia. Elektronické regulátory môžu pridať niekoľko etáp vykurovania reguláciou otáčok ventilátora.

Kontrolné sekvencie, v ktorých je naprogramovaný sled diskrétnych operácií, sú často vykonávané na základe systému logiky, ktorý zahŕňa stavy systému. Riadenie systému výtahu je príkladom sekvenčného riadenia.

Výhody a nevýhody

Medzi hlavné výhody automatizácie patria:

- Zvýšená priepustnosť alebo produktivita.

- Lepšia kvalita alebo väčšia predvídateľnosť kvality.
- Vylepšená robustnosť (konzistencia), procesov alebo produktov.
- Zvýšená konzistencie výstupu.
- Nižšie priame náklady na ľudskú prácu a výdavky.
- Nasledujúce metódy sa často používajú na zvýšenie produktivity, kvality, alebo robustnosti.
 - Inštalácia automatizácie v operáciách na zníženie doby cyklu.
 - Inštalácia automatizácie, kde je vyžadovaná vysoká presnosť.
 - Výmena ľudského subjektu v úlohách, ktoré zahŕňajú ťažkú fyzickú alebo monotónnu prácu.
 - Výmena ľudí v úlohách vykonávaných v nebezpečných prostrediach (peciach, jadrových zariadeniach, podvodných priestoroch, atď.).
 - Plnenie úloh, ktoré sú nad rámec ľudských možností veľkosti, hmotnosti, rýchlosťi, vytrvalosti, atď..
 - Ekonomické zlepšenie: Automatizácia môže zlepšiť ekonomiku podnikov, spoločností alebo väčšiny ľudstva. Napríklad, keď podnik investuje do automatizácie, technológia prinavrati jeho investície; alebo keď štát alebo krajina zvýši svoje príjmy v dôsledku automatizácie, ako je Nemecko alebo Japonsko v 20. storočí.
- Výrazne znižuje dobu prevádzky a nakladanie s pracovnými úvázkami.
- Uvoľnenie pracovníkov.
- Poskytuje vyšší počet pracovných miest na úrovni vývoja, nasadenia, údržby a prevádzky automatizovaných procesov.

Hlavné nevýhody automatizácie sú:

- Bezpečnostné hrozby/Chyby: automatizovaný systém môže mať obmedzenú inteligenciu a je preto náhylnejší k dopusteniu sa chýb mimo jeho bezprostredný rozsah vedomostí (napr. je typicky schopný uplatňovať pravidlá jednoduchej logiky na všeobecné tvrdenie).
- Nepredvídateľné/nadmerné náklady na vývoj: Náklady na výskum a vývoj na automatizáciu procesu môžu byť vyššie ako náklady ušetrené na samotnú automatizáciu.
- Vysoká počiatočná cena: automatizácia nového výrobku alebo prevádzky zvyčajne vyžaduje veľké počiatočné investície v porovnaní s obstarávacou cenou výrobku, aj keď náklady automatizácie môžu byť rozložené medzi mnohé výrobky a v rámci dlhšieho časového obdobia.
- Vo výrobe sa účel automatizácie posunul na širšie spektrum ako otázka produktivity, nákladov a času.

2.4.2 Sériová výroba

Sériová výroba alebo masová výroba je výroba veľkého množstva rovnakých produktov s použitím asimilovaných štandardizovaných súčiastok a dielov (tiež zvaných moduly). Významným spôsobom sa zapájajú moderné technológie, automaty, roboty, montážne linky. Vyžaduje veľmi presné riadenie a plánovanie výroby vrátane nadväzujúce logistiky. Toto je dnes veľmi často zaistované pomocou počítačov a špecializovaných softvérów.

Výhody:

- Kvantitatívne vysoká produkcia (aj pomery kvality produktu k času potrebného na jeho výrobu), napr. v porovnaní so záklazkovou výrobou.
- Použitie strojov a robotov oslobodzuje od namáhavej, nebezpečnej či monotónnej práce alebo práce v nebezpečných alebo zdravotne závadných

podmienkach.

- Rýchlosť výroby a presnosť jednotlivých výrobkov.
- Redukcia možných chýb človeka a zlyhania „*ludského faktora*“.
- Väčšina aplikácií sériovej výroby je starostlivo navrhnutá s ohľadom na výsledok, efektivitu práce, minimalizácie odpadu.



Obr. 2 – 10 Sériova linka

Nevýhody:

- Jednotlivé výrobné úseky sa obťažnejšie prestavujú alebo prispôsobujú novým podmienkam.
- Vyššia energetická spotreba.
- Zložitosť zavedenia, prevádzky (a prípadného zrušenia).
- Veľké obstarávacie náklady (vystavanie sériovej výroby je reálnejšie pre väčšie firmy, navyše s dlhodobejšími plánmi na mnoho rokov dopredu).

- U niektorého sortimentu sa viac cení manuálna výroba a to, že *"každý výrobok je originál"*.
- Ak sa vkradne do sériovej výroby chyba, sú zasiahnuté potenciálne milióny výrobcov.

3 Analýza stavu výrobnej linky v podniku

V tejto kapitole sa budeme venovať analýze a popisu súčasného stavu dávkovacieho stroja, štruktúrou výrobnej linky a nedostatkom informačného systému v podniku.

3.1 Popis funkcie systému

Vo všeobecnosti sa cestoviny vyrábajú vo veľkom množstve. Aby sa dostali na trh, do predajní a pod., musia byť balené splňajúc národné a hygienické požiadavky. Skoro v každej cestovinárni sa dávkovanie a balenie rôznych druhov cestovín realizuje pomocou stroja, aby sa zvýšila rýchlosť a spoľahlivosť produkcie. Každý druh cestovín má iný charakter, tj. veľkosť a formu. Z toho vyplýva, že dávkovanie a balenie viac druhov cestovín je zložité vykonať jedným dávkovacím a baliacim nástrojom.

Stav je podobný aj vo firme Trója Cestovináreň, kde vyrábajú viac druhov cestovín a pre dávkovanie a balenie je použitá výrobná linka. Cieľom výrobnej linky je dávkovanie rôznych druhov cestovín v požadovanom množstve do baliaceho stroja. V tejto firme sú pomocou linky balené rôzne druhy cestovín, ktoré majú odlišný charakter. Väčší problém je pri dávkovaní veľkých cestovín, predovšetkým rezancov a cestovín podobného charakteru. Pre tieto cestoviny je charakteristické, že sa jeden o druhý zachytia, a tým vytvoria veľký súvislý celok, čo komplikuje presné dávkovanie a balenie.

3.2 Štruktúra výrobnej linky

Výrobná linka pozostáva z dvoch častí, z dávkovacej a z baliacej. Bialiaca časť pozostáva z jedného baliaceho stroja, to znamená, že naraz môžeme zabaliť len jednu dávku cestovín. Dávkovacia časť pozostáva zo štyroch dávkovacích vibračných

kanálov a štyroch váh, čo znamená, že v jednom čase je možné pripraviť štyri dávky cestovín v požadovanom množstve. Aby bola odvážená dávka zabalená, v jednom čase môže len jedna váha zo štyroch vypustiť cestoviny do baliaceho stroja. Ostatné váhy čakajú, kým je baliaci stroj pripravený na ďalšie balenie. Medzi dávkovacou a baliacou časťou je umiestnená trubica, ktorá presmeruje cestoviny zo štyroch váh do baliaceho stroja. Trubica má aj vibračnú časť, pomocou ktorej vieme predísť zaseknutiu cestovín v trubici.



Obr. 3 – 1 Výrobná linka pre dávkovanie a balenie cestovín

Dávkovacie kanály sú rozdelené na horné a dolné časti. Pod každým vibračným stolíkom sú vlastné rezonančné elektromotory. Pre každý elektromotor je možné

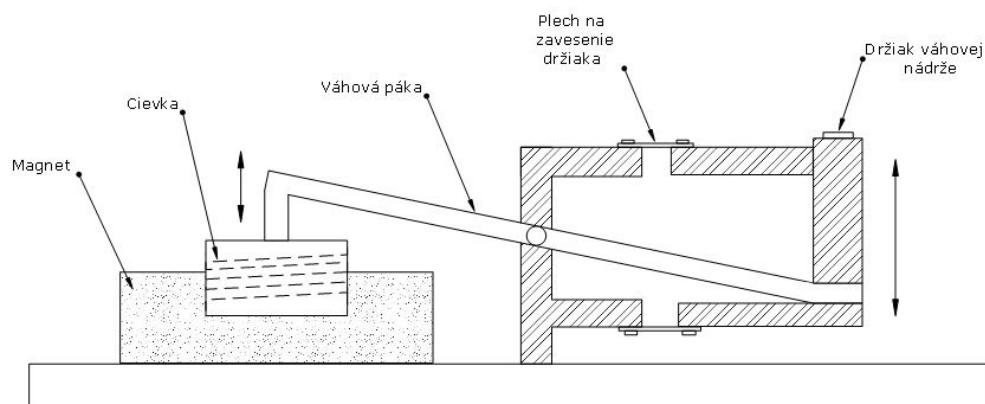
nastaviť inú úroveň vibrácie. Na dolné dávkovacie kanály sú namontované uzatváracie kefky, ktoré slúžia na uzatváranie polovice kanálu. Tak sa dosiahne dováženie cestovín do požadovanej hodnoty.

Riadiaci systém je tiež rozdelený na dve časti, na dávkovaciu časť a na baliacu časť. Riadiaci systém je realizovaný pomocou dvoch PLC automatov, ktoré komunikujú len s dvoma digitálnymi signálmi. Jeden signalizuje pre baliaci stroj, že je pripravená aspoň jedna dávka v dávkovacom stroji a druhý pre vypustenie odváženej dávky z jednej váhy, po ktorej spustí cyklus balenia na baliacom stroji. Každá časť má vlastný riadiaci terminál. Na dávkovacom stroji vieme nastaviť požadovanú hmotnosť cestovín, hmotnosť dováženia, úroveň vibrácie jednotlivých dávkovacích kanálov a zapnúť alebo vypnúť jednotlivé dávkovacie kanály. Terminál zobrazí cez 7 segmentový LCD displej aj hmotnosť na jednej váhe a môžeme prepínať medzi zobrazeniami hmotností pomocou tlačidla. Ďalšia funkcia, ktorú vieme používať cez terminál, je vynulovanie váh, tzv. tarovanie. Druhý terminál, ktorý je na baliacom stroji, slúži pre nastavenie veľkosti balenia a teploty zvárača balení. Je možné manuálne poslať signál do dávkovacieho stroja pre vypustenie cestovín na balenie.

3.3 Dôvod rekonštrukcie systému

Hlavným dôvodom rekonštrukcie je nedostatočné fungovanie dávkovacieho stroja. Dávkovací stroj má problém s presným dávkovaním na požadovanú hmotnosť, čo nie je povolené pri balení cestovín. Váhové snímače sú nepresné, niektoré váhy vážia menej cestovín ako je požadovaná hmotnosť. Aby sme dosiahli požadovanú alebo minimálne tolerovanú hmotnosť cestovín, často musí pracovník sledovať dávkovanie a v prípade nepresnosti manuálne zasahovať. Snímače počas výroby boli zlomené a deformované, po úprave sa stali nepresné. Môžeme predpokladať, že by stačilo zmeniť parametre pre výpočet hmotnosti z analógového vstupu v PLC

automate. Môžeme tiež predpokladať, že kvôli deformácii alebo poruche sa prechodová charakteristika indukčného váhového snímača zmenila tak, že najprv by sme museli získať novú charakteristickú rovnicu pre výpočet hmotnosti z analógového signálu. Získanie vhodnej rovnice snímača v prípade štyroch váhových snímačov je problematické. Problém predstavuje rozdielna deformácia a porucha jednotlivých snímačov. Preto musíme získať rôzne charakteristické rovnice pre každý snímač a aplikovať ich v riadiacom systéme. Tieto snímače pozostávajú z viacerých pohyblivých častí a kvôli tomu sú tieto senzory nestabilné a neodolné.



Obr. 3 – 2 Konštrukčný výkres starého váhového snímača

Snímač obsahuje magnet, v ktorom sa pohybuje jedna cievka, v ktorej magnet indukuje napätie. Pri zmene pozície cievky napätie na výstupe klesá alebo rastie. Toto napätie, resp. analógový signál vstupuje do PLC automatu a je vyhodnotený v programe. Cievka je pripojená na váhovú páku, kde na druhom konci je pripojený držiak váhovej nádrže. Pre stabilizáciu držiaka a páky slúži zavesený plechový držiak. Tento plechový držiak je taký tenký, aby sa držiak váhovej nádrže mohol hýbať hore resp. dole bez bariéry. Nevýhodou tohto snímača je vysoká pravdepodobnosť poruchovosti. Najčastejšie poruchy sú zlomenie plechových držiakov, zanesenie nežiaducích látok medzi cievku a magnet, ktoré ovplyvňujú indukcie v snímači.

Ako sme spomenuli v predchádzajúcej časti, riešením pre parametrizáciu riadiaceho systému pre elimináciu nepresnosti váhových snímačov a pre úspešné dokončenie tohto procesu je prepísanie riadiaceho programu v PLC automate. Pre zmenu riadiaceho programu potrebujeme získať typ programovacieho jazyka, resp. programovacie prostredie pre daný PLC automat. V predošej kapitole bolo spomenuté, že všetky PLC automaty sú vyvíjané podľa štandardu IEC 61131-3, takže automaty sa môžu programovať pomocou viacerých programovacích jazykov. Problém sa nachádza v tom, že automat v dávkovacom stroji je starej architektúry. Získať návod a programové prostredie pre 20-25 ročné PLC automaty je problematické z dôvodu zastaralej hardvérovej a softvérovej architektúry. Tieto staré automaty používajú zastaralé komunikačné protokoly, resp. rozhrania. Veľa komunikačných protokolov nie je používaných v dnešnej dobe vôbec a na dnešných operačných systémoch by bolo veľmi problematické aplikovať komunikáciu medzi počítačom a automatom aj z hľadiska starých komunikačných káblov.

Ďalším dôvodom rekonštrukcie riadiaceho systému je nedostatočný riadiaci program. Súčasný riadiaci softvér obsahuje chybovú a nedostatočnú logiku riadenia. Pri dovažovacom móde program uzatvorí polovicu dávkovacieho kanála, ale úroveň vibrácie nezmení, kvôli čomu sa pred uzatváracou kefkou hromadia a zasekávajú cestoviny. Poradie vypustených cestovín do baliaceho stroja sa vykonáva podľa poradia váh (A, B, C, D), nie podľa času pripravenosti. Môže sa stať, že program poslednú váhu neotvorí vôbec, keďže prvé 3 váhy majú pripravené cestoviny. Pri každom zapnutí dávkovacieho stroja PLC automat stratí dôležité parametre pre riadenie. Predstavujeme konkrétny prípad, čo spomaľuje výrobu v podniku. Predstavme si, že výrobná linka je v prevádzke a nečakane dôjde k výpadku elektrickej siete. PLC automat stratí nastavené parametre a po zapnutí nástroja používateľ potrebuje znova prednastaviť požadované parametre. Problém sa vyskytne vtedy, keď používateľ chce vynulovať váhy, tzv. tarovať. Aby sme dostali skutočnú hmotnosť cestovín, automat potrebuje odpočítať hmotnosť konštrukcie

váhy od vstupného signálu. Ked'že váhy sú naplnené cestovinami, vynulovanie váh nie je možné vykonať. Funkcia pre nútene vypustenie cestovín z váhy v riadiacom softvéri neexistuje. Pri každom zapnutí stroja používateľ musí najprv prednastaviť parametre dávkovania. Tieto parametre sú úrovne vibrácií dávkovacích kanálov, vynulovanie jednotlivých váh a požadované hmotnosti.

Informácie o výrobe a nastaveniach sú zobrazené na jednej štvorčíslicovej obrazovke. Najväčšou nevýhodou je to, že tieto informácie sú zobrazené jednotlivo. Pre zobrazenie ďalších informácií sa používa tlačidlo na prepínanie zobrazenia. Na zobrazených informáciách nie je naznačený typ informácie. To znamená, že používateľ nevie posúdiť, aká informácia je zobrazená. 3–3



Obr. 3–3 Riadiaci a monitorovací terminál

V mnohých priemysloch sú na riadenie a analýzu výrobného procesu používané

informačné systémy, ktoré slúžia na zhromaždenie, ukladanie a spracovanie dát o výrobe. Z výsledku analýzy dostaneme stav a informácie o výrobe a pomocou analýzy môžeme eliminovať nedostatky a zvýšiť efektivitu výroby. V Cestovinárni Trója na zber, ukladanie a spracovanie dát o výrobe nie je používaný informačný systém. Pre zber dát je zodpovedný každý pracovník, ktorý manuálne zaznamenáva informácie o vyrobených produktoch.

3.4 Požiadavky na vylepšenie systému v podniku

V tejto časti sa budeme venovať požiadavkám v podniku pre vylepšenie a rekonštrukciu výrobnej linky pre dávkovanie a balenie cestovín. Pre vylepšenie dávkowania cestovín je dôležitou podmienkou presnejšie dávkovanie cestovín v požadovanom množstve do baliaceho stroja, to znamená, že by bolo treba vymeniť váhové snímače za masívnejší snímač, resp. za taký prvok, ktorý má menšiu pravdepodobnosť poruchovosti. Požadovanými rekonštrukciami sú výmena starého PLC automatu za stabilnejší a výkonnejší automat, resp. riadiaci systém, rozšírenie dávkovacej logiky v riadiacom systéme a pridanie funkcie zohľadňujúcej jednotlivé druhy cestovín, vylepšenie riadiaceho terminálu výrobnej linky pre jednoduchšie používanie, nastavenie parametrov výroby a zobrazenie viac informácií o stave výroby.

Pre vylepšenie spracovania dát o výrobe v cestovinárni by bolo treba navrhnúť taký informačný systém, pre ktorý je určená počítačová zostava pre nasadenie. Informačný systém má byť lokálny systém, to znamená, že systém nemá dostupnosť na internet. Úlohou informačného systému je zhromažďovať dátá o výrobe na výrobnej linke, vygenerovať výstupnú skladovú zásobu a možnosť zadať požiadavku o výrobe.

4 Návrh vylepšenia a riadenia systému

V tejto kapitole sa venujeme návrhu vylepšenia dávkovacieho stroja, vyriešenia súčasných problémov a splnenia podmienok požiadaviek.

4.1 Návrh technického vylepšenia systému

V tejto časti sa budeme venovať návrhu technického vylepšenia výrobnej linky a vyriešeniu nedostatkov.

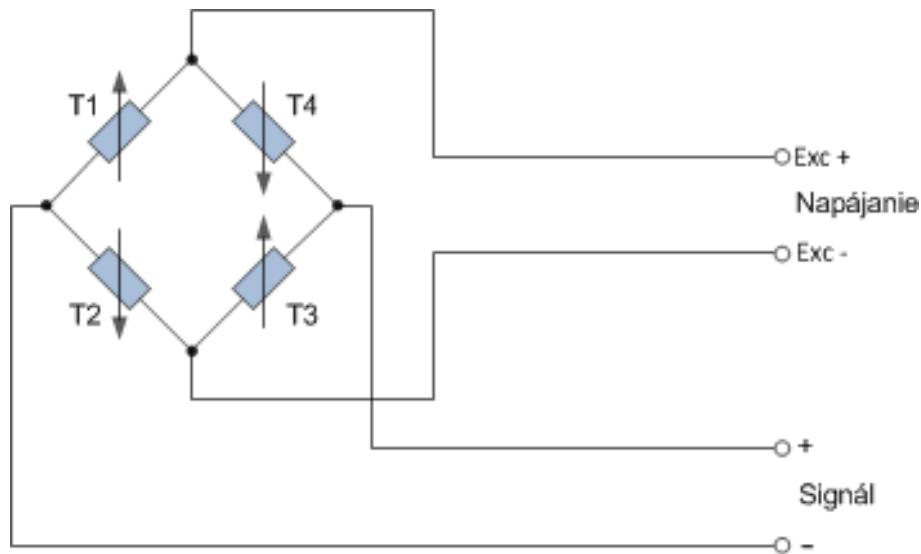
Hlavným nedostatkom dávkovacieho stroja je nepresné dávkovanie cestovín v požadovanom množstve. Pre elimináciu problému nepresnosti by bolo treba nájsť taký snímač, ktorý splní naše požiadavky. Nový váhový snímač má splniť tieto podmienky:

- **Odolnosť** - odolnosť voči nárazu a vonkajším vplyvom prostredia.
- **Menšia pravdepodobnosť poruchovosti** - zostava snímača má byť jednoduchá, má obsahovať málo prvkov.
- **Presnosť** - meranie hmotnosti s rozlíšením v gramoch.

Existuje viacero druhov váhových snímačov, ktoré sú založené na princípe indukcie, kompresie a zmeny odporu. Pre splnenie našej požiadavky vyberieme tenzometrický snímač. Tenzometrické snímače sú snímače, ktoré prevádzajú zaťaženie alebo na ne pôsobiaci silu na elektrický signál. Tento elektronický signál môže byť zmena napätia, prúdu alebo zmena frekvencie. Väčšina bežne dostupných tenzometrických snímačov je založená na princípe zmeny odporu v závislosti na aplikovanom zaťažení. Tieto snímače sú postavené z jedného pružného kovového telesa, ktoré sa vplyvom pôsobiacej sily lineárne deformuje. Na vhodných miestach telesa sú nalepené citlivé prvky, tzv. tenzometre.

Tenzometer je elektrický odpor, ktorý v dôsledku mechanickej zmeny, napr. natiahnutia, zmení svoju hodnotu. Pôsobiaca sila sa tak zmení na elektrický odpor. Tenzometre sú obvykle štyri a zapájajú sa do mostíka, aby sa zmena odporu dala ľahšie vyhodnotiť. Z elektrického hľadiska sa teda tenzometrický snímač sily správa ako Wheatstonov mostík. Tenzometre sú v snímači umiestnené tak, aby sa pôsobením sily ich elektrický odpor menil "požadovaným" smerom. To sa zabezpečí vhodnou konštrukciou telesa snímača, umiestnením tenzometrov a ich správnym zapojením. Môže to byť napr. tak, že pôsobením sily sa odpor tenzometrov T1 a T3 zväčšuje a odpor tenzometrov T2 a T4 zmenšuje. Tým sa rozváži mostík a na svorkách Signál + a Signál - sa objaví napätie. Podmienkou samozrejme je, aby bol mostík napájaný, t.j. aby na napájacích svorkách Exc + a Exc - bolo elektrické napätie.

4 – 1



Obr. 4 – 1 Elektrické zapojenie tenzometrického snímača sily, Wheatstonov mostík

Základným parametrom tenzometrického snímača sily je jeho merací rozsah, ktorý možno prekročiť maximálne o 30 až 50%. Dôležitým parametrom je najmä z hľadiska spracovania výstupného signálu citlosť snímača. Udáva sa v jednotkách mV/V a jej veľkosť býva najčastejšie od 1 do 3. Druhým činiteľom, ktorý vplýva na veľkosť signálu snímača, je veľkosť napájacieho napäťia. Čím je napájacie napätie

väčšie, tým väčší signál dostaneme. Sú tu však určité hranice, lebo zvyšovaním napájacieho napätia dochádza k samohrevu snímača a zvýšeniu teplotnej chyby.

4.1.1 Návrh riešenia pre spracovanie signálu

Uved'me príklad, ak citlivosť snímača je 2 mV/V a snímač sa napája jednosmerným napäťom 10 V , potom výstupný signál snímača pri plnom zaťažení je $2 \text{ mV/V} \times 10 \text{ V} = 20 \text{ mV}$. Hodnota je pomerne malá, a preto výstup z tenzometrického snímača sily nemožno priamo priviesť na vstupy bežných analógových kariet PC alebo PLC.

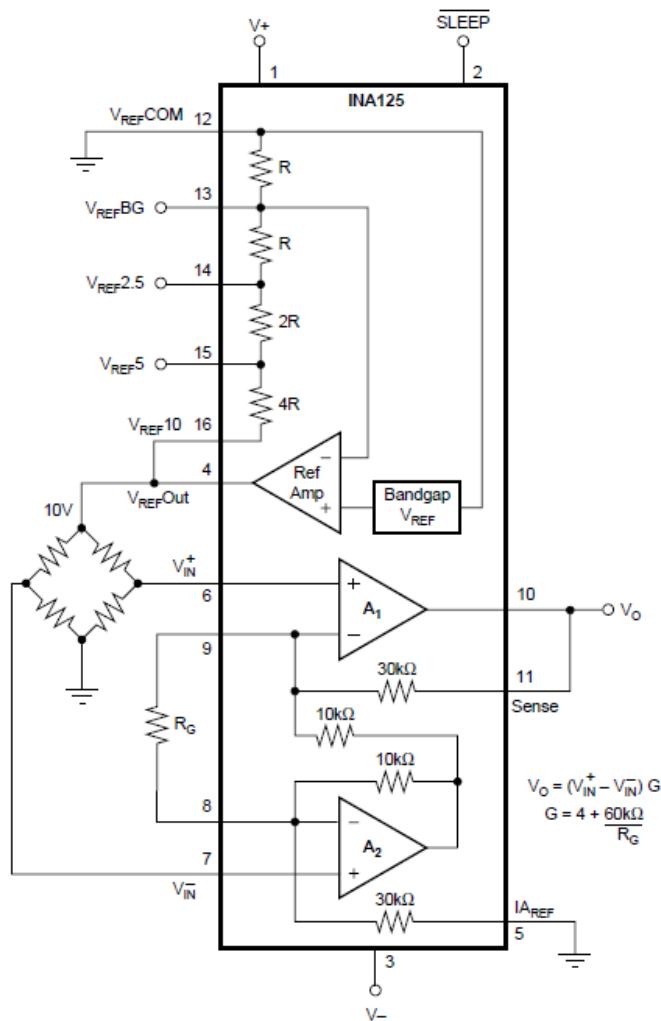
Medzi snímač a vstupnú analógovú kartu treba zaradiť prevodník, ktorý napája snímač presným a stabilným napäťom a zosilňuje signál na štandardnú úroveň, napr. $0 - 10 \text{ V}$ alebo $4 - 20 \text{ mA}$. Problém je možné riešiť tak, že sa zakúpi špeciálna karta, ktorá dokáže spracovať aj takéto malé signály. Jej cena je však pomerne vysoká, preto sa takmer vždy oplatí kúpiť analógový prevodník, signál zosilniť a potom ho priviesť na bežný analógový vstup.



Obr. 4 – 2 Integrovaný obvod typu INA 125

Pri výbere analógového prevodníka sme zvolili integrovaný obvod typu INA 125, ktorý je špeciálne určený pre zosilnenie výstupného signálu z tenzometrického snímača na analógový signál v rozsahu $0 - 10 \text{ V}$.

Zvolený integrovaný obvod sa napája symetrickým napájaním -15 V a +15 V. Napájanie tenzometrického snímača tiež udávame cez integrovaný obvod, ktorý zabezpečuje presné a stabilné napájanie snímača. Na prevodníku INA 125 je možnosť nastaviť napájanie snímača, tj. 2,5 V, 5 V a 10 V. Zapojenie tenzometrického snímača na prevodník je uvedené na obrázku 4-3.



Obr. 4-3 Zapojenie tenzometrického snímača na prevodník INA 125 [14]

Nastavenie zosilnenia vstupného signálu prevodníka je možné aplikovať pomocou prepojenia kontaktov 9 a 8 s odporom R_G . Na nastavenie požadovaného zosilnenia prevodníka a určenie hodnoty odporu R_G môžeme používať matematický

vzorec, ktorý je uvedený nížšie, kde G je zosilnenie prevodníka [14]:

$$G = 4 + \frac{60k\Omega}{R_G}, \quad (4.1)$$

z toho výstupný analógový signál V_0 sa rovná:

$$V_0 = (V_{IN}^+ - V_{IN}^-) G \quad (4.2)$$

V_{IN}^+ - analógový vstup zo snímača kladným napäťom

V_{IN}^- - analógový vstup zo snímača záporným napäťom

Tabuľka 4 – 1 Závislosť medzi zosilnením a odporom R_G [14]

Požadované zosilnenie G	Odpor R_G	Tolerancia pre R_G
4	NP	NP
5	60k	60,4k
10	10k	10k
20	3750	3740
50	1304	1300
100	625	619
200	306	309
500	121	121
1000	60	60,4
2000	30	30,1
10000	6	6.04

NP: Nepripojené

Výstup prevodníka je analógový signál v rozsahu 0 - 10 V, ktorý je možné zapojiť do vstupu analógového modulu PLC automatu.

4.2 Návrh vylepšenia riadenia systému

V tejto časti sa budeme venovať návrhu vylepšenia riadenia výrobnej linky pre dávkovanie cestovín v podniku. Pre vylepšenie riadenia systému sa musíme zaoberať viacerými oblastami. Ide o hardvérovú časť, resp. riadiaci systém a softvérovú časť.

4.2.1 Vylepšenie riadiaceho systému

V predchádzajúcej kapitole bolo spomenuté, že riadiaci systém dávkovacieho stroja je zastaraný a niektoré časti sú poškodené, čo spomaľujú prácu so strojom. Pre vylepšenie riadiaceho systému potrebujeme vymeniť starý PLC automat za nový.

Pri výbere vhodného automatu musíme brať do úvahy viacero faktorov, ktoré sú nasledovné:

- **Spoľahlivosť** - odolnosť voči vibráciám a vonkajším vplyvom prostredia. Riadiaci systém dodrží stavy riadiaceho programu aj po výpadku elektrickej siete.
- **Výkon** - rýchla odozva systému, dostatočne veľká pamäť pre riadiaci program a dátu.
- **Komunikácia** - Ethernet komunikácia s periférnymi zariadeniami a s PC.
- **Cena** - cena riadiaceho systému má byť dostupná pre menšie firmy.

Viacero známych dodávateľov riadiacich systémov (Siemens, Allen Bradley, Omron, Shneider) ponúkajú sadu PLC automatov, ktoré splňajú vyššie uvedené podmienky.

Ďalším krokom pri výbere vhodného PLC automatu je uváženie vlastností riadeného systému pre určenie počtu požadovaných vstupov, výstupov a periférnych zariadení. Ako bol v predchádzajúcej kapitole popísaný systém, dávkovací stroj pozostáva z viacerých riadiacích komponentov, ktoré sú nasledovné:

- **Vibračné elektromotory** - slúžia na zabezpečenie dávkovania cestovín. Tieto elektromotory sú riadené kombináciou štyroch digitálnych signálov. S rôznymi kombináciami digitálnych bitov je možnosť aplikovať úroveň vibrácie elektromotorov. Úroveň vibrácie je možno nastaviť od 0 - 15, z toho vyplýva, že kombinácie digitálnych vstupov reprezentujú hodnotu v binárnej sústave. Aplikáciu vibrácie na požadovanej úrovni zabezpečuje integrovaný plošný obvod, kde vstupom sú 4 digitálne signály a výstupom je zvolená úroveň napäťia do elektromotora. 4-4



Obr. 4-4 Integrovaný plošný obvod pre vibráciu

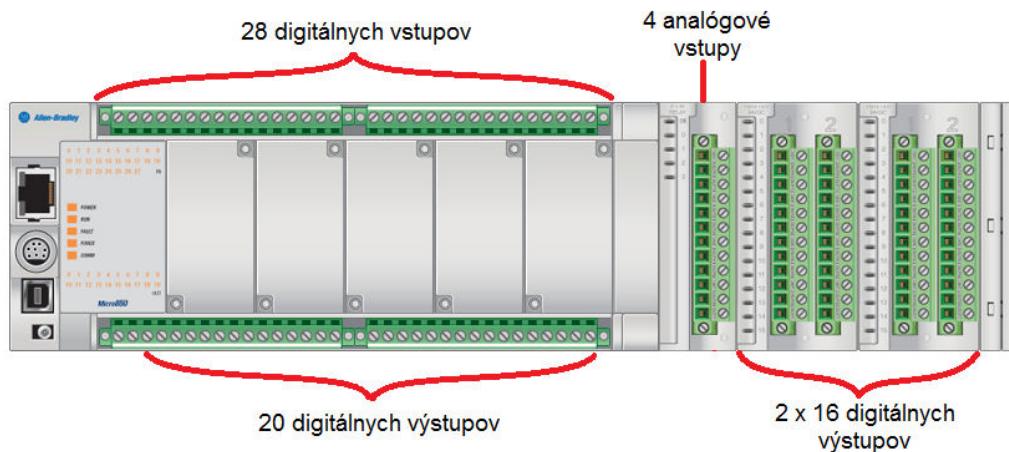
- **Pneumatické otvory váhovej nádrže** - slúžia na vypustenie cestovín z váhovej nádrže do baliaceho prístroja. Pneumatický otvor je riadený jedným digitálnym vstupom.
- **Váhové snímače** - predstavujú analógový vstup do riadiaceho systému, ktorý podľa hodnoty váhového snímača vykonáva operácie.
- **Pneumatické uzávery v dávkovacích kanáloch a trubici** - slúžia na zatvorenie polovice dávkovacích kanálov, ktoré sú riadené digitálnymi vstupmi.

- **Komunikácia s baliacim prístrojom** - sú digitálne signály, ktoré slúžia pre signalizáciu stavu dávkovania.

Podľa vyššie uvedených môžeme určiť požadovaný počet vstupov a výstupov v riadiacom systéme:

- 46 digitálnych výstupov - 9 vibračných motorov, 4 pneumatické otvory, 5 pneumatických uzáverov, 1 komunikačný signál
- 1 digitálny vstup - signál z baliaceho prístroja
- 4 analógové vstupy - 4 váhové snímače

Môžeme posúdiť, že pre riadenie dávkovacieho stroja nemôžeme používať kompaktný PLC automat, lebo tieto automaty majú obmedzený počet vstupov a výstupov. Z toho vyplýva, že pre riadiaci systém máme zvoliť modulárny PLC automat, ktorý je možné rozšíriť viacerými rozširovacími modulmi. Modulárny PLC automat pre riadenie dávkovacieho stroja je najlepším výberom spomedzi riadiacich systémov z hľadiska rozšírenia automatu o požadovaný typ a počet vstupov a výstupov.



Obr. 4 – 5 Zostava zvoleného riadiacemu systému

Pre splnenie uvedených podmienok sme vybrali PLC automat od firmy Allen Bradley. Vybraný automat patrí do triedy Micro Controller a je typu Micro850.

Tento typ automatu obsahuje 28 vstupných a 20 výstupných vstavaných bodov a podporuje rozširovací modul. Najväčším rozhodujúcim faktorom pri výbere vhodného automatu bola podpora komunikačných protokolov Ethernet a USB, ktoré zjednodušujú pripojenie k PLC automatu pri programovaní a komunikácii bez používania komunikačných prevodníkov k PC. Ďalším faktorom bol výkon a veľkosť pamäti automatu. Výkonom rozumieme skenovaní vstupov a výstupov a vykonanie jedného cyklu v programe v každej 0,25 milisekunde. Jedna základná inštrukcia je vykonaná za 0,30 mikrosekúnd. Veľkosť flash pamäti je 20 kB čo zodpovedá 10 000 krokom v riadiacom programe. 1 krok v programe = 12 bytov.

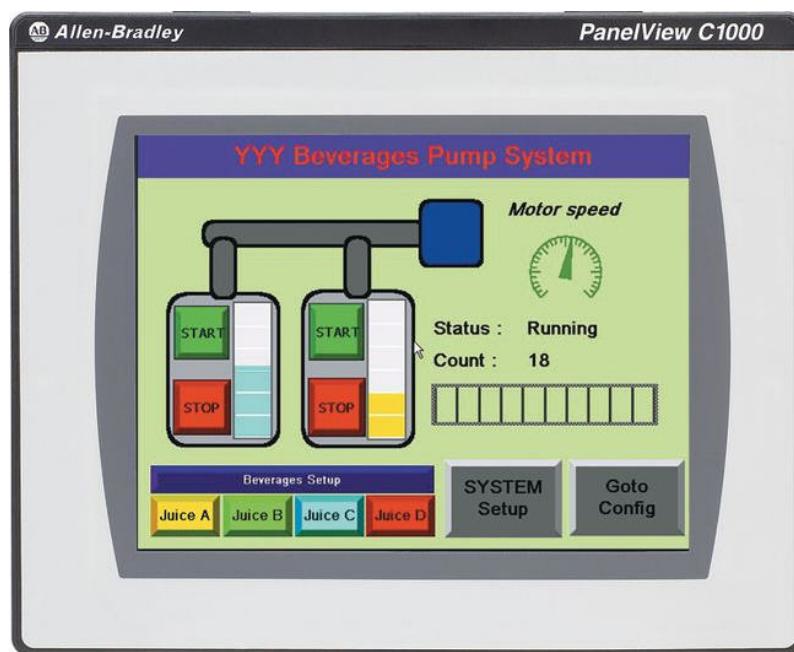
4 – 5

Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, pre monitorovanie stavu systému slúžila len jedna 7 segmentová obrazovka, na ktorej bolo možné zobrazovať len jednu informáciu. 3 – 3 Pre vylepšenie monitorovania treba navrhnúť taký terminál, na ktorom je možné zobraziť aspoň hodnoty všetkých váh, aby používateľ mohol sledovať tie hodnoty bez prepínania obrazovky.

Predstavme si, že rozšírime terminál 7 segmentovými displejmi pre zobrazenie viaceru informácií o výrobe. Pre našu požiadavku by bolo také riešenie postačujúce, ale z ekonomickejho a technického hľadiska by bolo neprijateľné. Táto alternatíva znamená rozšírenie terminálu o také digitálne displeje, ktoré podporujú komunikáciu cez RS232, USB alebo Ethernet. Toto riešenie z ekonomickejho hľadiska by bolo neprijateľné, lebo by to bolo príliš drahé, pretože potrebujeme minimálne 4 obrazovky, a rozšíriť PLC o komunikačné moduly. Keď si zvolíme lacnejšie riešenie, zhorskíme tým úroveň systému z technického hľadiska. Druhou alternatívou by bolo rozšírenie terminálu o digitálne displeje, ktoré komunikujú s digitálnymi signálmi, z čoho následne vyplýva rozšírenie automatu o ďalšie digitálne moduly a rozšírenie riadiaceho programu pre správne zobrazenie informácií. Z technického hľadiska by bolo toto riešenie nákladne a časovo náročné pri nasadení a úpravách vyskytujúcich sa porúch, kvôli hromade digitálnych káblov a zníženiu výkonu automatu.

Pre vyriešenie predom spomenutých problémov treba nájsť také riešenie, ktoré je priateľné aj z technického aj z ekonomickeho hľadiska. To znamená, že potrebujeme taký komponent, ktorý je kompaktný a univerzálny. Podobné riadiace komponenty sú HMI terminály, ktoré sú programovateľné grafické terminály a väčšinou podporujú viaceré komunikačné protokoly.

Pre navrhnutý systém sme zvolili PanelView C1000 od firmy Allen Bradley. Tento typ HMI terminálu patrí do rodiny Connected Component, kde sú aj Micro800 PLC automaty. Z toho vyplýva, že zvolený PLC automat Micro850 podporuje komunikáciu s riadiacim terminálom PanelView C.



Obr. 4 – 6 PanelView

PanelView typu C1000 je 10 palcový dotykový riadiaci grafický terminál, ktorý podporuje komunikáciu s rôznymi riadiacimi komponentmi z rodiny Connected Component cez Ethernet, RS232, USB 2.0 a micro USB rozhraniami. Programovanie tohto terminálu je možné cez Ethernet alebo USB port. Je možné prenášať súbory a program z flash pamäti USB alebo SD karty do vstavanej pamäti terminálu.

Pomocou grafického terminálu sme vyriešili problém pri vylepšení riadiaceho systému z hľadiska zobrazenia informácií. HMI nám umožňuje zobraziť viac informácií o stave systému a o výrobe, možnosť jednoduchého nastavenia parametrov riadenia. Grafický terminál poskytuje funkciu alarmov, trendov a zobrazenie diagnostických chýb systému.

4.2.2 Softvérové riešenie riadenia systému

Vylepšenie riadiaceho systému zahrňuje hardvérové a softvérové riešenie. V tejto časti sa budeme zaoberať problematikou riadiaceho systému z hľadiska softvéru, vylepšením riadiaceho systému a rozšírením informačného systému v podniku.

Pre navrhnutý riadiaci systém v predchádzajúcej časti tejto práce potrebujeme navrhnúť riadiaci program k PLC automatu, ale aj grafický program vizualizácie pre HMI terminál. Prvým krokom je navrhnúť riadiaci program automatu, čoho najdôležitejšou časťou je logika dávkowania cestovín. Pri dávkovacej logike sa jedná o automatické zapnutie a vypnutie vibrácie dávkovacích kanálov vzhľadom na výstupné hodnoty váh. Úlohou dávkowania je skontrolovanie rozdielu medzi hodnotami váh a požadovanou hmotnosťou. Pozostáva z dvoch dávkovacích fáz:

- normálne dávkovanie
- dováženie

Vstupným parametrom dávkowania sú hodnoty jednotlivých váh, požadovaná hmotnosť a hodnota dováženia. Fáza normálneho dávkowania bude aktívna, keď hmotnosť cestovín dosiahne menšiu hodnotu ako je hodnota dováženej hmotnosti. Dovážovacia hmotnosť reprezentuje rozdiel požadovanej hmotnosťou a hodnotou dováženia.

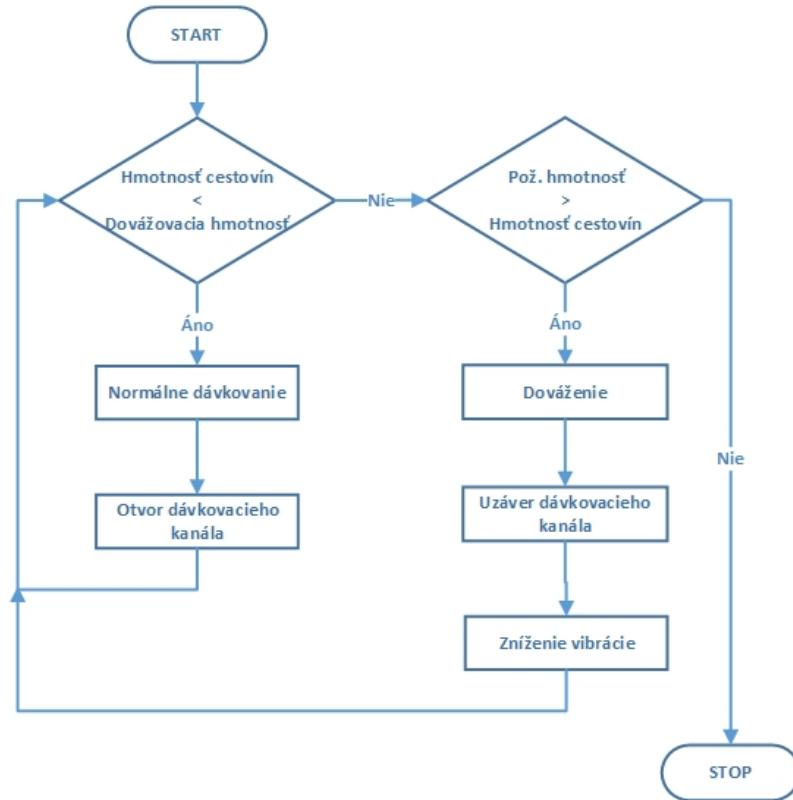
$$m_{dm} = m_{ph} + m_{hd} \quad (4.3)$$

m_{dm} - dovážovacia hmotnosť

m_{ph} - požadovaná hmotnosť

m_{hd} - hodnota dováženia

Fáza dováženia je aktivovaná, keď hmotnosť cestovín prekročí hodnotu dovážovacej hmotnosti. Riadiaci program v tejto fáze má uzatvárať polovicu dávkovacieho kanála a eliminovať zasekávanie cestovín pred uzatváracou kefkou znižovaním úrovne vibrácie. 4 – 7

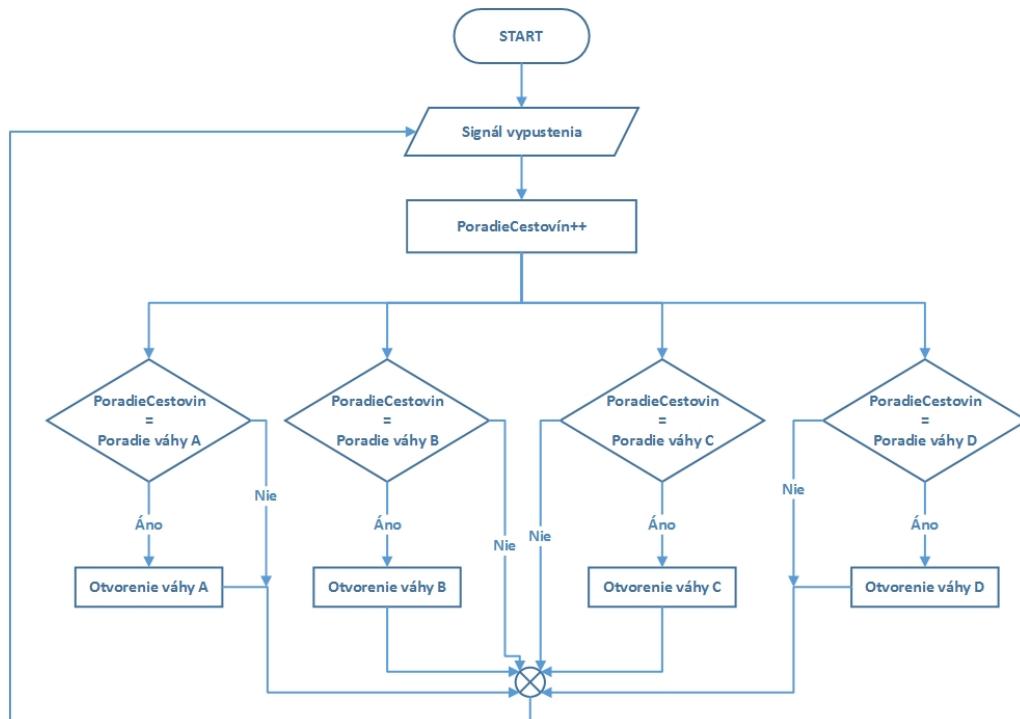


Obr. 4 – 7 Algoritmus dávkowania

Ak hmotnosť cestovín dosiahla požadovanú hmotnosť, dávka cestovín je pripravená a môžeme ju vypustiť do baliaceho stroja. Keďže máme 4 váhy,

potrebujeme aplikovať vypustenie cestovín podľa času pripravenosti. Pre riešenie tohto problému môžeme používať v programe premennú typu *DATETIME* alebo typu *INT* pre určenie času alebo čísla poradia. Pre návrh riadiaceho programu musíme brať do úvahy aj optimalizáciu a výkonnosť programu. Z toho vyplýva, že potrebujeme pracovať s takými premennými, ktoré menej zaťažujú CPU PLC automatu. Pre určenie poradia váh pre vypustenie používame premennú typu *INT*.

Každá váha bude mať vlastné číslo poradia. Aby sme určili váhu, ktoré bola najskôr pripravená, potrebujeme určiť index danej váhy. Vykonanie tejto operácie na úrovni PLC programu by bolo zložitý proces, ktorý znižuje výkon procesora. Pre vyriešenie problému budeme používať premennú typu *INT*, ktorá bude inkrementovaná pri vstupnom signáli z baliaceho stroja pre vypustenie cestovín. Porovnaním tejto premennej a poradia jednotlivých váh vieme získať index váhy pre vypustenie cestovín. 4–8



Obr. 4–8 Algoritmus vypustenia cestovín podľa poradia

Hlavný problém riadiacej logiky máme vyriešený, môžeme navrhnúť

programové vylepšenie a zefektívnenie dávkowania rôznych druhov cestovín. Druhy cestovín môžeme rozdeliť na dve skupiny podľa veľkosti. Ide o skupiny drobných cestovín a skupinu s charakterom rezancov. Pre dávkowanie cestovín do baliaceho stroja typu rezancov potrebujeme používať vibrátor v trubici pre elimináciu zasekávania cestovín. Záklopku, ktorá slúži na zatvorenie trubicu nebudeme používať, keďže potrebujeme väčší voľný pád cestovín. Dávkование pre drobné cestoviny môžeme urýchliť používaním záklopky v trubici. Jedna dávka cestovín bude vopred vypustená do uzavorennej trubice a pri signáli z baliaceho stroja pre vypustenie záklopka vypustí dávku z trubice.

Pre jednoduché nastavenie parametrov výroby potrebujeme navrhnúť časť riadiaceho systému, ktorá umožní nám zadať zoznam cestovín, vibráciu jednotlivých dávkovacích kanálov, požadovanú hmotnosť a hodnotu dováženia. Táto funkcia má zjednodušiť nastavenie parametrov tak, aby stačilo vybrať druh cestovín pre načítanie ďalších parametrov. Z toho vyplýva, že pre každý druh cestovín budú ukladané parametre vibrácie a požadovanej hmotnosti.

4.2.3 Návrh softvérového riešenia pre spracovanie dát

Pre vylepšenie systému z hľadiska spracovania dát potrebujeme navrhnúť taký informačný systém, ktorého úlohou je zber, ukladanie a spracovanie informácií o výrobe. Navrhnutý informačný systém má splniť viacero podmienok:

- IS bez dostupnosti internetu
- pre spustenie IS je určený počítač s menším výkonom
- určený počítač bude zapnutý len v náhodných intervaloch

Informácie o výrobe budú zhromažďované z navrhnutého riadiaceho systému. Podľa vyššie uvedených podmienok má informačný systém pozostávať z klientelovej aplikácie, ktorá bude spustená na určenom lokálnom počítači. Keďže

používaný počítač má menší výkon, pri návrhu informačného systému musíme používať také riešenie, ktoré je menej náročné na výpočtovú techniku.

Ukladanie dát

V mnohých informačných systémoch sa pre ukladanie dát používajú rôzne typy dátových skladov. Najčastejšie sú to databázy alebo rôzne typy textových súborov. Pri behu databázových softvérów resp. serverov minimálne systémové požiadavky dosahujú tretinu dostupných výkonov používaného PC. Počítač bude používaný aj pre pracovanie s ďalšími aplikáciami, z toho vyplýva, že používaním databázového systému PC bude zaťažené. Aplikácia dátového skladu pomocou textového súboru je rýchlejším a efektívnejším spôsobom ukladania dát.

Informácie o výrobe budú obsahovať nasledovné atribúty:

- čas a dátum
- typ produktu
- druh cestovín alebo balenia
- počet

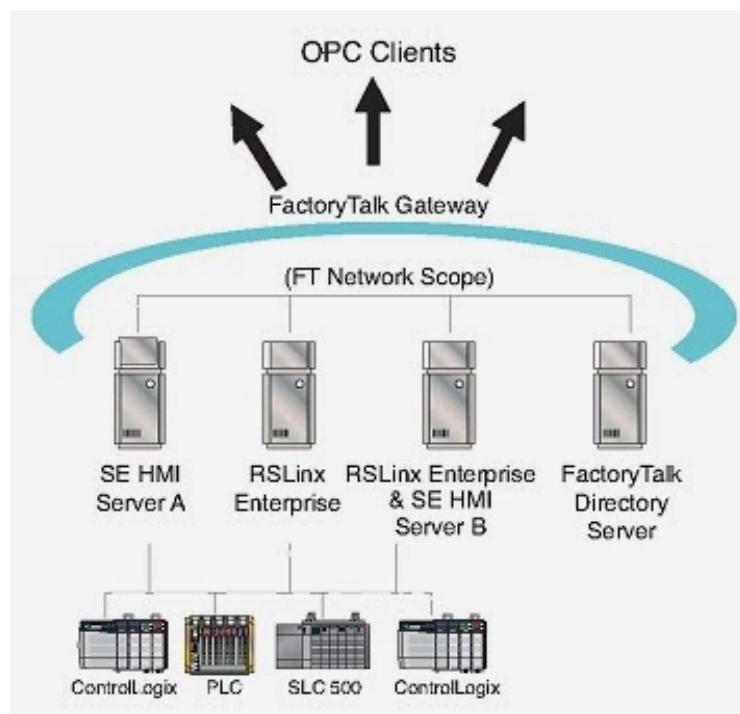
Najefektívnejším spôsobom spracovania informácií je forme objektu, ktorá budú obsahovať vyššie uvedené atribúty. Pre ukladanie a načítanie objektových dát z textového súboru existujú viaceré schémy, resp. formáty. Spôsobom ukladania a načítavania objektov je používanie tzv. parserov určených pre textové schémy. Úlohou parserov je serializácia programového objektu do textovej formy pre ukladanie a deserializáciu údajov z textového súboru do programového objektu. Najznámejšie schémy sú XML alebo JSON, pre ktoré existujú mnohé výkonné softvérové nástroje. Atribúty objektu sú označené a rozlíšené pomocou anotácií alebo špeciálnych znakov.

Vzhľadom na to, že informačný systém bude spustený len v náhodných intervaloch počas výroby, potrebujeme aplikovať uloženie dát aj bez prítomnosti

informačného systému. Riešením tohto problému je ukladanie logovacích dát do pamäti PLC automatu vo forme poľa tzv. *ARRAY*. PLC bude logovať dáta len pri neprítomnosti informačného systému. Po načítaní všetkých dát z PLC automatu informačný systém vymaže logované dáta z pamäti PLC.

Zber dát a komunikácia

Pre zber údajov z PLC automatu je nevyhnutné používať komunikačný server, ktorý zabezpečí komunikáciu medzi riadiacim systémom a klientom. Od firmy Allen Bradley pre navrhnutý riadiaci systém je určený OPC komunikačný server FactoryTalk Gateway.



Obr. 4 – 9 Komunikácia s dátovým OPC serverom FactoryTalk Gateway

FactoryTalk Gateway je dátový OPC server, ktorý umožňuje pripojiť OPC klientov ku FactoryTalk aplikácii, ktoré sú RSLinx Enterprise a FactoryTalk View SE Edition servery. RSLinx Enterprise umožňuje klientelovským aplikáciám načítanie alebo odosielanie údajov do tzv. tagov, ktoré sú ukladané v pamäti PLC automatu.

Spracovanie dát

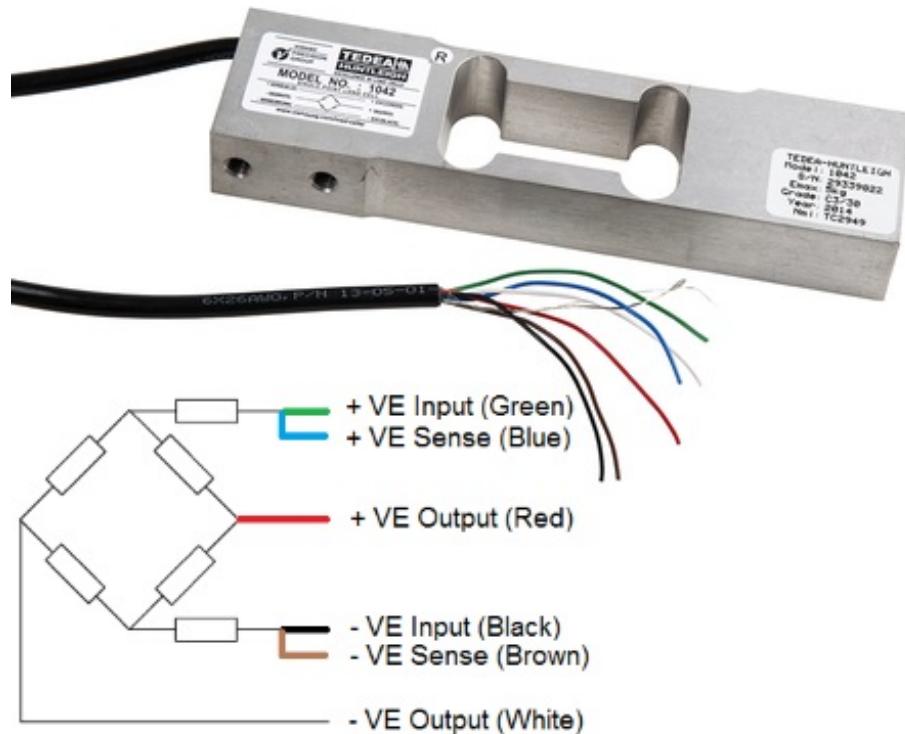
Navrhnutý informačný systém z hľadiska spracovania údajov o výrobe má umožňovať zobrazenie logovaných dát za vybrané časové obdobie a vygenerovať skladové zásoby pripravených produktov. Pre efektívnu komunikáciu medzi výrobnou sálou a administratívou časťou je nutné aplikovať funkciu pre odosielanie požiadaviek do výrobnej sály elektronicky, ktoré budú zobrazené na obrazovke HMI terminálu.

5 Realizácia rekonštrukcie riadenia systému

V tejto kapitole sa budeme venovať realizácii rekonštrukcie a vylepšenia riadenia výrobnej linky pre dávkovanie cestovín.

5.1 Výmena váhového snímača

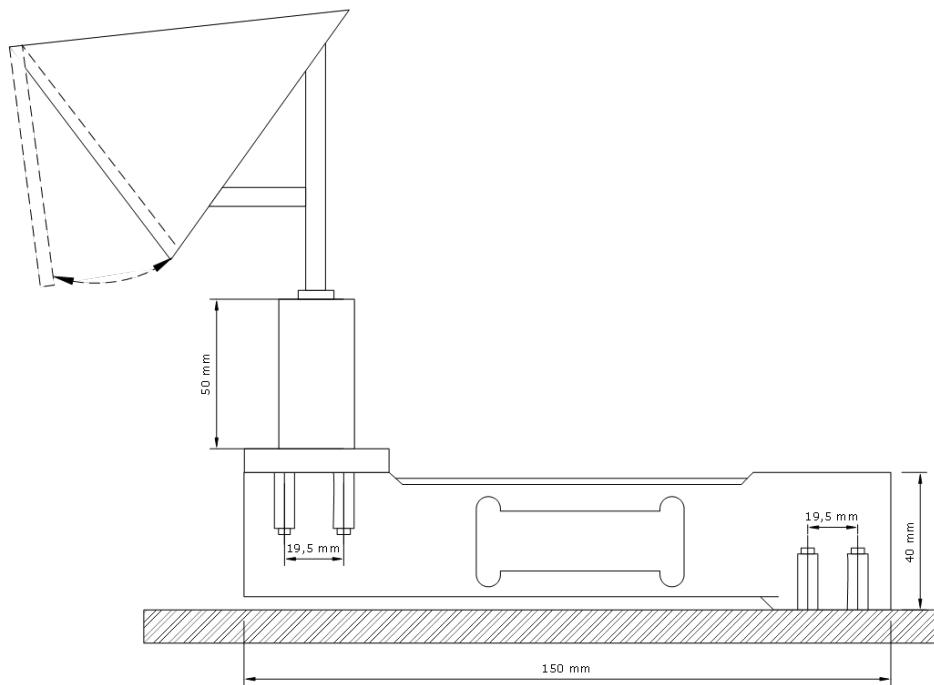
Na výmenu váhového snímača sme zvolili tenzometrický snímač typu Teda Huntleigh 1042. Vybraný snímač patrí do triedy C3, čo znamená citlosť snímača 2 mV/V. Snímače citlosťi C3 podporujú meranie hmotnosti 1, 3 a 5 kg. [13] Zapojenie snímača je vykonané pomocou 6 káblov, ktoré sú znázornené na obrázku 5 – 1:



Obr. 5 – 1 Elektrické zapojenie snímača Teda Huntleigh 1042 [13]

Výhodou tohto snímača je kompaktnosť a veľkosť. To znamená, že pozostáva len

z jedného prvku a má rozmery $150 \times 20 \times 40$ mm, teda je možné ho namontovať namiesto starého snímača bez zmeny konštrukcie výrobnej linky. Stačí pripojiť spodné upevnenie snímača ku podložke starého snímača a na horné upevnenie na druhom konci snímača pripojiť váhovú nádrž. 5 – 2



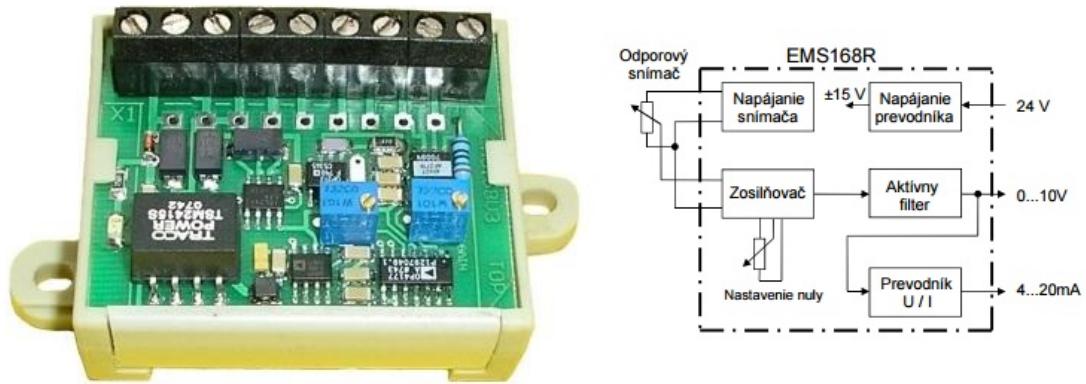
Obr. 5 – 2 Výkres upevnenia váhového snímača

Pre zosilnenie výstupného signálu váhového snímača sme vytvorili plošný spoj, kde je integrovaný prevodník signálu INA 125. Zapojenie integrovaného obvodu je realizované podľa obrázku 4 – 3. Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, pre nastavenie zosilnenia sa používa odpor. Aby sme mohli zmeniť zosilnenie prevodníka, pri prevádzke systému používame potenciometer, ktorý nám umožňuje presné nastavenie parametrov zosilnenia.

Po realizácii riešenia pre zosilnenie výstupného signálu snímača sme sa dozvedeli, že výstupný analógový signál z prevodníka je rušený signál. Pre elimináciu rušeného signálu sme použili tienené prepojovacie káble medzi snímačmi, prevodníkom a PLC automatom. Nevýhodou prevodníka INA 125 je citlivosť na rušivé elektrické signály.

Z toho vyplýva, že toto riešenie je nedostatočné pre zosilnenie výstupného signálu snímača.

Firma EMSYST spol. s r.o. vyrába špeciálne prevodníky určené pre tenzometrické snímače, ktoré umožňujú napájanie snímača stabilným napäťom a filtrovajú zosilnený signál s aktívnym filtrom 2. rádu. Vyбрали sme prevodník typu EMS 168R. 5 – 3

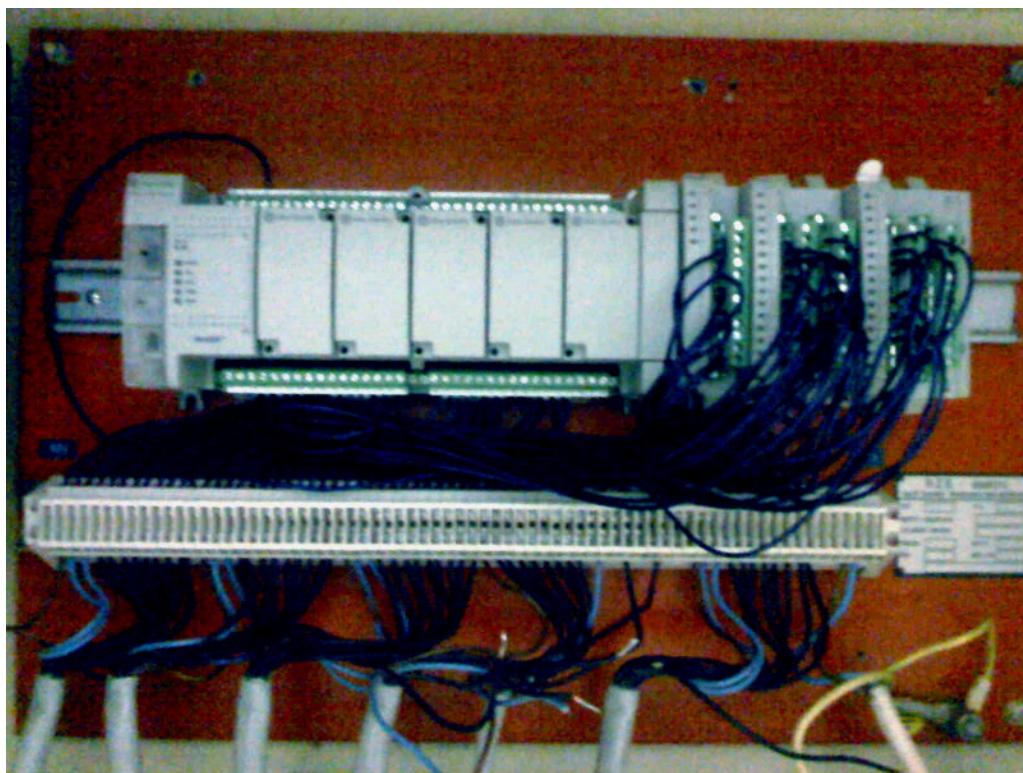


Obr. 5 – 3 Špeciálny prevodník EMS168R [15]

Prevodník umožňuje nastavenie nuly v rozsahu $\pm 2,5$ V čo znamená, že je možné vynulovať hmotnosti konštrukcie váh. Prevodník ponúka stabilný analógový signál v rozsahu 0 - 10 V alebo 4 - 20 mA, ktoré je možné zapojiť do analógového vstupu automatu. [15]

5.2 Výmena riadiaceho systému

Pri realizácii výmeny riadiaceho systému sa jedná o výmenu starého PLC automatu za automat typu Micro850 a výmenu riadiaceho terminálu za grafický HMI terminál. Pri realizácii výmeny riadiaceho automatu sme používali predošlé prepojenie riadených prvkov výrobnej linky. To znamená, že stačí prepojiť svorkovnicu so vstupom a výstupom automatu. 5 – 4



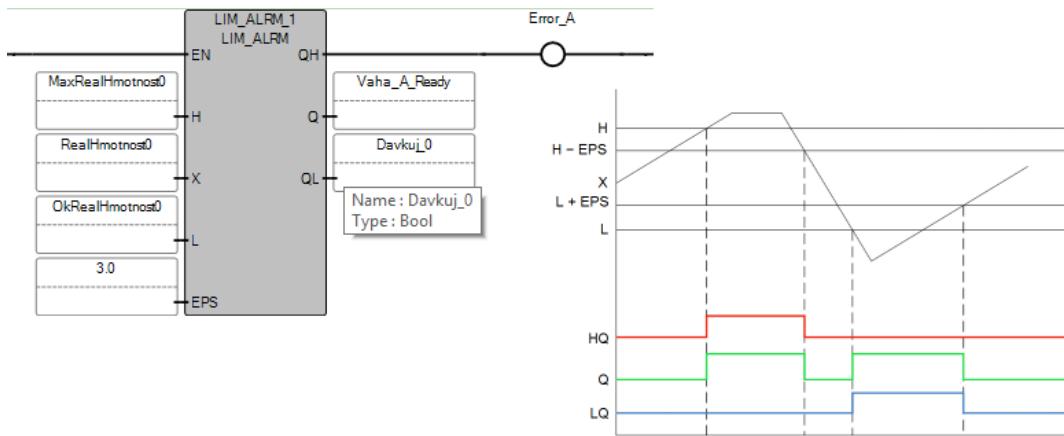
Obr. 5 – 4 Zapojený PLC automat

Realizáciou riadiaceho terminálu bolo namontovanie HMI riadiaceho terminálu s dvomi fyzickými tlačidlami, ktoré slúžia pre spustenie a zastavenie dávkowania cestovín. Umožňujú prevádzku stroja v prípade poruchy grafického terminálu.

5.3 Softvérové riešenia

Softvérovým riešením dávkovania cestovín je aplikovaná časť programu, ktorá slúži pre určenie stavu váh vzhľadom na požadovanú hmotnosť. Funkcia *LIM_ALRM* kontroluje hodnotu na vstupe *X* s hodnotami *H* a *L*. Hodnota *EPS* slúži pre aplikáciu hysterézi na hodnote *H* a *L*, pomocou ktorej je aplikovaná tolerovaná hmotnosť cestovín. Výstupom funkcie sú boоловské hodnoty *Q*, *QL* a *QH*, kde *Q* signalizuje prekročenie dolnej alebo hornej limity. Byty *QL* a *QH* signalizujú prekročenie dolnej, resp. hornej limity. 5 – 5

Pomocou kombinácií výstupných hodnôt funkcie *LIM_ALRM* je aplikované nastavenie fázy dávkovania. Ked’ hmotnosť cestovín prekročí hornú limitu, dávka cestovín bude vyhodnotená ako nedostatočná pre balenie.



Obr. 5 – 5 Funkcia **LIM_ALRM**

Po úspešnom odvážení cestovín program priradí poradie k príslušnej váhe a pri vstupnom signáli z baliaceho stroja inkrementuje poradie váhy pre vypustenie. Váhy, ktoré prekročili hornú hranicu požadovanej hmotnosti, nebudú vypustené a pokračuje sa nasledujúcou váhou.

Pre logovanie stavu a informácie o pripravených produktoch bola vytvorená časť riadiaceho programu, ktorá ukladá informácie v tabuľke. Ked’že informačný systém bude spustený len v niektorých intervaloch, stačí vytvoriť pole pre ukladanie 2000 záznamov. Pole obsahuje 5 stĺpcov, ktoré predstavujú subjekty dátum, typ, druh, hmotnosť a index váhy. Aby sme mali miesto pre dátá v pamäti PLC automatu, bola vytvorená tabuľka obsahujúca premenné typu **SHORT**.

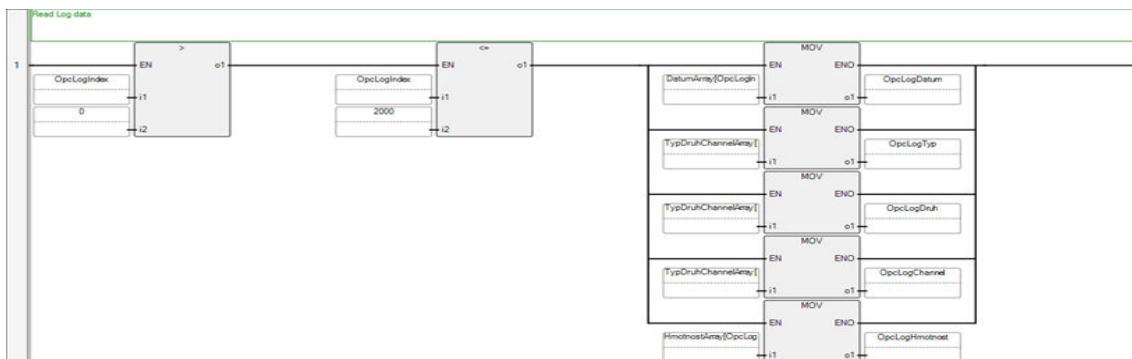
Pre spracovanie logovacích dát bola vytvorená aplikácia na platforme .NET, ktorá slúži pre zber dát z riadiaceho systému výrobnej linky. Zhromaždené dáta sú ukladané v textovom dátovom sklade, resp. v XML súbore. Dáta sú uložené ako objekt atribútov, ktoré pomocou *XML Serializer* je možné načítať do pamäti PC. Zoznam informácií je zobrazovaný aplikáciou v tabuľke, ktorú môžeme filtro-

vať podľa časového obdobia a ďalších podmienok. Aplikácia umožňuje vygenerovať skladovú zásobu z vybraných logovaných dát. 5 – 7

DÁTUM VÝROBY	DRUH CESTOVÍN/BALEI	HMETNOŠT	DÁVKOVACÍ KANÁL
4/21/2015 6:51:28 PM	Cestovina	Rezance 250g	246
4/21/2015 6:51:27 PM	Error	Rezance 250g	257
4/21/2015 6:51:26 PM	Cestovina	Rezance 250g	249
4/21/2015 6:51:25 PM	Cestovina	Rezance 250g	253
4/21/2015 6:51:24 PM	Cestovina	Rezance 250g	245
4/21/2015 6:51:23 PM	Error	Rezance 250g	256
4/21/2015 6:51:22 PM	Cestovina	Rezance 250g	248
4/21/2015 6:51:21 PM	Cestovina	Rezance 250g	252
4/21/2015 6:51:20 PM	Error	Rezance 250g	263
4/21/2015 6:51:19 PM		Rezance 250g	255
4/21/2015 6:51:18 PM	Cestovina	Rezance 250g	246
4/21/2015 6:51:17 PM	Cestovina	Rezance 250g	247
4/21/2015 6:51:16 PM	Error	Rezance 250g	262
4/21/2015 6:51:15 PM	Cestovina	Rezance 250g	253
4/21/2015 6:51:14 PM	Cestovina	Rezance 250g	245
4/21/2015 6:51:13 PM	Cestovina	Rezance 250g	249
4/21/2015 6:51:12 PM	Error	Rezance 250g	260

Obr. 5 – 6 Aplikácia pre spracovanie logovaných dát

Pre načítanie logovaných dát z PLC automatu je používaný RSLinx Enterprise OPC dátový server. Keďže v riadiacom systéme sú logované dátá ukladané vo forme poľa SHORT premenných, pred uložením na lokálny počítač potrebujeme konvertovať dátu do zrozumiteľnej formy.



Obr. 5 – 7 Aplikácia pre spracovanie logovaných dát

Nevýhodou OPC servera je, že nie je možné načítať pole z pamäti PLC

automatu. Preto bola implementovaná časť riadiaceho programu, ktorá umožňuje načítať záznamy z poľa. Informačný systém získa počet logovaných záznamov v riadiacom programe a potom posiela jednotlivo inkrementovaný index logovaných dát (*OpcLogIndex*) pre načítanie. Pomocou premennej *OpcLogIndex* vloží logované dátá daným indexom z poľa do premenných typu SHORT, ktoré je možné načítať cez OPC server.

Informačný systém umožňuje poslať požiadavky o výrobe cez OPC server do pamäti PLC automatu, ktoré sú zobrazené na obrazovke HMI terminálu. 5 – 8

The screenshot shows two windows from a HMI application:

- Pridanie požiadavky (Adding request):** A form with fields for Date (21.4.2015), Type (Cestovina), Item (Male flacky 250g), and Quantity (300). A button labeled "Odoslať požiadavku" (Send request) is visible.
- Zoznam požiadaviek (List of requests):** A table showing a list of requests. The table has columns: DÁTUM POŽIADAVKY, TYP POŽIADAVKY, DRUH CESTOVÍN/BALENIE, POČET, ODOSENÉ, and PRIPRAVENÉ. Two entries are listed:

DÁTUM POŽIADAVKY	TYP POŽIADAVKY	DRUH CESTOVÍN/BALENIE	POČET	ODOSENÉ	PRIPRAVENÉ
4/21/2015 12:00:00 AM	Cestovina	Rezance 250g	150	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4/21/2015 12:00:00 AM	Cestovina	Male flacky 250g	300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obr. 5 – 8 Odoslanie a zoznam požiadaviek

Požiadavky sú ukladané do informačného systému, ale aj do pamäti PLC automatu. Riadiaci program umožňuje automaticky pripraviť požiadavku podľa druhu a počtu cestovín. 5 – 9

The screenshot shows a table of requests with a column of preparation buttons:

Dátum	Typ	Druh	Počet
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

To the right of the table is a vertical column of buttons, each labeled "Pripraviť". There are also circular arrows at the top and bottom of the column.

Obr. 5 – 9 Zoznam požiadaviek a akcia pre automatickú prípravu na HMI

Počet požiadaviek v riadiacom systéme je obmedzený na 50. Ak požiadavka bola pripravená, riadiaci program automaticky odstráni požiadavku z pamäti automatu.

Na grafický riadiaci terminál bola vytvorená vizualizácia, ktorá poskytuje viac informácií používateľom. Pomocou HMI terminálu je možné aplikovať nastavenie parametrov výroby, t.j. požadovanú hmotnosť, druh cestovín, hodnotu dováženia, úroveň vibrácie a prenutie na mód *Drobné cestoviny*.



Obr. 5 – 10 Hlavná obrazovka vizualizácie

Na hlavnej obrazovke vizualizácie sú zobrazené najdôležitejšie informácie pre používateľa. Hlavná obrazovka je znázornená na obrázku 5 – 11, kde grafické objekty sú nasledovné:

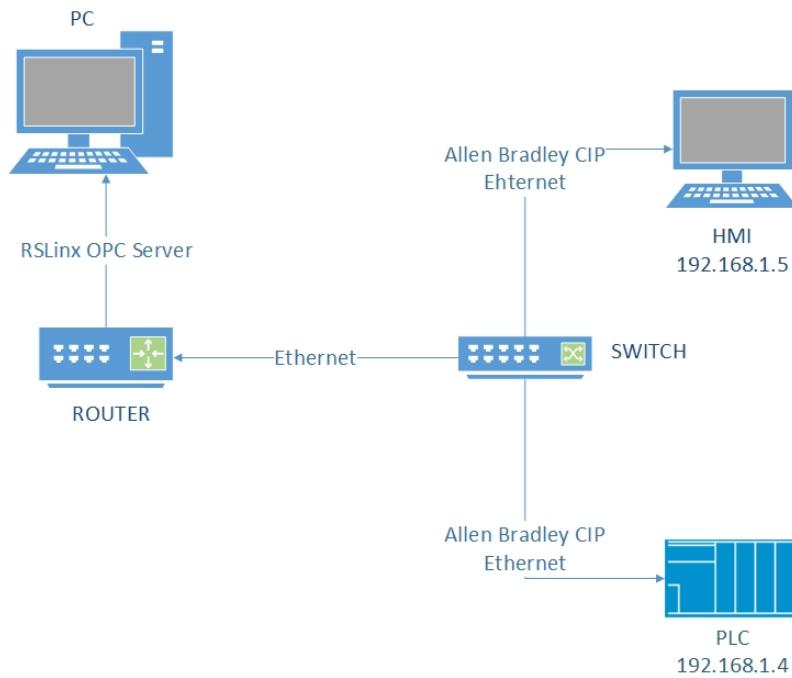
1. Informačný panel, ktorý zobrazí aktuálny čas a dátum, stav systému, počet pripravených produktov, názov produktu a počet požiadaviek.
2. Číslicové displeje, ktoré zobrazujú hmotnosť cestovín v jednotlivých váhach.
3. Tlačidlá pre zapnutie a vypnutie jednotlivých dávkovacích kanálov.
4. Tlačidlo pre zrušenie automatickej prípravy produktov.

5. Tlačidlo pre zrušenie automatickej prípravy balení.
6. Tlačidlo pre prepnutie medzi módmi prípravy *Cestoviny* a *Balenia*.
7. Menu tlačidlá pre navigáciu medzi obrazovkami.

5.4 Komunikácia

Komunikácia medzi riadiacimi prvkami a lokálnym počítačom je realizovaná podľa nižšie uvedeného obrázka. Hierarchia komunikácie je rozdelená na dve časti, ktoré sú nasledovné:

- Nižšia úroveň - komunikácia medzi PLC automatom a HMI terminálom.
- Vyššia úroveň - komunikácia medzi lokálnym počítačom a PLC automatom.



Obr. 5 – 11 Štruktúra komunikácie riadiaceho systému

Komunikácia medzi PLC automatom a HMI terminálom zabezpečuje komunikačný protokol *Allen Bradley CIP Ethernet*. Komunikačné adresy je možné

nastaviť s dynamickou alebo statickou IP adresou. Komunikácia na vyššej úrovni zabezpečí komunikačný dátový OPC server *RSLinx Enterprise OPC Server*. Server umožňuje vytvoriť tzv. topic, ktorý zabezpečí OPC komunikáciu na zvolenom PLC automate. Pre vytvorenie komunikácie informačného systému s OPC serverom je používaná programová knižnica *Interop.OPCAutomation.dll*.

```
OPCServerName = "FactoryTalk Gateway";
ObjOPCServer = new OPCServer();
ObjOPCServer.Connect(OPCServerName, "");
ObjOPCGroups = ObjOPCServer.OPCGroups;

LogDataControls_ObjOPCGroup = ObjOPCGroups.Add("PlcDataControlGroup");
LogDataControls_ObjOPCGroup.DataChange +=
    new DIOPCGroupEvent_DataChangeEventHandler(
        LogDataControls_ObjOPCGroup_DataChange);
LogDataControlList.Add(
    LogDataControls_ObjOPCGroup.OPCItems.AddItem(
        topic + "PocetPoziadaviek", 1));
LogDataControls_ObjOPCGroup.UpdateRate = 1000;
LogDataControls_ObjOPCGroup.IsActive = true;
LogDataControls_ObjOPCGroup.IsSubscribed = true;
```

ObjOPCServer reprezentuje objekt OPC serveru, ktorý pre pripojenie používa metódu *Connect()* s parametrom názvu servera. *ObjOPCGroups* slúži pre usporiadanie dát klientom. Môže obsahovať viac *OPCGroup*-ov, pre ktoré je možné nastaviť parametre napr. *UpdateRate*, *IsActive* alebo *IsSubscribed*. Knižnica *OPCAutomation* umožňuje vytvoriť udalosť, ktorá je vykonaná len pri zmene *OPC Item*-ov.

6 Experimentálne overenie

Cieľom mojej diplomovej práce bolo zrekonštruovať riadenie výrobnej linky pre dávkovanie a balenie cestovín. Rekonštrukciou riadenia systému sme chceli dosiahnuť presné dávkovanie cestovín v požadovanej hmotnosti, elimináciu nedostatkov riadiaceho programu a vylepšenie riadenia systému.

6.1 Overenie funkčnosti nástroja v prevádzke

Pre overenie funkčnosti realizovaného riadiaceho systému bola výrobná linka spustená v prevádzke Trója Cestovináreň. Najdôležitejšou funkciou bola presnosť váhovej jednotky výrobnej linky. Pre overenie funkčnosti jednotlivých váh bola používaná profesionálna priemyslová váha pre porovnanie výsledkov váhovej jednotky podľa reálnych podmienok.

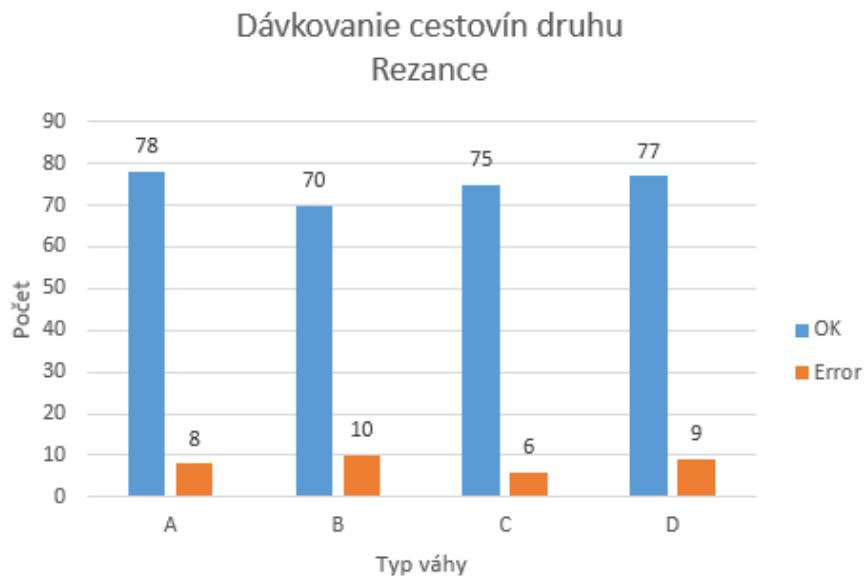
Ďalším krokom bolo overenie funkčnosti riadiaceho programu výrobnej linky. Overenie funkčnosti programu bolo vykonané v prevádzke, aby sme vytvorili reálne podmienky. Počas overenia funkčnosti stroja v prevádzke boli vykonané nasledujúce operácie:

- Nastavenie parametrov výroby pre jednotlivé druhy cestovín.
- Overenie funkčnosti programu pri načítaní parametrov výroby pri nastavení druhu cestovín.
- Simulácia výpadku elektrickej siete počas prevádzky stroja.
- Overenie funkčnosti realizovanej logiky dávkowania cestovín.
- Vyskúšanie funkčnosti dávkowania a balenia rôznych druhov cestovín.
- Nasadenie softvérového balíka FactoryTalk Gateway pre vytvorenie komunikácie medzi PLC automatom a informačným systémom.

- Pre overenie funkčnosti OPC servera bola použitá aplikácia FactoryTalk Live Data Test Client.
- Pre nasadenie informačného systému bol vytvorený inštalačný balík.
- Overenie prenášania logovaných dát z pamäti PLC.
- Vygenerovanie skladovej zásoby o výrobenych produktoch.

Podľa nižšie uvedených analýz sme sa dozvedeli, že pomocou realizovanej riadiacej logiky dávkowania sa dosiahla efektívnejšia výroba. Pre analýzu sme si vybrali druh cestovín *Rezance* a *Malé fliačky*, aby bola znázornená úspešnosť realizovaného módu dávkowania t.j. pre Rezance a Drobné cestoviny.

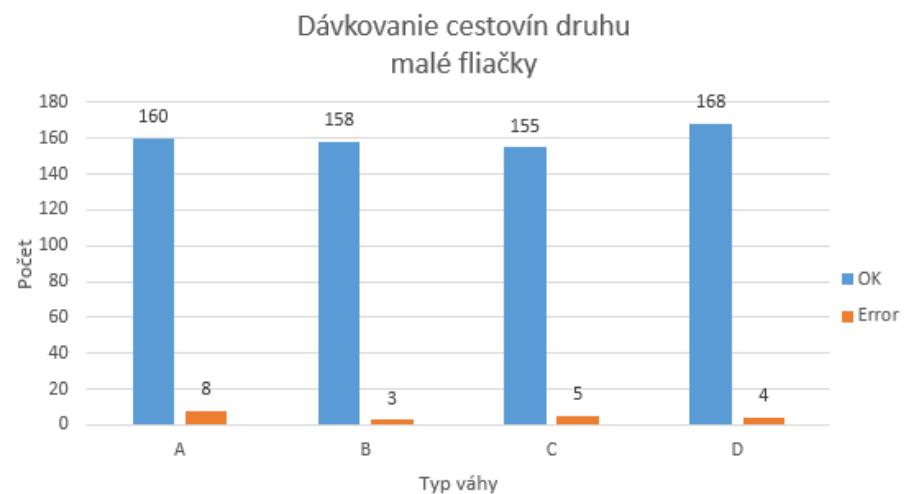
Na grafe 6–1 je znázornená úspešnosť dávkovacích kanálov (A, B, C, D) v intervale 2 hodín. Stĺpec *OK* reprezentuje počet úspešne odvážených cestovín, kým stĺpec *Error* je počet chybnej dávky cestovín.



Obr. 6–1 Analýza pre overenie funkčnosti dávkowania rezancov

Na grafe 6–2 je znázornená úspešnosť dávkowania cestovín druhu *Malé fliačky* v intervale 2 hodín. Podľa analýzy môžeme posúdiť, že výroba drobných cestovín je

rýchlejšia a chybné dávky cestovín predstavujú 2-3%.



Obr. 6 – 2 Analýza pre overenie funkčnosti dávkowania malých fliačkov

7 Zhrnutie

Táto diplomová práca sa zaoberala rekonštrukciou riadenia výrobnej linky a vylepšením informačného systému v podniku. Pracovný proces zahŕňal nasledujúce kroky:

- **Analýza súčasnej situácie** - sledovanie výrobného procesu a identifikácia vyskytujúcich sa problémov, zhromaždenie informácií o poruchách a nedostatkoch systému.
- **Štúdium existujúcich riešení** - hľadanie a štúdium spôsobu riešení v existujúcich, prevádzkovo podobných zariadeniach, hľadanie vyhovujúcich spôsobov realizácie.
- **Návrh riešenia** - výber vhodných riadiacich prvkov, návrh vylepšenia informačného systému v prevádzke.
- **Výmena riadiacich prvkov** - výmena váhového snímača za tenzometrický snímač, výmena riadiaceho systému za PLC automat typu Micro850 od Allen Bradley.
- **Spracovanie signálu senzorov** - spracovanie signálu váhového snímača, výber vhodného zosilňovača analógového signálu, odstránenie rušivého signálu.
- **Realizácia softvérového riadenia** - vylepšenie dávkovacej logiky, pre rozšírenie dávkovacej logiky bola aplikovaná optimalizácia dávkowania pre určité druhy cestovín, vytvorenie vizualizácie do grafického terminálu.
- **Realizácia ukladania informácií** - vytvorenie informačného systému pre ukladanie a spracovanie dát, riešenie synchronizácie logovaných dát.
- **Konfigurácia komunikačného servera** - konfigurácia OPC dátového servera pre zabezpečenie komunikácie medzi PLC automatom a informačným systémom.

- **Vygenerovanie reportu** - implementácia spôsobu vygenerovania skladovej zásoby z logovaných dát, softvérové riešenie pre vytvorenie dokumentu v elektronickej forme.
- **Nasadenie systému v prevádzke** - nasadenie a spustenie systému vo výrobe, overenie funkčnosti systému pri výrobe rôznych druhov cestovín.

8 Záver

V tejto diplomovej práci sme mali rekonštruovať riadenie výrobnej linky pre dávkovanie a balenie rôznych druhov cestovín vo firme Trója Cestovináreň. Hlavnou úlohou bolo odstrániť chyby vyskytujúce sa pri dávkovaní cestovín a vylepšiť riadenie výrobnej linky a informačný systém v podniku.

Pri návrhu vylepšenia systému sme mali nájsť vhodné riadiace jednotky a snímače, ktoré splňajú podmienky stanovené podnikom. Riešením chyby dávkowania cestovín bola výmena váhového snímača, pomocou ktorého sme dosiahli presnejsie dávkowanie cestovín v požadovanej hmotnosti. Pre výmenu riadiacej jednotky sme zvolili PLC automat typu Micro850 s príslušným HMI grafickým terminálom.

Najväčším problémom počas realizácie bolo prevedenie a zosilnenie výstupného signálu z tenzometrického váhového snímača do analógového vstupu PLC automatu. Pri realizácii zosilnenia analógového výstupu snímača boli používané dve alternatívy prevodníkov. Na základe vyskytnutých problémov môžeme tvrdiť, že pre zosilnenie výstupu tenzometrického snímača treba používať prevodník s aktívnym filtrom rušivého signálu.

Realizáciou riadiaceho programu bola aplikácia navrhnutého algoritmu dávkowania cestovín. Dávkovacia logika bola rozdelená na dva módy, ktoré slúžia pre dávkование drobných cestovín, resp. cestoviny typu Rezance. Realizované módy dávkowania zefektívňujú dávkowanie cestovín pre rôzne druhy. Riadiaci program eliminuje chyby vyskytujúce sa počas dávkowania. Pre zefektívnenie riadenia systému používateľom bolo vytvorené supervízne riadenie. Pre vylepšenie informačného systému bol vytvorený a nasadený do prevádzky informačný systém, ktorý umožňuje zhromažďovať, ukladať a spracovať informácie o vyrobených produktoch pomocou výrobnej linky. Aplikácia navyše umožňuje vygenerovanie skladovej zásoby zo zhromaždených informácií vo forme dokumentu.

Funkčnosť realizovaného systému bola overená v prevádzke v reálnych podmienkach. Na základe vygenerovaných analýz môžeme potvrdiť, že pomocou realizovanej riadiacej logiky bol minimalizovaný počet vyskytnutých chýb počas dávkowania. Pomocou dátového servera sú informačným systémom zhromažďované dátá o výrobe.

Toto riešenie je možné použiť vo viacerých firmách, predovšetkým cestovinárňach, pre efektívne dávkование cestovín. Z ekonomickejho hľadiska je dostupné aj pre menšie firmy.

Pre vylepšenie systému by sme odporúčali výmenu niektorých akčných členov za spoľahlivejšie prvky, akými sú napríklad pneumatické valce alebo vibračné motory. Následne by sme odporúčali rozšíriť konštrukcie výrobnej linky o akčné členy, resp. snímače pre efektívnejšie spracovanie cestovín.

Literatúra

- [1] E. A. Parr: *Industrial Control Handbook*. Industrial Press Inc., 1999 ISBN 0-8311-3085-7>
- [2] M. A. Laughton, D. J. Warne: *Electrical Engineer's Reference book, 16th edition* Newnes, 2003, 16. kapitola Programmable Controller>
- [3] Manufacturing Automation: *Dick Morley looks back on the 40th anniversary of the PLC*[online]. 2008.
Dostupné na internete: <<http://www.automationmag.com/features/the-father-of-invention-dick-morley-looks-back-on-the-40th-anniversary-of-the-plc.html>>
- [4] Harms, Toni M. & Kinner, Russell H. P.E. *Enhancing PLC Performance with Vision Systems*, 18th Annual ESD/HMI International Programmable Controllers Conference Proceedings, 1989>
- [5] ŠMEJKAL, L.: *Tři desetiletí PLC a standard IEC 1131-3.*: Automatizace, 1998. 41 s.>
- [6] W. Bolton: *Programmable Logic Controllers, Fifth Edition*, Newnes, 2009, ISBN 978-1-85617-751-1>
- [7] Keller, William L Jr. Grafset, A.: *Functional Chart for Sequential Processes*, 14th Annual International Programmable Controllers Conference Proceedings, 1984>
- [8] *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)*[online]. Dostupné na internete: <<https://www.myodesie.com/index.php/wiki/index{returnEntry/id/2962>
- [9] Boyer, Stuart A.: *SCADA Supervisory Control and Data Acquisition* USA: ISA - International Society of Automation 2010. 179 s. ISBN 978-1-936007-09-7>

- [10] Putnam Publishing Group: *The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era* 1995, 66-75 s.
ISBN 0-87477-779-8>
- [11] Bennett, S.: *A History of Control Engineering 1930-1955*, London: Peter Peregrinus Ltd. On behalf of the Institution of Electrical Engineers, 1993,
ISBN 0-86341-280-7>
- [12] Hounshell, David A.: *From the American System to Mass Production*, 1984,
Johns Hopkins University Press, ISBN 978-0-8018-2975-8>
- [13] Teda Huntleigh 1042 Datasheet: *Low Profile Aluminum Load Cell [on line]*.
Dostupné na internete: <<http://www.vishaypg.com/docs/12010/1042.pdf>>
- [14] Amplifier INA 125 Datasheet: *INSTRUMENTATION AMPLIFIER With Precision Voltage Reference [online]*. Dostupné na internete: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina125.pdf>>
- [15] Amplifier EMS 168 Datasheet: *Prevodník pre odporové snímače EMS168R [online]*. Dostupné na internete: <http://www.emsyst.sk/produkty/Elektronické_jednotky/pdf/EMS168.pdf>

Zoznam príloh

Príloha A Používateľská príručka

Príloha B Systémova príručka

Príloha C DVD s textami, obrázkami, softvérom a aplikáciami