

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Návrh a realizace řídicího komplexu
zkušebního zařízení bederních opěrek

Sezimovo Ústí, 2019

Autor: Jakub Salzman



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Jakub Salzman**
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy
Název práce: **Návrh a realizace řídicího komplexu zkušebního zařízení bederních opěrek**
Anglický název práce: **Design and Realization of Control of Proving Equipment of Lumbar Supports**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu zkušebního zařízení bederních opěrek.
2. Navrhněte a nakreslete liniové schéma zapojení s PLC Mitsubishi.
3. Realizujte rozváděčovou soupravu a zapojení jednotlivých prvků dle navrženého liniového schématu.
4. Vytvořte aplikační program ve vývojovém prostředí GX Works2 včetně vizualizace v prostředí GT Designer 2.
5. Každý krok zadání konzultujte s vedoucím práce a příslušnými pracovníky zadavatele.
6. Otestujte funkci řídicího komplexu.
7. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.


Doporučená literatura:

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav, MARTINÁSKOVÁ, Marie. *PLC a automatizace: 1. díl - Základní pojmy, úvod do programování*. Praha: BEN – technická literatura, 2007, ISBN 978-80-86056-58-6.
- [2] Firemní literatura.
- [3] Webové prezentace a návody firem Festo, SMC, Mitsubishi Electric.

Vedoucí práce: Ing. Václav Šedivý, učitel, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí
Odborný konzultant práce: Jan Roch, metrolog, Alfmeier CZ, s. r. o.
Oponent práce: Mgr. Bc. Miroslav V. Hospodářský, učitel, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí

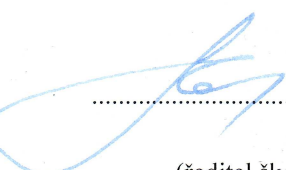
Datum zadání absolventské práce: **3. 9. 2018**

Datum odevzdání absolventské práce: **10. 5. 2019**


.....
Ing. Václav Šedivý
(vedoucí práce)



V Sezimově Ústí dne 3. 9. 2018


.....
(ředitel školy)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne 7.5.2019



_____ podpis

Poděkování

Děkuji především vedoucímu absolventské práce panu Ing. Václavu Šedivému za metodické vedení práce, poznatky a rady, které mi velmi pomohly při její tvorbě. Rád bych také poděkoval panu Janu Rochovi za cenné informace při konzultacích. Dále bych rád poděkoval rodině, kterou jsem po dobu studia musel trochu zanedbávat, ale přeci jen to se mnou vydrželi a pomáhali mi, zvláště když jsem se chtěl vzdávat před cílem. Velké poděkování patří firmě Alfmeier CZ s. r. o., která mi umožnila mé pracovní zadání využít pro studentské účely.

Anotace

Tato absolventská práce se zabývá vývojem aplikačního SW zařízení pro testování bederních opěrek do sedaček automobilů. Z hlediska zadání firmy, pro kterou je aplikační program realizován, je rozhodným bodem především řídicí komplex PLC Mitsubishi, který je ve firmě standardem. Z toho důvodu je aplikační program vytvořen ve vývojovém prostředí GX Works 2 a ovládací panel, který je také od firmy Mitsubishi, ve vývojovém prostředí GT Designer 2. Hlavní orientace práce je zaměřena na zvýšení výrobních kapacit, ulehčení práce obsluze zařízení, snazší dohledatelnost vyrobených a otestovaných dílů v případě nutnosti, dle uložených dat k jednotlivým dílům. Tyto kroky jsou splněny vytvořením nového zařízení, které je částečně automatizované oproti původnímu. Práce není programovacím manuálem, ale popisuje postup tvorby aplikačního programu až ke konečnému výsledku, na základě použitých komponent v konečném zařízení.

Klíčová slova: PLC; software; hardware; automotive; automatizace; elektronika; senzory; HMI; CPU; testování, funkční zkouška, kalibrace.

Annotation

This graduation thesis deals with the development of application SW device for testing of lumbar support in car seats. From the point of view of the assignment of the company for which the application program is implemented, the decisive point is primarily the Mitsubishi PLC control complex, which is the standard in the company. For this reason, the application program is created in the GX Works 2 development environment and the control panel, which is also from Mitsubishi, in the GT Designer 2 development environment. tested parts, if necessary, according to the stored data for each part. These steps are accomplished by creating a new device that is partially automated compared to the original. The work is not a programming manual but describes the process of creating an application program to the final result, based on the components used in the final device.

Key words: PLC; software; hardware; automotive; automation; electronics; sensors; HMI; CPU; test, function test, calibration.

Obsah

Seznam použitých symbolů	viii
Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	x
1 Úvod	1
2 Původní stav zařízení	3
2.1 Bederní opěrka	3
2.1.1 Ovládací ventil	4
2.1.2 Pumpa	5
2.1.3 Polštář	6
2.2 Analýza funkce zařízení	6
2.2.1 Testování dílu	7
2.2.2 Ovládání dílu	9
3 Postup vývoje aplikačního software	10
3.1 Návrh řídicího komplexu	11
3.2 Realizace aplikačního software	13
3.2.1 Nastavení parametrů PLC a HMI	14
3.2.2 Test digitálních signálů	15
3.2.3 Analogové převodníky	16
3.2.4 Tvorba funkčních bloků	16
3.2.5 Připojení HMI jako ovládacího prvku	17
3.2.6 Automatický režim	18
3.2.7 Sběr a archivace dat	18
3.2.8 Nadstavbové funkce	19

4	Otestování zařízení	20
4.1	Testy v průběhu realizace	20
4.2	Produkční test výroby	21
5	Závěr	23
	Literatura	25
A	Obsah přiloženého CD/DVD	I
B	Použitý software	II
C	Časový plán absolventské práce	III

Seznam použitých symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
F	síla	N
i	elektrický proud	A
m	hmotnost	kg
p	tlak	Pa
t	čas	s
u	elektrické namětí	V

Seznam obrázků

1.1	Původní testovací zařízení	1
2.1	Komplet bederní opěrky	4
2.2	Ovládací ventil kompletu bederní opěrky	5
2.3	Pumpa kompletu bederní opěrky	5
2.4	Polštář kompletu bederní opěrky	6
2.5	Původní zkušební zařízení	7
2.6	Obrazovka panelu zařízení s měřenými veličinami	8
3.1	Návrh řídicího komplexu	12
3.2	Realizovaný řídicí komplex v rozváděči	13
3.3	Konfigurátor inteligentního modulu v prostředí GX Works 2	14
3.4	Monitoring inteligentního modulu v prostředí GX Works 2	15
4.1	Realizované zkušební zařízení	20

Seznam tabulek

4.1	Porovnání produktivity původního a nového zařízení	22
-----	--------------------------------------------------------------	----

Kapitola 1

Úvod

Jedním ze současných problémů v automobilovém průmyslu jsou hlavně otázky týkající se kvality jednotlivých výrobků. Po aféře Dieselgate¹ došlo ke změnám norem a zpřísnění podmínek pro celé odvětví automotive. Firmám nezbyvá, než hledat cesty k úsporám, a to zejména v automatizaci výrobních zařízení a jejich digitalizaci a zároveň jsou celosvětově nuceny vynakládat velké výdaje na vývoj ekologičtějších vozů. S tímto trendem se firmy snaží ušetřit vynaložené finance v jiných odvětvích svého působení.

Jedním z nich je konstrukce nových výrobních, nebo testovacích zařízení, zejména využití vlastních kapacit a zdrojů, oproti nákupu zařízení od dalších dodavatelů. Díky přímé spolupráci jednotlivých oddělení společnosti je výhodou takto vyrobeného zařízení i snadnější odladění chyb a dodržení všech technických požadavků již v průběhu vývoje a tím i jeho rychlejší dokončení.

S tímto problémem jsme se setkali ve firmě Alfmeier CZ, kdy stávající zařízení nebylo vyhovující hned v několika aspektech. Jednak nebyly zaznamenávány žádné informace o jednotlivých otestovaných dílech, pro případné zpětné dohledání reklamovaných dílů,

¹Dieselgate, je kauza, která souvisí s ovlivněním měření emisí aut za pomoci upraveného software v řídicích jednotkách naftových motorů.



Obrázek 1.1: Původní testovací zařízení

dále pak vyšší fyzická i časová náročnost na provedení testování jednoho dílu. V době hospodářského růstu, a tím i vyšší poptávce po nových automobilech, se navíc projevila nedostatečná kapacita testovacího zařízení pro navýšení odvolávek, tedy počtu dílů ročně požadovaných zákazníkem. Cena automatizovaného zařízení dodaného některým z našich dodavatelů výrobních zařízení se pro tento konkrétní příklad pohybuje kolem 70 tisíc euro, proto je nutné zvážit ekonomický aspekt, tedy zda se vyplatí pořídit další zařízení v závislosti na množství vyrobených dílů po dobu projektu a tím i návratnost investice. Vzhledem k poměrně nemalé ceně nového zařízení lze pomocí vlastních prostředků docílit snížení této částky.

Cílem této práce je vytvoření řídicího komplexu zařízení pro testování bederních opěrek a jeho aplikačního SW, tedy návržení řídicího systému PLC, včetně vizualizace a oživení stroje. Očekávaným přínosem by mělo být ušetření nákladů firmě, zvýšení výstupu výrobního zařízení a zejména snížení zátěže pro obsluhu. Všechny tyto body budou porovnány oproti původnímu zařízení.

Struktura této práce, která je napsána v $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ ² (SCHENK, C., 2009), je následující. V kapitole 2 jsou obsaženy informace o testovaném dílu a analýza původního zařízení, v kapitole 3 je popsán postup tvorby aplikačního SW pro řídicí komplex včetně problémů, které při tvorbě nastaly, v kapitole 4 jsou prezentovány základní výsledky z testování nového zařízení a popsána jeho funkčnost. V přílohách práce je uveden obsah přiloženého CD, použitý software, časový plán AP. Výpis aplikačního SW PLC provedený přímo z vývojového prostředí GX Works 2 a výpis aplikačního SW pro operátorský panel z prostředí GT Designer 2 ve formátu pdf se nachází na přiloženém CD.

² $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ je rozšíření systému \LaTeX , což je kolekce maker pro \TeX . \TeX je ochranná známka American Mathematical Society.

Kapitola 2

Původní stav zařízení

V této kapitole je popsáno zjištění původního stavu zařízení před návrhem možných automatizačních kroků vedoucích ke zrychlení a zjednodušení práce obsluhy. Prvním a nejdůležitějším krokem, je seznámení s výrobkem, pro který je zařízení určeno. Toto je důležité zvláště z důvodu objasnění pojmů, které jsou často používány při vysvětlení některých skutečností. Vzhledem k tomu, že zařízení pracujících na podobném principu je již několik k dispozici přímo ve firmě delší dobu, je možné zohlednit jejich negativní a naopak pozitivní provedení některých konkrétních částí při vlastním návrhu a předejít tak podobným komplikacím u nového zařízení do budoucna. Současně tento postup pomůže k velkému urychlení a zjednodušení návrhu jednotlivých komponent zařízení. Na základě poznání je mnohem snadnější navrhnout takový řídicí komplex, aby byl bezpečně zajištěn dostatek vstupů, výstupů a dalších jeho rozhraní s patřičnou rezervou. Tím se usnadní budoucí dodatečné práce a sníží možné náklady při dalších modifikacích.

2.1 Bederní opěrka

Celý komplet bederní opěrky je složen ze tří částí, které jsou podrobněji analyzovány dále v textu. Díl je jako celek dodáván zákazníkům, kde je posléze instalován přímo do autosedaček. Je důležité dodržet veškeré zadané parametry, které jsou obsaženy v průvodní dokumentaci dílu, konkrétně v požadavkovém výkrese od koncového zákazníka. U něho dochází k montáži sedačky opatřené opěrkami do vozidla a následně konečnému testu požadované funkčnosti před dokončením a prodejem vozidla. Tento díl není v každém vozidle, ale slouží jako stupeň vyšší výbavy, nebo jako součást výbavy luxusnějších vozů.



Obrázek 2.1: Komplet bederní opěrky

2.1.1 Ovládací ventil

Základní součástí bederní opěrky je ovládací ventil. Jeho pomocí je ovládáno nafukování a vyfukování patričních polštářů. Ovládací ventil obsahuje plošný spoj s elektronikou, který je zapouzdřen v plastovém ochranném krytu. Na jednom jeho konci jsou nátrubky pro připojení hadic od pumpy a polštářů. Na konci druhém je plast uzpůsoben do tvaru konektoru, aby chránil piny propojující ventil s ovládacím kabelem. Přivedením určité velikosti elektrického napětí na příslušné piny je ovládáno, zda se má nafukovat jeden, druhý, nebo oba polštáře, případně zda má dojít k vyfouknutí obou polštářů. Díky elektronice plošného spoje je ovládán průtok vzduchu od pumpy do patričního polštáře.

Na obr. 2.2 se nachází ovládací ventil, který je používán u kompletů bederních opěrek testovaných ve vytvářeném zařízení. Ventil je různě vytvářen pro každého zákazníka na základě jeho požadavků. Jednotlivé ventily se liší v provedení, velikosti, tvaru, barvy, nebo počtu nátrubků. Tím je ovlivněn počet kontaktů, způsob jeho naprogramování a ovládání. V rámci testování kompletní opěrky je ihned zjištěna případná vada elektroniky, pokud by některá z hadiček nebyla naražena na správný nátrubek. Špatně zkompletovaný díl by se projevil buď opačným pořadím nafukování polštářů, než je požadováno, nebo k nafukování vůbec nedojde.



(a) Ovládací ventil pohled shora



(b) Ovládací ventil pohled zdola

Obrázek 2.2: Ovládací ventil kompletu bederní opěrky

2.1.2 Pumpa

Pumpa je připojena k ovládacímu ventilu pomocí hadičky. Ta je naražena na patřičný nátrubek ventilu. Díky vnitřnímu uzpůsobení ovládacího ventilu slouží ostatní nátrubky k nafouknutí polštářů vzduchem z pumpy průtokem skrz ventil.

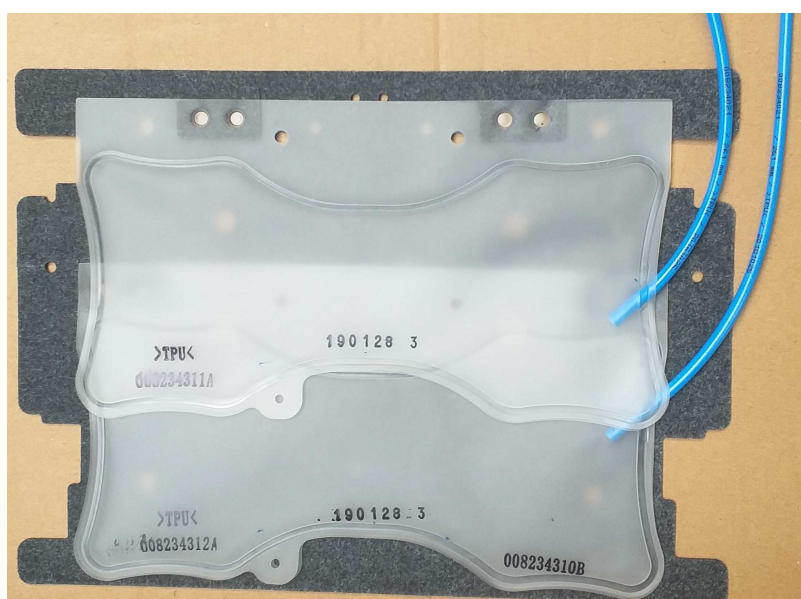
V některých případech může být komplet bederní opěrky bez pumpy, pouze připraven s konektorem pro připojení jiného zdroje vzduchu přímo v daném vozidle. Testování kompletu slouží k odhalení případné vady na pumpě a odzkoušení těsnosti hadičky připojené k ovládacímu ventilu.



Obrázek 2.3: Pumpa kompletu bederní opěrky

2.1.3 Polštář

Nejdůležitějším prvkem, z hlediska konečného použití kompletního dílu bederní opěrky, jsou polštáře. Podle velikosti jejich objemu je prováděno nastavení samotné opěrky přímo ve vozidle. Vzhledem k možnosti libovolného nastavení polštářů pro každého řidiče je prováděno testování funkční zkouškou³. Ta slouží k ověření funkčnosti polštáře z hlediska jeho náfuku. Polštáře jsou vyráběny svařováním několika polyuretanových částí, v nichž je umístěna hadička pro budoucí připojení k ovládacímu ventilu. Díky funkční zkoušce je zkontrolována těsnost tohoto sváru, nebo případné porušení těsnosti polštářů a hadiček.



Obrázek 2.4: Polštář kompletu bederní opěrky

2.2 Analýza funkce zařízení

V první části projektu je potřeba zjistit veškeré skutečnosti, které budou potřeba k navržení automatizovaného zařízení pro testování. Na obr. 2.5 se nachází manuální mechanismus založený na činkových kotoučích, které slouží jako závaží při nafukování polštáře. Každé závaží má hmotnost 5 kg, je tedy potřeba navrhnout jiný způsob působení síly 50 N proti polštáři tak, aby z hlediska měření byla tato síla ověřitelná a bylo možné na jejích případných odchylkách provést kalibraci, tedy nastavení požadované hodnoty.

³Funkční zkouška je souhrn testů ověřujících konečné splnění předepsané funkčnosti celého dílu.

Z důvodu použití elektrické a pneumatické energie k měření a pohybům strojů ve firmě se jako vhodná náhrada nabízí buď elektrický servo pohon, který se ale cenově pro tento účel nevyplatí, nebo elektropneumatický PID regulátor ve spojení s pneumatickými válci, které bude ovládat. Řídicí komplex je navržen s ohledem na potřebu komunikace s regulátorem.



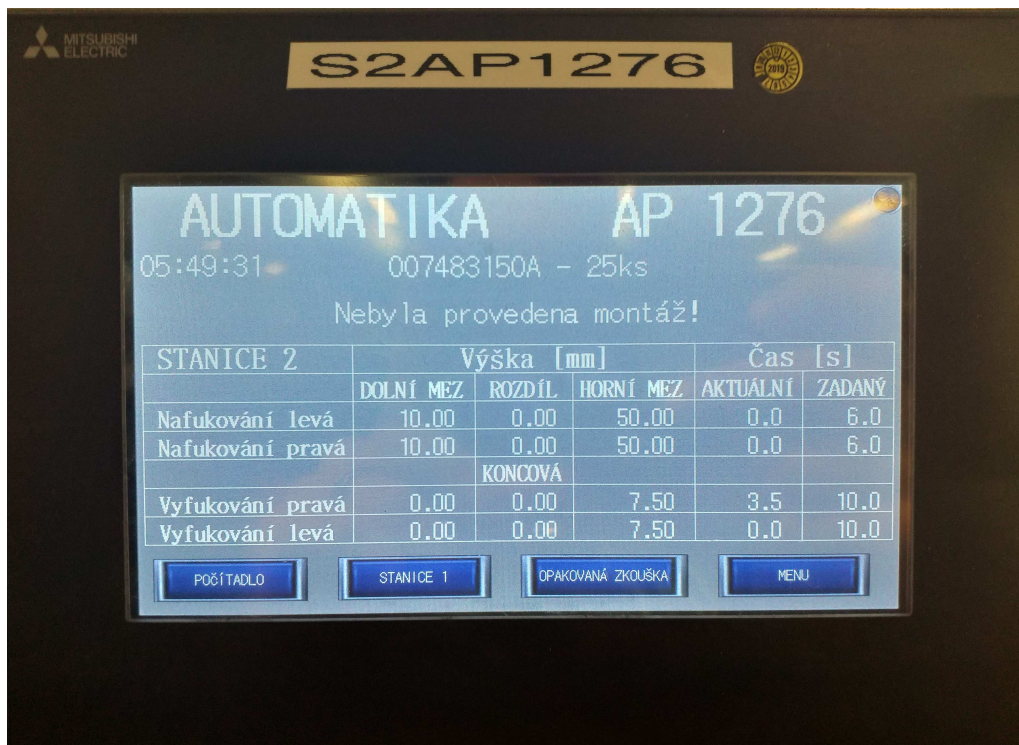
Obrázek 2.5: Původní zkušební zařízení

2.2.1 Testování dílu

Z hlediska metrologie⁴ je samotné měření provedeno postupným nafukováním a vyfukováním obou polštářů. Pro vyhodnocení správné funkčnosti dílu jako celku je uvažován čas, za který dojde k nafouknutí polštáře o určitou výšku při působení síly 50 N proti směru náfuku polštáře a zároveň časem, za který je polštář vyfouknut při stálém působení této síly. K zajištění rovnoměrného vyfouknutí polštáře a zamezení chyb z důvodu nepřesnosti měřícího ústrojí, je nutné rovnoměrné působení síly na polštář.

Pro tento účel je nutné navrhnout takové uchycení, které bude možné spojit s pneumatickými válci. Protože je snaha o co nejjednodušší a pokud možno nejlevnější zařízení, je uchycení vyřešeno připevněním hliníkových destiček na konce válců. Aby bylo dosaženo rovnoměrného působení síly je jejich plocha přímo úměrná velikosti polštáře.

⁴Metrologie je vědní a technický obor, který se zabývá měřením různých technických a fyzikálních veličin a jejich aplikací.



Obrázek 2.6: Obrazovka panelu zařízení s měřenými veličinami

Dalším důležitým parametrem, který je z hlediska měření ověřován a archivován, je výška nafouknutí polštáře. Aby byly hodnoty co nejpřesnější, respektive konkrétní, je třeba aplikovat senzor pro danou vzdálenost. Vhodný senzor by měl mít co nejméně rušivých vlivů v porovnání s jinými zařízeními v závodě. Na jednom je výsledná výška nafouknutí hlídána pouze detekcí za pomoci indukčního senzoru (MARTINEK, R., 2004) při dojetí válce s hliníkovou destičkou do polohy odpovídající toleranci nafouknutí polštáře pro to, aby mohl být považován za funkční. Na obr. 2.6 je znázornění na operátorském panelu, kde je vidět, že tato hranice je 10 mm. Na jiném testovacím zařízení je výška nafouknutí polštáře odměřována optickým senzorem vzdálenosti, s čímž jsou časté problémy. Sensory se musejí často kalibrovat, zvláště v případě změny základací matrice dílu při přestavbách na jiné varianty, neboť nemají stejné výšky, čímž má senzor pokaždé jinou počáteční vzdálenost pro zaměření nulové polohy. Kalibrace je prováděna z důvodu zachování přesnosti měření, dle vyžadované normy pro automobilový průmysl. V principu je měřidlo porovnáno s etalonem vyššího řádu pro ověření přesnosti. Jako etalon jsou použity přesné hliníkové kvádry známých rozměrů, které jsou v ročním intervalu zasílány

do ČMI⁵ pro ověření.

Aby bylo dosaženo přesné hodnoty, se jako ideální možnost jeví senzory přímo na válcích zatěžujících polštáře. Z toho důvodu bude potřeba pro návrh řízení počítat s komunikačním rozhraním pro dané senzory a případné přípravky vyrobit s co nejmenšími rozdíly ve výškách, aby se omezily prostoje zařízení z důvodu ladění senzorů.

Původní zařízení využívá k detekci dostatečného nafouknutí polštáře senzor. Polštáře jsou nafukovány až dojde ke zvednutí závaží a sepnutí senzoru. Výsledek testu je závislý na obsluze zařízení. Ta na základě detekce senzorem označí díl jako funkční. Z toho důvodu je třeba minimalizovat vliv lidského faktoru na vyhodnocení výsledku testu. Využitím automatického vyhodnocení, v rámci budoucího zařízení, je zajištěna mnohem větší přesnost, spolehlivost a možnost dohledání naměřených hodnot.

2.2.2 Ovládání dílu

Samotná funkce dílu byla vysvětlena u popisu ovládacího ventilu. U původního zařízení je toho docíleno zapojením pomocí relé, která realizují galvanické oddělení obvodů. Nové zařízení využije k ovládání PLC.

Pro ovládání elektroniky ventilu je zapotřebí nižších úrovní napětí, než je na výstupech PLC, tedy nižších než 24 V. Výstupy jsou zapojeny prostřednictvím svorkovnic s využitím relé, za kterými jsou v sérii připojeny rezistory. Rezistory slouží k samotnému snížení napětí. Tímto zapojením je dosaženo úrovně palubního napětí ve vozidlech 13,5 V.

⁵Český metrologický institut

Kapitola 3

Postup vývoje aplikačního software

Tato kapitola je věnována jednotlivým krokům v postupu vývoje aplikačního software pro řízení PLC Mitsubishi. První krok představuje návrh řídicího komplexu s dostatečným počtem jednotlivých komunikačních periférií na základě zjištěných skutečností v předchozí kapitole.

Ideálním řešením je otevřený systém, ve kterém je počítáno s možností alespoň minimálního rozšíření. Aby se předešlo problémům s místem v rozváděči a nemuselo se později na zařízení přidávat další, je udržena alespoň minimální rezerva digitálních vstupů a výstupů pro případné připojení dalších prvků. Absence rezervy je častým problémem v praxi, kdy přidání senzoru na zařízení může znamenat vysoké finanční náklady spojené s celkovým rozšířením řídicího komplexu. Zároveň je nutné dodržet ekonomický faktor zadání, tedy najít řešení ve shodném poměru ceny, potřeby a již zmíněné minimální rezervy.

Všechny tyto aspekty jsou na odbornosti a posouzení člověka, který danou aplikaci vytváří na základě požadavků zadavatele. Celá kapitola slouží jako takový postup pro tvorbu programu průmyslového zařízení, který není ničím závazný, ale usnadní celkové napsání požadované aplikace a včasné odhalení problémů a jejich odstranění v průběhu tvorby aplikačního programu a jeho testování.

Pro představu, není rozhodujícím, zda je konečný aplikační program koncipován pro PC, PLC, jejich vzájemné kombinace, nebo více jednotlivých řízení na větším zařízení. Konečný postup je ve všech těchto případech stejný. Postup je popsán jednak obecně, kdy je vysvětleno proč se danou částí návrhu zabývat, tak konkrétně pro zařízení, které bylo v rámci absolventské práce vytvořeno.

3.1 Návrh řídicího komplexu

Návrh řídicího komplexu je základní a nezbytnou součástí při sestavování vhodného řízení technologie. Jeho výběr závisí na mnoha faktorech, zejména na počtech prvků a zařízení, se kterými má kooperovat a komunikovat. Pro případnou možnost rozšíření řídicího komplexu v budoucnu byla vybrána modulární řada PLC (MARTINÁSKOVÁ, M. a ŠMEJKAL, L., 2002). S rozvojem digitalizace se v průmyslu začíná stále více používat síť ethernet, případně v dnešní době již téměř všemi výrobci průmyslových zařízení podporovaný Profinet. Vzhledem k tomu, že konstruované zařízení bude vcelku jednoduché, bude využit pouze ethernet a to pro komunikaci mezi řízením a operátorským panelem. Současně bude také využit pro sběr dat o testovaných dílech k jejich archivaci.

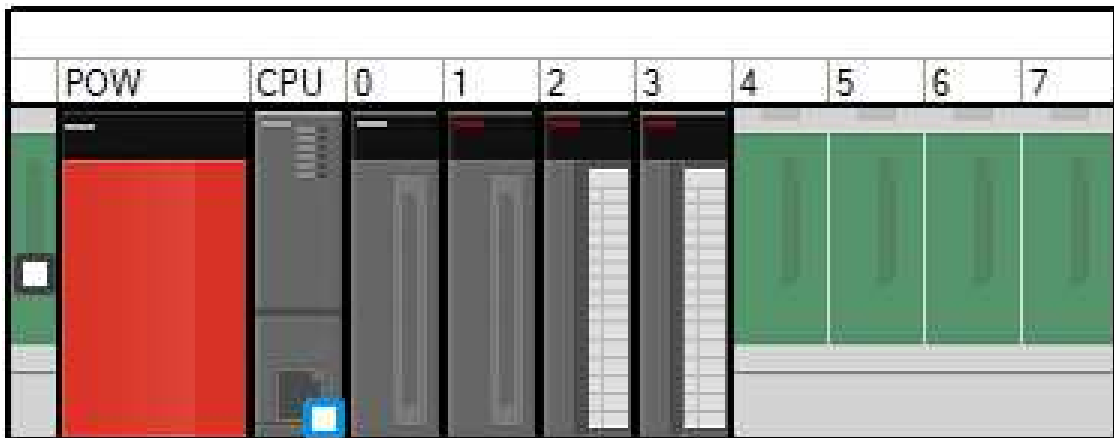
Pokud je již přesný přehled o počtech jednotlivých signálů a jsou natypovány veškeré karty včetně dodatečné rezervy, je nutno vyřešit komunikaci mezi nimi. U PLC Mitsubishi řady Q je toto vyřešeno sběrnici, na níž se jednotlivé karty jednoduše nasadí a není potřeba dalších úprav a propojení. Uspořádání jednotlivých karet může být v jakémkoli pořadí kromě prvních dvou. Ty jsou rezervovány pro zdroj a procesor. Osazení dalších karet může být zcela náhodné, jediným na co je třeba dát pozor je adresace jednotlivých signálů. To je řešeno v hardware konfiguraci vývojového prostředí, pomocí níž můžeme jednotlivé adresy pozměnit, nebo ponechat v původním nastavení, které je u řady Q v šestnáctkové soustavě. Pokud tedy bude po CPU následovat karta digitálních vstupů, jednotlivé vstupy budou adresovány od 0 do F, případně do 1F pokud bude použita karta s 32 bity. Aby byla dodržena možnost rozšířitelnosti, je možné použít sběrnici takovou, u které zůstanou některé sloty neobsazené. Sběrnice jsou dodávány v několika různých provedeních. Jednotlivé varianty se liší podle možnosti připojení různého počtu karet od 3 až po 12, při čemž je možné několik sběrnic propojit navzájem a celou sestavu tak více rozšířit.

Na obr. 3.1 se nachází návrh sestavy řídicího komplexu z prostředí MELSOFT Navigator, ve kterém je možné otestovat energetickou náročnost celé sestavy. Pro napájení karet komplexu a komunikační sběrnice je vybrán zdroj Q61P, který má vstupní napětí 230 V střídavého napětí a výstupní 5 V stejnosměrných při zatížitelnosti proudem 6 A. Za napájecím zdrojem komplexu následuje procesor. Jako vhodné CPU je vybráno univerzální PLC Q03UDE s kapacitou 30 tisíc kroků aplikačního programu, které podporuje připojení až 4096 analogových a digitálních vstupů a výstupů.

Na sběrnicové pozici číslo 0 je připojena karta digitálních vstupů. Podle počtu použitých digitálních vstupů pro připojení základních prvků a udržení rezervy je dostatečná

vstupní karta QX81, která umožňuje připojení 32 signálů o napěťové úrovni 24 V stejnosměrných. Na pozici číslo 1 se nachází karta digitálních výstupů QY81P. Jedná se o tranzistorovou kartu s hodnotou výstupního napětí v rozmezí od 12 do 24 V. Karta má možnost připojení 32 digitálních výstupů, což splňuje podmínku otevřeného systému.

Protože budou k měření bederních opěrek využity analogové senzory, bude potřeba řídicí komplex zařízení vybavit kartami pro převod analogového signálu na digitální. Karta Q64AD na pozici číslo 2 slouží k připojení analogových vstupů. Celkem je možno připojit 4 různé signály, u nichž lze nezávisle definovat příslušné unifikované signály. Protože bude působící síla vytvářena elektropneumatickým proporcionálním regulátorem, je na pozici č. 3 analogová výstupní karta Q64DAN, díky které je umožněno nastavení požadovaného tlaku ve válcích, kterými jsou přitlačovány polštáře. Ke kartě lze připojit 4 kanály s různými unifikovanými signály. Udržení řídicího komplexu jako otevřeného systému je docíleno použitím komunikační sběrnice s maximálním počtem 8 připojených karet při využití poloviny této kapacity. Realizovaný komplex je uveden na obr. 3.2.



Obrázek 3.1: Návrh řídicího komplexu

Po implementaci celého řídicího komplexu do rozváděčové soustavy a elektrického zapojení jednotlivých jeho karet dle manuálů od výrobce je možné začít se samotným připojením jednotlivých komponent. V tomto případě při zapojení digitálních vstupů a výstupů nejsou žádné zásadní skutečnosti, na které by bylo třeba zvláště dávat pozor. Problém může nastat u převodníkových karet analogového signálu na digitální, kdy je třeba dbát na používaný unifikovaný signál jednotlivých připojovaných zařízení a realizovat zapojení v souladu s typem analogového signálu, dle manuálu od výrobce ke konkrétní převodníkové kartě.



Obrázek 3.2: Realizovaný řídicí komplex v rozváděči

Volba operátorského panelu závisí především na zobrazované vizualizaci. Je zvolena taková velikost HMI, která umožňuje zobrazit veškeré potřebné údaje na jednotlivých obrazovkách, aby byly pro obsluhu snadno čitelné. Jelikož jsou využity receptury pro nastavení testovacích hodnot jednotlivých typů výrobků, je zapotřebí volit s ohledem na možný počet těchto receptur i pro případné budoucí rozšíření zařízení o nové produkty.

3.2 Realizace aplikačního software

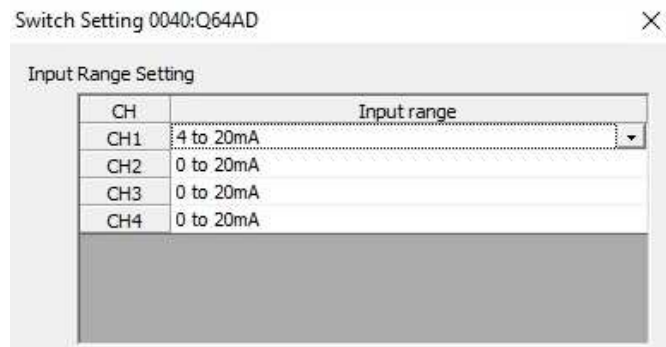
Pokud je realizována hardware sestava komponent řídicího komplexu, je možné začít vytvářet aplikační program. V rámci jeho tvorby je úkolem programátora vytvoření a odladění programu na základě požadavků zadavatele. Způsob, jakým je úkol realizován, je pouze na jeho uvážení, nicméně je dobré zachovat co nejpřehlednější strukturu i kód samotný pro možné úpravy prováděné dalšími osobami. Možných způsobů je několik a jsou závislé na použité sestavě PLC a vývojovém prostředí. Každý výrobce má svou sadu programovacích jazyků, které ale vycházejí ze stejné koncepce logiky výsledného kódu. Teoreticky by měl být program přenositelný z jednoho typu řízení na druhý s drobnými úpravami, které by bylo nutné provést v uspořádání paměťových registrů a označení vstupů a výstupů.

3.2.1 Nastavení parametrů PLC a HMI

Zde jsou obsaženy údaje například o tom, jak se má konečný aplikační program chovat po zapnutí PLC. Jedná se o speciální podmínky pro zvláštní případy, které jsou ponechány v původním nastavení.

Jedním z parametrů, které je potřeba upravit, je nastavení latch oblasti paměti. Ta slouží k uchování dat v příslušných přesně definovaných registrech paměti i po odpojení napájení řídicího komplexu. Součástí této oblasti je část, která je využita pro práci s recepturami na stroji. Receptura slouží k uchování určitých dat, která jsou využívána pro všechny typy výrobků na zařízení, ale s odlišným nastavením jednotlivých parametrů. Poté je již snadné si jednotlivé receptury vybírat pomocí operátorského panelu a zároveň s jeho pomocí jednotlivé parametry upravovat.

Jako další by v této oblasti mohly být uchovány naměřené hodnoty, počítadla dobrých a špatných kusů, případně hodnoty související s měřením testovaných komponent. Mezi ně patří offsety pro snímače, aby mohla být doladěna nulová pozice, případně rozpětí pro jejich kontrolu před začátkem testů, aby mohl být včas detekován problém s měřícím ústrojím.



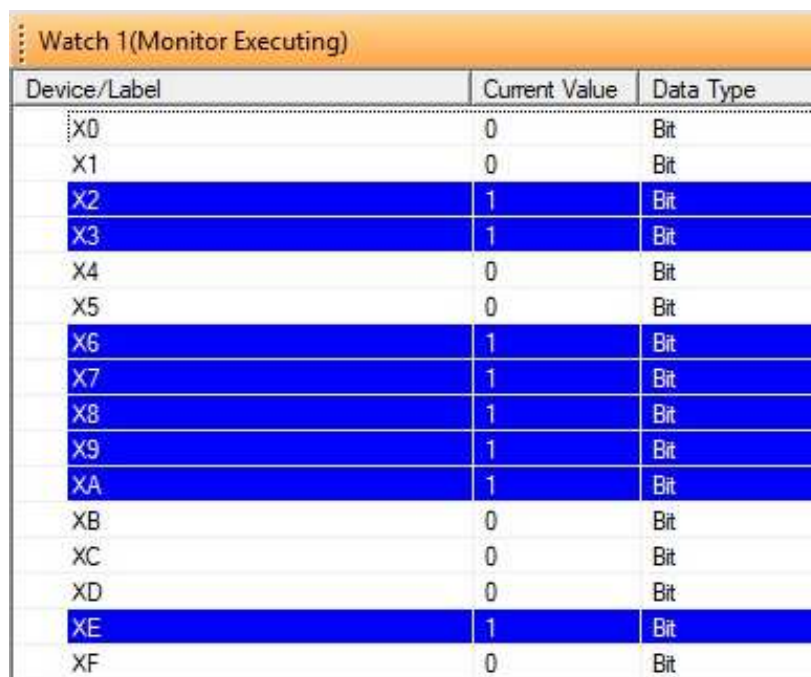
Obrázek 3.3: Konfigurator inteligentního modulu v prostředí GX Works 2

Aby bylo možné definovat konkrétní adresy pro jednotlivá zařízení, je nutné správně nastavit hardware konfiguraci. V prostředí GX Works 2 je prováděno nastavení jednotlivých karet přímo při sestavování hardware konfigurace. Díky jednoduchým a přehledným průvodcům s nápovědou pro jednotlivé parametry je například možné nastavit cílový adresový registr pro analogový převod jeho zadáním v příslušné kolonce. Možný je i postup na základě vzorových příkladů od výrobce, které ale zbytečně zabírají paměť pro aplikační program v PLC.

Pro dálkové připojení k PLC, HMI a jejich připojení k síti, je dalším krokem nastavení IP adres. IP adresy slouží jako jasný identifikátor zařízení ve struktuře podnikové sítě ethernet. Pro komunikaci mezi PLC, operátorským panelem a případnými dalšími zařízeními je potřeba nastavit komunikační porty v obou částech řídicího komplexu.

3.2.2 Test digitálních signálů

Před samotným psaním složitějšího kódu je vhodné veškerá připojená zařízení vyzkoušet. Lze tím předejít dohledávání chyb s nefunkčním vstupem, či výstupem, neboť je z možných příčin vyselektován problém s napsaným kódem. K těmto testům je ve vývojovém prostředí tzv. mód monitoring, ve kterém je možné si nastavit adresy, na nichž jsou daná zařízení připojena a lze jednoduchým způsobem testovat digitální i analogové výstupy a zároveň sledovat stav vstupních signálů.



The screenshot shows a window titled "Watch 1(Monitor Executing)". It contains a table with three columns: "Device/Label", "Current Value", and "Data Type". The table lists digital signals from X0 to XF. The current values are 0 for X0, X1, X4, X5, XB, XC, XD, and XF; and 1 for X2, X3, X6, X7, X8, X9, XA, and XE. All data types are listed as "Bit".

Device/Label	Current Value	Data Type
X0	0	Bit
X1	0	Bit
X2	1	Bit
X3	1	Bit
X4	0	Bit
X5	0	Bit
X6	1	Bit
X7	1	Bit
X8	1	Bit
X9	1	Bit
XA	1	Bit
XB	0	Bit
XC	0	Bit
XD	0	Bit
XE	1	Bit
XF	0	Bit

Obrázek 3.4: Monitoring inteligentního modulu v prostředí GX Works 2

Tento bod postupu se u testovaného zařízení podařilo provést bez komplikací, což bylo předpokládáno, neboť se jedná o relativně jednoduché zařízení z hlediska funkčnosti a počtu komponent. Test byl proveden ihned po zapojení a umístění jednotlivých prvků, aby byli uvolněni konstruktéři zařízení a mohli se věnovat jiným činnostem.

3.2.3 Analogové převodníky

Jelikož se jedná o testovací zařízení, je nutné v aplikačním programu zpracovávat určité naměřené hodnoty. Aby toto bylo umožněno, je nutné dodržet zapojení a nastavení přijímaných signálů na jednotlivých kanálech převodníkových karet na základě použitých snímačů. Hlavním rozdílem je princip funkce, tedy způsob, jakým snímač odesílá naměřenou hodnotu. Aby bylo možné připojit různá zařízení k různým řízením, je k tomu využíváno tzv. unifikovaných signálů. Nejčastěji používané jsou proudové a napěťové s rozdílnými rozsahy hodnot, například 0 - 10 V pokud se jedná o napěťové signály a 4 - 20 mA v případě signálů proudových. Základní nastavení převodníkových karet je v normálním rozlišení 0 - 4000 k, které odpovídá právě těmto unifikovaným signálům. Aby bylo docíleno stavu, kdy tyto signály odpovídají 1:1 hodnotám naměřeným snímači, je nutné tyto hodnoty v k upravit za pomoci přepočtu. Problém nastává v případě potřeby rozlišení velkého rozsahu, kdy může dojít k nelinearitě mezi hodnotou aktuální a převedenou vlivem vzorkovací frekvence dané převodníkové karty, přenosem signálu od snímače a případných rušivých vlivů na elektrickém vedení. Pro vyšší přesnost je možné nastavit vysoké rozlišení v rozsahu 0 - 8000 k. Podobně jako převod analogového signálu na digitální, je třeba u převodu opačného dodržet specifikaci unifikovaného signálu cílového zařízení.

Zapojení převodníků analogového signálu na digitální se podařilo bez problémů otestovat. Komplikace nastaly u opačného, tedy u převodu digitálního signálu na analogový, kdy při zadání hodnoty na příslušné nastavené registry dle hardware konfigurace k převodu nedocházelo. Tyto převodníky jsou použity pro ovládání elektropneumatického PID regulátoru, jehož patřičným nastavením je docílena přítlačná testovací síla na jednotlivé polštáře. K odstranění problému bylo zapotřebí projít manuál od výrobce k dané převodníkové kartě. Bylo zjištěno, že k aktivaci jednotlivých převodních kanálů je zapotřebí tyto kanály aktivovat za pomoci sepnutí příslušné vnitřní proměnné dané karty.

3.2.4 Tvorba funkčních bloků

Funkční bloky velice zrychlují a usnadňují programátorům práci. Jejich výhodou je opakované využití, což je užitečné v případě několika zařízení pracujících stejným způsobem, ale s rozdílnými vstupními a výstupními parametry. Výsledný kód aplikačního programu je kratší a přehlednější, protože dochází k opakovanému volání vytvořeného funkčního bloku. Pro dané zařízení jsou využity pro několik různých účelů.

Jedním je ovládání jednotlivých pneumatických válců. Zde je pohyb jasně dán společně s důrazem na bezpečnost, neboť při přerušení bezpečnostní závory nesmí dojít k žádnému posunu pohyblivých částí zařízení, aby nemohla obsluha přijít k úrazu. Funkční blok pro ovládací ventil byl vzhledem k nekompletnímu zadání několikrát upravován. Způsobila to mylná informace o jeho funkčnosti, kdy nebylo řečeno, že se ovládací ventil vyrábí v několika různých provedeních. Tento důležitý detail byl zjištěn při testech funkčního bloku pro ovládání ventilu, kdy při přivedeném napětí na stejné piny se choval každý ventil rozdílně.

Je dobré předem zvážit, zda je potřeba každé připojené zařízení ovládat v několika různých režimech. Na zařízení v aktuálním řešení jsou použity celkem 3 režimy. Prvním je automatický, který slouží k produkci, tedy testování bederních opěrek. Druhým režimem je ruční, kde je možno jednotlivě ovládat veškeré připojené prvky. Posledním režimem je opakovaná zkouška, která je využita především k opakovanému otestování již vyzkoušených dílů. Tento režim se může hodit zvláště v případě, kdy na zařízení došlo k poruše ovlivňující samotné měření.

3.2.5 Připojení HMI jako ovládacího prvku

Řídicí komplex a HMI⁶ je neodmyslitelným spojením pro možnost ovládání stroje a znázornění vizualizace. Mnoho parametrů, které je potřeba v průběhu času měnit, lze nastavit do receptury. Tyto hodnoty bývají zpravidla pro každý typ rozdílné, ale vycházejí z technologického postupu pro montáž, testování a další úkony s výrobou spojené. Bez navržené a realizované receptury by bylo nutné pro každý typ uchovávat hodnoty uložené v PLC, čímž by došlo ke zbytečnému zabírání jeho paměti.

Dalším důležitým prvkem tohoto spojení je ovládání jednotlivých prvků na zařízení a zpětná signalizace stavu vstupů a výstupů PLC. Tím je docílena prvotní možnost diagnostiky a pomoc při seřizování a opravách stroje. Pokud by nebylo na zařízení HMI, bylo by pro každé ladění nutno připojovat PC a s pomocí vývojového prostředí dané zařízení ovládat.

Možné problémy při nastavení komunikace mezi PLC a HMI závisí od jejího konkrétního použitého typu. V projektu bylo použito propojení pomocí ethernetu. V tom případě je nutné dodržet nastavení v souladu s TCP/IP protokolem, tedy že zařízení budou mít stejnou adresu sítě a shodné nastavení masky a brány. V případě použití PLC a HMI od

⁶HMI je zkratka pro Human–Machine Interface, tzn. rozhraní mezi člověkem a strojem.

firmy Mitsubishi je také nutné v obou zařízeních nastavit komunikační port.

3.2.6 Automatický režim

Když už je celý řídicí komplex oživen, reaguje na podněty z operátorského panelu a veškeré veličiny se zobrazují ve správných jednotkách, je možné začít s tvorbou sekvence automatického režimu dle zadané specifikace. Automatická sekvence testovacího zařízení začíná za určitých podmínek, kterými jsou založení zkompletovaného dílu do přípravku, připojení konektorů pro pumpu a ovládací ventil a opuštění závory. Pokud jsou všechny podmínky pro zahájení sekvence splněny, dochází po opuštění bezpečnostní závory k najezení přítlačných válců na polštář a jeho následnému nafuku. Pokud se polštář nafoukne do mezního času alespoň na požadovanou hodnotu, je nafukován druhý polštář za stejných podmínek. Z funkce ventilu je dáno, že při nafukování druhého polštáře dochází zároveň k vyfukování prvního. V tomto kroku měření jsou hlídány stavy obou polštářů v závislosti na měřicím předpisu. Posledním krokem měření je vyfouknutí druhého polštáře.

Pokud testování proběhne bez problémů, dojde k vyjetí válce s hliníkovým trnem, který označí otestovaný díl, aby bylo možné jej rozeznat od případného vadného kusu. Značení je provedeno na ventil vedle konektoru pro ovládání. V případě vadného kusu naopak dojde k odjetí válce blokujícího bednu umístěnou v pravé spodní části zařízení. Ta slouží jako odkladiště vadných kusů, které jsou po každé směně vybírány a následně analyzovány.

3.2.7 Sběr a archivace dat

Pro budoucí dohledatelnost vyrobených, otestovaných dílů a jejich naměřených veličin je potřeba tyto hodnoty uchovávat. Ve firmě je již zaveden standard pro sběr dat ze strojů a zařízení. Tento systém funguje na základě komunikace mezi OPC serverem a zařízeními v síti. Princip je jednoduchý, pokud má jakékoli zařízení k dispozici data k odeslání, dojde v něm k nastavení serverem monitorovaného komunikačního bitu na hodnotu logické 1. Server má nastavené přesné adresy, ze kterých si stáhne a uloží potřebná data ve dvou formátech k dalšímu zpracování. Jedním z nich je uchování dat pro případné analýzy. Druhý formát je upraven o další přidružené hodnoty a slouží jako databáze k vizualizaci na obrazovkách rozmístěných po výrobní hale a k možnému monitorování výroby ve webovém prohlížeči. V okamžiku, kdy server dokončí ukládání dat, dojde v daném

zařízení k nastavení bitu, který slouží jako potvrzení úspěšného obdržení dat, do hodnoty logické 1. Ten slouží k ukončení komunikace. Případný problém s přenosem dat je zobrazován na HMI jednotlivých zařízeních a je detekován pomocí časovače, který hlídá stav komunikačních bitů. Možné problémy jsou výpadky sítě, při kterých se žádná data neuchovávají. Jelikož server umí stáhnout pouze celá čísla, je nutné při jeho konfiguraci nastavit požadovaná desetinná místa jednotlivých veličin společně s jejich názvy.

3.2.8 Nadstavbové funkce

Mezi nadstavbové funkce stroje patří zejména diagnostické nástroje, rozšířené nastavení zařízení a správa receptur. Pro proces seřízení stroje je vytvořen ruční režim a kontrola nastavení nulového bodu snímačů před začátkem testu.

Podstatným je režim vzorových kusů, ve kterém jsou před začátkem každé výrobní směny provedeny zkoušky na záměrně poškozených dílech, které slouží k ověření a odhalení případného problému v měřícím ústrojí zařízení. Poslední režim je především pro kontrolu správnosti měření, aby bylo možno předejít problému s budoucími reklamami vadných dílů.

Kapitola 4

Otestování zařízení

Před uvedením zařízení do provozu bylo nutné splnit mnoho nezbytných formalit z hlediska jeho bezpečnosti. Protože tyto náležitosti byly vyřešeny, je možné začít s testováním stroje. Z hlediska projektu je nejdůležitějším správná cílová funkčnost. Pro její vyzkoušení je nutné provést zkušební výrobu s ohledem na výskyt možných problémů na zařízení a jejich odstranění před konečnou kontrolou zákazníkem. Aby mohl zařízení uvolnit pro výrobu dodávaných komponent, je potřeba souhlasné stanovisko k veškeré dokumentaci týkající se zařízení a celková kontrola výrobního procesu na pracovišti.



Obrázek 4.1: Realizované zkušební zařízení

4.1 Testy v průběhu realizace

Základem otestování funkce zařízení je průběžné testování po určitých mechanických, nebo softwarových úpravách. Pokud by se s testováním čekalo až do úplného zhotovení zařízení, bylo by obtížné dané chyby najít a odladit, neboť by jich mohlo být mnoho. Díky postupu, který byl aplikován na tvorbu aplikačního programu, se mnoho programových chyb podařilo odstranit před celkovým dokončením zařízení. Zároveň problémy

mechanické, kdy nedocházelo ke správnému vyfukování polštářů a najíždění válců.

Bylo zjištěno, že vedení s ložisky pro přesnou dráhu válců je potřeba více namazat vazelínou a zároveň zvětšit otvory pro vedení válce. Docházelo k zadržávání a ohýbání nástavců na válcích a tím i ke zkreslování výsledků měření při testování komponent a špatnému pohybu válců. Tato závada byla po zjištění napravena úpravou vedení.

Pro test měření byly využity etalony pro vzdálenosti v řadě 10, 15, 20, 40 a 80 *mm*, aby byla ověřena linearita v celém měřicím rozsahu snímače. Na základě testu byla zjištěna chyba převodu analogového signálu, kdy zobrazované jednotky neodpovídaly použitým etalonům. Tento problém byl způsoben rozsahem analogového snímače dráhy. Jeho rozsah 0 až 80 *mm* je menší než dráha válce, která je 100 *mm*. Z toho důvodu bylo nutné upravit přepočítání analogové hodnoty, protože skutečná dráha přesahovala rozsah 0 až 4000 *k*. Po korekci přepočtů a posunutí nulového bodu snímačů na základě zakládacího přípravku byl tento problém odstraněn.

Pro korekci přítláčné síly válců byl využit tenzometr, který se umístil pod válce a postupným otestováním jednotlivých drah byla doladěna přítláčná síla. To bylo provedeno upravením nastavení hodnoty, která ovládá PID regulátor. Aby bylo možné provádět korekce, byla tato hodnota umístěna do receptury pro případné další nastavení.

4.2 Produkční test výroby

Spolehlivým je správně koncipovaný produkční test, při kterém jsou zaznamenány nejdůležitější události během výrobní směny. Mezi ně patří zejména prostoje způsobené chybějícím materiálem na pracovišti a jeho průběžným doplňováním. Produkční testy pomáhají odhalit časté problémy na zařízení a špatnou celkovou ergonomii na pracovišti. Testy jsou prováděny opakovaně a předchází jim nápravná opatření, tedy odstranění problémů a uzpůsobení výrobního procesu zjištěné v testu minulém. Mezi opatřeními jsou i programové úpravy pro tzv. technické redukce, tedy zkrácení výrobního času na zařízení.

Vzhledem k relativní jednoduchosti vytvářeného zařízení není již mnoho prostoru pro zrychlení za pomoci programových úprav. Z hlediska mechanických možností lze pomocí redukčního ventilu na jednotlivých válcích zrychlit jejich pohyby, což v konečném důsledku může vést k jejich rychlejšímu opotřebení.

Samotné testování proběhlo v několika variantách. První byla výroba s obsluhou

jedním člověkem. V tomto případě bylo prováděno pouze testování ke zjištění maximálního výstupu zařízení. Výsledek testu nenaplnil očekávání, neboť za 2 hodiny výroby bylo otestováno pouhých 254 kusů. V porovnání s původním zařízením je to za stejný časový úsek o 34 kusů méně. Rozdíl byl způsoben zakládáním ovládacího ventilu do přípravku. V původním zařízení nemusela obsluha tento úkon provádět. Přípravky bylo nutné upravit broušením, aby šli ovládací ventily snadněji zakládat a seřízením senzoru pro hlídání přítomnosti ventilu, který se nachází ve spodní části přípravku.

Po odstranění zjištěných závad následoval druhý test. Výsledek byl o něco lepší díky usnadnění manipulace s komponenty. Za dvě hodiny výroby se otestovalo 290 kusů, což je již o 2 kusy více oproti původnímu zařízení. Rozdíl není velký, ale bylo počítáno s obsluhou dvěma operátory, aby byly obě stanice nového zařízení využity na plno a nebyl ztracen výrobní čas manipulací s díly. Proto bylo zařízení koncipováno ve větším měřítku než původní, kde nebyla obsluha ve více lidech možná.

Konečný produkční test se dvěma operátory přinesl požadovaný výsledek. Podařilo se dosáhnout rozdílu 20 kusů otestovaných dílů za hodinu navíc oproti původnímu zařízení a byly zjištěny prostoje operátorů při čekání na dokončení cyklu testu. Díky tomu při finálním procesním testu operátoři v mezidobí testování mohli kompletovat díly pro další testování. Tím došlo nejen k navýšení výstupu a snížení zátěže pro obsluhu, ale i k ušetření nákladů na 2 pracovníky, kteří mohou být přiděleni na jinou práci.

Tabulka 4.1: Porovnání produktivity původního a nového zařízení

Zařízení	Původní	Nové
Čas pro testování dílu na jedné stanici [s]	50	43,5
Norma na hodinu zařízení [ks]	144	164
Norma na směnu zařízení [ks]	1080	1230
Počet dílů ročně zařízení [ks]	810 000	922 500
Celkový teoretický zisk [Kč]	-	16 875 000

Tab. 4.1 je teoretickým výpočtem, ve kterém nejsou zohledněny možné prostoje zařízení z hlediska poruch, přestaveb na jiné typy výrobků a různé modifikace včetně jejich testování. Teoreticky by tedy zařízení v případě bezproblémového chodu mělo otestovat o 112 500 kusů více ročně, čímž by se měl firmě navýšit zisk při ceně jednoho kusu výrobku 1000 Kč a nákladech na materiál 850 Kč o 16 875 000 Kč ročně. Do této úvahy nejsou zahrnuty náklady na provoz zařízení, zejména elektrická energie a dodávka stlačeného vzduchu, případně mzda obsluhy. Jako výrobní rok je uvažováno 50 pracovních týdnů s 5 pracovními dny v provozu na tři směny.

Kapitola 5

Závěr

Při testech zařízení došlo ke zjištění nedostatků na které bylo upozorněno již při konstrukci a dalo se jim předejít. Bohužel hlavní důraz byl kladen na nízkou výrobní cenu, což se nakonec také projevilo.

Prvním z nich byl problém se zakládáním zkoušených dílů, přesněji s kontaktováním ovládacího ventilu. I přes doporučení provádět jej automaticky bylo zadavatelem shledáno nadbytečným, ačkoli by se nejednalo o velkou cenovou položku navíc. Docházelo k překlešení kabelů vlivem časté manipulace operátora a bylo nutné několikrát týdně tyto kabely na obou stanicích vyměnit. Vzhledem k tomu, že se s přidáním ventilů pro automatické kontaktování z počátku nepočítalo, bylo nutné zařízení rozšířit, což znamenalo další práce na zařízení a jeho odstávky.

Dalším problémem bylo hlídání etikety, která je na dílu nalepena pro jeho přesnou identifikaci vzhledem ke zpětnému dohledání v případě řešení problému. Bylo upozorněno na nemožnost kontrolovat obsah QR kódu na etiketě, neboť nebylo s jakými daty ji porovnat. Tyto štítky jsou tisknuty u vedoucích směn a následně lepeny na díly při montáži. Aby bylo možné porovnávat jejich údaje, bylo by nutné na zařízení přidat tiskárny pro jejich tisk a čtečky pro možnost porovnat údaje vytištěné s údaji požadovanými.

Vzhledem k jednotlivým bodům zadání došlo ke snížení zátěže obsluhy zařízení, neboť již nemusejí zvedat závaží pro dosažení přitlačné síly 50 N na polštář. Tím došlo i ke zrychlení testování dílů. Celkové navýšení výstupu se podařilo dosáhnout, dle tab. 4.1. Rozdíl v počtu vyrobených a otestovaných kusů je z důvodu provedené automatizace 20 kusů navíc oproti původnímu stavu. Díky možnosti obsluhovat nové zařízení dvěma lidmi zároveň je umožněno obsluze na zařízení nejen testovat, ale zároveň v době mezi testováním a odebráním odzkoušeného dílu kompletovat následující díl. Tím je využito plného zatížení obsluhy oproti původnímu zařízení, kde sice bylo možné dva díly zkoušet

zároveň, ale obsluha musela mít tyto díly již sestavené a připravené k testování.

Z hlediska funkčnosti zařízení se podařilo dosáhnout splnění všech bodů zadání. Nové zařízení je schváleno pro testování kompletů bederních opěrek. Aplikační program je realizován tak, aby umožnil přidání kroků do již hotové sekvence s dostatečnou rezervou. Na zařízení postupně probíhají další úpravy nad rámec původního zadání. Tyto úpravy jsou realizovány z důvodu nápravných opatření proti reklamacím na zařízeních podobného typu.

Možným rozšířením zařízení by mohlo být přidání tiskáren pro každou stanici a tisk štítků přímo při výrobě. Tento krok by navíc usnadnil kontrolu etiket označujících díly, neboť by byla jasně specifikována data k porovnání při využití čtecích zařízení, která by musela být implementována. To by si vyžádalo rozšíření řídicího komplexu o komunikační rozhraní.

Jelikož je možné současně testovat a kompletovat další díly, je možné v budoucnu případně provést automatizaci montáže a propojit ji se zkušebním zařízením. Tím lze zajistit zamezení otestování jiného dílu, než právě zkompletovaného a předejít problémům ve výrobním procesu. Zejména odložení neodzkoušeného dílu mezi již odzkoušené.

Literatura

MARTINEK, R. (2004), *Senzory v průmyslové praxi*, Praha: BEN – technická literatura.
ISBN 80-7300-114-49788073001148.

MARTINÁSKOVÁ, M. A ŠMEJKAL, L. (2002), *PLC a automatizace: 1. díl -
Základní pojmy, úvod do programování*, Praha: BEN – technická literatura.
ISBN 80-86056-58-99788086056586.

SCHENK, C. (2009), *MiKTeX* [online]. [cit. 2009-06-16], <http://www.miktex.org/>.

Příloha A

Obsah příloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v \LaTeX 2e: složka obsahující absolventskou práci vytvořenou v \LaTeX 2e
- Dokumentace PLC AP 1276: výpis aplikačního programu PLC z vývojového prostředí ve formátu PDF
- Dokumentace HMI AP 1276: výpis aplikačního programu HMI z vývojového prostředí ve formátu PDF
- Použité prvky, ceník řídicího komplexu: Tabulka použitých komponent pro řídicí komplex ve formátu XLSX
- Salzman_AP_2018_2019.pdf: absolventská práce ve formátu PDF

Příloha B

Použitý software

L^AT_EX 2_ε [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/)

Mitsubishi/GX Works 2 [⟨https://cz3a.mitsubishielectric.com/fa/cs/⟩](https://cz3a.mitsubishielectric.com/fa/cs/)

Mitsubishi/GT Designer 2 [⟨https://cz3a.mitsubishielectric.com/fa/cs/⟩](https://cz3a.mitsubishielectric.com/fa/cs/)

Mitsubishi/MELSOFT Navigator [⟨https://cz3a.mitsubishielectric.com/fa/cs/⟩](https://cz3a.mitsubishielectric.com/fa/cs/)

WinEdt 5.3 [⟨http://www.winedt.com/⟩](http://www.winedt.com/)

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo jeho licenci toho času vlastní Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a tvořil tuto práci, nebo je licence vlastnictvím firmy Alfmeier CZ s.r.o., kde byl téhož času autor zaměstnán.

Příloha C

Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
tvorba zadání	3 měsíce	30.05.2018	30.05.2018
zjištění aktuálního stavu	1 měsíc	15.06.2018	15.06.2018
návrh liniového schématu a výběr prvků	1 měsíc	15.07.2018	20.07.2018
konstrukce kostry zařízení a osazení rozváděče	1 týden	20.07.2018	24.07.2018
osazení prvků a kabeláže	2 týdny	03.08.2018	01.08.2018
vytvoření software + vizualizace	2 měsíce	01.10.2018	06.10.2018
testování a ladění zařízení	1 měsíc	01.11.2018	03.11.2018
AP: kapitola Úvod	2 týdny	15.12.2018	13.12.2018
AP: kompletní text	6 měsíců	17.03.2019	7. 5. 2019