VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

NÁVRH INOVACE TERMOFORMOVACÍHO STROJE

INOVATION DESIGN OF THERMOMOULD MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — **BC. PETR SIPTÁK**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **DOC. ING. BRANISLAV LACKO, CSC.**
SUPERVISOR

BRNO 2012

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

(na místo tohoto listu všijte originál a nebo kopii zadání Vaš práce)

ABSTRAKT

Cílem práce je navrhnout inovaci termoformovacího stroje tak, aby se eliminovala složitá výměna rozdělovníku nahrazením trvalého nastavitelného kusu. Diplomová práce ukazuje aplikaci automatizace ve výrobě u malé potravinářské firmy, a proto obsahuje popis problematiky využívání současných automatizačních prostředků v podmínkách malých a středních firem (SME – Small and Middle Enterprise). Práce popisuje řešení univerzálního rozdělovníku tlakového vzduchu a jeho ovládání prostřednictvím řídicích systému, který je realizován jednoúčelovou deskou, osazenou mikroelektonickými součástkami. Na závěr je proveden ekonomický rozbor navrženého řešení.

ABSTRACT

The aim of the thesis is to propose the innovation of thermomould machine so that the complicated substitution of the distribution plate is eliminated. The diploma thesis documents the application of automatization in a small food processing company and contains a description of problems connected to the use of automatization in small and middle enterprises (SME). The thesis describes the solution of the universality of the distribution plate and its control by means of an operating systém that is implemented with a single-purpose board that is equipped with microelectronic components. The thesis ends with an economic analysis of the suggested solution.

KLÍČOVÁ SLOVA

Termoformovací stroj, blistr, rozdělovník, forma.

KEYWORDS

Thermomould machine, blister, distribution plate, form.

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že diplomová práce byla zpracována samostatně, veškeré použité zdroje a literatura jsou řádně citovány a odkazy jsou uvedeny v rejstříku literatury.

Brno, 22.5.2012 Petr Sipták

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SIPTÁK, P. *Návrh inovace termoformovacího stroje.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 51 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Branislav Lacko, CSc..

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji doc. Ing. Branislavu Lackovi za podmětné připomínky k diplomové práci.

Obsah:

Zadání závěrečné práce 3
Abstrakt 5
Prohlášení o originalitě 7
Poděkování 9
Seznam použitých zkratek 12
1. Úvod 13
1.1. Vymezení problematiky diplomové práce 13
1.2. Automatizace v malých firmách 13
2. Cíle diplomové práce 21
3. Popis současného stavu 23
3.1. Princip formování 23
3.2. Výměna rozdělovníku 27
4. Návrh nového řešení 29
4.1. Osazení elektroventily 30
4.2. Řízení průtoku vzduchu jednotlivými otvory pomocí vzájemně kolmých tyčí 30
4.2.1. Použití tyčí kruhového průřezu 30
4.2.2. Použití tyčí čtvercového průřezu 31
4.3. Výroba zkušebního přípravku 31
5. Varianty automatického ovládání řídících prvků univerzálního rozdělovníku 35
5.1. Automatické ovládání pomocí PLC Siemens 35
5.2. Automatické ovládání pomocí logických obvodů 37
6. Vybrané řešení automatizovaného ovládání 39
6.1. Postup návrhu řídicí desky 39
6.2. Vlastní řešení řídicího systému 40
7. Realizace a ověření návrhu 43
7.1. Poznámky k realizaci 43
7.2. Ekonomický rozbor 44
8. Závěr 47
9. Seznam použité literatury 49
10. Seznam příloh 51

Seznam použitých zkratek

AMSP	Asociace malých a středních podniků
DPS	Deska plošných strojů
MSP	Malý a střední podnik
PLC	Programable Logical Controller
SME	Small and Middle Enterprise
BCD	Binary Coded decimal
NAND	Negovaný logický součin
EEPROM	Elektricky programovatelná paměť
RAM	Random Access Memory
CPU	Central Processing Unit
RTC	Real Time Clock
LCD	Liquid Crystal Display

1. ÚVOD

1.1. Vymezení problematiky diplomové práce

Soudobé automatizační prostředky umožňují, aby výhod automatizace mohly využívat i malé a střední firmy. V minulosti bylo možno automatizaci zavádět jen ve velkých firmách s velkosériovou nebo hromadnou výrobou. [3]

Firma Čokoládovny Fikar se svými 35 zaměstnanci patří mezi malé firmy. Vyrábí tvarované čokoládové výrobky ve středně velkých sériích. Ve srovnání s minulosti se musí vypořádat s požadavky zákazníků, ze kterých vyplývá potřeba v krátkých časových limitech měnit výrobní sortiment.

Problémem, který řeší předložená diplomová práce, je nahradit dosavadní, jednoúčelové rozdělovníky vzduchu, které je potřeba neustále vyměňovat, jakmile se mění forma, za stálý, ale nastavitelný kus. Tato inovace by zlevnila výrobu a zjednodušila obsluhu při výrobě těchto plastových forem.

Kromě nové konstrukce rozdělovníku vzduchu je potřeba vyřešit i jeho nastavení pro konkrétní formu. Diplomová práce řeší jak toto nastavování řešit s využitím automatizace.

1.2. Automatizace v malých firmách

V minulosti byla automatizace ztotožňována s takovými pojmy jako „velká firma“ a hromadná výroba. Bylo to způsobeno tím, že finanční náklady na vyřešení a realizaci automatizace byly velmi vysoké a vyplatily se jen v případě velkosériové a hromadné výroby. Jednalo se většinou o nepružnou automatizaci, tj. jednoúčelově navrženou pro jeden určitý druh výrobku. Dalším důvodem byl poměrně složitý proces návrhu automatizace a složitý postup zavádění automatizace, který dokázaly zvládnout jen velké firmy [1,2].

Současné automatizační prostředky dovolují využívat výhody automatizace i malým a středním firmám. To je velmi důležité, protože v tržní ekonomice mají hospodářské výsledky malých a středních firem velký význam pro každé národní hospodářství a podílejí se významnou měrou na vytváření hrubého národního produktu každého státu.

Problematice malých a středních podniků se věnuje Asociace malých a středních podniků a živnostníků České republiky (AMSP ČR) (http://www.amsp.cz), která na svých stránkách blíže vymezuje pojem MSP – malého a středního podniku (ekvivalentní anglický termín SME - Small and Midddle Enterprise). Na problematiku zavádění automatizace v MSP upozornila Českomoravská společnost pro automatizaci prostřednictvím časopisu AUTOMA [18].

Pod pojmy: drobný, malý a střední podnikatel chápeme takto (viz [13, 14]):

Za drobného, malého a středního podnikatele –MSP ve smyslu § 2, odst. (2) písm. a), b) a c) Obchodního zákoníku:

1. Se považuje podnikatel, pokud:
   - zaměstnává méně než 250 zaměstnanců,
   - jeho aktiva, majetek nepřesahují korunový ekvivalent částky 43 mil. EUR nebo má obrat/příjmy nepřesahující korunový ekvivalent 50 mil. EUR
2. Za malého podnikatele se považuje podnikatel, pokud:
   - zaměstnává méně než 50 zaměstnanců,
   - jeho aktiva/majetek, nebo obrat/příjmy nepřesahují korunový ekvivalent 10 mil. EUR.

3. Za drobného podnikatele se považuje podnikatel, pokud:
   - zaměstnává méně než 10 zaměstnanců a
   - jeho aktiva/majetek nebo obrat/příjmy nepřesahují korunový ekvivalent 2 mil. EUR.
4. Údaje o počtu zaměstnanců a o hodnotě aktiv/majetku, resp. o výši obratu/příjmů zjišťují:
   - podnikatelé vedoucí účetnictví z údajů uvedených v účetní závěrce sestavené a potvrzené podpisovým záznamem statutárního orgánu za účetní období bezprostředně předcházející období, v němž je podána žádost o podporu (dále jen „poslední uzavřené účetní období“) a
   - podnikatelé vedoucí daňovou evidenci z údajů uvedených v přiznání k dani z příjmů podaném za zdaňovací období bezprostředně předcházející zdaňovacímu období, v němž je podána žádost o podporu (dále jen „poslední uzavřené zdaňovací období“),
5. Malý a střední podnikatel, který zahajuje podnikání, stanoví hodnoty uvedené v bodu 1, 2.a 3. vlastním kvalifikovaným odhadem, a to pro první účetní období, ve kterém bude provozována podnikatelská činnost po dobu alespoň 12 po sobě jdoucích kalendářních měsíců, resp. pro první zdaňovací období, ve kterém bude provozována podnikatelská činnost po celé zdaňovací období.

V další části materiálu o malých a středních podnicích AMSP ČR se uvádí, že zařazení do této kategorie se provádějí podle následujících faktů:

1. Zdrojem informace o počtu zaměstnanců jsou údaje o počtu zaměstnanců předávané České správě sociálního zabezpečení.
2. Obratem se rozumějí výnosy bez daně z přidané hodnoty a dalších nepřímých daní. Příjmy se rozumějí bez daně z přidané hodnoty a dalších nepřímých daní.
3. Zdrojem informace k ověření údajů o výši obratu je pro subjekty vedoucí účetnictví výkaz zisku a ztráty podnikatelského subjektu. Zdrojem informací pro ověření údajů o výši příjmů jsou pro subjekty vedoucí daňovou evidenci údaje o příjmech a výdajích v daňové evidenci podle § 7b zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů.
4. Zdrojem informace k ověření údajů o výši aktiv je pro subjekty vedoucí účetnictví Rozvaha podnikatelského subjektu. V případě subjektů vedoucích daňovou evidenci se jedná o majetek zjištěný z údajů v daňové evidenci podle § 7b zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů.
5. Zdrojem informací o vztazích mezi partnerskými a spojenými podniky jsou např. smlouvy uzavřené s daným podnikem, ustanovení v memorandech nebo stanovách.

Kategorie podniku	Počet zaměstnanců	Obrat	Úhrn výsledovky
Drobný	< 10	< 2 mil. €	< 2 mil. €
Malý	< 50	< 10 mil. €	< 10 mil. €
Střední	< 250	< 50 mil. €	< 43 mil. €

Toto vymezení je velmi důležité, protože existuje řada podpůrných programů a fondů jak v rámci ČR tak v rámci EU, které umožňují takových firmám využívat příslušných finančních prostředků k podpoře vlastního podnikání, pokud prokáží, že vyhovují zadaným pravidlům. Firma Čokoládovna Fikar do této kategorie podniků podle těchto kritérií patří.

Z hlediska zavádění a využívání automatizace mají malé a střední podniky celou řadu specifik [15]. Tato specifika potvrdil také průzkum o postojích českých firem k automatizaci [10].

Zejména je potřeba zdůraznit:

- Malý počet vyráběných výrobků
- Různost v sortimentu výrobků

- Časté reakce na odlišné požadavky zákazníků
- Firma si nemůže dovolit platit trvale pracovníky, kteří by se starali o racionalizaci výroby a zavádění automatizace. Proto tyto činnosti musí de facto zajišťovat majitel nebo jako kumulovanou pracovní činnost některý jiný pracovník firmy mimo svoji běžnou pracovní náplň.
- Malé firmy nemají dostatek volných investičních prostředků a obtížně získávají větší úvěry u bank. Z toho vyplývá požadavek na co nejnižší náklady požadovaného automatizovaného řešení.
- Malé firmy potřebují rychlou návratnost vložených finančních prostředků do automatizace.
- Jsou závislé na externí poradenské činnosti v oblasti automatizace
- Musí jim být informace o nových možnostech a nabídce automatizačních prostředků poskytovány adresně a z vnějších zdrojů. Pracovníci MSP nemají časový prostor pro zjišťování a vyhledávání takových informací.
- Potřebují, aby dodané automatizační řešení bylo dodáno i při nízkých nákladech „na klíč"
- Musí se mít možnost opřít do levný a operativní servis a údržbu zakoupených automatizačních prostředků přičemž předpokládají, že používané automatizační prostředky budou vysoce spolehlivé a budou mít levný provoz.

Zde jsem se snažil zdůraznit jen nejdůležitější aspekty, ke kterým MSP přihlížejí, mají-li se rozhodnout kladně pro využívání automatizace ve své výrobě.

Tyto požadavky MSP zaregistrovaly výrobci automatizačních prostředků a začaly dodávat na trh výrobky, které splňují požadavky MSP.

Jako příklady lze uvést např. výrobek PLC easy Control firmy Moeller [17] a kompaktní PLC firmy Mitsubishi Electric [25].

Easy Control EC4-200 je jednoduchý programovatelný automat, který v nabídce firmy Moeller vytváří takový most mezi programovatelnými řídícími relé Easy a výkonnými PLC řady Xsystem (XC100, 200). Jde tedy o výkon plnohodnotného PLC ve formátu řídícího relé Easy 800. Umožňuje totiž mimo programování liniovými diagramy (reléová schémata), také příkazy a funkčními schématy. Zároveň PLC obsahuje i programovatelné binární a analogové vstupy/výstupy, bezdrátovou komunikaci, síťovou komunikaci přes CAN open nebo zápis a čtení z paměťové karty.

Obr.1 PLC easy Control firmy Moeller

Řada EC4-200 obsahuje řídicí automaty, které se liší displejem a významem vstupů a výstupů:

Typ	Vlastnosti tlačítka /displej	Tranzistorové výstupy	Reléové výstupy
EC4P-221-MTXD1	Ano	8	Ne
EC4P-221-MTXX1	Ne	8	Ne
EC4P-221-MRXD1	Ano	Ne	6
EC4P-221-MRXX1	Ne	Ne	6

Jako nejdůležitější vlastnosti PLC easy Control EC4-200 je možno uvést:

- CPU: 16bitové MCU SAF-XC161CJ-16F40F s výkonem 300 µs/1 000 instrukcí
- Paměť: EEPROM programu 256 kB, RAM pro proměnné 224 kB, integr. obvody Samsung
- Napájení: 24 V DC / 5 W
- Vstupy - sdílené binární a analogové:
  - 12 binárních (spínací hranice 8 V)
  - 4 analogové (rozsah 0 až 10 V, 10bit. A/D převodník)
- Výstupy:
  - 6 reléových (250 V AC/ 8 A) nebo 8 tranzistorových (24 V DC/0.5 A)
  - příp. 2 analogové (napěťové 0 až 10 V)
- Komunikace:
  - Easy-NET (pro připojení k relé Easy)
  - RS-232 - RJ45 (připojení k PC)
  - CANopen (připojení k jinému PLC)
  - příp. Ethernet (Modbus/TCP)
- Čtení a ukládání dat: na MMC kartu přes vestavěné rozhraní
- Další periferie:
  - hodiny reálného času (RTC)
  - rychlé obousměrné 32/16bit. čítače (max. 50 kHz)
  - grafický LCD displej pro zobraz. informací a hodnot
  - tlačítka pro ovládání programu i pohybu v menu displeje
- Provozní teplota: –25 až +55 °C
- Rozměry: 107.5 x 90 x 72 mm
- Krytí: IP20
- Programování:
  - dle standardu IEC 61131-3 (6 programovacích jazyků: IL, LD, FBD, ST, CFC a SFC)
  - pomocí PC softwaru easy Soft CoDeSys
  - knihovny připravených funkcí (nastavení času, komunikace, zobrazení na displeji, čítání/časování atd.)

Hlavní oblastí použití jsou:

- Automatizace domácností - řízení osvětlení, topení, žaluzií, vrat apod.
- Řídící jednotka pro zabezpečovací systémy
- Řízení výrobních strojů a přístrojů
- Řízení motorů (čerpadel, generátorů apod.)
- Měření a regulace (např. teploty, tlaku, výšky hladiny, zatížení apod.)
- Deterministické systémy (systémy složené z více rovnocenných propojených PLC)
- Řízení průmyslových výrobních a dopravních linek
- Vizualizace a HMI rozhraní
- atd.

Na mezinárodním veletrhu v Hannoveru v loňské roce představila firma Mitsubishi Electric široké veřejnosti novou generaci kompaktních, resp. kompaktně modulárních PLC s označením FX1S/FX1N.

Tyto řady navazují na úspěšné starší verze FX0S/FX0N, přičemž byly zachovány stejné rozměry a 100% softwarová i hardwarová kompatibilita (možnost použít stávající rozšiřující moduly). I přesto se podařilo výrazně zlepšit všechny základní parametry, zejména rychlost zpracování programu, velikost programové paměti, rozšíření souboru instrukcí, počet vnitřních proměnných a možnosti komunikace.

Nejlepší přehled o provedených změnách lze získat z níže uvedené tabulky.

Zvlášť upozorňujeme na několik výrazných odlišností oproti starším systémům, popř. obdobným systémům jiných výrobců. Zvýšením rychlosti vstupů (60 kHz) a výstupů (100 kHz) spolu se softwarovou podporou umožňuje toto PLC snadno ovládat dvě nezávislé osy bez nutnosti použít další polohovací moduly.

Další nezvyklé vylepšení spočívá v možnosti doplnit jej o zabudovaný displej, umožňující monitorovat vnitřní proměnné, jejich nastavení a editaci. Touto vlastností doposud disponovaly pouze tzv. mikro-PLC, jejichž technické možnosti jsou však nesrovnatelně menší než možnosti popisovaných PLC.

Všechny uživatele jistě potěší i skutečnost, že i přes všechna vylepšení nebude zvýšena cena oproti starším verzím.

Z uvedených skutečností je patrná snaha firmy Mitsubishi Electric nejen udržet, ale i dále upevnit svou pozici světové jedničky v produkci kompaktních a kompaktně modulárních PLC.

Následující tabulka uvádí porovnání starších a nových typů řídicích systémů. Ze srovnání je patrné nárůst funkcí i výkonu.

		FX0S	FX1S (novinka)
Základní jednotka		10, 14, 20 nebo 30 I/O	
Celkový max. počet I/O		30	
Rozměry š × v × h (mm)		(60 až 105) × 90 × 75	(60 až 100) × 90 ×75
Napájení		24 V DC, 230 V AC	
Výstupy		tranzistor, relé	
Analogový vstup		ne (pouze přes převodník)	
Analogový výstup		ne (pouze přes převodník)	
Programová paměť (EEPROM)		800 kroků	2 000 kroků
Externí paměťová kazeta (8 tisíc kroků EEPROM)		ne	ano
Doba zpracování logické instrukce		1,6 µs	0,55 µs
Vnitřní proměnné	merkry	632 (16 zálohovaných)	1 920 (1 270 zálohovaných)
	časovače	56 (10 ms,100 ms)	66 (1 ms,10 ms,100 ms)
	čítače	20 (4 zálohované)	46 (30 zálohovaných)

	registry	61 (2 zálohované)	2 009 (1 628 zálohovaných)
Potenciometr pro zadávání hodnoty		1	2
Hodiny reálného času		ne	ano
Instrukční soubor		57 instrukcí	114 instrukcí
Integrovaný PID regulátor		ne	ano
Polohovací instrukce		ne	ano
Max. rychlost vstupů		7 kHz	60 kHz
Max. rychlost výstupů		2 kHz	100 kHz
Integrovaný displej		ne	volitelné příslušenství
Možnosti komunikovat (mimo programovací port)		ne	RS-232, RS-422/RS-485
Cena základní jednotky		5 590 Kč (FX0S-10MR-DS)	5 590 Kč (FX1S-10MR-DS)
Cena programovacího softwaru (FX-WIN)		4 623 Kč	4 623 Kč

	FX0N	FX1N (novinka)
Základní jednotka	24, 40 nebo 60 I/O	14, 24, 40 nebo 60 I/O
Celkový max. počet I/O	128	
Rozměry š × v × h (mm)	(130 až 185) × 90 × 75	(90 až 175) × 90 × 75
Napájení	24 V DC, 230 V AC	12 až 24 V DC, 230 V AC
Výstupy	tranzistor, relé	
Analogový vstup	ano (max. 32) rozlišení 16 bitů	
Analogový výstup	ano (max. 32) rozlišení 12 bitů	
Programová paměť (EEPROM)	2 000 kroků	8 000 kroků
Externí paměťová kazeta (8 tisíc kroků EEPROM)	ano	
Doba zpracování logické instrukce	1,6 µs	0,55 µs

Vnitřní proměnné	merkry	697 (128 zálohovaných)	2 792 (2 142 zálohovaných)
	časovače	56 (10 ms,100 ms)	257 (1 ms,10 ms,100 ms)
	čítače	20 (4 zálohované)	235 (198 zálohovaných)
	registry	61 (2 zálohované)	8 260 (7 872 zálohovaných)
Potenciometr pro zadávání hodnoty		2	
Hodiny reálného času		ne	ano
Instrukční soubor		64 instrukcí	114 instrukcí
Integrovaný PID regulátor		ne	ano
Polohovací instrukce		ne	ano
Max. rychlost vstupů		5 kHz	60 kHz
Max. rychlost výstupů		2 kHz	100 kHz
Integrovaný displej		ne	volitelné příslušenství
Možnosti komunikovat (mimo programovací port)		RS-232, RS-422/RS-485 otevřené sítě (Profibus DP, ASi, DeviceNet), firemní sítě I/O-link, CC-link	
Cena základní jednotky		10 858 Kč (FX0N-24MR-DS)	10 858 Kč (FX1N-24MR-DS)
Cena programovacího softwaru (FX-WIN)		4 623 Kč	4 623 Kč

Uvedení těchto řídicích systémů potvrzuje orientaci firmy na problematiku zavádění automatizace v malých firmách prostřednictvím cenově dostupných automatizačních prostředků.

Systémy u nás prodává a nasazuje zejména firma AutoCont Control Systems s. r. o.

Řada odborníku však upozorňuje, že malá kvalifikace a znalosti v otázkách automatizace u pracovníků MSP způsobuje, že mnohdy návrh a zavádění automatizace nemá dobré výsledky.

Pracovníci v MSP, kteří jsou pod velkým časovým tlakem, řadu problémů podceňují, nekvalifikovaně se rozhodují a dělají mnoho chybných rozhodnutí. Například v současné době ji nevšímají otázky informatické bezpečnosti při automatizovaném řízení [11] a podceňují zásadu, že často nejlevnější řešení nebývá to nejlepší [12]

Obecně lze konstatovat, že současné automatizační prostředky jsou nástrojem pro automatizaci i pro MSP, zejména z těchto důvodů:

- Malé rozměry
- Nízká cena, jak v absolutním měřítku, tak v poměru cena/výkon
- Jednoduchý a spolehlivý provoz s nízkou spotřebou el. energie
- Rychlá možnost nasazení a jednoduchá instalace
- Snadná obsluha
- Možnost rychlých servisních služeb s využitím on line servisu prostřednictvím vzdáleného připojení na počítačovou síť
- Široká nabídka různých typů modelů jednotlivých zařízení, aby bylo možno koupit právě

takový, který zákazníkovi vyhovuje a zákazník nemusel platit nadbytečný výkon

- Kvalitní nabídka poradenských služeb poskytovaných dnes i prostřednictvím www stránek sítě Internet nebo prostřednictvím on line komunikace např. přes službu SKYPE
- Vysoký stupeň programovatelnosti, což umožňuje rychlou změnu programu a tím pružnou reakci na změny ve výrobě

2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cíle diplomové práce jsem odvodil z jejího zadání:

1) Navrhnout nahrazení speciálních rozdělovníků vzduchu univerzálním, stálým kusem.
2) Zpracovat varianty automatického ovládání prvků univerzálního rozdělovníku.
3) Konkretizovat a propracovat řešení vybrané varianty automatického ovládání.

Realizaci a ověření navrženého řešení jsem se rozhodl realizovat na konkrétním termoformovacím stroji, který je používán převážně na výrobu plastových blistrů do obalů a plastových forem na vytvarování čokolády.

Inovace se netýká celého stroje, ale jeho příslušenství, ke kterému patří formy s rozdělovníky vzduchu.

Inovace musí být realizovatelná v podmínkách malé firmy při nízkých nákladech.

3. POPIS SOUČASNÉHO STAVU

3.1. Princip formování

V provozu čokoládovny je mimo jiné operace provádí formování výrobků z PVC folie. Jedná se především o tzv. blistry, což jsou plastové výlisky v bonbonierách nebo v adventních kalendářích, které se následně naplní čokoládou a dají do papírového obalu. Také se vyrábí plastové formy na různé čokoládové figurky a tabulky. Rozdíl mezi těmito dvěma typy výrobků je ten, že v prvním případě se dostane plastový výlisek ke konečnému zákazníkovi, kdežto v druhém případě nikoli. To má vliv i na přístup k výrobě tzv. kopyt, tedy forem, podle kterých se formuje plastový výlisek, a k následnému vlastnímu formování. Zatímco v případě blistrů do bonboniér záleží i na kvalitě a estetičnosti celé plochy, tedy i okolí vložených bonbónů, v případě forem záleží pouze na tvaru, do kterého se čokoláda odlévá. Na formy se tedy používá silnější, obyčejně průhledná folie, kdežto na blistry do bonboniér obvykle stříbrná nebo zlatá folie.

Pro formování se používá termoformovacího stroje typu 2LD 4358 od firmy 2LD Plastic s.r.o., Nový Bydžov. [4]

Základní technické parametry jsou:

Pracovní plocha	430 x 580mm
Hloubka / výška výlisku	negativ 100mm
Max.šíře materiálu	610mm
Max.síla materiálu	0,17-1mm
Max.průměr role	1m
Rychlost	35cyklů/min
Tlak vzduchu	0,6-0,9MPa
Příkon	15kW
Spotřeba vody	5l/min
Spotřeba stlačeného vzduchu	0,6m3/min
Váha	2000kg
Rozměry š x v x d	1,5 x 2,3 x 2,3m

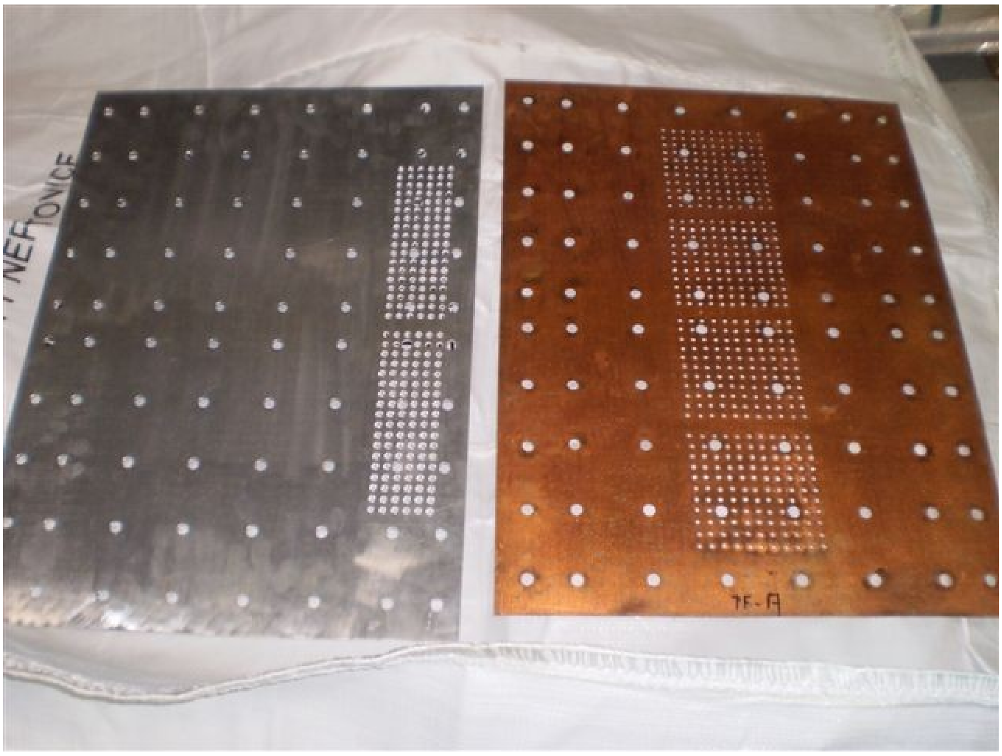
Obr.2 Celkový pohled na termoformovací stroj

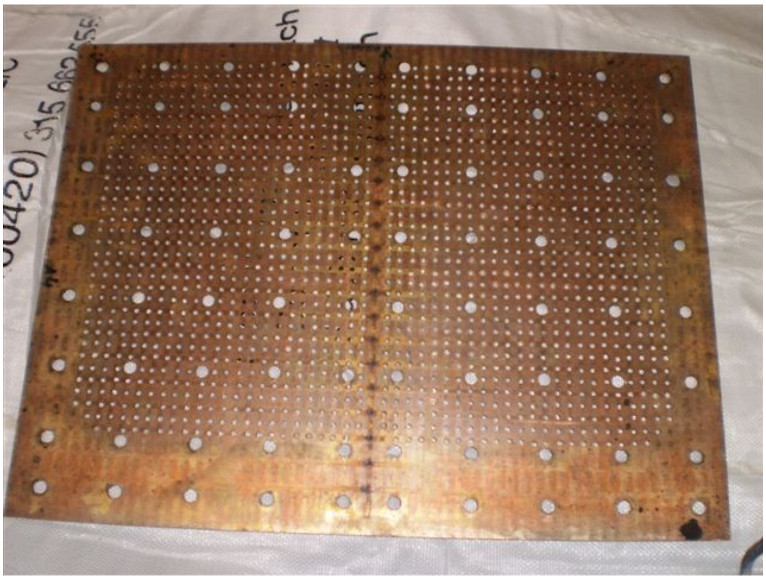
Princip formování plastu na termoformovacím stroji je následující:

Vzduch z kompresoru přichází přes ventil do spodní ocelové desky, ve které jsou tři topná tělesa, napájená každé jednou fází třífázového rozvodu elektrického proudu. V desce jsou zabudována tři teplotní čidla, pomocí nichž je regulována teplota desky, nastavitelná na displeji stroje. Vzduch odchází ze spodní desky 2090-ti otvory o průměru 5mm, rozloženými v rastru 55 x 38 a vzájemnou vzdáleností 10mm od sebe. Na spodní desku přiléhá tzv. rozdělovník, jehož úprava je hlavním cílem mé práce. Tento díl je z hliníkového plechu tloušťky 3mm, ve kterém jsou vyvrtány otvory o průměru 2mm. Jejich počet a rozložení odpovídá tvaru formy, která je právě používána v horní části stroje. Dále následuje horní ocelová deska, ve které jsou vyvrtány otvory ve stejném rozložení, jako ve spodní desce, ovšem o průměru 0,5mm, což zabrání otisku otvorů do formovaného výrobku.

Obr.3 Pohled na horní a spodní desku s 2090-ti otvory

Je tedy zřejmé, že při změně formy musí dojít i k výměně rozdělovníku, protože při menší formě než je rozložení děr v rozdělovníku by docházelo k úniku vzduchu mimo oblast formování a tím ke ztrátě potřebného tlaku. Naopak při větší formě by se vzduch nedostal do celé formy a tím by došlo k nerovnoměrnému vyfouknutí výrobku.





Obr.4,5 Různé druhy rozdělovníků podle velikosti forem

Výrobu jednoho zkušebního kusu výrobku může spustit obsluha stiskem tlačítka. V tomto okamžiku nastane několik kroků téměř současně a automaticky podle předchozího nastavení parametrů výroby. Soustava desek vyjede o předem nastavenou výšku nahoru k napnuté folii, nad kterou je forma ohraničená ocelovými výsekovými noži, avšak pouze tak vysoko, aby nepřesekla folii a zároveň uzavřela vzduchotěsně prostor uvnitř nožů. Pak probíhá nahřívání folie. Dále ventil otevře přívod vzduchu na předem nastavenou dobu formování a horký vzduch vytvaruje nahřátou folii do tvaru formy. Následuje krátký ráz, který přesekne folii do požadovaných rozměrů podle velkosti nožů, které jsou však na určitých místech ztupeny, aby vyfouknutá a vyseklá folie neodpadla od krajů folie. Ty slouží k posunu výrobku k odběrnému místu a zároveň k najetí folie pro další výrobek. Nakonec se forma zvedne, pomocí vzduchu se výrobek případně vytlačí ven z formy a folie se posune o nastavenou vzdálenost k dalšímu cyklu.

Obr.6 Příklad hotových blistrů do adventních kalendářů

3.2. Výměna rozdělovníku

Výměna rozdělovníku probíhá přibližně třikrát týdně a skládá se z několika úkonů. Nejdříve se musí stroj odpojit od napájení a počkat, až teplota desky poklesne z cca 95 stupňů Celsia na manipulačně přijatelnou teplotu (pokud se na stroji před tím pracovalo). Následuje odpojení teplotních čidel, odpojení coulového šroubení přívodu vzduchu, a odpojení třífázové zásuvky přívodu elektrického proudu k topným tělesům. V této fázi je nezbytné naložit soustavu desek na vysokozdvižný vozík, protože váží cca 70kg. Po naložení se s deskami vyjede mimo stroj a po otočení o 180 stupňů se vyšroubuje 60 upevňovacích šroubů. Ve dvou osobách se zvedne spodní ocelová deska a nyní je možné již vyměnit samotný rozdělovník. Následuje opačný postup. Doba výměny rozdělovníku trvá 2 hodiny a je potřeba jeden a krátkodobě dva pracovníci. Vzhledem k ceně rozdělovníku (cca 3000Kč), platu zaměstnanců a prostojům ve výrobě je zřejmé, že odstranění výměny rozdělovníku by přineslo výraznou úsporu nákladů.

Obr.7 Uvolňování osmdesáti šroubů při výměně rozdělovníku

4. NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ

Mé řešení spočívá v nahrazení všech dosavadních rozdělovníků jedním nastavitelným trvalým dílem. Při řešení předpokládám formy ve tvaru pravoúhlého čtyřúhelníku (obr.7). Po dobu mého působení ve firmě (6let) jiný tvar nebyl požadován, nicméně kdyby tato situace nastala, je možné použít původní postup, protože nahrazení rozdělovníků univerzálním kusem nevyžaduje žádné zásahy do ostatních dílů.

Obr.8 Forma

Základní myšlenka spočívá v odstranění výměny jednotlivých rozdělovníků a ovládání průchozích děr na vzduch vně stroje.

Možnosti řešení jsou následující:

1) Osazení všech otvorů miniaturními elektroventily
2) Řízení průtoku vzduchu jednotlivými otvory pomocí vzájemně kolmých tyčí
   a) kruhového průřezu
   b) čtvercového průřezu

4.1. Osazení elektroventily

Toto řešení by spočívalo v nahrazení dosavadního rozdělovníku stálou deskou, ve které by byly instalovány miniaturní elektroventily přesně na místech odpovídajících děrám v horní desce. Osazení celé desky miniaturními elektroventily by přineslo jednu výhodu. Kdyby přece jen vznikl požadavek nepravoúhlé formy, mohl by se nastavit pomocí nějakého vnějšího automatizovaného systému v podstatě jakýkoli tvar.

Podstatná nevýhoda je ovšem rozmístění původních děr v roztečích 10x10mm. Na takto malou plochu se mi nepodařil najít žádný odpovídající elektroventil, který by obsahoval jak vlastní vzduchovou část tak elektrické ovládání. Nejblíže v požadavku miniaturizace jsem se dostal k solenoidním elektroventilům firmy Ascovalve [12] . Bohužel i nejmenší z nich vždy alespoň dvěma rozměry překračují kótu 10mm.

Druhá neméně podstatná nevýhoda aplikace miniaturních elektroventilů je pořizovací cena, která se pohybuje okolo 1000Kč za jeden kus podle typu. Při osazení všech 2090ti otvorů těmito elektroventily bychom se dostali přes pořizovací hodnotu celého stroje.

Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro použití vzájemně kolmých ovládacích tyčí.

Obr.9 Miniaturní elektroventily firmy Ascovalve

4.2. Řízení průtoku vzduchu jednotlivými otvory pomocí vzájemně kolmých tyčí

Základní myšlenka tohoto postupu je nahrazení rozdělovníku soustavou vzájemně kolmých tyčí. Otvory v desce jsou v matici 55x38, tedy 2090 otvorů. Místo rozdělovníku by se tedy vložila obdélníková deska, z jejíž jedné strany by se ovládalo 55 kratších tyčí a z druhé kolmé strany 38 delších tyčí. Ovládání, ať už axiální nebo radiální, by mělo za následek uzavření resp. otevření otvorů pro rozvod vzduchu.

4.2.1. Použití tyčí kruhového průřezu

U varianty otáčení tyčí by bylo nutné vyvrtat 93 otvorů o průměru cca 5mm a délce 600mm resp. 800mm, což by pravděpodobně výrazně prodražilo výrobu. Levnější varianta by asi byla vyfrézovat drážky do dvou protilehlých desek ve tvaru půlkruhu. I to by vzhledem k počtu tyčí bylo nákladnější než následující varianta.

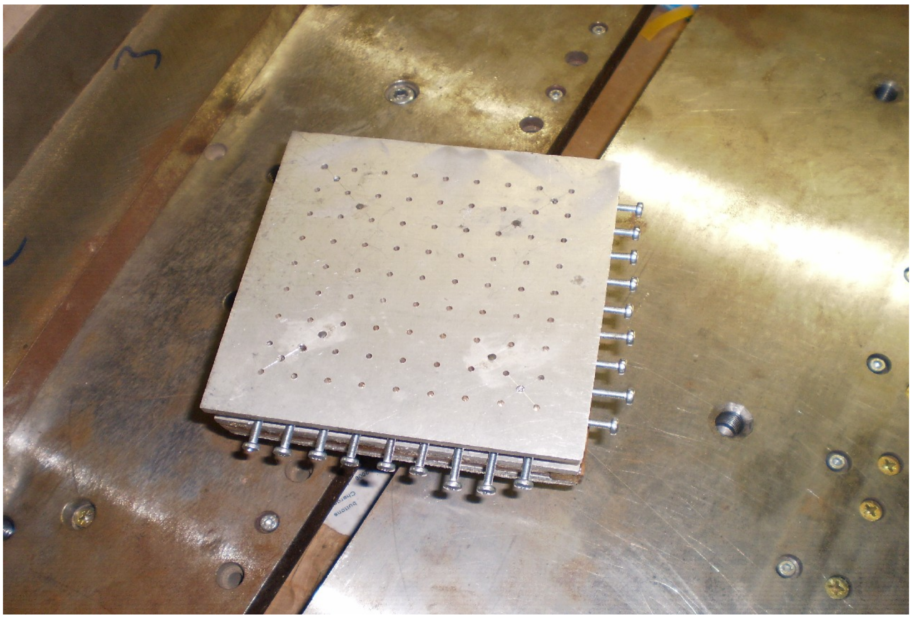
Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro variantu posuvných tyčí.

4.2.2. Použití tyčí čtvercového průřezu

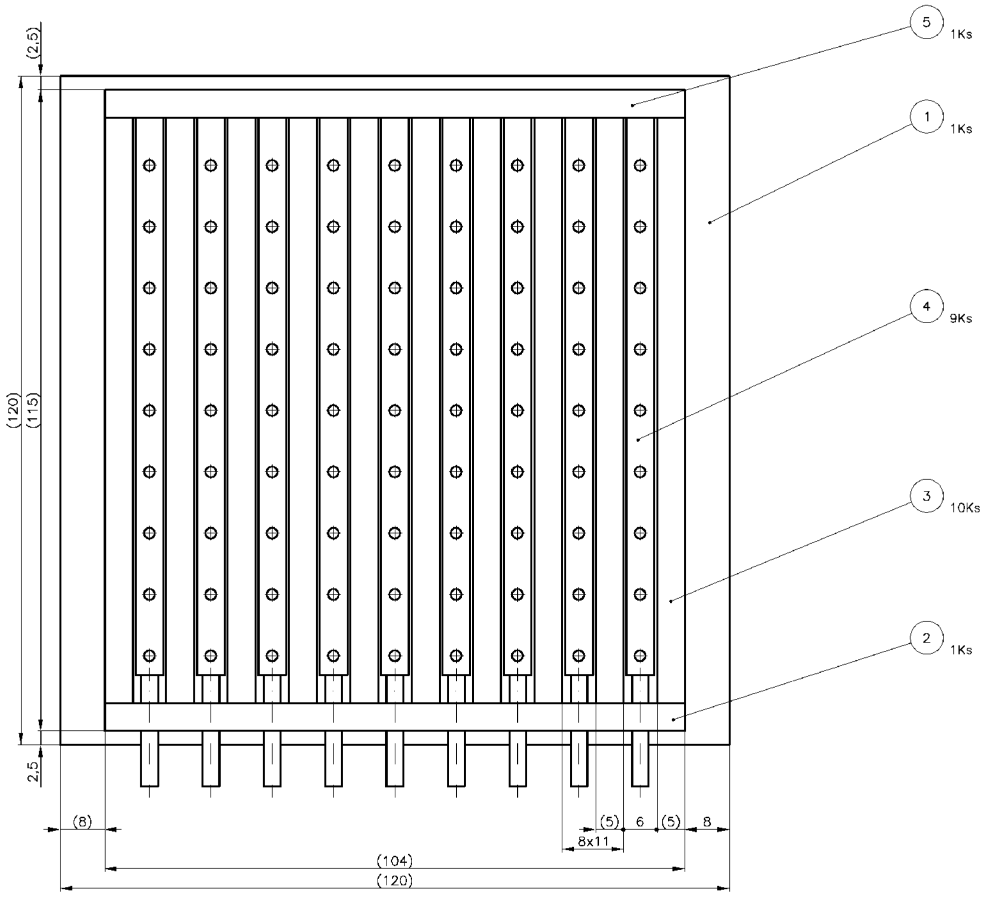
Ovládací tyče čtvercového resp. obdélníkového průřezu mají několik výhod. Při svrtání děr jsou stabilnější a nevyžadují další přípravky na upevnění. Také vzduch, procházející kolem tyčí při zavřených otvorech, bude lépe utěsněn. Drážky na uložení tyčí se nemusí frézovat, mohou se jen vytvořit pomocí přepážek. Vzhledem k větší ploše bude sice docházet k většímu tření, které může být eliminováno promazáním jednotlivých tyčí.

4.3. Výroba zkušebního přípravku

Pro ověření funkčnosti svého návrhu jsem se rozhodl postavit zmenšený model univerzálního rozdělovníku v matici 9x9. Výrobek se skládá ze dvou protilehlých hliníkových desek 120x120 mm, tloušťky 5mm, s otvory o průměru 2 mm rozloženými po 11mm do čtverce 88x88 mm. Mezi nimi jsou jednotlivé tyče čtvercového průřezu 5x5mm provrtané tak, aby při posunu o cca 4 mm byly otvory uzavřeny a při posunu zpět otevřeny. Do každé tyče je vyvrtán závit M3 a zašroubován šroub M3x25 přes těsnící O-kroužek. Tento šroub slouží k ovládání tyče. Jako přepážky uzavírající prostory mezi jednotlivými tyčemi jsou použity rovněž tyče čtvercového průřezu 5x5mm. Obě desky jsou vzájemně otočeny o 90 stupňů a sešroubovány k sobě. Ke spodní desce je přitěsněna deska se šroubením pro přívod vzduchu, která slouží pouze pro vyzkoušení funkčnosti modelu a u finálního výrobku nebude. Výkres sestavy je na obr. 11. Jedná se o polovinu sestavy, druhá stejná polovina je zrcadlově našroubována a utěsněna na první a pootočena o 90 stupňů, jak je patrno z obr. 10.



Obr. 10 Zkušební přípravek

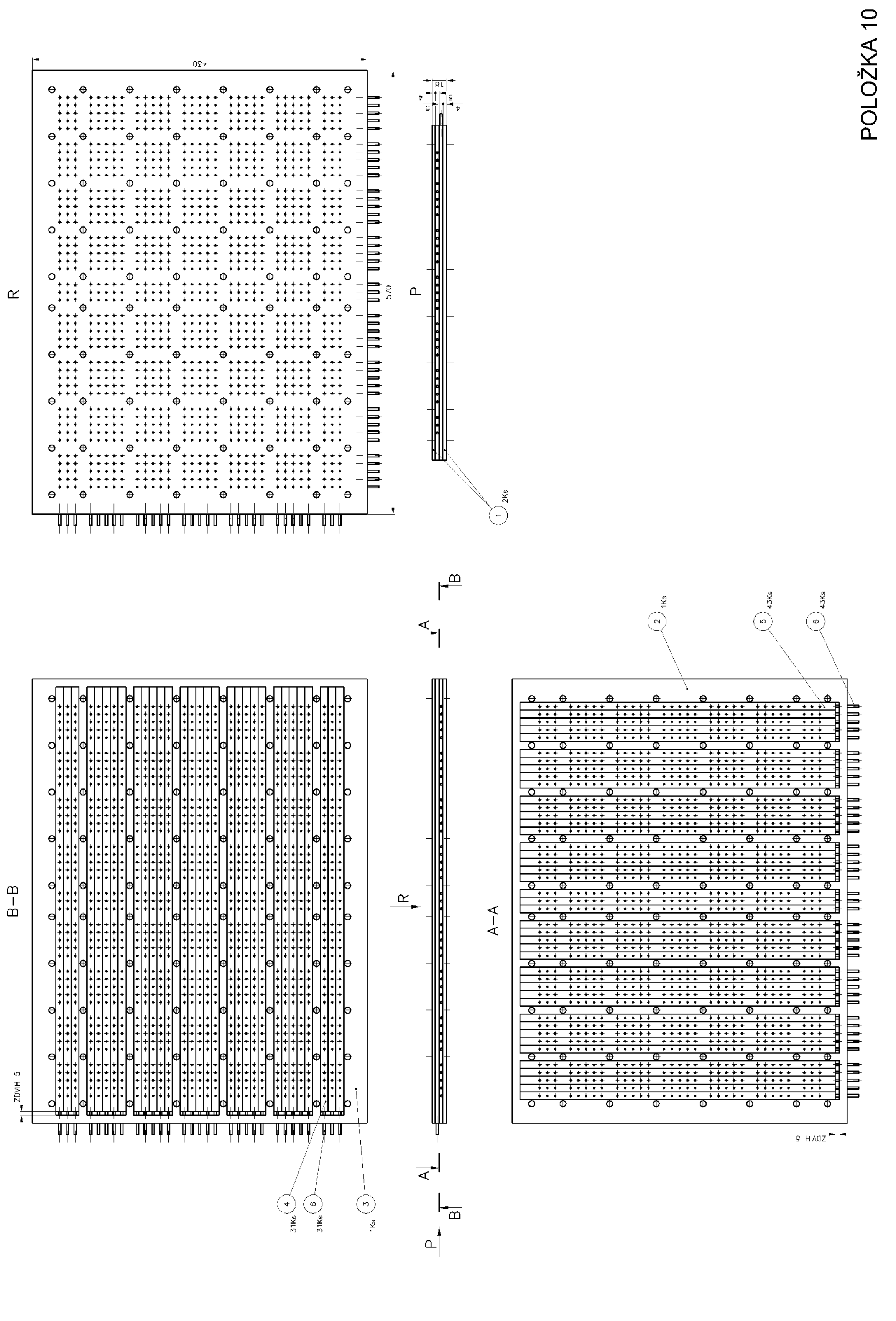


Obr.11a Sestava zkušebního přípravku

Zkušební přípravek byl vyzkoušen tlakovým vzduchem a pracoval bez chyb. Při uzavření všech děr sice docházelo k úniku vzduchu, bylo to však způsobeno únikem kolem závitů šroubů M3. Proto budou použity místo šroubů svorníky, které mají částečný závit a použijí-li se O-kroužky i z vnější strany, je pravděpodobné, že se úniku vzduchu zabrání. Zároveň mohou být na vnější straně svorníků snadněji našroubovány a nastavovány matky na uchycení elektromagnetického ovládání jak bude popsáno dále.

Místo hliníkových desek tloušťky 5mm zřejmě stačí tloušťka 4mm, čímž se celková tloušťka celého rozdělovníku zmenší na 16mm, takže může docházet k snadnějšímu předávání tepelné energie přes rozdělovník do horní desky.

Výkresy vlastního univerzálního rozdělovníku je v příloze č.1-7.



Obr. 11b Sestava vlasního rozdělovníku

5. VARIANTY AUTOMATICKÉHO OVLÁDÁNÍ ŘÍDÍCÍCH PRVKŮ UNIVERZÁLNÍHO ROZDĚLOVNÍKU

Pohyb tyčí, které ovládají přívod vzduchu do horní desky, je vymezen stavitelnými maticemi a je axiální v délce cca 3mm. Vzhledem k průměru děr 2mm je tato vzdálenost dostačující k úplnému uzavření děr. Pro ovládání jednotlivých tyčí se nabízejí dvě varianty. Buď pomocí elektromagnetu nebo elektromotoru. Počet prvků je dán počtem tyčí, což je 46 plus 31 tzn. 77 kusů.

Z ekonomického hlediska se jeví přijatelnějšími elektromagnety, z hlediska funkčnosti elektromotory.

Pro ovládání těchto prvků bych navrhoval relé, které je levné a nezávisí na napětí ovládání.

Vlastní ovládání 77kusů použitých elektromagnetických relé má tyto požadavky:

Na vstupu by měl být minimálně dvouciferný displej pro vybrání jedné ze sta forem. V současné době máme k dispozici cca 50 forem, které přibývají přibližně tempem 10 za rok, takže paměť pro sto forem je prozatím dostačující.

Na výstupu by mělo být 77 výstupů s napětím pro sepnutí relátek.

Ovládání je možno řešit ve dvou fázích:

- Programovací,
  kdy se nadefinuje pro každé konkrétní číslo formy impuls do konkrétního relé.
- Ovládací,
  kdy si obsluha vybere ze seznamu forem odpovídající číslo, které zadá na displeji a pomocí potvrzovacího tlačítka dojde k vlastnímu přepnutí relátek a tím k impulzu do jednotlivých elektromagnetů resp. elektromotorů.

Ovládání desky má několik požadavků. V ovládacím režimu musí být jednoduché a srozumitelné i pro nově příchozí zaměstnance bez složitého vysvětlování.

Naprogramování desky je trvalé, protože nepředpokládám, že by se jakákoli forma v ceně cca 20 000 Kč likvidovala. Z tohoto důvodu požadavky na vlastní naprogramování jednotlivých forem, co se týká jednoduchosti, nejsou. Stačí naprogramovat desku na každou formu zvlášť a dostatečně výrazně každou formu označit odpovídajícím číslem.

Na výstupu ovládání budou osazeny elektromagnetická relé, jejichž píst má dva stavy: vysunutý a zasunutý. Z tohoto důvodu se nabízí řešení pomocí logického řízení, využívající k řízení právě dvouhodnotových veličin. Můžeme je formálně popsat hodnotami 0 a1 [2].

5.1. Automatické ovládání pomocí PLC Siemens

Logické řízení, které je potřeba vyřešit v tomto konkrétním případě lze realizovat typickým programovatelným automatem. Zaměřil jsem se na PMC firmy Siemens SIMATIC 7 z modelovém řady 300 [23,24] Jednak firma Siemens má k dispozici řadu informací na sítí Internet, jednak jsem se seznámil s těmito automaty na ÚAI.

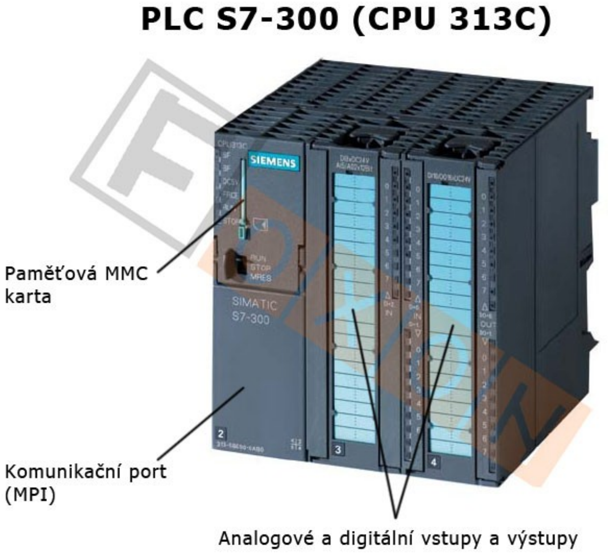
Automatizační PLC SIMATIC řady 300 je modulární řídící systém pro široký výkonový rozsah [23]. Jako každý jiný PLC disponuje obsáhlou řadou samotných centrálních procesorových jednotek (dále jen CPU), lišících se výkonem, osazením, počtem a druhem portů pro připojení dalších zařízení. Každou CPU lze rozšiřovat o další moduly digitálních vstupů, výstupů, analogových signálů, speciálních modulů a komunikačních rozhraní. Každé PLC SIMATIC má na sobě základní komunikační port označený MPI pro spojení s programovacím zařízením, který není kompatibilní s žádnou komunikací typu RS 232/422/485.

Pro doplnění informací existuje ještě největší řada S7-400, která je určena pro ty nejrozsáhlejší aplikace.

K vytváření vlastního PLC programu a práce s PLC slouží softwarový nástroj STEP7, který se

instaluje na běžný PC nebo notebook s operačním systémem Windows.

Kompaktní řídící jednotka SIMATIC S7-313C, která se skládá z CPU, dále analogových vstupů výstupů a digitálních I/O je nejmenší zařízení z této řady. Samozřejmě dále rozšiřitelná o další moduly. Nedílnou součástí této CPU je paměťová MMC karta, zasunutá v horní části PLC.



Obr. 12 PLC S-7 300

V následující tabulce je seznam PLC, které by mohly být použity na tento konkrétní problém. Z výsledné sumy je patrné, že by převyšovala náklady na desku s použitím logických obvodů.

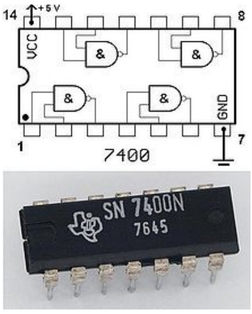
Ks	Popis výrobku	CZK	CZK
1	SIMATIC S7-300, RAIL L=480MM	734,4	734,4
2	SIMATIC S7-300, DIGITAL OUTPUT SM 322, OPTICALLY ISOLATED, 32DO, 24V DC, 0.5A, 1 X 40 PIN, SUM OF OUTPUT CURRENTS 4A/GROUP (16A/MODULE)	10989	21978
1	SIMATIC S7-300, DIGITAL MODULE SM 323, OPTICALLY ISOLATED, 16 DI AND 16 DO, 24V DC, 0.5A, AGGREGATE CURRENT 4A, 1X40 PIN	10233	10233
3	SIMATIC S7-300, DIGITAL INPUT SM 321, OPTICALLY ISOLATED 32DI, 24 V DC, 1 X 40 PIN	7938	23814
6	SIMATIC S7-300,FRONT CONNECTOR 392 WITH SCREW CONTACTS, 40-PIN	909,9	5459,4
1	SIMATIC S7-300, CPU 312 CPU WITH MPI INTERFACE, INTEGRATED 24 V DC POWER SUPPLY 32 KBYTE WORKING MEMORY, MICRO MEMORY CARD NECESSARY	8181	8181
1	SIMATIC S7, MICRO MEMORY CARD F. S7-300/C7/ET 200, 3.3 V NFLASH, 64 KBYTES	1001,7	1001,7
	CELKOVA CENA V CZK		71401,5

5.2. Automatické ovládání pomocí logických obvodů

Použití logických obvodů má několik výhod. Jednou z nich je bezesporu cena, která se pohybuje za jeden běžný integrovaný obvod v řádu desetikorun.

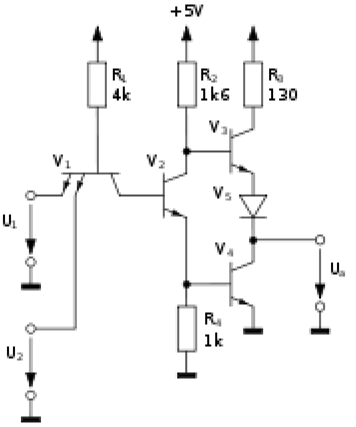
Dále je to jednoduchost zapojení a možnost vybrat si na každý konkrétní problém ideální obvod z nepřeberného množství, daného nejméně padesátiletým vývojem.

Logický obvod pracuje s dvěma diskrétními stavy, vyjádřenými jedničkou a nulou. Je tvořen logickými členy, neboli hradly. Například základní obvod 7400 je tvořen čtyřmi hradly NAND[15].



Obr. 13 Zapojení obvodu 7400

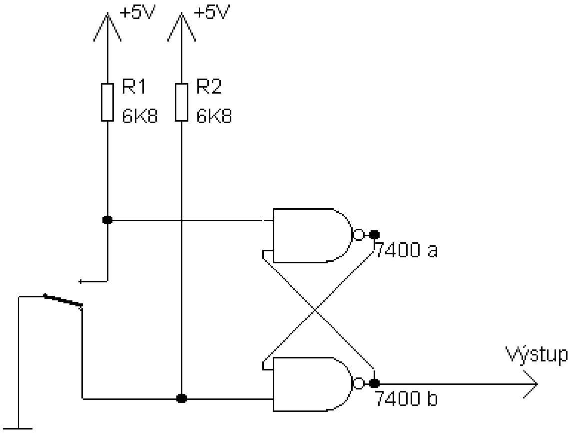
Zapojení jednoho hradla NAND pomocí tranzistorů, diod a rezistorů je na následujícím obrázku.



Obr. 14 Zapojení hradla NAND

K vytvoření obvodu, který by splňoval zadané požadavky, jsem použil program Proficad.

V knihovně zapojení byl obvod „čítač s dvěma dekádami“, který jsem použil jako základ zapojení. Na vstup čítače 7490 je přiváděn signál z tlačítka a na výstupu je signál v binárním kódu posílán do převodníku 7447, který rozsvěcuje jednotlivé segmenty displeje. Podle typu tlačítka je možné, že jazýček tlačítka může po rozpojení ještě kmitat, takže pošle několik signálů najednou. V tom případě je vhodné zařadit na vstup čítače jednoduchý R-S klopný obvod který tomuto problému zabrání.



Obr. 15 R-S klopný obvod

Dále je signál veden na převodník 7442. Ten převede binární kód na vstupu na jeden z deseti výstupů. Pak už jen přes hradlo AND 7408 vynásobí výstupy desítek a jednotek,

Čímž se dostane logická jednička právě na výstup ze stejného čísla hradla jako na displeji.

Seznam součástek je tedy následující:

7490 2kusy
7447 2kusy
7442 2kusy
7408 25kusů

6. VYBRANÉ ŘEŠENÍ AUTOMATIZOVANÉHO OVLÁDÁNÍ

Navrhuji nejjednodušší a nejlevnější řešení: vyrobit řídicí systém jako jednoúčelovou desku s využitím logických obvodů. Dále uvádím postup při návrhu desky a vlastní schéma zapojení desky s řídicím systémem (viz obr. 16.)

6.1. Postup návrhu řídicí desky

Ve své publikaci „Návrh desek plošných spojů – principy a pravidla praktického návrhu“ doporučuje autor Vít Záhlava následující postup návrhu desek pro elektronická zařízení [16].

Publikace popisuje problematiku počítačového návrhu DPS, technologii výroby vícevrstvých DPS, osazování a pájení SMD, elektrické vlastnosti plošných spojů. Rozsáhlá část knihy je věnována elektromagnetické kompatibilitě (EMC) a s ní souvisejícími návrhovými pravidly.

Autor upozorňuje, že i když se v současnosti při návrhu desek plošných spojů velmi efektivně využívá počítačů, neznamená to, že navrhovat DPS na počítači je pouhým využíváním grafických funkcí dostupných programů.. Počítačové návrhové systémy jsou jen účinné nástroje, usnadňující práci návrhářů. Návrh DPS vyžaduje především (ač to tak na první pohled nevypadá) komplexní znalosti v oblastech:

- technologie výroby desek plošných spojů (DPS),
- osazování a pájení,
- obvodové funkce součástek,
- teorie elektromagnetického pole.

Tyto znalosti je potřeba především skloubit a využit v praxi. Autor upozorňuje čtenáře na nejdůležitější problémy, které je nutno správně vyřešit při návrhu elektronických schémat a desek plošného spoje.

Kniha je rozdělena do následujících kapitol:

1. Základní aspekty návrhu desek plošných spojů
2. Počítačový návrh desek plošných spojů
3. Technologie výroby desek plošných spojů
4. Povrchová montáž
5. Vlastnosti plošných spojů
6. Elektromagnetická kompatibilita
7. Návrhová pravidla

Doporučuji při návrhu DPS řídicí desky postupovat podle této publikace v následujících krocích:

1.krok: Zpracování prvotní koncepce řídicím desky, vytvoření blokového schématu, návrh základních vlastností desky a volba klíčových součástek. Již provedeno.

2.krok: Vytvoření úplného schématu zapojení, zanesení všech součástek a zanesení všech spojů do schématu. Již provedeno.

3.Krok: Návrh desky plošných spojů, rozmístění součástek na desce a vedení všech spojů.

4.Krok: Vizualizace ve 3D prostředí, ověření rozměrové kompatibility a kontrola rozmístění součástek.

5.Krok: Výroba desky plošných spojů s využitím fotokopírování, chemickým leptáním a vrtáním otvorů pro piny součástek.

6.Krok Osazení vyrobené desky součástkami, pájení, čištění, lakování.

7.Krok: Proměření a testování vyrobené desky

8.Krok: Případné opravy desky a kontrola funkčnosti oprav

9.Krok: Finální úprava dokumentace a zpracování technické zprávy

Řadu doporučení pro návrh a konkrétní realizaci DPS je možno čerpat i z portálu SMT

Centrum, který provozuje pro podporu návrhářů DPS firma ABE.TEC, s.r.o. z Pardubic, kde jsou publikovány konkrétní rady a je možno využit i možnosti konzultace před uvedenou mailovou adresu nebo telefonní linku. [19].

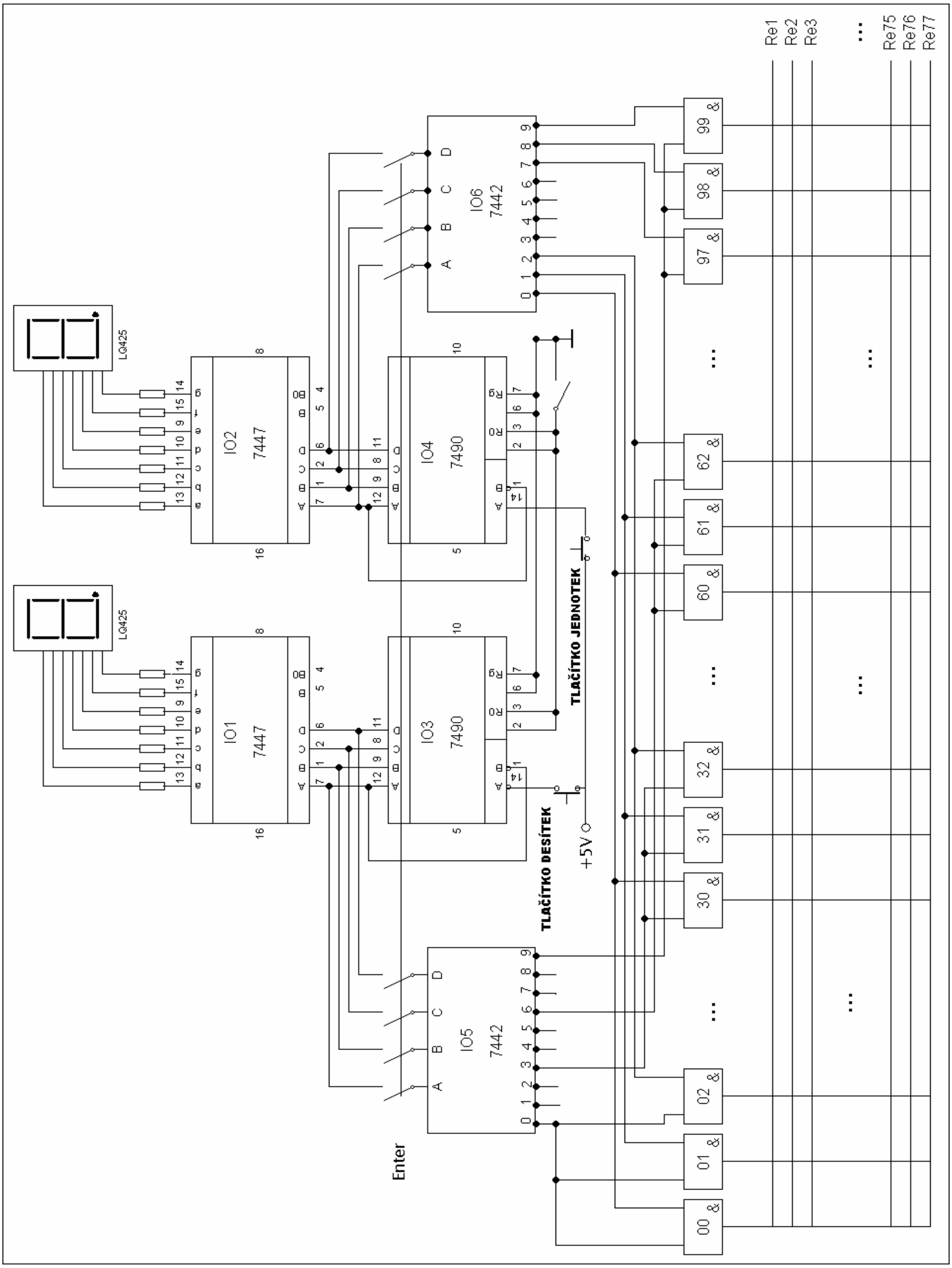
6.2. Vlastní řešení řídicího systému

Problematika návrhu desky řídicího systému patří do oblasti logického řízené technologických procesů [21].

Nejprve jsem si stanovil funkční požadavky, které jsem si zpracoval do seznamu funkcí a definoval jsem postup, jak bude obsluha postupovat při nastavování požadovaných funkcí.

Nejprve se na desce ve spodní části schématu „naprogramuje“ spojení od konkrétní formy na jednotlivá relé. To by se mohlo uskutečnit např. propájením pertinaxové desky s oboustranně vyleptanými drahami.

V provozu potom obsluha pouze vybere číslo formy ze seznamu forem pomocí dvouciferného displeje. Při stisku tlačítka desítek se impuls dostane na vstup čítače impulsů typu 7490 [7], který na výstupu generuje kód ve dvojkové soustavě (BCD). Dále následuje převodník z BCD na 7-segmentový displej typu 7447 a vlastní 7segmentový displej. Z výstupu čítače jde binární kód také na převodník z BCD na 1 z deseti typu 7442. Totéž se děje při stisku tlačítka jednotek. Po vynásobení přes hradlo AND se dostane po stisku tlačítka ENTER logická jednička pouze na stejný spoj jako je na displeji a přes naprogramovanou matici se dostane do jednotlivých relé, která sepnou elektromagnety.



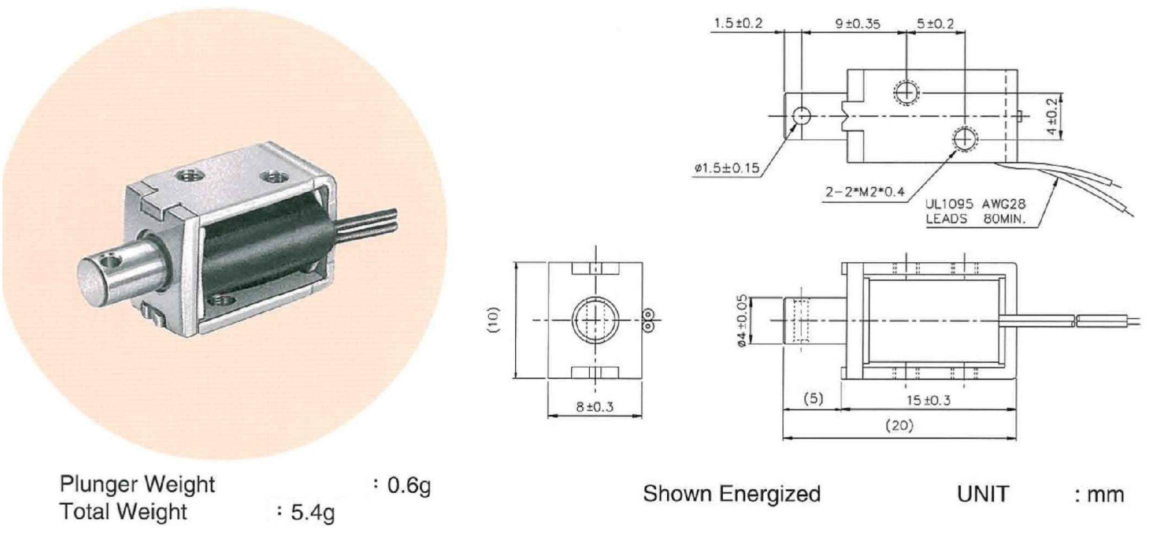
Obr.16 Schéma zapojení

Celá deska je napájena stabilizovaným stejnosměrným napětím 5V s transformátoru, který galvanicky odděluje celé zařízení od sítě. Tím je zařízení bezpečné a splňuje zásady bezpečnosti práce.

7. REALIZACE A OVĚŘENÍ NÁVRHU

7.1. Poznámky k realizaci

Vlastní realizace výrobku závisí na finančních prostředcích a podmínkách pro výrobu. Vzhledem k tomu, že pochopitelně nemáme strojírenský provoz s tak přesnými obráběcími stroji, zvolil jsem cestu zadávání jednotlivých částí specializovaným firmám. Vlastní rozdělovník bude vyroben z hliníkových desek a tyčí tl. 4 resp.5mm vyřezáním vodním paprskem na CNC stroji. S touto metodou už máme zkušenosti při výrobě forem a je dostatečně přesná při přijatelných nákladech. V Brně ji využívá např. firma AWAC[6]. Elektrotechnická část výrobku již není tak náročná a může být provedena svépomocí. Jako ovládací prvky posunu jednotlivých tyčí mohou být použity elektromagnety firmy EMAGGO např. typ EMA-01415L [8].Tento elektromagnet je tažný a má zdvih pístu 3mm, což je dostatečná vzdálenost k uzavření děr. Další výhodou je jeho šířka 8mm, takže vzhledem k rozteči jednotlivých tyčí 10mm se elektromagnety vejdou vedle sebe i s rezervou.



Obr. 17 Elektromagnetický ventil EMA-01415L

7.2. Ekonomický rozbor

Ekonomický přínos navrženého řešení vyplývá z úspor, které automatizovaný univerzální rozdělovník může přinést.

Rekapitulace úspor:

Úspory vyplývají ze skutečnosti, která byla již zmíněna při vstupních úvahách o koncepci a účelu navrženého řešení, které odstraní:

4) Jednoúčelové rozdělovníky tlaku
5) Ztrátové časy, které nastávají při výměně rozdělovníku
6) Mzdové náklady na čas pracovníků, kteří provádějí výměnu rozdělovníků

Předpokládám výměnu rozdělovníku 3x týdně, jak vyplývá z analýzy a potřeby výrobních měsíčních plánů.

Doba výměny pro stávající typ jednoho rozdělovníku je 2 hodiny podle současných pracovních výkazů ve mzdovém tarifu 150 Kč/ hod.

Roční úspory mzdových nákladů RoUspMN lze pak vypočítat při 48 pracovních týdnech:

RoUspMN = (48 x 3 x 2 x 150) = 43200Kč

Úspora za nenakoupené rozdělovníky (označím UNR) činí 30 000Kč za rok, jak jsem zjistil rozborem počtu potřebných rozdělovníků za rok podle rozpisu potřebných rozdělovníků z ročního výrobního plánu.

Vzhledem k tomu, že stroj není 100% vytížen, neuvažuji při výpočtu přínosů úspory, plynoucí ze zamezení odstaveného stroje při výměně rozdělovníku.

Celková roční úspora (označím CRÚ) tedy činí:

CRÚ = RoUspMN + UNR = 43200 + 30 000 = 73200 Kč/rok

Ekonomickou analýzu přínosů a nákladů jsem se rozhodl provést jen vyčíslením doby návratnosti s využitím vyčíslených úspor a zjištěním výše celkových nákladů. Jiné ekonomické ukazatele (např. finanční zhodnocení vložených prostředků) nebudu uvažovat, protože se nejedná o investici, ale pouze o finanční akci, která by byla hrazena z provozních prostředků. Není potřena ani uvažovat takové analýzy, jakou je např. čistá současná hodnota projektu (NPV Net Present Value of Project), protože se nejedná o dlouhotrvající inovační projekt, kde by bylo potřeba zvažovat diskontní sazbu vložených finančních prostředků, míru inflace. Rovněž analýza typu CBA (Cost Benefit Analysis) není potřeba, protože úspory a náklady jsou realizovány v jedné výrobní firmě.

Rekapitulace nákladů:

Cena jednotlivě vyřezaných desek z hliníkového polotovaru (plech 5mm resp. 4mm) bude cca 5000Kč, vodící tyče 10mmx5mm v délce 35m, hmotnosti 0,14kg za jeden metr a ceně 118Kč za kilogram stojí cca 600Kč.

Cena automatického ovládání se skládá z vlastní desky s tištěnými spoji a součástkami a ze 77 elektromagnetických relé. Šest logických obvodů plus dva sedmisegmentové displeje představují hodnotu desetikorun. Dvouvstupová hradla NAND jsou integrována po čtyřech v jednom pouzdře, takže celkový počet je 25 kusů. I při použití invertorů na výstupech z hradel je částka kolem 500Kč. Jediná vyšší částka je za elektromagnetická relé, která se pohybuje okolo 8000Kč za 77 kusů.

Náklady na výrobu (označím NNV) za základě těchto předběžných propočtů podle mého odhadu nepřesáhnou částku 20 000Kč.

NNV = 20 000 Kč

S ohledem na jednoduchost celého zařízení a minimální spotřebu elektrické energie, neuvažuji žádné provozní náklady, ani náklady na údržbu.

Vlastní realizace tištěného spoje a osazení desky bude provedena v rámci času běžné údržby,

tedy v dílenské režii, proto není nutno uvažovat mzdové náklady, které by byly potřeba na výrobu desky řídicího systému.

Materiálové náklady jsou v tomto případě jediným vstupem.

Koeficient doby návratnosti ROI (Return of Investment):

ROI = NNV/ CRÚ = 20000 / 73200 = 0,27 roku

Tedy přibližně 13 týdnů při 48 pracovních týdnech.

To je velmi příznivá návratnost, která ukazuje, že současná součástková základna mikroelektroniky dovoluje realizaci levných číslicových řídících systémů, které přes svoje nízké náklady vykazují dostatečný výkon, funkčnost a spolehlivost. Spolu s dosažením význačných úspor, které promyšlená automatizace přináší řešenou inovací výrobních procesů, je možno dosáhnout velmi příznivých ekonomických efektů.

8. ZÁVĚR

Navrhované řešení bylo částečně ověřeno na zkušebním rozdělovníku, který potvrdil funkčnost vzduchové a mechanické části. Elektronická část svým jednoduchým řešením vychází z dávno ověřených schémat, takže ani zde by neměl být problém. Pokud by byl požadavek ještě ušetřit výrobní náklady, lze vypustit celou elektronickou část včetně elektromagnetického ovládání tyčí a vysouvat tyče ručně, jestliže tyče očíslujeme a obsluze dodáme seznam vysunutých tyčí ke každé formě.

Celková realizace návrhu se může skládat za dvou částí. Vyrobení desek a zabudování do stroje a ověření funkce univerzálního rozdělovníku. V druhé etapě pak připojit jednotlivá relé a „software“. Vzhledem k úspoře finančních nákladů a jednoduchosti výrobku i obsluhy by měl být výsledek uspokojující.

Celá práce včetně navrhovaného řešení bude předložena vedení firmy ke schválení případné realizace výrobku.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Balátě, J.: Automatické řízení. BEN 2003 Praha
[2] Švarc, I. – Šeda, M.- Vítečková, M.: Automatické řízení. CERM 2007 Brno
[3] Kol. autorů: Automatizace a automatizační technika.Computer Press Praha 2000
[4] Návod na obsluhu termoformovacího stroje 2LD 4358
[5] Poliščuk, R.: Instrukce pro autory závěrečných prací, 2006, http://autnt.fme.vutbr.cz/doc/SZZ2006_Instrukce.pdf
[6] www.awac.cz
[7] http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74ls90.pdf
[8] http://www.tme.eu/cz/details/ema-0415l-06/elektromagnety/emaggo/
[9] http://www.ascovalve.com/Applications/Products/MiniatureSolenoidValves.aspx
[10] Lacko,B.- Hřebec,D.: Průzkum o postojích českých firem k automatizaci. AUTOMA, roč.7, (2001), č.2, str.58-59
[11] Přibyl, T.: Nejčastější bezpečnostní chyby v malých firmách. AUTOMATIZACE roč.48,2005)číslo 7-8, strana 493
[12]Lacko,B.-Petrov,M.: Automatizace v zemích s nastupující tržní ekonomikou.Automa, roč.9 (2003), č.8-9, str. 2-4
[13] http://www.amsp.cz/vymezeni-pojmu-drobny-maly-a-stredni-podnikatel
[14]http://www.amsp.cz
[15] http://cs.wikipedia.org/wiki/Logick%C3%BD_%C4%8Dlen
[16] Lacko,B.: Současné bariéry většího využívání automatizace v ČR.AUTOMA, roč.4.,9, (1998),č.5-6, str. 5-6
[17]Záhlava, V.: Návrh desek plošných spojů. Nakladatelství BEN Praha 2011
[18] http://automatizace.hw.cz/kompaktni-male-vykonne-plc-easy-control-firmy-moeller
[19]http:// www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37314
[20] http://www.smtcentrum.cz/navrh-desek-plosnych-spoju
[21] Martinásková, M. – Šmejkal,Lad.: PLC a automatizace I. (základní pojmy a programování). BEN 2002 Praha
[22] Bokr,J. a kol: Logické řízení technologických procesů. SNTL 1986 Praha
[23] http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=e0f0a48587&ctxp=home&PHPSESSID=c8c2391dbaa3dae17b373ba7b3b7eb97
[24]http://www.foxon.cz/index.php?main_page=faq_info&fcPath=30_31&faqs_id=167ca
[25] www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=33559
[26]ttp://www.poziadavka.sk/ponuky/ponuka-93859/Kompaktne-PLC-Melsec-FX1N-a-FX1S
[27]Poliščuk, R.: Titulní strana závěrečné práce

10. SEZNAM PŘÍLOH

Položka 1: horní a dolní vnější deska
Položka 2: deska pro uložení tyčí 405mm
Položka 3: deska pro uložení tyčí 545mm
Položka 4: tyč 545mm
Položka 5: tyč 405mm
Položka 6: táhlo
Položka 10: sestava