



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

AUTOMATIZACE SOUSTRUHU NA STROJ PRO OBRÁBĚNÍ A BOMBÍROVÁNÍ GUMOVÝCH VÁLCŮ

AUTOMATION OF LATHE MACHINE FOR MACHINING AND CROWNING RUBBER ROLLERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Kratochvíl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl, Ph.D.

BRNO 2017

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Adam Kratochvíl **ID:** 174557 **Ročník:** 3 **Akademický rok:** 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Automatizace soustruhu na stroj pro obrábění a bombírování gumových válců

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Navrhněte vhodné pohony soustruhu.
2. Navrhněte koncepci řízení os soustruhu.
3. Navrhněte automatizační instrumentaci.
4. Realizujte kompaktní řízení os v PLC
5. Realizujte příslušnou vizualizaci.
6. Ověřte funkčnost svého řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pásek J., Štohl R.: Programovatelné automaty v řízení technologických procesů, Vysoké učení technické v Brně, Brno:2015

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 29.5.2017

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Konzultant: Květoslav Novák

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně / Technická 3058/10 / 616 00 / Brno

Abstrakt

Záměrem práce je dokumentovat celý proces modernizace stroje. Během tohoto procesu se věnuje výběru konkrétního pohonu a řídicího systému. Mimo jiné jsou představeny možnosti teoretického návrhu jednotlivých komponent stroje na základě, přes návrh způsobu, jakým bude realizován synchronizovaný pohyb více os až po samotnou realizaci.

Klíčová slova

Řízení pohybu, koordinovaný pohyb, řídicí systém, vizualizace.

Abstract

The aim of the thesis is to document the entire process of modernization of the machine. During this process, it focuses on choosing a particular drive and control system. Among other things, the possibilities of theoretical design of individual components of the machine are presented on the basis of the design of the way in which the synchronized movement of the axes will be realized up to the realization itself.

Keywords

Motion control, coordinated motion, control system, visualization.

Bibliografická citace mé práce:

KRATOCHVÍL, A. *Automatizace soustruhu na stroj pro obrábění a bombírování gumových válců*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Automatizace soustruhu na stroj pro obrábění a bombírování gumových válců“ jsem vypracoval pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvářením neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení S11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku.

V Brně

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

V Brně

.....

podpis autora

Obsah

Úvod.....	9
1 Výběr pohonů	11
1.1 Volba druhu pohonu	11
1.1.1 Přesnost polohování	11
1.1.2 Efektivita.....	11
1.1.3 Přetěžování.....	12
1.2 Synchronní motory.....	13
2 Koncepce řízení os.....	16
2.1 Individuální řízení os.....	16
2.2 Společné řízení několika os.....	16
2.2.1 Řízení pomocí vaček.....	16
2.2.2 Koordinované řízení.....	16
2.3 Souřadnicové systémy	17
3 Výběr řídicího systému.....	19
3.1 Požadavky na výkon	19
3.2 Požadavky na vstupy a výstupy.....	19
3.3 Volba řídicího systému	19
3.3.1 X20CP1586	20
3.3.2 APC2100.BY134.....	20
3.4 Zobrazovací panel.....	22
4 Řízení	23
4.1 Správa	24
4.2 Výpočet trajektorie.....	24
4.3 Řízení pohybu.....	25
4.4 Provedení pohybu.....	27
5 Návrh vizualizace	28
Závěr.....	35
A NÁKRES STROJE	38
B SEZNAM ZKRATEK.....	39
C OBSAH PŘILOŽENÉHO CD.....	40

Seznam obrázků

Obr. 1 Původní vzhled soustruhu z dokumentace výrobce [1].....	9
Obr. 2 Tepelný nůž od Proscop Inc [2].....	9
Obr. 3 Efektivita krokového motoru při různých rychlostech [2]	12
Obr. 4 Efektivita synchronního motoru při různých rychlostech.....	12
Obr. 5 Šestiosý robot [4]	17
Obr. 6 Osy soustruhu [5].....	17
Obr. 7 Procesorový modul X20CP1586 [6]	20
Obr. 8 Průmyslové PC APC2100 [7]	20
Obr. 9 Zobrazovací panel 5AP5230.185B [8]	22
Obr. 10 Hlavní cyklus programu.....	23
Obr. 11 Dostupné tvary válců	25
Obr. 12 Dostupné vzory drážek	25
Obr. 13 Návrh algoritmu pro G-kód a realizace CNC programu pro drážkování.....	26
Obr. 14 Volba tvaru a vzoru válce	29
Obr. 15 Obrazovka pro zkoušku spínačů koncových poloh.....	29
Obr. 16 Zadávání parametrů pro různé tvary válce.....	30
Obr. 17 Obrazovka pro zadání parametrů vzoru	31
Obr. 18 Obrazovka manuálního ovládní.....	32
Obr. 19 Obrazovka Nastavení s přihlášeným správcovským uživatelem.....	33
Obr. 20 Obrazovka správy uživatelů	33
Obr. 21 Obrazovka se správou receptur.....	34

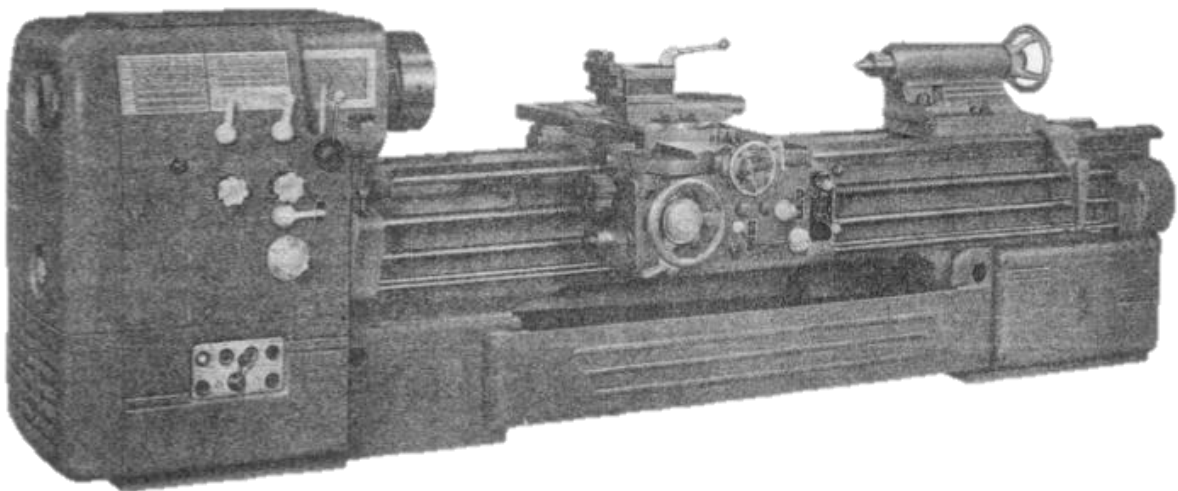
Seznam tabulek

Tab. 1 Požadavky pro pohony	13
Tab. 2 Porovnání motorů.....	14
Tab. 3 Porovnání měničů.....	15
Tab. 4 Porovnání procesorových modulů.....	21

Úvod

Společnost Qwert Rubber se zabývá výrobou různých produktů z gumy, od těsnění do automobilů po výrobu pogumovaných kovových válců pro pásové dopravníky. Tato společnost chtěla zvýšit efektivnost výroby, a proto přišla s požadavkem na automatizaci stávajícího soustruhu.

Záměrem této práce je dokumentace procesu modernizace zastaralého soustruhu typu EU-500 od společnosti Fémáru-és szerszámgépgyár Budapest vyrobeného v roce 1961, do poloautomatického stroje pro úpravu gumových válců, které se využívají především v pásových dopravnících.



Obr. 1 Původní vzhled soustruhu z dokumentace výrobce [1]

Hlavní část představuje nahrazení stávajícího pohonu pro rotaci válce a dále doplnění dvou pohonů, které umožňují podélný a příčný posun nástrojů sloužících k úpravě povrchu válců. Nástroje použité, k tomuto účelu jsou elektrická bruska a tepelný nůž. Tepelný nůž představuje patentované řešení od společnosti Prosc0 Inc. na tepelné řezání plastů s elastickými vlastnostmi. Tepelný nůž je využíván především k hrubé úpravě povrchu válce a k vytvoření drážek, kterými se tvoří vzory na válec. Elektrická bruska slouží k jemné úpravě povrchu válce a lze ji také využít pro některé typy vzorů.

Stroj je poloautomatický, protože při použití nástrojů je nutné změnit úhel nástroje vůči válci, abychom dostali požadovaný vzor válce. Doplněním pohonu by bylo možné automaticky řídit i to, ale z ekonomického důvodu byla



Obr. 2 Tepelný nůž od Prosc0 Inc [2]

zvolena změna úhlu obsluhou stroje. Dále lze v případě tepelného nože měnit šířku nože pomocí výměny ostří. Toto ale již není možné provádět automaticky a výměnu musí vždy provést obsluha stroje.

1 Výběr pohonů

Pro potřeby stroje potřebujeme zvolit tři pohony, které budeme využívat k pohybu v jednotlivých osách. Pohony určené pro pohyb v podélné a příčné ose stroje jsou přímo spojené s kuličkovým šroubem, kterým je zajišťován pohyb, pro vřeteno se pohon realizuje převodem pomocí ozubeného řemene.

Volba vhodného pohonu je závislá na několika kritériích. Prvním rozhodovacím kritériem je volba druhu motoru, který pohon využívá. Dále to jsou parametry, které od pohonu očekáváme a v neposlední řadě je ekonomické kritérium.

1.1 Volba druhu pohonu

V současnosti je možné pro pohony určené k přesnému polohování vybírat mezi krokovými a synchronními motory.

Hlavní rozdíl mezi nimi představuje přesnost polohování, tedy nejmenší možný krok, který jsou schopny urazit.

1.1.1 Přesnost polohování

a) Krokové motory

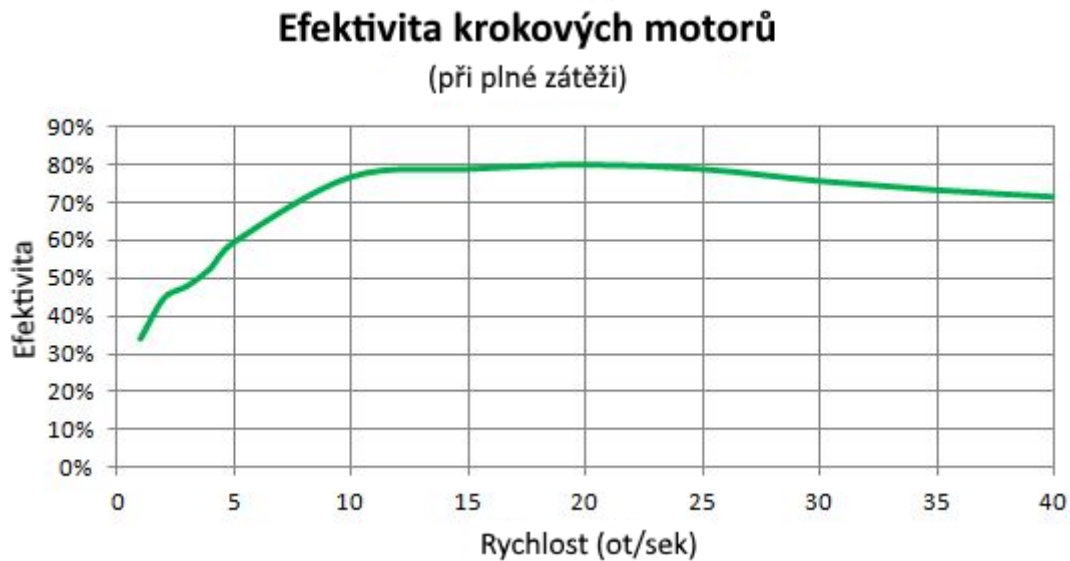
Přesnost u krokových motorů je určena podle počtu kroků, které daný motor má. Počet poloh lze dále zvýšit pomocí tzv. mikrokrokování, kdy využitím sinusové komutace proudu přiváděného na motor, lze každý krok dále rozdělit na několik mikrokroků. To má za následek snížení momentu hybnosti v těchto mezipolohách a možnost vzniku chyb polohy. To lze odstranit doplněním motoru o snímač polohy, čímž ale přicházíme o jednu z výhod oproti synchronním motorům.

b) Synchronní motory

Synchronní motory musí být vždy osazeny snímačem polohy, protože jsou řízeny ve zpětné vazbě a jejich přesnost je tedy určena nastavením zpětnovazebního regulátoru a přesností snímače polohy.

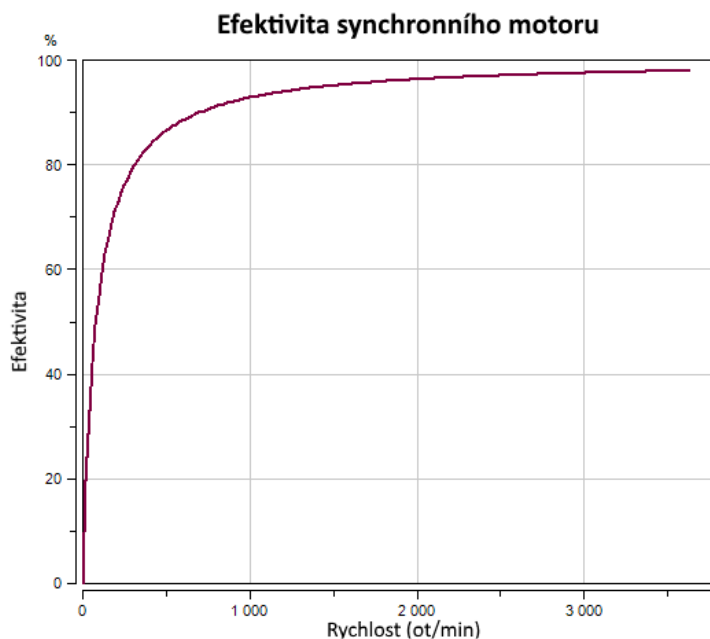
1.1.2 Efektivita

Další rozdíl je efektivita, která udává poměr mezi výstupním výkonem motorů vzhledem k vstupnímu výkonu dodanému napájecím zdrojem. U krokových motorů je potřeba, aby vinutí bylo buzeno jak při pohybu, tak v klidu z důvodu udržení momentu hybnosti. Tento typ motorů může dosahovat až 80 % efektivitu při plné zátěži.



Obr. 3 Efektivita krokového motoru při různých rychlostech [2]

Velikost proudu, kterým jsou buzeny synchronní motory, je řízena ve zpětné vazbě podle dané potřeby, a proto se může blížit až 100 % efektivitě.



Obr. 4 Efektivita synchronního motoru při různých rychlostech

1.1.3 Přetěžování

Poslední rozdíl mezi oběma motory představuje možnost přetěžování. Specifikace synchronních motorů udávají kromě nominálního momentu hybnosti, který je definován při dlouhodobé zátěži, i maximální točivý moment, který je několikanásobně větší oproti nominální hodnotě a udává hodnotu při krátkodobém zatížení (typicky rozjezd nebo zpomalení).

1.2 Synchronní motory

Hlavním kritériem pro výběr konkrétního modelu motoru je jeho výkon. Zadávací požadavky na pohony jsou následující.

Tab. 1 Požadavky pro pohony

	Točivý moment [Nm]	Rychlost otáčení [ot/min]
Podélný posuv	300	360
Příčný posuv	12	130
Vřeteno	1800	30

Výběr konkrétního motoru je proveden z nabídky společností Siemens a Bernecker & Rainer. Jedná se o společnosti, které nabízejí širokou škálu produktů pro motory a jejich řízení. Vzhledem k zamyšlenému využití a přívětivé ceně se nejvhodnějšími kandidáty stávají servomotory řady SIMOTICS S-1FL6 od Siemensu a 8LS od B&R.

Obě volby představují kompaktní, vzduchem chlazené motory, které se vyrábějí s různými integrovanými snímači polohy, které lze doplnit převodkou za účelem dosažení požadovaných parametrů. Siemens nabízí inkrementální a více otáčkové absolutní snímače polohy. Bernecker & Rainer nabízí snímače typu EnDat v provedení jedno i více otáčkovém.

Oba typy snímačů vytváří obrazec signalizující změnu polohy při průchodu světla clonou. U inkrementálního snímače jsou takto tvořeny identické obrazce, takže se vyhodnocuje jen jejich počet a u absolutního snímače je použit kódovaný obrazec, což umožňuje v každém okamžiku přesně stanovit polohu. Snímače typu EnDat kombinují obě metody.

Z důvodu přesnosti, coby zásadního parametru tohoto projektu, použijeme absolutní snímače. A jelikož je možné ručně posouvat strojem do různých směrů i na osách, kde nebudou snímače polohy, bude postačující jedno otáčková varianta snímače polohy.

Kromě snímačů polohy jsou si obě řady motorů velmi podobné a jediný výrazný rozdíl představuje způsob, jakým jsou vedeny kabely. Motory od Bernecker & Rainer využívají jedno kabelové řešení, kdy napájení, přenos dat ze snímače polohy a řízení brzd jsou vedeny společně v jednom kabelu, což snižuje riziko křížení kabelů často vedoucí k jejich poškození. Motory od Siemensu využívají vedení pomocí dvou kabelů, kdy v prvním je vedeno napájení a v druhém zbylé signály, což nepřináší žádnou výhodu. Obě řady motorů

lze využít pro koordinovaný pohyb v trojrozměrném prostoru, ale v případě této řady motorů od Siemensu musíme počítat s menší dynamikou motorů, která je řešena až ve vyšších řadách motorů. Pokud tedy chceme u této řady využít plynulou změnu rychlosti motoru, pak je to potřeba řešit na softwarové úrovni a nikoliv na úrovni hardwaru, jako tomu je v případě motorů od Bernecker & Rainer.

Při porovnání konkrétních motorů podle požadavků vycházíme z následující tabulky parametrů.

Tab. 2 Porovnání motorů

	Podélný posuv		Příčný posuv a vřeteno	
Model	8LSA37.DA030S000-3	1FL6062-1AC61-0LA1	8LSA55.DA030S000-3	1FL6092-1AC61-0LA1
Výrobce	B&R	Siemens	B&R	Siemens
Jmenovitá rychlost [ot/min]	3000	2000	3000	2000
Jmenovitý točivý moment [Nm]	3.4	4.78	11,6	16.7
Jmenovitý výkon [W]	1068	1000	3644	3500
Kroutící moment [Nm]	3.6	6	12.5	22
Snímač pohybu	19-bitový EnDat	20-bitový absolutní	19-bitový EnDat	20-bitový absolutní
Převodový poměr	100	65	40 pro vřeteno	32 pro vřeteno
Katalogová cena [Kč]	19 724,60	17757,01	21 973,00 Kč	32331.43

Porovnáním parametrů motoru pro podélný posuv zjistíme, že jsou si oba velmi podobné. V případě motorů pro příčný posuv a vřeteno je cena celkem výrazně výhodnější ve prospěch motorů od Bernecker & Rainer.

Při porovnání motorů je potřeba zohlednit i měniče, které slouží k napájení a řízení motorů. Obecně platí, že lze kombinovat motory od jednoho výrobce a měniče od jiného, ale protože se předpokládá využití pohonů pro koordinovaný pohyb v trojrozměrném prostoru, je nutné dodržet stejného výrobce. Při volbě produktů společnosti Siemens je potřeba, aby každý motor měl vlastní měnič. Naopak společnost B&R nabízí měniče, které mohou řídit až 3 motory současně, což zmenší i požadavky na potřebný prostor uvnitř rozvaděče. Kromě toho vychází řešení od Bernecker & Rainer i cenově výhodněji.

Tab. 3 Porovnání měničů

Výrobce	Siemens		Bernecker & Rainer
Řada	SINAMICS V90 servo drive		Acopos P3
Model	6SL3210-5FB11-5UF0	6SL3210-5FE13-5UF0	8EI8X8HWT10.0600-1
Max výkon motoru [kW]	1.5	3.5	4/4/4
Cena [Kč]	18719,29	28603,62	57646,00
Cena celkem[Kč]	75926,53		57646,00

Výhody řešení pomocí výrobků společnosti B&R převyšují ty od společnosti Siemens a to jak funkčností, tak i cenově. Z toho důvodu byly vybrány tyto motory, které byly doplněny o převodovky s požadovanými převody od stejnojmenného výrobce.

2 Koncepce řízení os

Pro potřeby řízení pohybu je možné využít několik různých způsobů, podle potřeb dané aplikace. Ty se dají rozdělit do tří kategorií.

2.1 Individuální řízení os

Jedná se o nejjednodušší způsob řízení, kde každý pohon je řízen nezávisle na ostatních. Toho lze dosáhnout využitím otevřeného standartu PLCopen od stejnojmenné organizace, mezi jejíž členy patří velké množství výrobců průmyslové techniky. Tento standart představuje snahu sjednotit veškeré operace spojené s programovatelnými logickými automaty (PLC), od návrhu projektu, vytvoření řídicí logiky, až po návrh a výrobu PLC. Cílem je standardizovat různé odvětví automatizace za účelem zjednodušení práce všech uživatelů. Hlavní význam představuje rozšíření standartu IEC 61131-3 o standardizované funkční bloky, které umožňují ovládat pohony od libovolného výrobce. Kromě toho navíc umožňuje libovolně kombinovat výrobce řídicího systému a pohonů.

2.2 Společné řízení několika os

V případě, že se snažíme docílit koordinovaného pohybu více os, je potřeba dosáhnout přesné synchronizace řízení každé osy, což představuje náročný problém. Z důvodu zjednodušení práce programátorů, kteří by museli řešit podobný problém, bylo PLCopen doplněno o dvě rozdílné metody, kterými lze dosáhnout koordinovaného pohybu.

2.2.1 Řízení pomocí vaček

První z metod umožňující koordinovaný pohyb, představuje spojení dvou os, kdy při pohybu jedné osy dochází současně k pohybu druhé osy ve zvoleném poměru. Tato metoda odpovídá pohybu s využitím vaček, které slouží k převodu otáčivého pohybu na pohyb posuvný. To už umožňuje určitou formu synchronizovaného pohybu spřažených os, ale hlavní využití je pro řízení výrobních linek s pásovými dopravníky. Nedá se tedy hovořit o koordinovaném pohybu.

2.2.2 Koordinované řízení

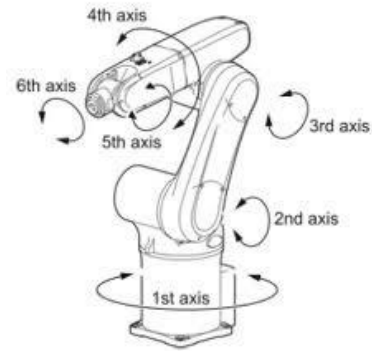
Koordinovaný pohyb zajišťuje další rozšíření standartu PLCopen pro provedení koordinovaného pohybu více os v trojrozměrném prostoru. Na základě toho můžeme vytvořit skupinu skládající se z vícero os pohonů. Toho je docíleno převodem pohybu každé osy ve skupině na identickou jednotku míry pomocí volby převodového poměru, což nám dovoluje využít různých druhů převodovek pro motory bez nutnosti přepočítávat převody dané převodovky.

2.3 Souřadnicové systémy

Jednotliví výrobci, kteří nabízejí systémy pro řízení pohybu, dále rozšiřují možnosti koordinovaného pohybu o transformace do libovolného souřadnicového systému. To nám dává snadný přístup k zprovoznění libovolného typu stroje. Vzhledem k tomu, že budeme využívat tři motory, tak si můžeme zvolit mezi kartézským, sférickým a válcovým souřadnicovým systémem.

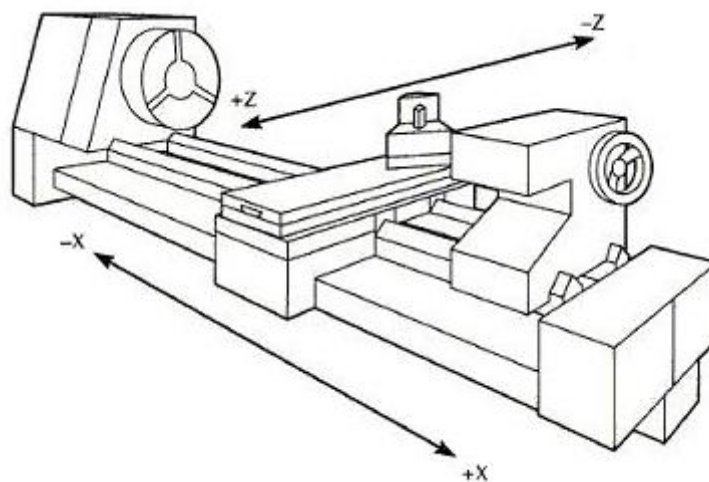
Kartézská soustava souřadnic je určena pro motory, které vykonávají lineární pohyb. Tento způsob je především vhodný pro dosažení velkých nároků na přesnost jako tomu je u CNC strojů, ale využívá se i pro jiné aplikace jako výrobní linky s dopravníkovými systémy.

Sférická soustava souřadnic má hlavní využití u robotických ramen. Požadovaná pozice je dosažena nastavením úhlů jednotlivých kloubů, což přesně odpovídá sférickým souřadnicím. Přestože jsou ve výsledku použity kartézské souřadnice pro snazší nasazení obsluhou, tak je nutné použít transformace ze sférických souřadnic.



Obr. 5 Šestiosý robot [4]

Válcová soustava souřadnic je využívána u cylindrických robotů, které se skládají ze dvou lineárních os a jedné rotační osy, která tvoří základnu. Tento souřadnicový systém je současně i nejvhodnější pro řízení soustruhu, kdy jako rotační osa je zvolen posuv vřetene a zbylé dvě osy jsou tvořeny pomocí lineárního posuvu upnutého nástroje. Díky tomu je možné nejen libovolně upravovat průměr, ale i snadno realizovat návrhy vzorů.



Obr. 6 Osy soustruhu [5]

Vzhledem k tomu, že při volbě pohonů jsme zvolili absolutní jedno-otáčkové snímače polohy, tak při každém vypnutí stroje bude docházet ke ztrátě informace o aktuální poloze. Z tohoto důvodu bude potřeba zvolit referenční bod, podle kterého bude určena poloha. Kvůli větší flexibilitě v rozměrech výrobků, je možné měnit pozici všech

koncových spínačů polohy podle aktuální potřeby, a proto ani ty nelze použít jako referenční body polohy. Další variantou pro měření polohy je použití spojitého lineárního snímače polohy. Tím bychom sice dosáhli velmi přesného údaje o aktuální poloze, ale současně velkou nevýhodou představuje náchylnost těchto typů měření na čistotu daného prostředí. Z důvodu toho, že úprava tvaru bude prováděna také pomocí elektrické brusky, při jejímž použití dochází ke zvýšené prašnosti, byla tato možnost zavržena. Ve finále bylo pro určení referenční polohy zvoleno manuální změření vzdálenosti vůči ose vřetena. Tím se dopouštíme chyby měření, ale ta z důvodu technologie zpracování gumových válců ovlivňuje jen příčnou osu. Z praktických zkoušek na funkčním stroji bylo navíc shledána výsledná přesnost v řádu stovek mikrometrů dostačující pro tuto aplikaci.

3 Výběr řídicího systému

Přestože je možné využít jiného výrobce pro řídicí systém i pro pohony, tak je doporučené využít jednoho výrobce kvůli dosažení maximální funkčnosti a jednoduché instalace. V tomto konkrétním případě jsme dokonce nuceni využít produkty od stejného výrobce z důvodu stejného typu komunikace. Jedná se o komunikační protokol Ethernet Powerlink, což je otevřený standard vyvinutý společností B&R. Ačkoliv je volně dostupný, tak ho žádný jiný výrobce nenabízí. A to ani přesto, že se jedná o nadstavbu průmyslového ethernetu, takže by bylo možné využít PLC od jiného výrobce a vytvořit odpovídající program, který by toto umožňoval. Takovéto řešení by bylo zbytečně náročné, a proto výběr řídicího systému omezíme pouze na produkty společnosti B&R.

3.1 Požadavky na výkon

Při volbě řídicího systému bude náš hlavní požadavek na výkon. Především na to, aby byl schopen zvládat rychlé cyklické úlohy nezbytné pro řízení pohybu. Největší zátěž bude představovat řízení koordinovaného pohybu v trojrozměrném prostoru. Komunikační protokol Powerlink má cyklus 400 μ s a pro dosažení synchronizovaného pohybu je potřeba, aby cyklus úlohy zpracovávající řízení pohybu byl v násobcích tohoto cyklu. Pokud navíc máme zvýšené požadavky na přesnost, tak by cyklus neměl překročit 1 ms. Z tohoto důvodu jsou požadovány vysoké nároky na výkon.

3.2 Požadavky na vstupy a výstupy

Pro účely komunikace s měničem je nezbytné, aby řídicí systém byl vybaven rozhraním Ethernet Powerlink, čímž disponuje většina řídicích systémů od B&R. Mimoto jsou vyžadovány moduly digitálních vstupů pro připojení 36 signálů a digitálních výstupů pro 6 signálů. V obou případech se počítá s rezervou pro případné budoucí rozšíření. Pro měření spotřeby energie se předpokládá využití analogového modulu nebo modulu přímo určeného k měření energie.

3.3 Volba řídicího systému

Společnost B&R nabízí PLC s požadovaným výkonem jen v řadě X20 nebo průmyslové PC, určené především pro náročnější aplikace. Vzhledem k našim požadavkům na výkon připadá v úvahu z PLC řady X20 jen nejvyšší model X20CP1586. V případě průmyslových PC je situace trochu jiná, protože výkon je závislý i na zvoleném operačním systému. V našem případě využijeme operační systém Automation Runtime, čímž se průmyslové PC chová jako PLC. Tato volba má ale důsledky na výkon, protože zpracovává procesy jen pomocí jednoho jádra procesoru, a proto pro dosažení podobného výkonu jako optimální poměr mezi výkonem a cenou připadá v úvahu APC2100.BY34.

3.3.1 X20CP1586

Jedná se o nejvýkonnější PLC, které společnost B&R nabízí, využívající procesor Intel Atom E680T s výpočetním výkonem 1.6 GHz, který umožňuje využít nejmenší cyklus úlohy 100 μ s. Je vybaven dvěma ethernetovými rozhraními, z nichž jedno umožňuje komunikaci pomocí Ethernet Powerlink. Hlavní výhodou oproti řešení pomocí průmyslového PC je snadné rozšíření o další moduly. Hlavní nevýhodou představují omezené možnosti pro připojení vizualizace.



Obr. 7 Procesorový modul X20CP1586 [6]

3.3.2 APC2100.BY034

Toto průmyslové PC má dvoujádrový procesor Intel Atom E3827 o výpočetním výkonu 1.75 GHz, ale vzhledem k využití operačního systému Automation Runtime, umožňuje využít jen jednoho jádra procesoru. Počítač disponuje dvěma ethernetovými rozhraními, ale ani jedno neumožňuje komunikace pomocí Ethernet Powerlink. To lze doplnit pomocí karty 5ACCIF01.FPLS, která rozšíří počítač o jedno rozhraní Powerlink a jedno rozhraní RS232. Další nevýhodou představuje nemožnost přímého rozšíření o další moduly. Je tedy nutné využít komunikační modul X20BC0083, připojený pomocí rozhraní Powerlink. Výhodou oproti PLC naopak je možnost kombinace se zobrazovacími panely z řady Automation Panel 5000, které nabízejí vysoké rozlišení ve velikostech 15,6" až 24".



Obr. 8 Průmyslové PC APC2100 [7]

Tab. 4 Porovnání procesorových modulů

	APC2100.BY34	X20CP1586
Cena procesorového modulu	21 726 Kč	54 746 Kč
Rozšíření o rozhraní Powerlink (5ACCIF01.FPLS)	2 475 Kč	
Licence operačního systému	11 688 Kč	
Komunikační modul (X20BC0083)	2 283 Kč	
Zdroj komunikačního modulu (X20PS9400)	990 Kč	
Cena celkem	39 162 Kč	54 746 Kč

Řešení s využitím průmyslového PC je výkonnější, a navíc pro nás vychází i výhodněji a umožňuje nám větší výběr při volbě zobrazovacího panelu pro vizualizaci.

Pro připojení digitálních vstupů byly zvoleny tři základní moduly X20DI9371, kde každý umožňuje připojit 12 signálů o velikosti stejnosměrného napětí 24 V typu sink, který využívá společný nulový potenciální vodič. Pro připojení digitálních výstupů byl vybrán modul X20DO6529, jedná se o reléový modul určený pro spínání 6 signálu o velikosti stejnosměrného napětí až 30 V.

Pro účely měření spotřeby energie je zvolen modul X20AP3121, který umožňuje přímo připojit 480 VAC a je schopen měřit proud až do hodnoty 1 A. Protože velikost proudu v zátěži bude vyšší, tak doplněním předřadného transformátoru proudu můžeme zajistit rozšíření měřitelného rozsahu ve zvoleném modulu. Volba pro tento modul oproti analogovému byla především z důvodu toho, že měření spotřeb je prováděno v kartě a nemusí být počítáno v PLC a cenový rozdíl mezi oběma moduly je navíc zanedbatelný.

3.4 Zobrazovací panel

Pro účely komfortní obsluhy, a především z důvodu zavěšení pomocí otočného ramena, je zvolen zobrazovací panel 5AP230.185B, který s rozměrem 18.5" představuje dostatečný prostor pro návrh komplexnějších stránek, obsahuje pětici tlačítek pro ovládání panelu a využívá železné pouzdro, které splňuje třídu ochrany IP65, která představuje dostatečnou ochranu před případným poškozením. Mimo to je možné využít upevnění na otočné rameno, čímž dosáhneme možnost přizpůsobit pozici panelu dle aktuální polohy.



Obr. 9 Zobrazovací panel 5AP230.185B [8]

4 Řízení

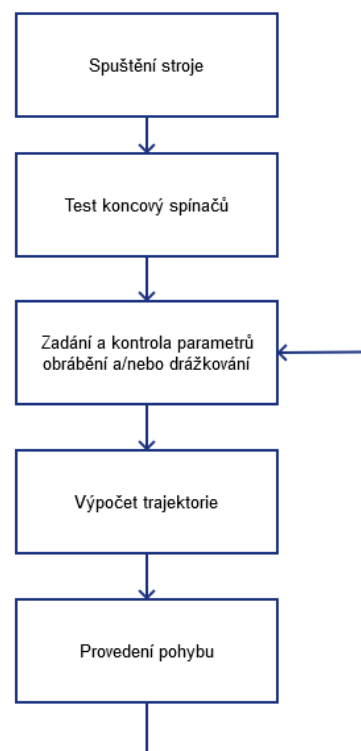
Po spuštění řídicího systému a pohonů je vyžadováno, aby z důvodu bezpečnosti byly vyzkoušeny všechny spínače polohy, které určují pracovní oblast. Podélná a příčná osa má na každém svém konci dvojici koncových spínačů polohy. První slouží jako koncový k signalizaci dosažení maximální dovolené polohy do řídicího systému a při jeho aktivaci dochází k zastavení pohonů pomocí programu. Pokud přesto dojde k sepnutí druhého spínače, který je bezpečnostní a je přímo spojen s řízením pohonů, tak dojde k přerušení napájení motorů a tedy jejich zastavení. Test koncových spínačů spočívá v aktivaci každého koncového spínače pomocí posuvu stroje po jednotlivých osách. Jakmile jsou vyzkoušeny všechny koncové spínače, dochází k zastavení pohonů uprostřed pracovní oblasti a je po obsluze vyžadováno vyzkoušení všech bezpečnostních spínačů. V případě, že by se testovaly pojezdem i bezpečnostní spínače a došlo k selhání některého z nich, případnému poškození stroje by mohl zabránit pouze zastavení pomocí Stop tlačítka, neboť řídicí systém by poruchu nikdy neodhalil. Právě kvůli tomuto důvodu je zvolen tento postup.

Poté, co bylo úspěšně vyzkoušeny spínače polohy, může operátor zvolit požadovanou operaci nastavením parametrů výrobku. Poté program vypočítá trajektorie pohybu na základě zadaných parametrů. Poté je možné provést posuvy pohonů na základě těchto trajektorií a současně dochází k automatickému ovládní jednoho z nástrojů, které jsou použity k úpravě válce. Kvůli tomu, že se oba nástroje nachází na protilehlých koncích příčného suportu, nelze tak použít oba nástroje najednou.

Hlavní důraz při návrhu je kladen na to, aby nedocházelo ke kolizím probíhajících úloh. Z tohoto důvodu bylo řízení rozděleno na několik samostatných celků, které jsou navrženy jako stavové automaty.

Řídicí logika byla rozdělena na následující celky:

- Správa uživatelů
- Správa receptů
- Správa alarmů
- Výpočet trajektorie
- Provedení pohybu



Obr. 10 Hlavní cyklus programu

- Řízení pohybu
- Vizualizace

Toto rozdělení bylo použito, aby případné chyby nebo delší čas nutný pro zpracování dané úlohy nezpůsobily omezení ostatních úloh a také z důvodu přehlednosti programu.

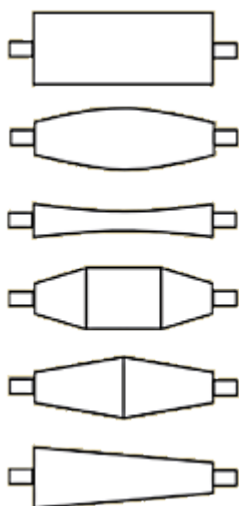
4.1 Správa

Protože některé prvky se využívají opakovaně ve většině řešení, výrobce uvedl Mapp technology, která slouží k jednodušší implementaci těch nejpoužívanějších funkcí a nahradil tak nutnost realizovat tyto, zpravidla identicky implementované prvky, pomocí stavového automatu. To umožňuje věnovat se specifickým problémům dané aplikace, místo tvorby identických návrhů.

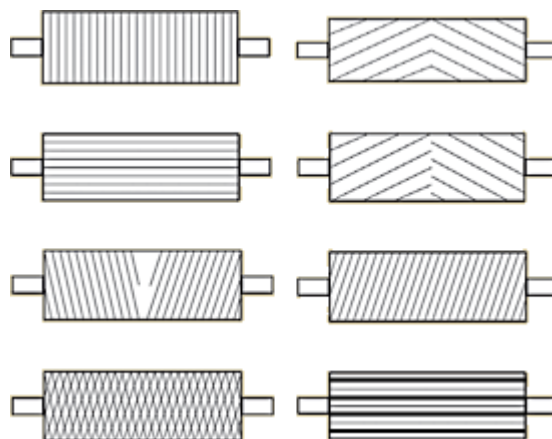
V této konkrétní aplikaci bylo Mapp technology použito pro implementaci správy uživatelů, receptů a alarmů. To vede k tomu, že stačí vyhodnocovat požadavky uživatele a není potřeba řešit sekvenční provedení funkčních bloků. Další předností je vyhodnocování alarmů, kdy si jednotlivé bloky Mapp technology mohou předávat informace o chybových stavech, které lze následně zobrazit. Díky tomu stačí řešit jen poruchové stavy, které jsou spojené s provozem stroje.

4.2 Výpočet trajektorie

Výpočet spočívá v převedení rozměrů požadovaného válce na trajektorii, kterou musí urazit zvolený nástroj (bruska nebo tepelný nůž), aby došlo k vytvoření požadovaného tvaru a/nebo drážek. Návrh výpočtu trajektorie je navržen modulárně, aby v případě požadavku na rozšíření o další soustružený tvar nebo vzor drážek, nebylo nutné měnit existující program, ale jen ho stačí rozšířit o nové výpočty. To vede k větším nárokům na univerzálnost vytvořeného algoritmu, protože cílem je, aby všechny tvary válce, které lze soustružením vytvořit, bylo možné zkombinovat se všemi typy vzorů drážek.



Obr. 11 Dostupné tvary válců



Obr. 12 Dostupné vzory drážek

Samotný výpočet využívá toho, že každý soustružený tvar válce lze rozdělit na několik částí, které lze realizovat pomocí jednoho lineárního pohybu nástroje. Pro parabolický tvar válce je využita lineární aproximace, takže i ten lze rozdělit podobným způsobem. Díky tomu máme k dispozici souřadnice popisující povrch, které slouží jako základ pro výpočet vzorů drážek. Pro značnou část vzorů pak postačuje jen dopočítat souřadnice vřetena, ale určité kombinace, jmenovitě vzor se svislými drážkami, je nutno řešit pomocí individuálních výjimek. U nich je potom nutné dopočítat průměr válce v daném místě.

Protože jsou při výpočtech použity racionální čísla, tak se automaticky dopouštíme určité chyby v přesnosti z důvodu omezené délky proměnných v řídicím systému. Tato chyba se zdá zanedbatelná, ale přesto je jako základní jednotka míry zvolen mikrometr v případě posuvů v podélném nebo příčném směru a v případě vřetena setina stupně.

4.3 Řízení pohybu

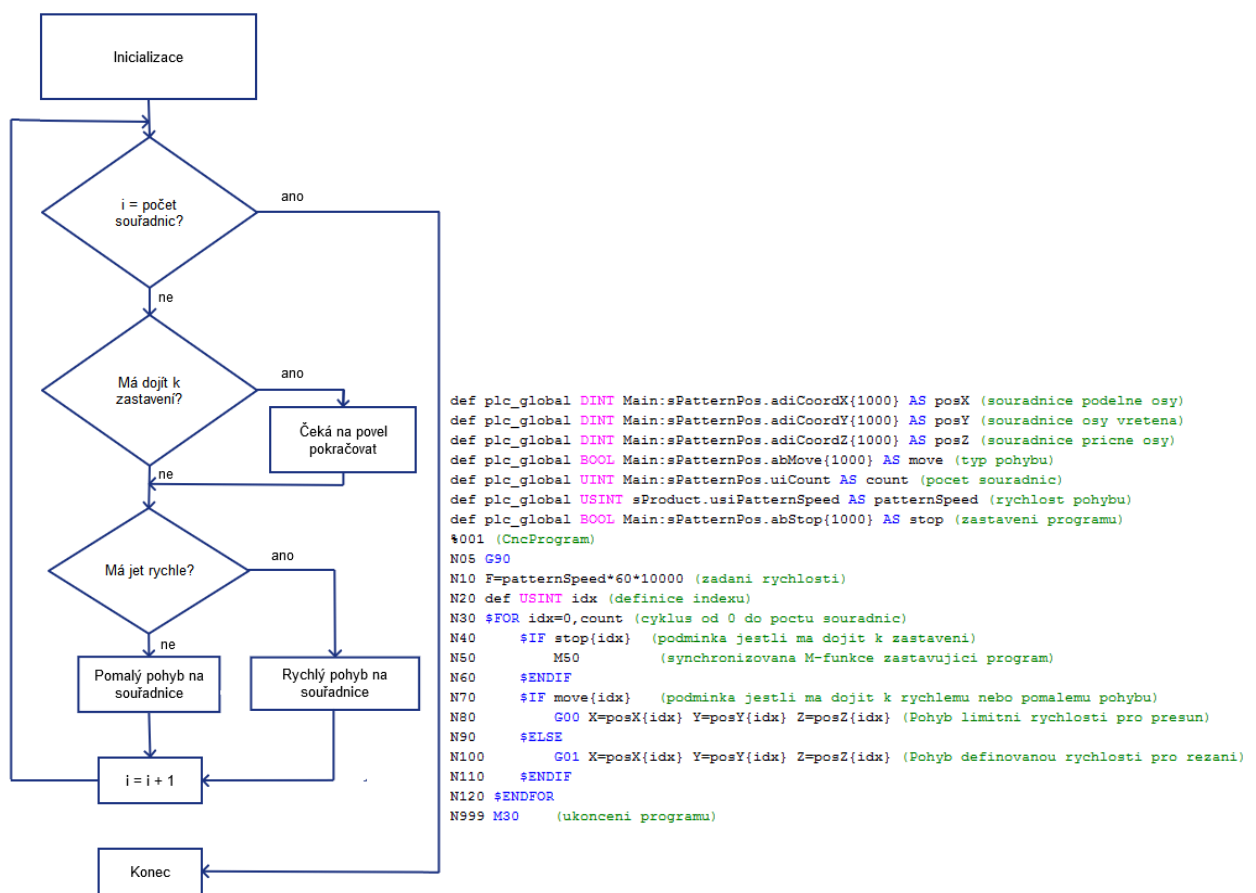
Z důvodu využívání různých typů pohybů bylo potřeba zaručit, aby nedošlo ke kolizi příkazů, proto je implementováno řízení pomocí stavového automatu, které má zabránit případné kolizi. Řízení je rozděleno na dvě skupiny akcí.

1. První skupinu tvoří podpůrné akce, mezi které patří zapnutí motorů, nastavení počátečních souřadnic a reset v případě kdy dojde k chybě motoru. Při žádné z akcí nedochází k pohybu, ale jsou kritické pro činnost motorů.
2. Druhou skupinu tvoří akce, na základě kterých dojde k pohybu. Sem patří pohyb podle programu, pohyb do počáteční polohy, manuální pohyb a již zmíněná zkouška koncových spínačů. Pohyb dle programu se skládá z kontroly před zahájením pohybu, kdy se kontroluje, jestli je přivedeno napájení použitého nástroje a následně dojde k zapnutí tohoto nástroje. To je ověřeno na základě změny proudu. Při úspěšné kontrole dochází k nahrání požadovaného CNC programu napsaného pomocí G-kódu, který využívá vypočtené souřadnice.

G – kód slouží k realizaci pohybu v trojrozměrném prostoru a vykonává se nezávisle na úloze, která slouží k řízení pohybu. Jedná se o normalizovaný standard, který je určen především

k ovládání CNC strojů, bez znalosti dalších programovacích jazyků. Každý příkaz se skládá z písmena G, odkud pochází i název kódu a čísla, které definuje konkrétní akci, kterou má vykonat a případně dalších parametrů jako jsou souřadnice pohybu.

Z důvodu pokroku řídicí techniky společnost B&R rozšířilo G-kód o prvky známé z vyšších programovacích jazyků. To umožňuje využít proměnných z PLC, místo zadávání konkrétních hodnot a také vytvářet jednoduché podmínky nebo pracovat v cyklech. Díky tomu místo samostatného programu pro každou kombinaci parametrů postačují dva programy, které vykonají identické operace.



Obr. 13 Návrh algoritmu pro G-kód a realizace CNC programu pro drážkování

Součástí G-kódu jsou i tzv. M-funkce, které umožňují signalizovat řídicímu systému, že program provedl nějakou konkrétní operaci. V tomto případě se využívá synchronizovaná M-funkce, kdy dochází k přerušení vykonávaného CNC programu napsaného pomocí G-kódu. Toho lze využít, při použití tepelného nože, kdy může nastat potřeba změnit nastavení jeho úhlu v průběhu vykonávání CNC programu. Při přerušení dochází k vyzvání obsluhy, k provedení tohoto úkonu a následného potvrzení pomocí tlačítka. Po vyhodnocení je CNC programu umožněno, aby pokračoval, kde byl přerušen.

Pohyb do počáteční polohy slouží tomu, aby se v případě přerušení prováděného CNC programu, stroj vrátil do původní pozice. Tento pohyb není přímý, ale nejdřív dochází k posuvu příčné osy od válce, aby nedošlo k poškození válce a následnému posunu do počáteční pozice. Tento pohyb je opět realizován pomocí CNC programu.

Manuální pohyb lze využít, pokud je potřeba manuálně ovládat pohony. Využívá řízení jednotlivých os pomocí tzv. jogging, kdy se posílají jen krátké impulsy pro zapnutí daného motoru. Tento typ pohybu byl zvolen, protože slouží ke krátkodobému pohybu a má omezenou rychlost a manuální pohyb v podélné a příčné ose se bude vykonávat jen po dobu stisku příslušného tlačítka.

4.4 Provedení pohybu

Samotné provedení pohybu je realizováno čtveřicí Mapp komponent, kdy první tři bloky slouží k individuálnímu řízení jednotlivých os a poslední je k řízení koordinovaného pohybu všech os. Tato úloha dále vyhodnocuje bezpečnostní zastavení stroje, ať se jedná o zastavení pomocí STOP tlačítka nebo při dosažení některého z koncových spínačů. Tato úloha vykonává všechny příkazy na provedení povelu a kontroluje i aktuální polohu vůči žádané.

5 Návrh vizualizace

Pro návrh vizualizace byla použita aplikace Visual component od společnosti B&R. Ta umožňuje snadný návrh i komplexnější vizualizace pomocí základních předpřipravených řídicích prvků, prací s vrstvami a možnosti dynamicky měnit jednotlivé prvky. Vizualizace je dále doplněna jednou úlohou v PLC, která se stará o kontrolu zadaných parametrů a dynamicky mění zobrazované ovládací prvky.

Návrh vizualizace je vytvořen především s ohledem na obsluhu, která bude stroj nejčastěji využívat. Hlavním záměrem je, aby každá osoba, obeznámená se soustružením gumových válců, byla okamžitě schopná ovládat tento stroj jen na základě intuice.

Vizualizace se skládá z těchto stránek

- Zkouška koncových spínačů
- Volba tvaru a/nebo vzoru válce
- Zadání parametrů tvaru válce
- Zadání parametrů vzoru válce
- Informace při pohybu pohonů
- Manuální ovládání
- Recepty
- Uživatelé
- Alarmy
- Nastavení

První obrazovka po spuštění řídicího systému slouží k zobrazení průběhu zkoušky koncových snímačů, kde jsou uživatelům zobrazovány již vyzkoušené snímače. Dále také slouží k upozornění uživatele, aby před zahájením nenechal upnutý žádný výrobek v soustruhu, protože by mohlo dojít ke kolizi během posuvů. Z důvodu různé funkčnosti tlačítek, které se na panelu nacházejí, jsou na každé obrazovce popisky, které zobrazují jeho funkci.

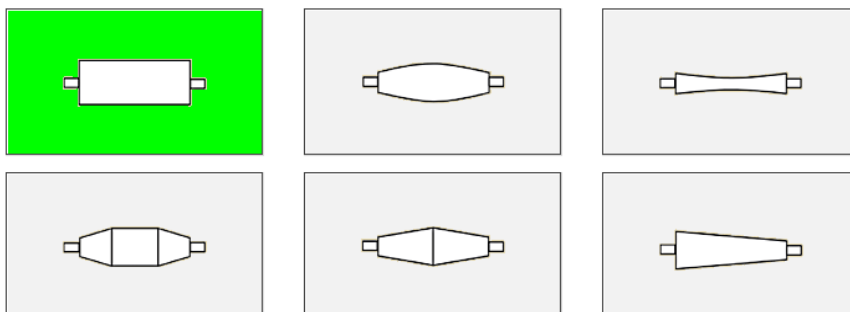
Kvůli tomu, že je možné libovolně volit mezi úpravou tvaru, děláním vzorů a kombinací obou, tak se tato obrazovka přizpůsobuje zvolené činnosti. Pokud je zvolena jen úprava tvaru válce, tak se budou zobrazovat jen tvary a vzory zmizí. Při výběru pouhých vzorů zůstane viditelná i volba tvaru válce, protože je nutné zvolit tvar, do kterého se májí vytvořit vzory. Aby nebylo nutné ručně zadávat všechny parametry, tak je možné načíst parametry z receptury.



Obr. 15 Obrazovka pro zkoušku spínačů koncových poloh

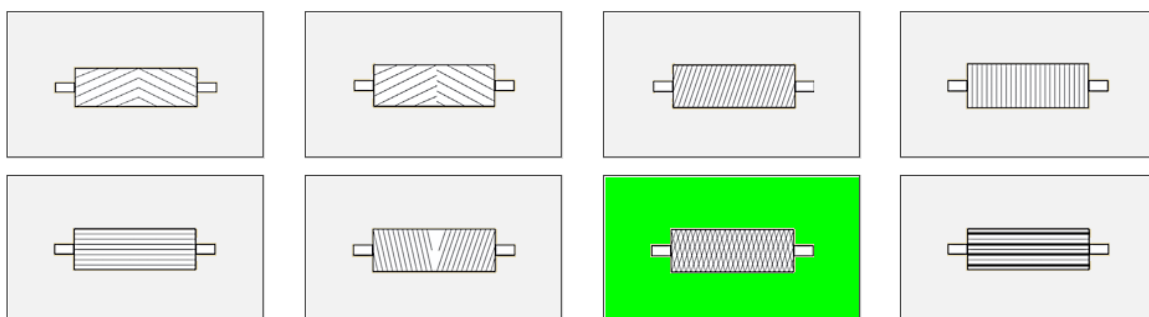
Obrábění

ANO



Drážkování

ANO



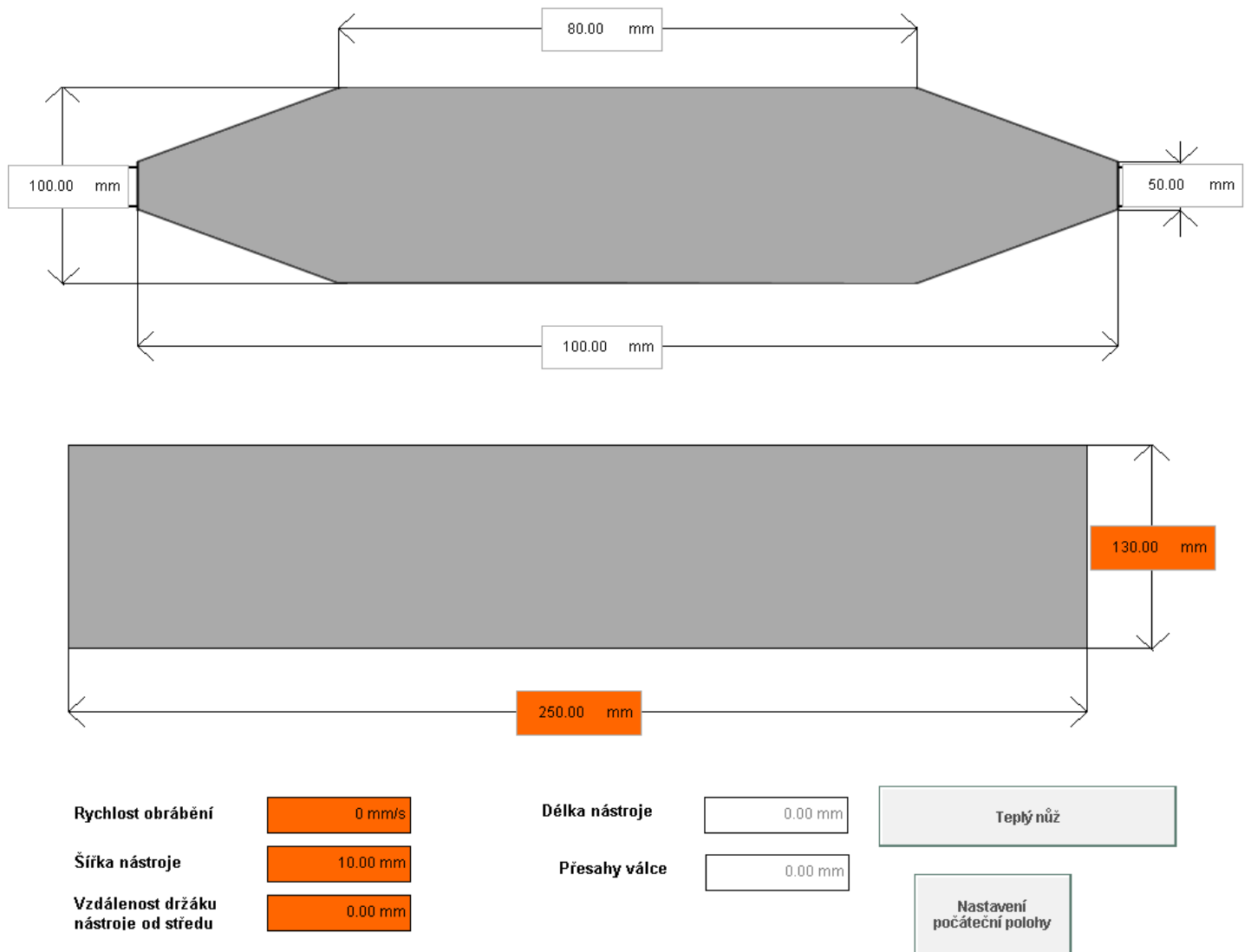
Načíst recept

Další

Obr. 14 Volba tvaru a vzoru válce

Obrazovka pro zadávání parametrů se přizpůsobuje podle voleb tvaru. Podle toho se zobrazí zvolený tvar a parametry. Kvůli tomu, že je nutné určit i referenční polohu, tak je doplněna

i kontrola zadaných parametrů. Ta má vizuálně upozornit na chyby, vzniklé nesprávně zadanými parametry. Protože obsluha musí určit referenční polohu nástroje vůči válci, tak je možné využít tlačítka, kterými je možné posouvat s polohou nástroje.



Obr. 16 Zadávání parametrů pro různé tvary válce

Obrazovka pro zadávání parametrů vzoru se zobrazuje, jen pokud byla zvolena tvorba vzorů. Obdobně jako při zadávání parametrů tvaru, se přizpůsobuje i zadávání parametrů vzoru. Zde dochází k výraznějším změnám, protože jednotlivé vzory mají různé způsoby zadávání parametrů. Například při vzoru tvořeného kosočtverci je možné nastavit vzor pomocí počtu drážek v horizontálním a vertikálním směru. Na základě toho se dopočítá úhel, který musí mít drážka pro dosažení požadovaného výsledku. Při tomto výpočtu je zohledněna i šířka nástroje.

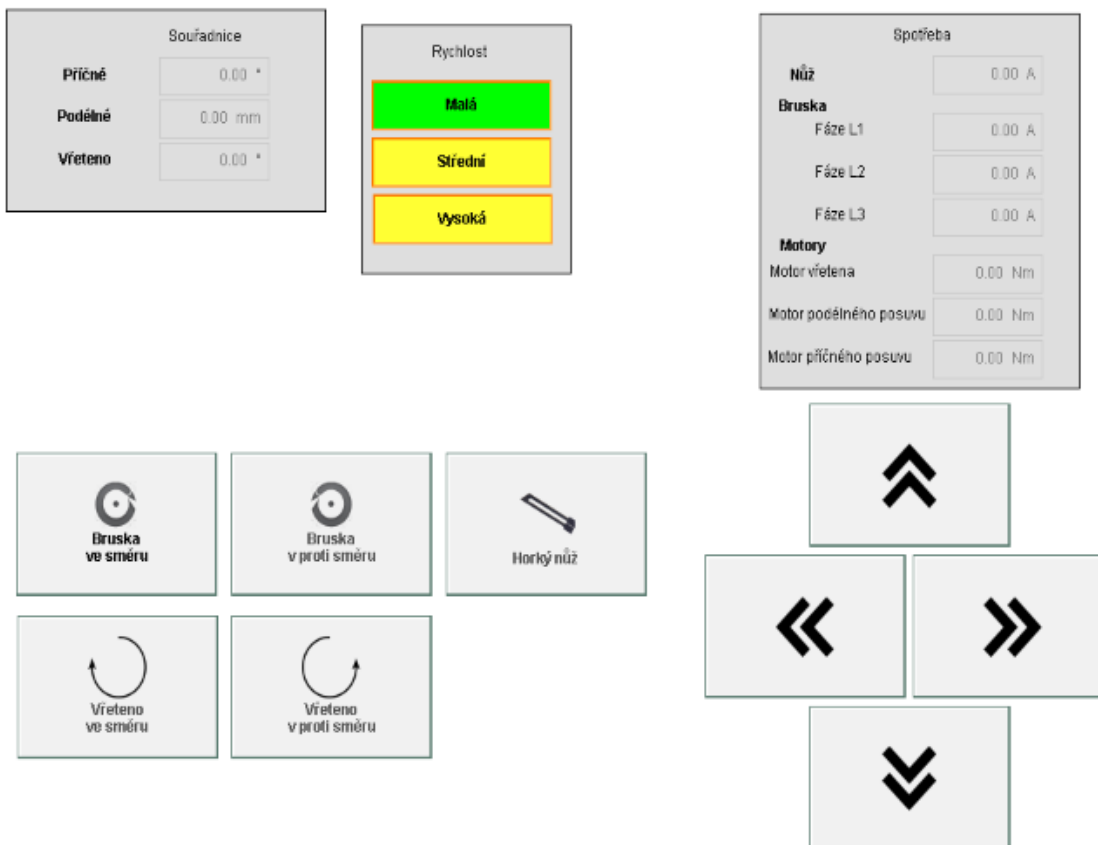


Teplý nůž		Počet diamantů	
Úhel drážek	<input type="text" value="44.47 °"/>	Počet diamantů horizontálně	<input type="text" value="6.000"/>
Počet vertikálních drážek	<input type="text" value="8"/>	Rozdíl hloubky drážek diamantu	<input type="text" value="1.00 mm"/>
Délka nástroje	<input type="text" value="12.00 mm"/>		
Hloubka drážky	<input type="text" value="3.00 mm"/>		
Šířka nástroje	<input type="text" value="6.00 mm"/>		
Rychlost pohybu	<input type="text" value="40 mm/s"/>	Uložit recept	Další

Obr. 17 Obrazovka pro zadání parametrů vzoru

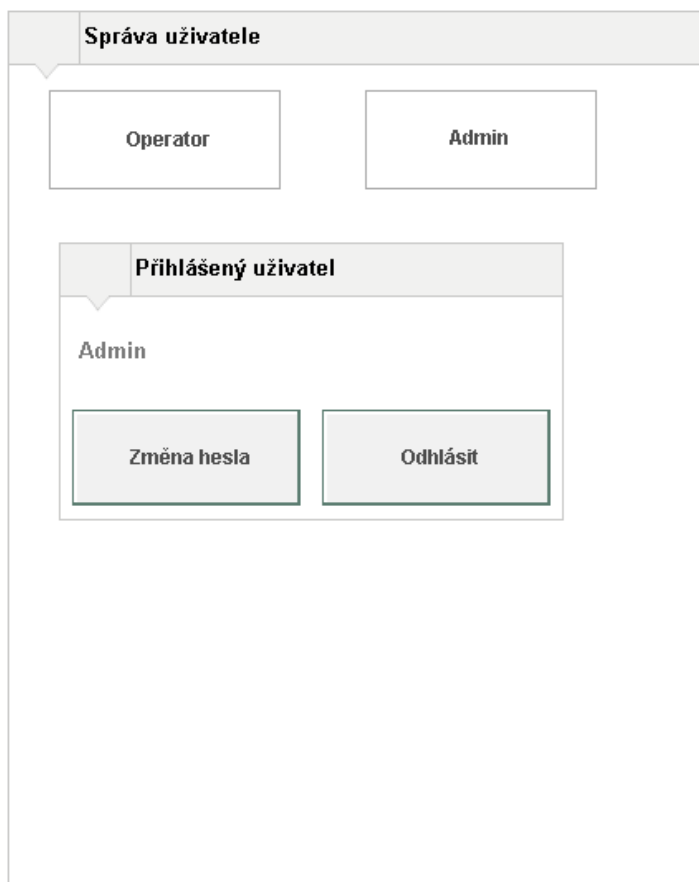
Druhou metodu představuje zadání vnitřních parametrů kosočverce, tj. jeho uhlopříčky. Na základě toho lze obdobně dopočítat úhel drážky a počet vzorů, což představuje hodnoty, z kterých se počítá trajektorie.

Mimo řízení pomocí programu lze pomocí přepínače s klíčem, který se nachází na zobrazovacím panelu, aktivovat i manuální ovládání pohonů. Zde je možné po dobu stisku šipky v požadovaném směru zahájit posun nástroje. Protože většina operací stroje vyžaduje rotující válec, pohony vřetene se aktivují kliknutím na příslušné tlačítko. Obdobně je možné ovládat i nástroje. V případě, že je potřeba dosáhnout konkrétní polohy, jsou zde aktuální souřadnice ve všech osách.

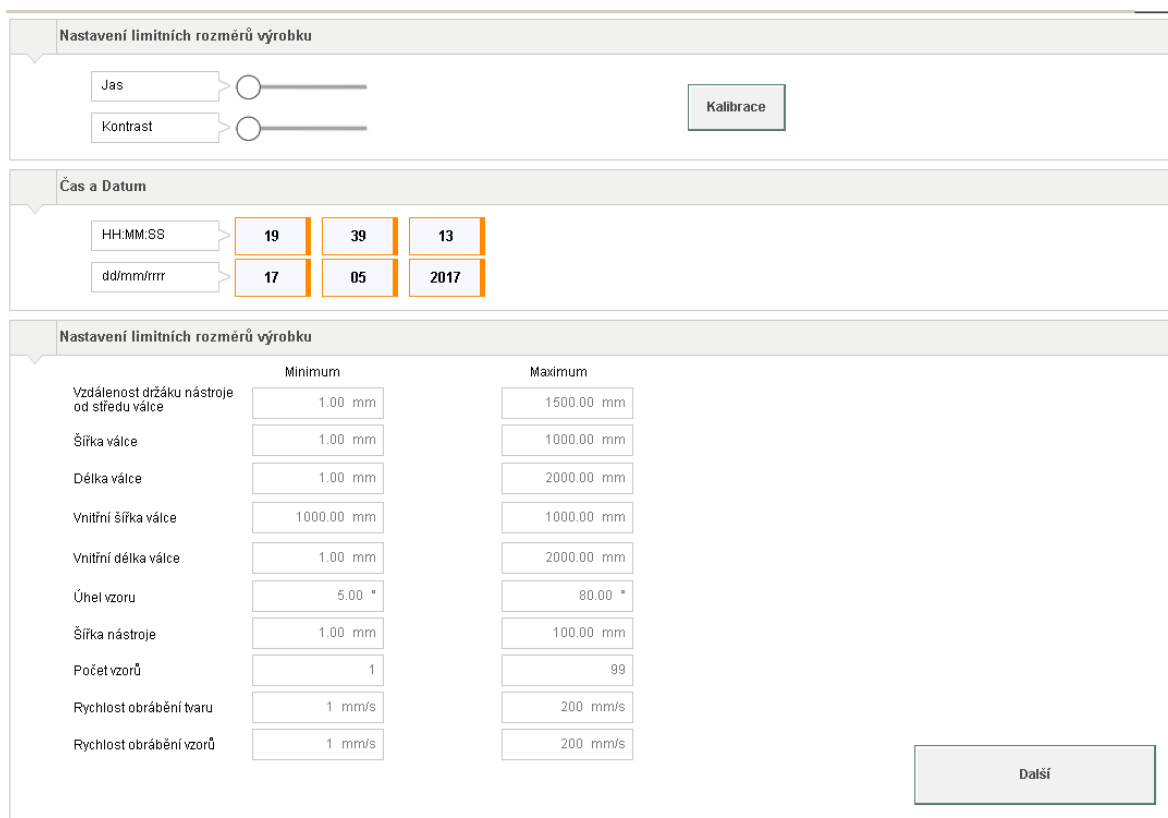


Obr. 18 Obrazovka manuálního ovládání

Z důvodu omezení přístupu do některých nastavení jen osobám s patřičnými právy, je možné se přihlásit jako správce. Tento účet může, kromě možnosti měnit všechny parametry, měnit heslo ke svému účtu. Jelikož se předpokládá, že stroj bude trvale obsluhovat jen jedna osoba, není možné přidávat další účty. Rozšířené možnosti nastavování parametrů pro správce jsou na obrazovce nastavení, kde běžný uživatel může nastavit jen jas displeje a změnit čas. Správce naopak může definovat limity, které omezí parametry válce. Dále navíc může do servisní obrazovky, kde se nachází přehled všech digitálních signálů na vstupech a výstupech řídicího systému.



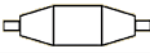






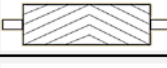






Obr. 20 Obrazovka správy uživatelů



Obr. 19 Obrazovka Nastavení s přihlášeným správcovským uživatelem

Kvůli tomu, že před každým opracováním válce je nutné zadat velké množství parametrů, tak lze při opakování identických výrobků využít receptury, které umožňují tento proces zjednodušit.

	Tvar	Vzor	Obrábění	Délka	Šířka	Název
1			✓	200 mm	100 mm	Přes
2			✓	300 mm	145 mm	Druhy
3			✗	200 mm	100 mm	Třetí
4			✓	100 mm	300 mm	Čtvrtý
5			✓	256 mm	165 mm	Patý
6			✓	200 mm	200 mm	Šestý
7			✗	0 mm	0 mm	
8			✗	0 mm	0 mm	
9			✗	0 mm	0 mm	
10			✗	0 mm	0 mm	

Předchozí strana

Další strana

Vybrat

Uložit

Obr. 21 Obrazovka se správou receptur

Závěr

Cílem této bakalářské práce byla modernizace zastaralého stroje na soustružení pro společnost Qwert Rubber s.r.o., který by více odpovídal požadavkům moderní doby. Plánovaný cíl se nám podařilo splnit jak v teoretické rovině, tak i v realitě.

V práci jsme obecně nastínili různé typy pohonů a jejich následnou komparací jsme dosáhli výběru nejvhodnějšího typu, což se ukázal být synchronní pohon. Zohledněním specifických požadavků této práce a následným porovnáním paramentů vybraného typu pohonu jsme dosáhli výběru konkrétního motoru. Vzhledem k náročnosti požadavků na řízení koordinovaného pohybu tohoto motoru jsme vybrali konkrétní řídicí systém, kterým se ukázalo být průmyslové PC v kombinaci s velkým zobrazovacím panelem.

Následným krokem byla definice způsobů jednotlivých možností řízení pohonů a selekce nejvhodnějšího typu pro náš cíl práce. Nejdůležitějších aspektem celé práce však byl návrh algoritmu, který by umožňoval řízení stroje dle požadavků zadavatele. Toho bylo dosaženo pomocí modulárního řešení, jehož teoretická příprava byla složitější, ale následná realizace byla snadnější v porovnání s ostatními návrhy řešení, které se jevily jednodušší v teoretické rovině, ale vlastní realizace by s sebou přinášela řadu těžkostí. Kromě řízení pohybu byly vytvořeny i další pomocné funkce, které byly nezbytné pro správnou funkčnost stroje.

V průběhu realizace této práce jsem se seznámil s částí metodiky, která se používá při výběru pohonů. Jedná se o velmi rozsáhlou oblast znalostí a z tohoto důvodu disponuje každý výrobce vyškolenými odborníky, kteří tento proces zjednoduší. S jejich pomocí jsme zvolili vhodné pohony podle našich požadavků.

Ačkoliv se jednalo o moji první zkušenost s řízením pohybu, tak se ukázalo zvolené řešení jako vhodné pro tuto problematiku. To se dále potvrdilo během zevrubného testování funkčnosti stroje, kdy byly vytvořeny válce volbou různých tvarů a vzorů. Výsledná přesnost postačovala požadavkům společnosti Qwert Rubber.

Během realizace se jako časově nejvíce náročné ukázalo být výsledné zkoušení činnosti stroje, protože bylo nutné vyzkoušet každou kombinaci tvarů a vzorů. Při jakékoli nesprávné činnosti stroje bylo nutné celý proces znovu opakovat až do dosažení bezchybné funkčnosti. Tento proces byl dále komplikován faktem, že pro důslednou kontrolu bylo nutné zvolit nízkou rychlost posuvu, což výrazně prodlužovalo dobu pro opracování každého jednotlivého válce.

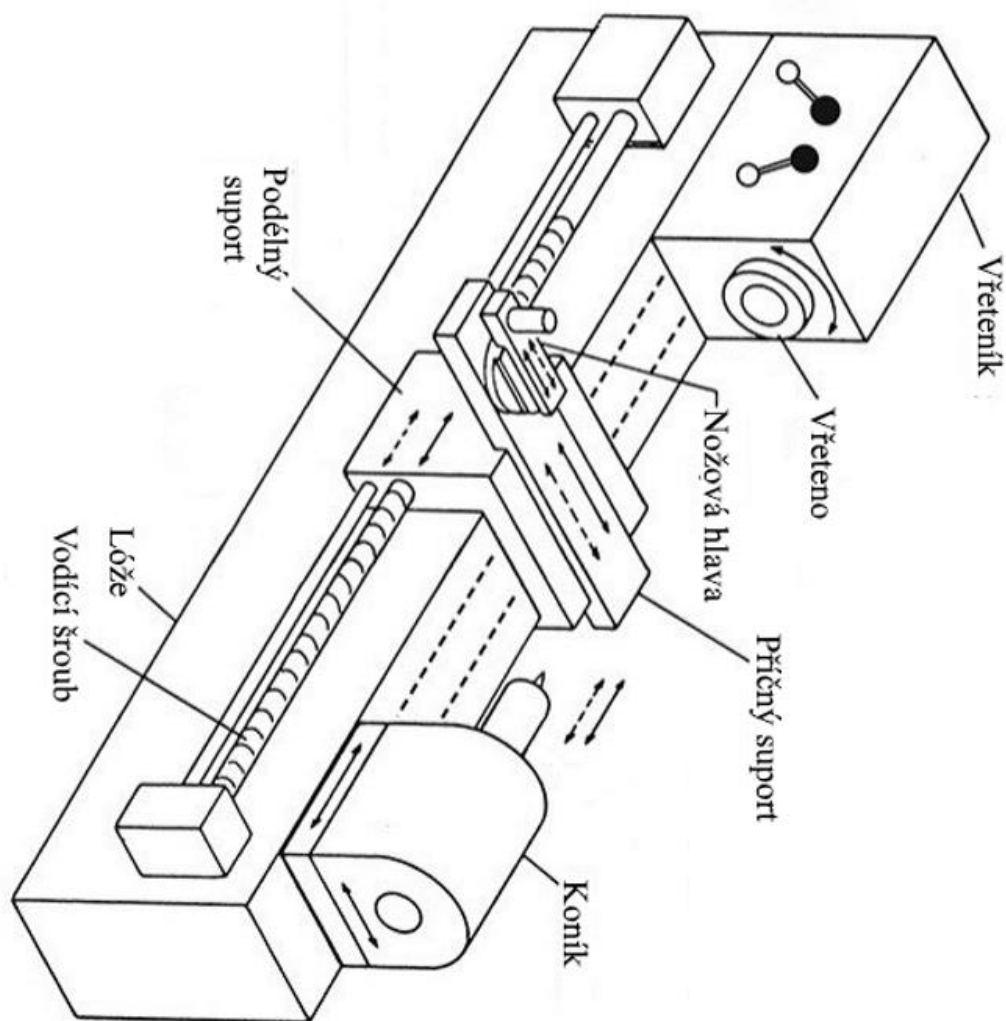
Přestože tento stroj měl umožňovat úpravu válce pomocí elektrické brusky, tato metoda nebyla řádně vyzkoušena v důsledku technologických problémů vzniklých díky nevhodně zvolenému brusnému kotouči. Výběr tohoto brusného kotouče byl předem určený od zadavatele celého projektu. Tento fakt nijak neovlivňuje možnosti stroje, neboť řízení pohybu jak elektrické brusky, tak i tepelného nože je identické a jediný rozdíl představuje směr pohybu.

V zadání bakalářské práce tento požadavek nebyl, avšak celý stroj byl koncipován tak, aby bylo možné ho do budoucna dále rozšiřovat, ať co se týče bezpečnosti nebo funkčnosti dle případných dalších zadavatele.

Seznam použité literatury

- [1] *EU-500 és EU-630 CSÚCSESZTERGA: GÉPKONYV*. Budapest.
- [2] Elastomer Cutting System. In: *Proscó Inc.* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: http://www.proscó-inc.com/proscó_products_elastomer_cutting_system.html
- [3] Why Do Step Motors Get Hot? *Applied motion products* [online]. Watsonville, USA, 2015 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <https://www.applied-motion.com/news/2015/10/two-ways-lose>
- [4] Industrial Robot Trends and Types. *Into Robotics* [online]. 2016 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <https://www.intorobotics.com/industrial-robot-trends-and-types/>
- [5] ET 349 CAM SYSTEMS: Lecture Notes. In: *Western Carolina University* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://paws.wcu.edu/ballaaron/www/et349/notes/notes.html>
- [6] X20CP1586: Basic information. In: *B&R Automation* [online]. Eggelsberg, Rakousko [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <https://www.br-automation.com/cs/produkty/control-systems/x20-system/x20-cpus/x20cp1586/>
- [7] 5APC2100.BY34-000: Basic information. In: *B&R Automation* [online]. Eggelsberg, Rakousko [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <https://www.br-automation.com/en/products/industrial-pcs/automation-pc-2100/system-units/5apc2100by34-000/>
- [8] 5AP5230.185B-000: Basic information. In: *B&R Automation* [online]. Eggelsberg, Rakousko [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <https://www.br-automation.com/en/products/visualization-and-operation/automation-panel-5000-swing-arm-multi-touch/panels/5ap5230185b-000/>
- [9] *TM400 – Introduction to Motion Control*. Eggelsberg, Rakousko: B&R Automation, 2016.
- [10] *TM410 – Working with Integrated Motion Control*. Eggelsberg, Rakousko: B&R Automation, 2016.
- [11] *TM440 – Motion Control: Basic Functions (mapp Technology)*. Eggelsberg, Rakousko: B&R Automation, 2016.
- [12] *TM1110 – Integrated Motion Control - Axis Groups*. Eggelsberg, Rakousko: B&R Automation, 2016.
- [13] *TM1111 – Integrated Motion Control - Path Controlled Movements*. Eggelsberg, Rakousko: B&R Automation, 2016.

Nákres stroje



SEZNAM ZKRATEK

B&R	Bernecker & Rainer
CNC	Computer numeric control
PC	Personal computer
PLC	Programmable Logic Controller

OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

- Archivovaný program pro řídicí systém, který byl vytvořen pomocí programu Automation Studiu 4.2.7.54 SP
- Manual_Soustruh.pdf – Návod k obsluze stroje
- Katalogový list motoru Siemens 1FL6062-1AC61-0LA1
- Katalogový list motoru Siemens 1FL6092-1AC61-0LA1
- Katalogový list měniče Siemens 6SL3210-5FB11-5UF0
- Katalogový list měniče Siemens 6SL3210-5FE13-5UF0
- Katalogový list motorů B&R řady 8LSA3
- Katalogový list motorů B&R řady 8LSA5
- Katalogový list měniče B&R 8EI8X8HWT10.XXXX-1
- Umístění spínačů polohy
- Katalogový list PLC B&R X20CP1586
- Katalogový list průmyslového PC B&R APC2100
- Seznam vstupů a výstupů řídicího systému
- Dokumentace projektu
- Bakalářská práce