

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ŘÍZENÍ DĚLÍČÍHO STROJE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

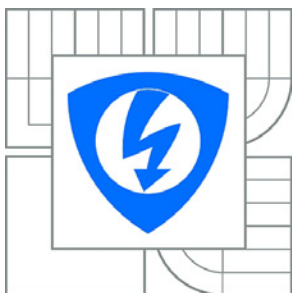
Bc. PETR ŠPANĚL

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A
ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

ŘÍZENÍ DĚLÍČÍHO STROJE

CONTROL OF DIVIDING ATTACHMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

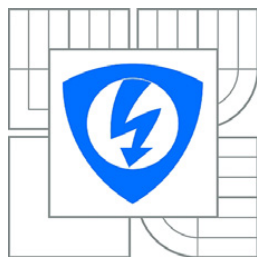
Bc. PETR ŠPANĚL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR HUTÁK, Ph.D.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Bc. Petr Španěl

ID: 72862

Ročník: 2

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Řízení dělicího stroje

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se problematikou řídicích automatů.
2. Navrhněte vhodný algoritmus řízení pro dělicí stroj.
3. Navržený algoritmus ověřte na reálném zařízení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího

Termín zadání: 23.9.2010

Termín odevzdání: 23.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Petr Huták, Ph.D.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

Abstrakt

Dělicí stroj umí dělit vodiče a kabely na uživatelsky stanovenou délku při zadaném počtu kusů. Tyto stroje jsou obvykle vyrobeny na zakázku pro potřeby vyžádané konkrétní aplikaci, nejsou na českém trhu příliš rozšířené. Zařízení popisované v tomto projektu potřebují pro zvýšení produktivity práce při přípravě teplovzdušných vodičů, které se používají při zapojování těles rezistorů.

Abstract

Automatic cutting machine can cut wires and cables to user-defined length at a specified number of pieces. These equipments are usually custom-made for needs of the requested application and they are not very spread out tools on the Czech market. This described device is specified for efficiency-rise in the production of heat-resistant cables. These prepared cables are used for internal connection of the resistors.

Klíčová slova

dělicí stroj; regulace dělicího stroje; frekvenční měnič; polohování;

Keywords

Cutting machine; regulation of a cutting machine; frequency converter; positioning;

Bibliografická citace

ŠPANĚL, P. *Řízení dělicího stroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 75 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Huták, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Řízení dělicího stroje jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

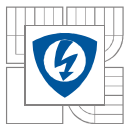
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Hutákovi, Ph.D. a otci Ing. Petru Španělovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále děkuji pánům z firmy Control Techniques, jmenovitě Ing. Radislavu Srnkovi, Ing. Vladimíru Bradáčovi za zapůjčení potřebných komponent a Ing. Janu Egerlemu za účinnou pomoc při konzultacích během vývoje programu.

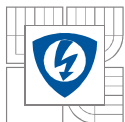
V Brně dne

Podpis autora

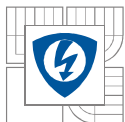


OBSAH

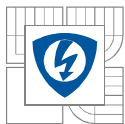
1 ÚVOD	12
2 VHODNÉ POHONY	13
2.1 SYNCHRONNÍ SERVOMOTOR	13
2.2 ASYNCHRONNÍ MOTOR	14
2.3 SROVNÁNÍ MOTORŮ	15
3 VHODNÉ FREKVENČNÍ MĚNIČE	16
3.1 MĚNIČ PRO MOTOR STŘIHU	16
3.2 MĚNIČ PRO POSUV STŘÍHANÉHO VODIČE S KARTOU POLOHOVÁNÍ	16
4 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ MĚNIČE UNIDRIVE SP	18
4.1 SM APPLICATIONS	18
4.2 APC – ADVANCED POSITION CONTROLLER	19
4.2.1 FUNKCE.....	19
4.2.2 POZIČNÍ MÓDY	19
4.2.3 ROZLIŠENÍ.....	20
4.3 POLOHOVÁ SMYČKA	22
4.3.1 VÝSTUPNÍ PŘEVODY	23
4.3.2 ZESÍLENÍ PŘEDKOREKCE RYCHLOSTI.....	23
4.3.3 PŘEDKOREKCE MOMENTU	24
4.3.4 EXTERNÍ RYCHLOSTNÍ A POLOHOVÁ REFERENCE	25
4.4 POPIS PŘÍKAZŮ APC	25
4.4.1 FUNKCE APC	25
4.4.2 DPL PŘÍKAZY	25
5 CONTROL TECHNIQUES SOFTWARE	31
5.1 KOMUNIKACE	31
5.1.1 SÉRIOVÁ LINKA.....	31
5.1.2 DALŠÍ MOŽNOSTI KOMUNIKACE	32
5.2 SOFTWARE	33
5.2.1 CTSOFT.....	34
5.2.2 CTSCOPE.....	38
5.2.3 SYPTLITE	38
5.2.4 CTOPCSERVER	39
5.2.5 SYPTPRO	39
6 DIMENZOVANÍ POHONŮ	44
6.1 HNACÍ MOTOR	44
6.2 MOTOR PRO STŘIH	46
7 POTŘEBNÉ KOMPONENTY	48
7.1 MOTORY	48
7.1.1 MOTOR POSUVU	48



7.1.2 MOTOR STRÍHÁNÍ.....	49
7.2 FREKVENČNÍ MĚNIČE	50
7.2.1 MĚNIČ PRO MOTOR STRÍHU.....	50
7.2.2 MĚNIČ PRO ŘÍZENÍ POLOHY	54
7.3 ČIDLO OTOČENÍ STRÍHACÍHO NOŽE	57
8 NÁSTIN ŘÍZENÍ STROJE	59
9 ALGORITMUS ŘÍZENÍ STROJE	60
10 PROGRAMOVÁNÍ DĚLÍČÍHO STROJE.....	62
10.1 ÚLOHA INITIAL.....	62
10.2 ÚLOHA BACKGROUND	65
10.3 ÚLOHA POS0.....	66
10.4 ÚLOHA ERROR	66
10.5 ÚLOHA EVENT1.....	67
10.6 ÚLOHA CLOCK.....	67
11 MECHANICKÁ ČÁST A ZAPOJENÍ STROJE	68
12 NAMĚŘENÉ HODNOTY	71
13 CENOVÁ KALKULACE.....	72
14 ZÁVĚR.....	73
LITERATURA	74
SEZNAM PŘÍLOH.....	75

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

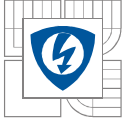
<i>Obr. 1.1 - Weidmüller Cutfix 8</i>	12
<i>Obr. 1.2 - Brzdné rezistory RBR1 až RBR12</i>	12
<i>Obr. 2.1 - schéma pohonu se střídavým servomotorem [4]</i>	13
<i>Obr. 4.1 - Počet stop za otáčku = 4* pulzy enkodéru za otáčku</i>	21
<i>Obr. 4.2 - Polohová smyčka</i>	22
<i>Obr. 4.3 - Polohová smyčka s převodovkou</i>	23
<i>Obr. 4.4 - Předkorekce rychlosti</i>	24
<i>Obr. 4.5 - Předkorekce momentu</i>	24
<i>Obr. 4.6 - Externí reference</i>	25
<i>Obr. 4.7 - DPL příkazy</i>	26
<i>Obr. 5.1 - Umístění konektoru RJ45 sériové linky [5]</i>	31
<i>Obr. 5.2 - Startup CTSoft</i>	34
<i>Obr. 5.3 - Vlastnosti měniče</i>	35
<i>Obr. 5.4 - CTSoft - parametry měniče</i>	36
<i>Obr. 5.5 - CTSoft - blokové diagramy</i>	37
<i>Obr. 5.6 - ukázka CTScope</i>	38
<i>Obr. 5.7 - SyPTPro - pracovní síť</i>	39
<i>Obr. 5.8 - DPL Editor – úlohy</i>	40
<i>Obr. 6.1- Průběhy otáček a momentu hnacího motoru</i>	44
<i>Obr. 6.2 - Zjištění potřebné síly stříhu</i>	46
<i>Obr. 6.3 - Průběh otáček a momentu při stříhu</i>	47
<i>Obr. 7.1 - Zapojení silové části měniče [2]</i>	50
<i>Obr. 7.2 - Zapojení interního relé pro detekci poruch [2]</i>	54
<i>Obr. 7.3 - zapojení svorek pro řízení [2]</i>	54
<i>Obr. 7.4 - Zapojení silové části měniče Unidrive SP [5]</i>	55
<i>Obr. 7.5- Zapojení pinů pro připojení enkodéru [5]</i>	56
<i>Obr. 7.6 - Frekvenční měniče Commander SK a Unidrive SP</i>	57
<i>Obr. 7.7 - Indukční čidlo</i>	58
<i>Obr. 7.8 - Zapojení indukčního čidla</i>	58
<i>Obr. 8.1- Nástin řízení stroje</i>	59
<i>Obr. 9.1 - Algoritmus řízení</i>	60



<i>Obr. 11.1 – čelní pohled na mechanickou část</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 11.2 - Motor posuvu materiálu</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 11.3 - Motor stříhu se šnekovou převodovkou a indukčním čidlem koncové polohy.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 11.4 - Stříhací nůž a převod rotačního pohybu na lineární.....</i>	<i>69</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2.1 - Typické hodnoty motorů s klecovým vinutím [6]</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 2.2 - srovnání synchronního a asynchronního motoru</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 3.1 - Parametry měniče Commander SK [2]</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 4.1 - SM-Universal Encoder Plus vstupní tabulka.....</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 4.2 – APCSetRunMode.....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 4.3 – APCReset.....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4.4 – APCSelectAbsoluteMode.....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4.5 – APCSelectRelativeMode</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4.6 – APCSetPositionResetOffset.....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4.7 – APCResetSpurceOnDisable</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4.8 – APCSetFeedbackSource.....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 5.1 - popis pinů konektoru RJ45 [5]</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 5.2 - kompatibilita software s komunikací</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 5.3 - popis úloh v DPL</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 7.1 - Štítkové údaje Unimotor fm</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 7.2 - štítkové údaje motoru pro stříh.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 7.3 - popis svorek T1 až T6 měniče Commander SK [2]</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 7.4 - popis svorek B1 až B3 měniče Commander SK [2]</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 7.5 - popis svorek B4 až B7 měniče Commander SK [2]</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 7.6 - Popis konfigurace parametrů měniče [2]</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 7.7 - Přednastavené konfigurace měniče Commander SK [2].....</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 7.8- Volba přednastavených otáček [2]</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 7.9 - Popis typů enkodérů [5]</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 7.10 - Popis pinů enkodéru pro daný typ [5]</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 11.1 – popis zapojení svorek stroje</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 12.1 - Přesnost stříhu vodičů Helukabel SiF/GL 1x2.5mm2.....</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 13.1 - Cenová kalkulace.....</i>	<i>72</i>



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAM	Elektronická vačka
APC	Advanced position controller – pokročilý regulátor polohy
ASM	asynchronní motor
PM	permanentní magnety
SM	synchronní motor
RFC	Rotor flux control – algoritmus řízení ASM bez zpětnovazebního čidla

1 ÚVOD

Automatická stříhačka drátů (kabelů) je na českém trhu nepříliš rozšířený stroj, který umí dělit vodiče a kabely na stanovenou délku, při uživatelem zadaném počtu kusů. Tyto stroje jsou obvykle konstruovány na zakázku pro potřeby vyžádané konkrétní aplikaci.

Zařízení popisované v tomto projektu je potřeba pro zvýšení produktivity práce při přípravě teplovzdušných vodičů, které se používají při zapojování těles brzdných rezistorů (Obr. 1.2).

V praxi jsem se setkal pouze s výrobkem firmy Weidmüller, se stříhačkou vodičů a kabelů dodávanou po označení Cutfix 8 (Obr. 1.1). Protože jsem již měl možnost s tímto strojem pracovat, zaznamenal jsem několik nedostatků tohoto zařízení, které mi významně znepříjemňovaly práci.

Přístroj totiž pracuje s vysokým zrychlením. Na plnou pracovní rychlost zrychlí za cca 0,3 s, zhruba stejnou dobu deceleruje. Právě toto vysoké zrychlení, které není možné uživatelsky snížit, znepříjemňuje stříhání krátkých kabelů (do cca 0,5m), protože dochází k rozkmitání stříhaného kabelu. To velmi často zapříčiní, že vodič, odvíjený z balíku, vytvoří smyčky, které zablokují celý mechanismus. Další neméně významným nedostatkem je i vyšší pořizovací cena (8173€, v přepočtu asi 205 000Kč).

Tyto důvody mě vedly k myšlence vlastní konstrukce technicky srovnatelného zařízení, navíc s odstraněním nedostatků, které bránily použití pro potřeby přesného stříhání velkého počtu krátkých kabelů.



Obr. 1.1 - Weidmüller Cutfix 8

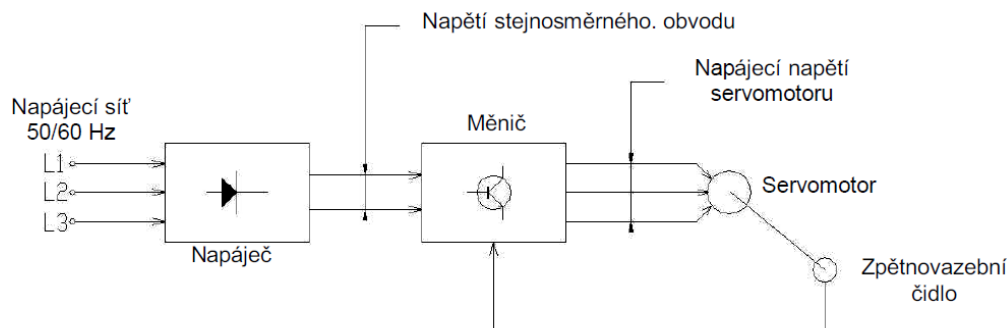


Obr. 1.2 - Brzdné rezistory RBR1 až RBR12

2 VHODNÉ POHONY

2.1 Synchronní servomotor

„Střídavé servomotory s permanentními magnety jsou určeny pro nejmodernější elektronicky řízené elektropohony se širokým regulačním rozsahem, vysokou dynamikou a vysokou přesností, uplatňující se v oblasti mechanizace a automatizace výroby, obalové techniky apod. Jsou to v podstatě třífázové synchronní motory buzené permanentními magnety na rotoru, které pracují jako bezkartáčové stejnosměrné elektromotory. Tuto funkci motoru zajišťují tranzistorové měniče se stejnosměrným meziobvodem, zpětnovazebně řízené čidlem polohy vestavěným v servomotoru. Principiální schéma pohonu se střídavým servomotorem je znázorněno na následujícím obrázku:



Obr. 2.1 - schéma pohonu se střídavým servomotorem [4]

Při použití permanentních magnetů ze vzácných zemin s vysokou hustotou energie mají střídavé servomotory proti klasickým strojům tyto přednosti:

- Malé rozměry a hmotnost
- Malé vlastní momenty setrvačnosti
- Vysokou momentovou přetížitelnost
- Vysokou účinnost
- Velké zrychlení v přechodových stavech

Dalšími charakteristickými vlastnostmi bezkartáčových střídavých servomotorů jsou:

- Vysoká životnost a provozní spolehlivost
- Minimální nároky na údržbu (žádné kluzné kontakty, ložiska s trvalou tukovou náplní)
- Mechanické rozměry v přesné třídě
- Zvýšené krytí motorů IP65
- Pevné ložisko na straně volného konce hřídele“[4]

2.2 Asynchronní motor

„Asynchronní motory, zvláště pak s kotvou nakrátko, jsou již řadu let nejrozšířenějšími elektromotory na naší planetě. Stalo se tak díky jejich konstrukční jednoduchosti, nízké ceně, vysoké spolehlivosti a účinnosti. Až do 70.let se však používaly výhradně pro pohony s konstantní otáčivou rychlostí (pracovaly na síti 50 Hz) v aplikacích jako jsou míchačky, cirkulárky, ventilátory, čerpadla, kompresory, apod. Největší nevýhodou v oblasti regulovaných pohonů velmi populárních DC motorů jsou mechanický komutátor a sběrné kartáče. Ani jeden z těchto komponentů se u ASM s kotvou nakrátko nevyskytuje. Výkonově ekvivalentní ASM lze tedy napájet vyšším napětím a roztáčet na vyšší otáčky než DC motor. Z ekonomického a provozního hlediska jsou obrovskou výhodou ASM jeho nízké náklady na údržbu. DC motor musí být pravidelně kontrolován (výměna opotřebovaných kartáčů, broušení komutátoru), kdežto o ASM se kromě občasného mazání ložisek téměř nemusíme starat.“[8]

Statorové cívky klecového asynchronního motoru jsou vloženy nebo vsypané do železného jádra, které je formované do stažených svazků vzájemně izolovaných plechů zajištěných obvykle sponami nebo švovým svařováním. Polouzavřené drážky přizpůsobují vinutí, které je vinuto jako soustředné třífázové, nejčastěji 4 pólové uspořádání, vhodně izolované vzájemně mezi cívkami, fázemi a od země.

Laminované rotorové jádro je vycentrováno vůči statoru s co nejmenší vzduchovou mezerou. Na okrajích rotoru jsou v drážkách uloženy hliníkové nebo měděné tyče. Ty jsou na krajích rotorového svazku propojeny kovovými kruhy obvykle ze shodného materiálu jako tyče. Hliníkový rotor litý pod tlakem se používá většinou pro motory do 50kW a umožňuje nejlepší ekonomičnost výroby. Ztráty v rotoru jsou v případě použití hliníku větší, než u mědi. Proto se v motorech s výkony okolo 50kW a víc používá výhradně motorů s měděnými tyčemi na rotoru.

výkon motoru [kW]	otáčky [min ⁻¹]	zatížení:	účinnost			účinník		
			100%	75%	50%	100%	75%	50%
1.1	2850		79	78	73	0.8	0.74	0.64
2.2	2820		80	80	78	0.9	0.86	0.8
5.5	2900		85	85	83	0.85	0.83	0.76
11	2930		87	86	83	0.87	0.83	0.74
22	2920		88	86	83	0.92	0.91	0.88
55	2955		90.5	89.5	87.5	0.88	0.84	0.77
110	2965		92.5	91.5	89	0.91	0.88	0.85
225	2965		93	92	90	0.92	0.91	0.89

Tab. 2.1 - Typické hodnoty motorů s klecovým vinutím [6]

2.3 Srovnání motorů

		asynchronní	synchronní		
		Bonfiglioli BN56B	VUES AM256F		
P_n	[W]	90	98		
n	$[\text{min}^{-1}]$	1350	1500	3000	4000
M_n	[Nm]	0.64	0.624		
M_{max}/M_n	[-]	2.4	2.25		
η	[%]	51.7	52.9	67.8	73.1
I_n	[A]	0.42	0.95		
J_m	$[\times 10^{-3} \text{ kgm}^2]$	0.015	0.012		
m	[kg]	3.1	1.3		
cena	[kč]	1 560 Kč	11 000Kč (s polohovým čidlem)		

Tab. 2.2 - srovnání synchronního a asynchronního motoru

V Tab. 2.2 jsou parametry srovnatelných motorů. Synchronní motor VUES je standardně dodáván s již namontovaným resolverem. V případě provozování ASM v uzavřené polohové smyčce, je nutné k němu dokoupit polohové čidlo. U synchronních servomotorů je toto čidlo standardem.

3 VHODNÉ FREKVENČNÍ MĚNIČE

Dělicí stroj bude potřebovat dva motory. Jeden motor bude zajišťovat stříh vodiče a druhý posuv materiálu.

3.1 Měnič pro motor stříhu

Pro řízení otáček stříhacího motoru postačí standardní frekvenční měnič pro napájení asynchronních motorů bez zpětné vazby. Vzhledem k potřebě stříhání vodičů až do průřezu $2,5\text{mm}^2$ a současně velikosti připojeného motoru bude dostatečný frekvenční měnič nejmenšího standardního výkonu (tj. 250W). Celá soustava by měla mít příkon cca 500W, proto není třeba použít 3f napájené frekvenční měniče, postačí frekvenční měniče se vstupním napájením 1 x 230V. Celý dělicí stroj pak bude možné provozovat při napájení ze standardní zásuvky 230V/50Hz.

Vhodný měnič jsem vybral měnič Control Techniques, z řady Commander SK, typ SKA1200025.

Cituji z popisu frekvenčního měniče: „Frekvenční měnič, který za skvělou cenu nabízí více než klasické frekvenční měniče - úsporné a promyšlené řízení vašich pohonů. Je vybaven programovatelnou vnitřní logikou vč. komparátorů a jiných funkcí, disponuje programovatelným PID regulátorem, obsahuje dostatek analogových a digitálních vstupů/výstupů pro většinu aplikací. Jeho PLC funkčnost lze dále rozšířit modulem LogicStick. Vhodný pro třífázové asynchronní motory do jmenovitého napětí 3 x 230 V.“ [1]

Typ	Jmenovitý výkon motoru	Vstupní jistění	Typický vst. proud při plné zátěži	Jmenovitý výst. proud	Max. výstupní proud (max. po dobu 60s)	Min. hodnota brzdného odporu
	kW	A	A	A	A	Ω
SKA1200025	0,25	6	4,3	1,7	2,55	68

Tab. 3.1 - Parametry měniče Commander SK [2]

3.2 Měnič pro posuv stříhaného vodiče s kartou polohování

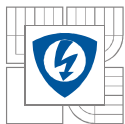
Vzhledem k vybranému posuvovému servomotoru jsem se rozhodl použít z nabídky Control Techniques měnič Unidrive SP. Jako polohovací kartu volím přídatný modul SM Applications, který mimo funkci polohování bude jako výkonné PLC řídit celý dělicí stroj.

. Pro úsporu místa a pro motory menšího výkonu nabízí Control Techniques měniče typové velikosti 0 (pro výkony motorů od 370W do 1,5 kW). Výhody použití měniče jsou shrnuty do několika bodů:

„Flexibilita univerzálních měničů a volitelných modulů je zárukou pro vaše investice. Pořizujete si pouze potřebné prvky, což vede ke snížení nákladů, odstranění složitosti a zvýšení dostupnosti náhradních dílů.

Stejná filozofie řízení pro celou řadu měničů zkracuje potřebnou dobu pro osvojení si znalostí.

Měniče Unidrive SP mohou pracovat i v rekuperačním režimu, což umožňuje přebytečnou brzdou energii vracet zpět do napájecí sítě. Tím se ještě více sníží vaše náklady na energii.



Kompaktní konstrukce umožňuje zmenšit potřebnou velikost skříně a zlepšit celkové vlastnosti systému zejména u vysokootáčkových strojů a aplikací s polohováním.

Prostřednictvím jednoho nebo i několika komunikačních volitelných modulů je umožněno snadné začlenění měniče Unidrive SP do libovolného automatizačního systému. Plně jsou podporovány a certifikovány standardy Profibus, DeviceNet, Ethernet/IP, CanOpen, SERCOS, LonWorks a Interbus.

Náš algoritmus RFC (Rotor Flux Control), který je u měničů Unidrive SP standardní funkcí, poskytuje při řízení střídavých motorů s otevřenou smyčkou vlastnosti blízké uzavřené smyčce a to bez použití zpětnovazebního zařízení.

Kompaktní provedení a snížená hmotnost. Toho bylo dosaženo díky vyspělé konstrukci z hlediska teploty při použití nízkoztrátových tranzistorů IGBT a termosetického plastového rámu.

Funkce bezpečného vypnutí s hlídáním překročení točivého momentu snižuje náklady na systém při požadavku bezpečné konstrukce stroje.

Ethernetové rozhraní poskytuje vzdálený přístup k měniči, což umožňuje sledování, konfiguraci a řešení problémů bez ohledu na vzdálenost. Výkonnost a spolehlivost výrobků byla ověřena ve statisících aplikacích. Provoz ve všech standardních napájecích sítích – 200, 400, 575 a 690 V. Celosvětová působnost a podpora výrobků. Celosvětové certifikace včetně CE a UL.“ [3]

4 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ MĚNIČE UNIDRIVE SP

Celý systém bude řízen pomocí přídavné karty SM Applications, která bude připojena k hlavnímu měniči Unidrive SP. Tento způsob řízení jsem zvolili kvůli zjednodušení celé aplikace a ekonomičnosti, aby nebylo nutné použít externí PLC automat nebo řízení mikroprocesorem.

Měnič Unidrive SP je sice vybaven vlastním procesorem s možností naprogramování, ale fungují zde následující omezení:

- Maximální velikost programu (včetně záhlaví a volitelně i zdrojového kódu) je 4032 bytů.
- Měnič Unidrive SP je dimenzován na 100 downloadů programu. To je dáno typem použité flash paměti pro program.
- Uživatel nemůže vytvářet svoje proměnné, ale manipulovat jen s parametry měniče.

Díky těmto omezením není možné integrovaný procesor použít pro ovládání složitějších úloh. Hodí se jen pro ty nejjednodušší základní aplikace. Při vývoji těchto základních aplikací je ale doporučeno vyvíjet program přes přídavnou kartu z důvodu omezení uploadů programu do měniče.

4.1 SM Applications

Moderní pohony nabízí množství vestavěných funkcí jako řízení ramp, PID technologický regulátor, jednoduché polohování, atd. Nicméně tyto funkce jsou omezené. Pokud jde o ovládání složitější aplikace, uživatelé se často musí uchýlovat k použití externích zařízení, jako jsou PLC, aby mohli ovládat pohon ze systémového hlediska. Nicméně flexibilita některých pohonů může být podstatně zvýšena použitím přídavného procesoru. Tyto druhé procesory rozšiřují možnosti pohonu a umožňují uživateli použít stávající nebo napsat vlastní software pro aplikaci. Nabízejí také výkonné síťové funkce pro další pohony (a jiná zařízení), takže spolu může komunikovat více pohonů a informace o celé aplikaci tak sdílet. Přídavné procesory jsou moduly, které mohou být namontovány do rozšiřujících slotů měničů, podporujících tato řešení. Přídavné procesory jsou napájeny z vnitřního zdroje měniče.

Přídavná karta SM Applications má následující vlastnosti:

- Vysokorychlostní mikroprocesor
- 384kb flash paměti pro uživatelský program
- 80kb uživatelské paměti
- EIA-RS485 port nabízející ANSI, Modbus-RTU slave a master a Modbus-ASCII slave a master protokoly
- CTNet vysokorychlostí síťové připojení nabízející rychlost až 5Mbit
- 2x 24V digitální vstup
- 2x 24V digitální výstup
- Úkolově položené programování umožňující real-time řízení pohonu a procesu
- CTSync

4.2 APC – Advanced Position Controller

Pokročilý polohový regulátor (dále jen APC) je multifunkční pohybové jádro vložené do operačního systému rozšiřujícího modulu SM-Applications. Má velmi podobné funkce jako jeho předchůdce, UD70 (pro měnič starší generace Unidrive STD), s některými vylepšeními, týkajícími se uživatelského rozhraní, funkčnosti a efektivnosti. APC ve spojení s měničem Unidrive SP může být použit pro řadu aplikací jako „uzavřená smyčka“, „servo“ nebo „uzavřená smyčka ve vektorovém režimu“. Otáčivé a lineární motory jsou podporovány s velkou řadou zpětnovazebních čidel, např. SinCos, inkrementální, SSI enkodéry. Pro použití motoru s resolverem je třeba použít přídatnou zpětnovazební kartu.

APC kontroluje pohyb pohonu v jedné ose a může být použit na:

- Provést nezávislé diskrétní poziční pohyby, kde pohyb trajektorie je vyroben profilovým generátorem, který řídí zrychlení, zpomalení a maximální rychlost. Mezi typické aplikace patří posunovače, podavače atd.
- Vytváří synchronizovaný pohyb vzhledem k jiným osám. Typické užití zahrnuje jednoduché sledovací úlohy jako Digitální uzamčení (digital lock), elektronická převodovka nebo více komplexní synchronizované profily používající elektronický CAM (elektronická vačka), pro např. letný stříh a rotační nůž atd.

4.2.1 Funkce

1. APC obsahuje 5 pohybových řešení pro široké spektrum aplikací:
 - Stop
 - Pozice
 - Rychlost
 - CAM
 - Digitální uzamčení
2. Generátor profilu polohy, který umožňuje uživateli měnit jakýkoliv parametr a získat okamžitý účinek během profilu.
3. Generátor profilu offsetu, který umožňuje uživateli přidat odděleně rychlostní nebo poziční offset do jakékoliv reference APC.
4. Bezrázové přechody během přepínání reference
5. Široká škála enkodérových rozhraní, např. absolutní a inkrementální.
6. Uživatelem volitelné rozlišení polohování (omezené vlastnostmi enkodéru).
7. Flexibilní a otevřené rozhraní pro uživatelský program.
8. Schopnost vložit filtry nebo jiné funkční bloky za zdrojové poziční čítače pro referenci a zpětnou vazbu

4.2.2 Poziční módy

Čítače reference APC a zpětné vazby polohy jsou přičítány integrováním přírůstků enkodéru každým vzorkem vzorkování. Start nebo reset pozice může být definován jedním z následujících módů.

4.2.2.1 Relativní mód

V tomto módu jsou referenční a zpětnovazební čítače nastaveny na nulu, když je APC resetován. Jestli je třeba, je možné přidat offset do zpětnovazebního čítače. V tomto módu může být použit jakýkoliv enkodér.

4.2.2.2 Absolutní mód

V tomto módu jsou referenční a zpětnovazební čítače nastaveny do absolutních polohových hodnot, které jsou získány přímo ze zdrojového enkodéru, když je APC resetován. V případě potřeby může být vložen offset do zpětnovazebních čítačů.

Toto je užitečné v případě použití absolutních zpětnovazebních čidel jako SSI, SinCos, EndAt, kde je absolutní poloha známa vždy, i v případě výpadku proudu.

4.2.3 Rozlišení

4.2.3.1 Rozlišení jádra APC

$$\pm 2^{31}$$

4.2.3.2 Rozlišní enkodéru

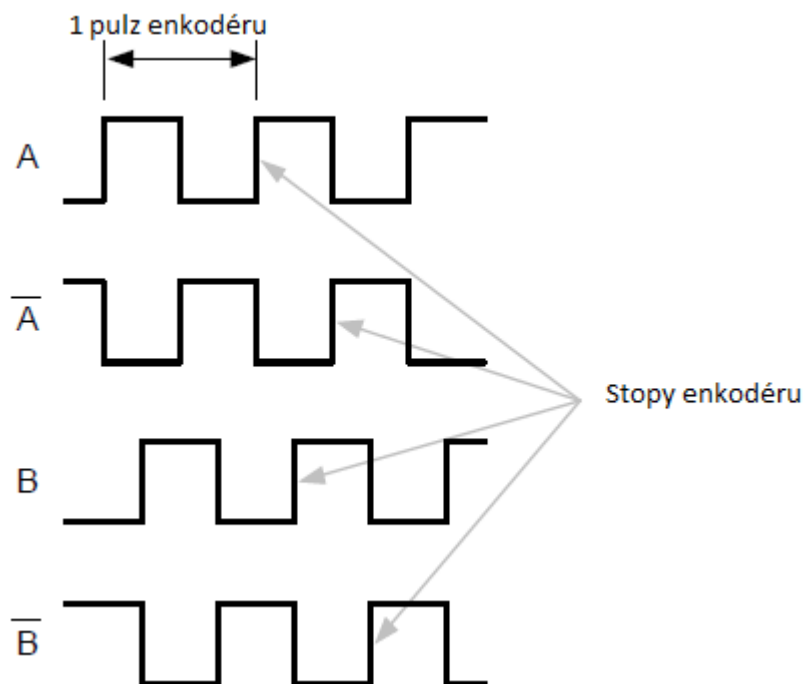
Měřítkování

Čítače reference a zpětnovazebního enkodéru mohou být měřítkovány od 2^{16} do 2^{32} . To záleží na použitém enkodéru. Například, vysoce přesný SinCos enkodér může mít maximální rozlišení 2^{22} na otáčku, které může být škálováno dolů na minimum 2^{16} . Pokud je rozlišení enkodéru menší než 2^{16} na otáčku, bude interpolováno na 2^{16} .

Skutečné rozlišení se stále bude rovnat rozlišení enkodéru, ikdyž bylo interpolováno na 2^{16} . Každý inkrement se přičte ve větších krocích.

Například pro enkodér s 1024 pulzy na otáčku bude rozlišení 4096 na otáčku. Tedy jednomu pulzu z enkodéru bude odpovídat $65536/4096 = 16$ pulzů v APC.

Rozlišení inkrementálního enkodéru



Obr. 4.1 - Počet stop za otáčku = 4 * pulzy enkodéru za otáčku

Obr. 4.1 znázorňuje rozlišení kvadrurního inkrementálního enkodéru.

SinCos enkodér – rozlišení

Při práci s SinCos enkodérem, je maximální rozlišení určeno z:

- Počet sinusovek enkodéru
- Interpolovaná informace rozlišení

Maximální rozlišení = počet sinusovek * interpolované rozlišení.

Interpolovaná informace rozlišení se může pohybovat mezi maximem 2^{11} (2048) k minimu 2^6 (64). Toto je určeno z:

- Vstupní frekvence.
- Napěťové úrovně enkodéru.

Rozlišení popisuje následující tabulka:

úroveň zpětnovazebního signálu [V _{DC}]	Frekvence zpětnovazebního signálu					
	1kHz	5kHz	50kHz	100kHz	200kHz	500kHz
1.2	2048	2048	1024	1024	512	256
1.0	2048	2048	1024	512	512	128
0.8	1024	1024	1024	512	256	128
0.6	1024	1024	512	512	256	128
0.4	512	512	512	256	128	64

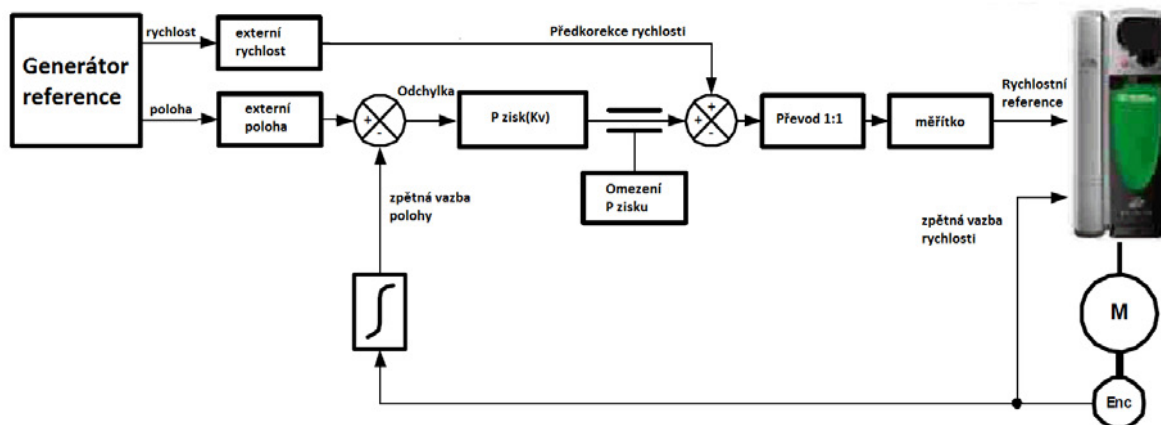
Tab. 4.1 - SM-Universal Encoder Plus vstupní tabulka

Synchronní sériové rozhraní (SSI) a EnDat enkodér rozlišení

Rozlišení tohoto enkodéru je dáno jako počet otáček a počet bitů za otáčku. Například SSI nebo EnDat enkodér mohou být popsány jako 25 bitové, kde 13 bitů je rozlišení otáček a 12 bitů je počet pulzů na otáčku. V tomto případě bude rozlišení interpolováno na 16ti bitové procesorem, takže každý inkrement bude v 16ti krocích.

4.3 Polohová smyčka

Polohová smyčka je používána při regulaci odchylky na minimum pro daný profil. Rychlost pohonu a proudové smyčky, když jsou správně nastaveny, poskytují dynamickou odezvu a rychlostní regulaci potřebnou pro daný rychlostní profil, odvozený od polohové smyčky.



Obr. 4.2 - Polohová smyčka

Polohová smyčka se skládá ze dvou cest:

- Předkorekce rychlosti, která je určena z generování polohové reference a poskytuje pohonu hlavní referenci.
- Cesta korekce polohy, která upravuje hlavní předkorekci rychlosti pro úpravu jakékoliv vygenerované odchylky polohy. Proporční zisk se používá k zesílení odchylky. S větším ziskem bude systém více citlivý a s menším ziskem méně.

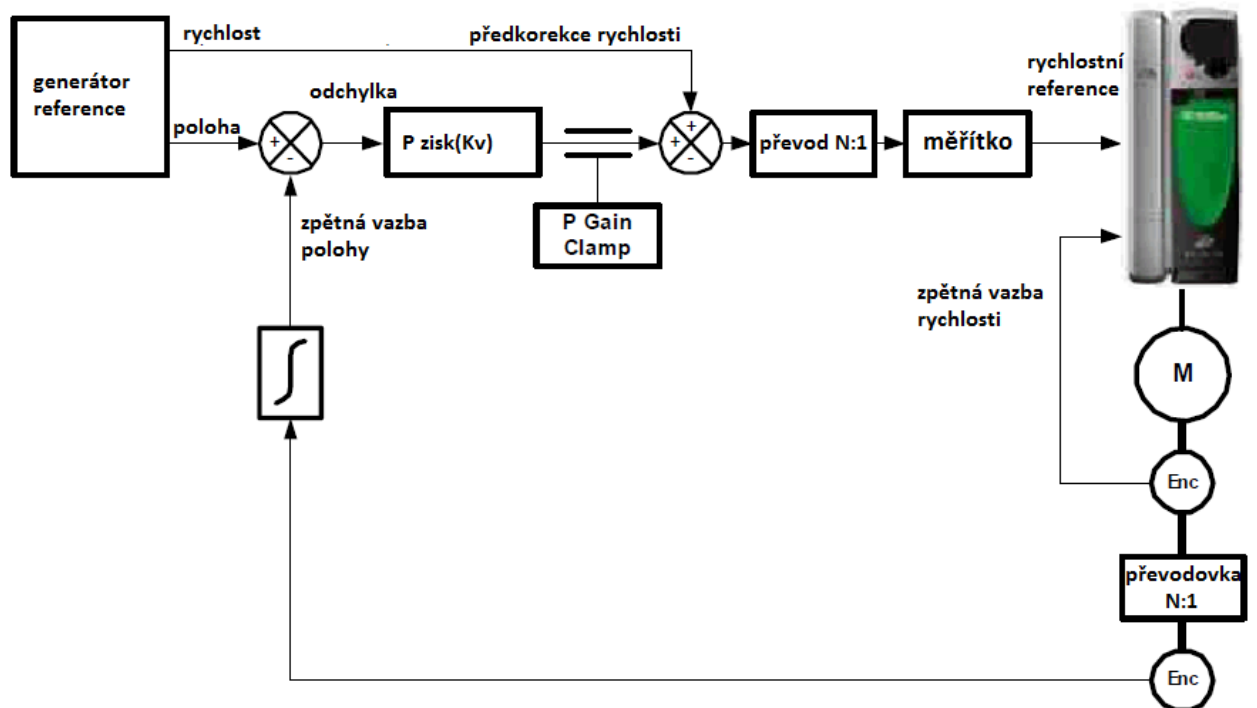
Velmi vysoký zisk může zvýšit šum na motoru a také může zvýšit nestabilitu systému. Bez doporučeného zisku zvyšující se odchylka přetrvává.

Výstupní omezení je k dispozici pro omezení velikosti proporcionalního zesílení rychlosti. Je důležité se ujistit, že omezení není nastaveno příliš nízko, jinak omezí odezvu. Typicky

proporcionální rychlostní omezení je nastaveno na 10% maximální rychlosti. Také je důležité se ujistit, že rychlost pohonu a momentová smyčka jsou nastaveny správně pro požadovanou šířku pásma předtím, než je nastaveno proporcionální zesílení polohové smyčky.

4.3.1 Výstupní převody

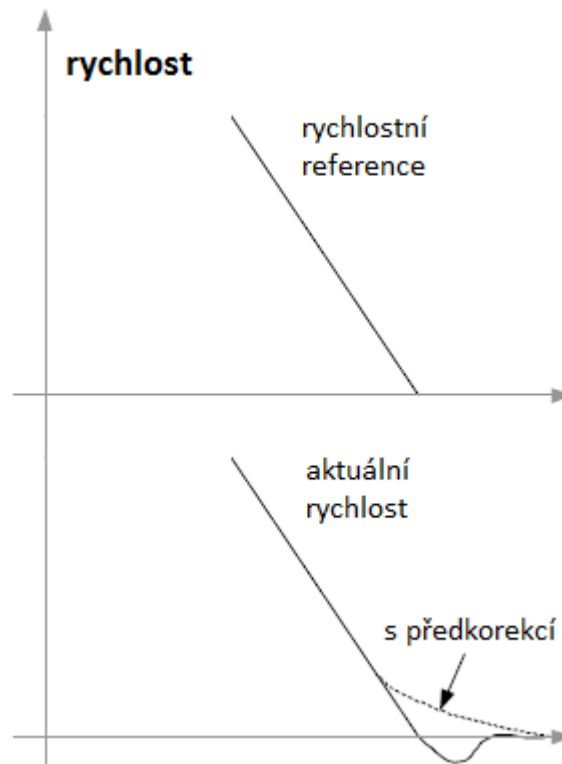
Výstupní převodový poměr je ve formě čitatele a jmenovatele a je používán ke kompenzaci převodů převodovek, kde zpětná vazba polohy není připevněna a nesouvisí s aktuální rychlostí motoru, který pohon řídí.



Obr. 4.3 - Polohová smyčka s převodovkou

4.3.2 Zesílení předkorekce rychlosti

Zesílení předkorekce rychlosti může být redukován pro změkčení rychlostní odezvy při nájezdu na finální polohu. Toto je užitečné pro úzkopásmové aplikace, kde se nepoužívají rampy pro akceleraci nebo má aplikace velmi vysoký moment setrvačnosti.



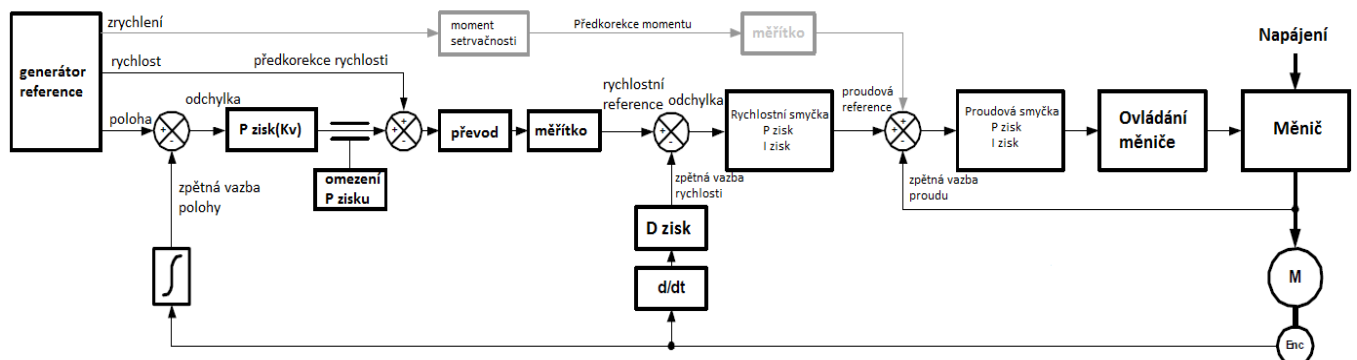
Obr. 4.4 - Předkorekce rychlosti

4.3.3 Předkorekce momentu

Pro redukci průběžné odchylky během akcelerace může být v uživatelském kódu generována předkorekce točivého momentu. Zrychlení polohové reference je snadno dostupné na výstupu generátoru profilu. Z přepočtení tohoto zrychlení z jednotek používaných v APC na rad/s/s a vynásobením momentem setrvačnosti zátěže může být odvozena předkorekce zrychlení točivého momentu. Pro použití tohoto výpočtu s měničem Unidrive SP musí být tento moment přepočten do procentuálního vyjádření podle následující analogie:

$$\%moment = \frac{\text{moment zrychlení}}{\text{moment plné zátěže}} \times 100\%$$

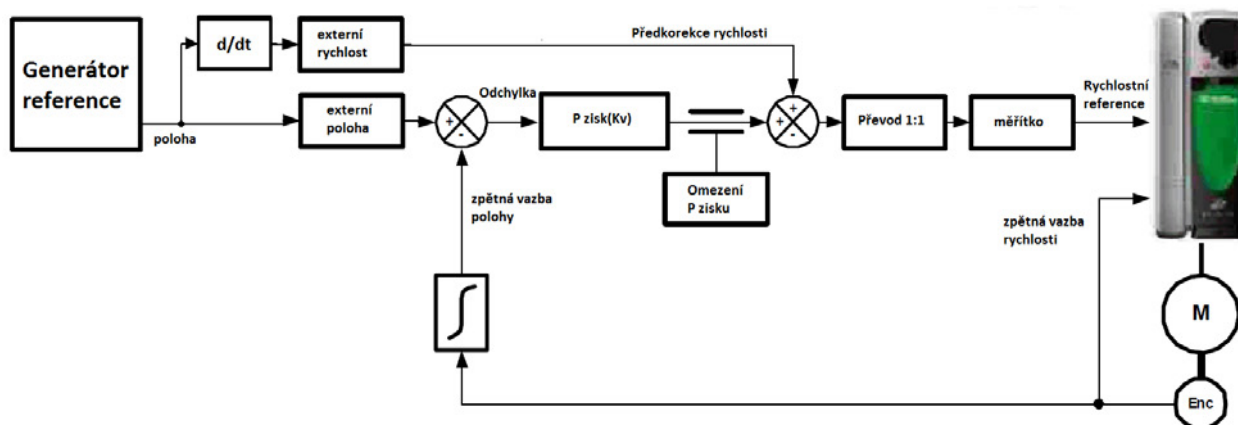
Tato hodnota může být sečtena s výstupním momentem požadovaným od rychlostní smyčky nastavením módu momentu #04.11 = 4 (rychlost a moment) a napsáním procenta zrychlení momentu do reference virtuálního parametru #91.04.



Obr. 4.5 - Předkorekce momentu

4.3.4 Externí rychlostní a polohová reference

V případech, kde není třeba standardní reference APC, uživatel může generovat jeho vlastní polohovou referenci. V rámci uživatelského kódu POS0 může uživatel napsat externí referenci přímo do polohové smyčky. Uživatel musí poskytnout správné hodnoty pro obě reference, které jsou vytvořené ve stejné periodě. Nesplnění tohoto vyústí v průběžnou polohovou odchylku.



Obr. 4.6 - Externí reference

4.4 Popis příkazů APC

4.4.1 Funkce APC

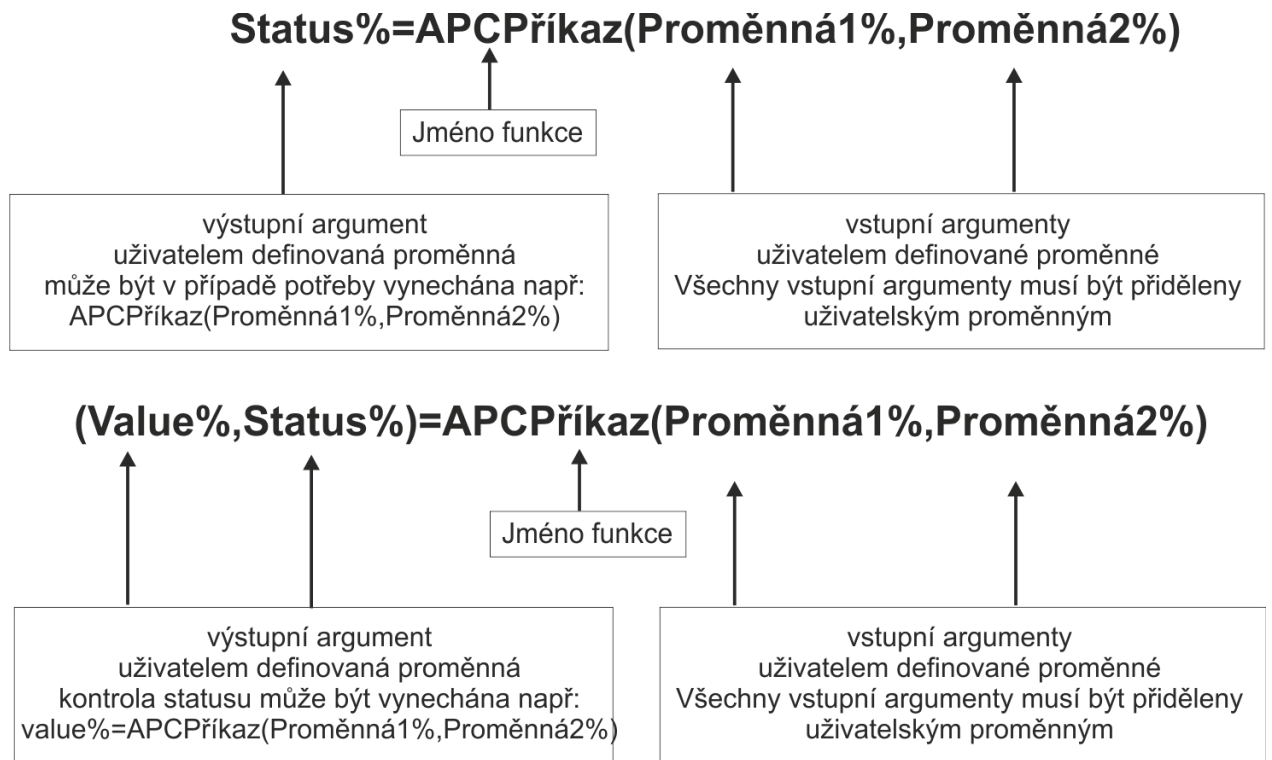
APC má zabudované různé pohybové funkce, které si může uživatel nakonfigurovat:

- Digitální uzamčení (elektronická převodovka)
- CAM (elektronická vačka)
- Uživatelem definovatelné polohové a rychlostní body
- Lineární generátor rychlostního profilu
- Polohový regulátor uzavřené smyčky

4.4.2 DPL příkazy

Na rozdíl od SM-Applications parametrů (menu 15,16,17), není třeba nastavovat žádné další parametry nebo registry pro běh APC. Všechny konfigurace a operace jsou vykonávány voláním funkcí DPL, použitím DPL editoru v pracovním prostředí Sypt.

Každé volání APC DPL funkce může mít vstupní nebo výstupní argumenty. Je důležité, že pozice argumentu je zachována při změně jména proměnných, aby byla zachována správná funkčnost příkazu.

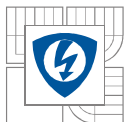


Obr. 4.7 - DPL příkazy

Výstup příkazu status% dává uživateli vědět, jestli byl příkaz úspěšně vykonán. Toto je užitečné hlavně při ladění programů, ale nemusí být nezbytné pro finální program. Výstup příkazu může vystupovat ve dvou formách:

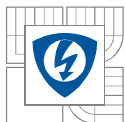
- Boolean . kde:
0 = příkaz selhal
1 = příkaz uspěl
- Numerická, kde 0 a 1 jsou stejné jako u boolean, ačkoli jsou zde navíc jiná čísla pro specifické důvody úspěšné operace.

Pro naprogramování polohové úlohy je potřeba pracovat s několika základními DPL příkazy:



APCSetRunMode(Mode%)		
Status% = APCSetRunMode(Mode%)		
Vstupní argumenty	Mode%	
	0	APC není voláno
	1	APC je volán, ale aktualizovány jsou jen reference a zpětnovazební čítač
	2	APC poběží a vykoná polohovou kontrolu, jak je nakonfigurován
Výstupní argumenty	Status%	
	0	příkaz selhal
	1	příkaz uspěl
Popis	Mode%	
	0	S Mode% nastaveným na 0 je APC kompletně zablokován
	1	S Mode% nastaveným na 1 APC běží v zablokovaném stavu a umožňuje pouze používání referenčních a zpětnovazebních čítačů. Žádné další funkce APC nejsou k dispozici Příkaz APCReset() nemá žádný efekt
	2	S Mode% nastaveným na 2 je APC plně funkční a chová se tak, jak je nastaven. Interované polohové čítače mohou být resetovány dvěma způsoby: 1. Zablokováním APCrunmode na disable (1), pokud je zároveň aktivní příkaz APCResetSourcesOnDisable 2. použitím příkazu APCReset(), čítače mohou být resetovány s nebo bez offsetu. Toto je definováno příkazem APCSetPositionResetOffset Pokud je příkaz APCDoNotResetSourcesOnDisable aktivní, příkaz APCReset() nebude mít na čítače vliv
Rozsah hodnot	0 až 2	
Defaultně	0	

Tab. 4.2 – APCSetRunMode

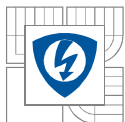


APCReset		
Status% = APCReset()		
Vstupní argumenty	nejsou	
Výstupní argumenty	Status%	
	0	příkaz selhal
	1	příkaz uspěl
Popis	<p>Tento příkaz je funkční pouze když je APC v módu 2 APCSetRunMode(2)</p> <p>Pokud je aktivní APCResetSourceOnDisable, použití APCReset() vyresetuje integrované polohové čítače do absolutní nebo relativní polohy. Pokud je nastaven offset příkazem APCSetPositionResetOffset, bude přidán po resetu do integrovaných čítačů.</p> <p>Pokud je aktivní příkaz APCDoNotResetSourcesOnDisable, příkaz APCReset() nemá efekt na interní čítače</p>	
Rozsah hodnot	Aktivní nebo neaktivní	
Defaultně	neaktivní	

Tab. 4.3 – APCReset

APCSelectAbsoluteMode		
Status% = APCSelectAbsoluteMode()		
Vstupní argumenty	nejsou	
Výstupní argumenty	Status%	
	0	příkaz selhal
	1	příkaz uspěl
Popis	<p>Když je tento příkaz aktivní, integrované čítače budou přednastaveny podle zdroje polohy po zapnutí nebo po APCReset. Reset offsetu polohy, definován příkazem APCSetPositionResetOffset, budou přidány do zpětnovazebních čítačů.</p> <p>Toto bude skutečná absolutní poloha tam, kde jsou použity absolutní enkodéry (SinCos, SSI)</p>	
Rozsah hodnot	Aktivní nebo neaktivní	
Defaultně	neaktivní	

Tab. 4.4 – APCSelectAbsoluteMode



APCSelectRelativeMode		
Status% = APCSelectRelativeMode()		
Vstupní argumenty	nejsou	
Výstupní argumenty	Status%	
	0	příkaz selhal
	1	příkaz uspěl
Popis	Když je tento příkaz aktivní, integrované čítače budou resetovány na 0 po zapnutí nebo po APCReset. Reset offsetu polohy, definován příkazem APCSetPositionResetOffset, budou přidány do zpětnovazebních čítačů. Toto bude skutečná absolutní poloha tam, kde jsou použity absolutní enkodéry (SinCos, SSI)	
Rozsah hodnot	Aktivní nebo neaktivní	
Defaultně	neaktivní	

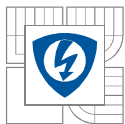
Tab. 4.5 – APCSelectRelativeMode

APCSetPositionResetOffset		
Status% = APCSetPositionResetOffset(Position%)		
Vstupní argumenty	Position%	Poloha, která bude použita jako offset po APCReset nebo po deaktivování APC
Výstupní argumenty	Status%	
	0	příkaz selhal
	1	příkaz uspěl
Popis	Tento příkaz nastavuje hodnotu, jaká bude přidána do čítačů po zapnutí nebo po resetování	
Rozsah hodnot	-2^{31} až $2^{31} - 1$	
Defaultně	neaktivní	

Tab. 4.6 – APCSetPositionResetOffset

APCResetSourceOnDisable		
Status% = APCResetSourceOnDisable()		
Vstupní argumenty	nejsou	
Výstupní argumenty	Status%	
	0	příkaz selhal
	1	příkaz uspěl
Popis	Když je tento příkaz aktivní, integrované čítače budou resetovány na hodnotu, záležející na absolutním nebo relativním módu, po zapnutí nebo po resetu. Offsetová poloha, definována APCSetPositionResetOffset bude přidána do integrovaných čítačů	
Rozsah hodnot	Aktivní nebo neaktivní	
Defaultně	neaktivní	

Tab. 4.7 – APCResetSpurceOnDisable



APCSetFeedbackSource		
Status% = APCSetFeedbackSource(Source%)		
Vstupní argumenty	Source%	
	0	měníč
	1	slot1
	2	slot2
	3	slot3
	4	uživatelský program
	5	nenakonfigurováno
Výstupní argumenty	Status%	
	0	příkaz selhal
	1	příkaz uspěl
	-3	jiný proces modifikuje data
Popis	Source%	
	0	S Source% nastaveným na 0, je jako zpětnovazební zdroj nastaven vstup měniče
	1	S Source% nastaveným na 1, je jako zpětnovazební zdroj nastaven volitelný modul ve slotu 1 měniče
	2	S Source% nastaveným na 2, je jako zpětnovazební zdroj nastaven volitelný modul ve slotu 2 měniče
	3	S Source% nastaveným na 3, je jako zpětnovazební zdroj nastaven volitelný modul ve slotu 3 měniče
	4	S Source% nastaveným na 4, může být zpětnovazební signál manuálně vepsán do APC příkazem APCSetFeedbackPosition(Turns%,Position%,PositionFine%)
	5	S Source% nastaveným na 5, je zpětnovazební zdroj nenastaven, to znamená že zpětnovazební poloha bude nastavena na 0
Rozsah hodnot	0 až 5	
Defaultně	0	

Tab. 4.8 – APCSetFeedbackSource

5 CONTROL TECHNIQUES SOFTWARE

Firma Control Techniques nabízí pro jednoduchou obsluhu a programování svých měničů několik základních programů. Aby bylo možné software použít, je nutné připojit měnič k PC.

5.1 Komunikace

5.1.1 Sériová linka

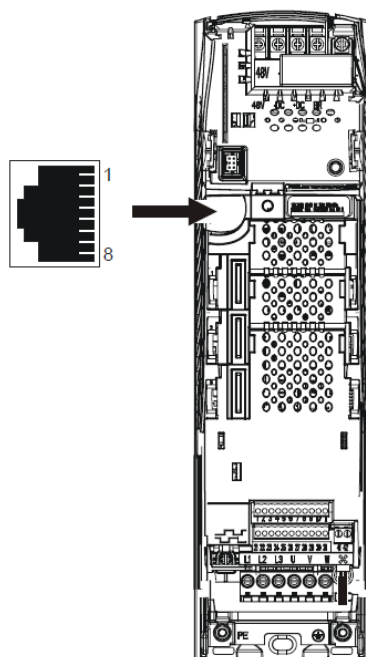
Na měniči Unidrive SP je standardně přítomen 2 vodičový port EIA485(sériové komunikační rozhraní). Toto rozhraní umožňuje uživateli provádět nastavení měniče, monitorovat a řídit jeho provoz z programovatelného automatu nebo PC. V případě použití sériové komunikace není nutné používat ovládací panel ani řídicí kabeláž.

Měnič standardně podporuje dva komunikační protokoly, volitelné jedním parametrem:

- Modbus RTU
- CT ANSI

V defaultním nastavení je použit protokol Modbus RTU, tento protokol je zároveň předvolen jako výchozí v konfiguračním software CTSOft.

Rozhraní používá konektor RJ45, který je izolován od výkonového stupně a řídicích svorek měniče.



Obr. 5.1 - Umístění konektoru RJ45 sériové linky [5]

Pin	Funkce
1	Ukončovací odpor 120Ω
2	RX TX
3	0V izolovaných
4	+24V (100mA)
5	0V izolovaných
6	Povolení TX (enable)
7	RX\ TX\
8	RX\ TX\ (je-li vyžadován ukončovací odpor, propojtes pinem 1)
Šasi	0V izolovaných

Tab. 5.1 - popis pinů konektoru RJ45 [5]

Jeden komunikační port vyžaduje 2 zatěžovací místa v komunikační síti. Minimální zapojení tvoří piny 2, 3, 7 a stínění. Ve všech případech je třeba použít stíněný kabel.

Ke 2 vodičovému rozhraní EIA485 nelze přímo připojit zařízení s rozhraním RS232 a je nutné použít vhodný datový převodník. Control Techniques nabízí komunikační kabely s převodníky:

- USB – RS485
- RS232 – RS485

Většina dnešních počítačů již není vybavena RS232 portem, proto je vhodnější použít kabel pro USB. Ovladače pro tento kabel se nacházejí na příloženém CD, případně je možné stáhnout je z www stránek firmy Control Techniques (pro Windows 7).

5.1.2 Další možnosti komunikace

Měníče Control Techniques vybavené rozšiřujícím portem je možné dovybavit dalším komunikačním modulem:

5.1.2.1 SM-Profinet

„PROFINET je průmyslový síťový protokol založený na rozhraní typu Ethernet, jehož hardware a protokol je přizpůsoben skutečným, zejména časově náročným, požadavkům průmyslové automatizace.

- duální 100 BASE-TX RJ45 konektor pro stíněný zkroucený pár, slučitelnost typu full-duplex 10/100 Mbps
- oba porty RJ45 pracují v režimu full duplex jako network switch
- auto-negotiation
- automatické rozpoznání crossover
- aktivita síťového portu indikována pomocí LED“[7]

5.1.2.2 SM-Ethernet

„Náš volitelný modul pro Ethernet podporuje Ethernet/IP a Modbus TCP/IP. Obsahuje vestavěný webový server a může vytvářet e-mailové zprávy. Tento modul lze použít k zajištění vysokorychlostního přístupu k měniči, globálního propojení a integrace s IT síťovými technologiemi, jako je např. bezdrátová síť.

- Modbus TCP/IP, Ethernet/IP, e-mail, webové stránky, SNTP

- používají se IP adresy
- rychlost přenosu dat 10/100 Mb/s
- velikost cyklických dat až 80 slov (vstup/výstup)
- podpora přenosu explicitních zpráv
- podpora specifického profilu střídavého měniče“[7]

5.1.2.3 SM-Profibus

„Volitelný modul s rozhraním pro Profibus DP (slave).

- protokol Profibus až po specifikaci DP-V0 a DP-V1
- až 125 uzlů v síti
- rychlost přenosu dat až 12 Mb/s, automaticky detekována modulem
- velikost cyklických dat až 32 slov (vstup/výstup)
- možnost necyklického přístupu mapováním necyklického kanálu do cyklických dat
- DP-V1 přidává necyklický kanál
- profil pro měniče kmitočtu nezávislý na dodavateli, PROFIdrive“[7]

5.1.2.4 Další komunikační moduly

- SM-EtherCAT
- SM-DeviceNet
- SM-CANopen
- SM-Interbus
- SM-CAN
- SM-SERCOS
- SM-Lon

Sice je možné přes většinu výše zmíněných komunikačních modulů s protokoly s měničem komunikovat přes PC se software k tomu určeným, ale primárně jsou určeny pro komunikaci mezi řídicí jednotkou (případně programovatelným automatem) a mezi měniči ve složitějších aplikacích.

Jako nejjednodušší pro naši aplikaci postačí komunikační kabel s převodníkem USB-RS485. Tento kabel se připojuje do konektoru RJ45, který je standardně přítomen na měničích Control Techniques.

5.2 Software

Nástroje firmy Control Techniques zjednodušují přístup ke všem funkcím měniče. Software dovoluje optimalizovat nastavení měničů, zálohovat a měnit veškeré parametry, programovat interní řídicí jednotku, ale i přídatné externí moduly a nastavit komunikaci mezi měniči. K dispozici je 5 hlavních programů:

- CTSOft - konfigurace měniče, změna parametrů měniče
- CTScope – čtyřkanálový real-time softwarový osciloskop
- SyPTLite – editor diagramové logiky k tvorbě jednoduchých struktur řízení
- SyPTPro – kompletní vývojové prostředí pro vytváření funkcí včetně polohových úloh

- CTOPCServer – OPC server, umožňuje zprostředkovat komunikaci mezi měniči Control Techniques a cizím softwarem v PC

Software používá pro připojení komunikaci přes USB, CTNet, RS485 nebo Ethernet.

	USB	Ethernet	RS 485 Modbus RTU	CTNet
CTSoft	x	x	x	x
STScope	x	x	x	x
SyPTLite			x	
SyPTPro	x	x	x	x
CTOPCServer	x	x	x	x

Tab. 5.2 - kompatibilita software s komunikací

5.2.1 CTSOft

CTSoft je software pro snadnou konfiguraci měničů Control Techniques, jejich uvedení do provozu, optimalizaci, monitorování. Program umožňuje:

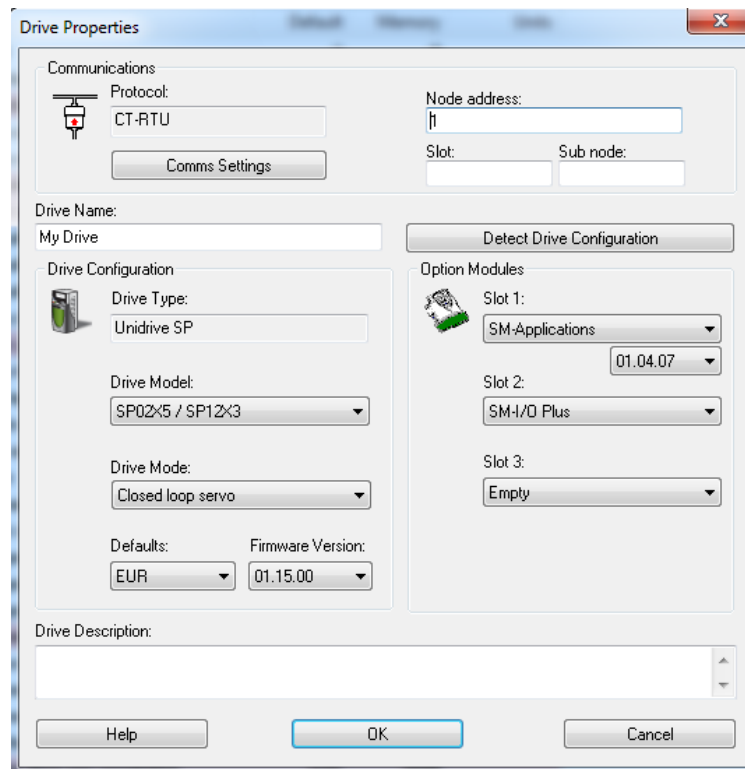
- konfiguraci měničů pomocí doporučených postupů
- zálohování parametrů měniče a jejich úpravu
- vizualizaci a změny nastavení s použitím diagramů s animací reálných vazeb

Software je freeware a je možné jej stáhnout po registraci ze stránek firmy Control Techniques (www.controltechniques.cz). Práce s tímto software je velmi jednoduchá. Při startu se program zeptá, s jakým měničem chceme pracovat, případně v jakém předchozím projektu pokračovat.



Obr. 5.2 - Startup CTSOft

V obrazovce „Startup“ je možné vybrat požadovaný typ měniče. Dále se program dotáže na základní konfiguraci měniče:



Obr. 5.3 - Vlastnosti měniče

V případě, že je měnič připojen k PC kabelem USB-RS485, je možné velmi jednoduše vyčíst aktuální konfiguraci tlačítkem „Detect drive configuration“, případně je možné změnit komunikační protokol na použitý v měniči. Tato stránka nám udává základní konfiguraci měniče:

- typ
- Mód měniče
- Přídavné karty

V našem případě je připojen měnič Unidrive SP0205 (nap. napětí 1x230V, 1.5kW) v režimu „uzavřená smyčka servo“. Toto nastavení je standardní při připojení synchronního motoru s permanentními magnety a zpětnovazebním polohovým čidlem.

Dále jsou k měniči připojeny přídavné karty SM-Applications (polohovací programovatelný automat) a karta SM-I/O plus (rozšíření vstupů a výstupů měniče).

Parameter	Description	Default	Memory	Units
00.00	Parameter 0	0	0	
00.01	Minimum reference clamp	0.0	0.0	RPM
00.02	Maximum reference clamp	3000.0	1000.0	RPM
00.03	Acceleration rate 1	0.200	0.200	s/1000 RPM
00.04	Deceleration rate 1	0.200	0.200	s/1000 RPM
00.05	Reference selector	A1.A2	Pr	
00.06	Symmetrical current limit	175.0	25.0	%
00.07	Speed controller proportional gain (Kp1)	0.0100	0.0100	1/rad s-1
00.08	Speed controller integral gain (Ki1)	1.00	1.00	1/rad
00.09	Speed controller differential feedback g...	0.00000	0.00000	s
00.10	Speed feedback	0.0	0.0	RPM
00.11	Drive encoder position	0	4320	
00.12	Current magnitude	0.00	0.00	A
00.13	T5/6 analog input 1 offset trim	0.000	0.000	%
00.14	Torque mode selector	Speed	Speed	
00.15	Ramp mode select	Std	Std	
00.16	Ramp enable	On	On	
00.17	Current demand filter 1	0.0	0.0	ms
00.18	Positive logic select	On	On	
00.19	T7 analog input 2 mode	Volt	Volt	
00.20	T7 analog input 2 destination	1.37	1.37	menu.param
00.21	T8 analog input 3 mode	th	th	
00.22	Bipolar reference enable	OFF	On	
00.23	Jog reference	0.0	0.0	RPM
00.24	Preset reference 1	0.0	0.0	RPM
00.25	Preset reference 2	0.0	0.0	RPM
00.26	Overspeed threshold	0	0	RPM
00.27	Drive encoder lines per revolution	4096	2048	
00.28	Enable forward / reverse key	OFF	OFF	
00.29	SMARTCARD parameter data previously loa...	0	0	
00.30	Parameter cloning	nonE	nonE	
00.31	Drive voltage rating	200	200	V
00.32	Maximum Heavy Duty current rating	7.50	7.50	A
00.34	User security code	0	0	
00.35	Serial mode	rtu	rtu	
00.36	Baud rate	19200	19200	
00.37	Serial address	1	1	
00.38	Current controller Kp gain	75	86	
00.39	Current controller Ki gain	1000	1410	
00.40	Autotune	0	0	
00.41	Maximum switching frequency	6	6	kHz
00.42	Number of motor poles	6 pole	6 pole	
00.43	Encoder phase angle	0.0	1.6	°
00.44	Rated voltage	230	230	V
00.45	Thermal time constant	20.0	20.0	

Obr. 5.4 - CTSOFT - parametry měniče

Program CTSOFT slouží hlavně pro nastavení a změnu parametrů měniče a připojeného motoru. Práce zde je mnohem jednodušší a rychlejší, než měnit parametry ručně přes displej měniče (ale i to je možné). Je zde uveden základní popis měněného parametru, takže není nutné každý parametr vyhledávat v manuálu k měniči (pro detailní popis parametru je to doporučeno). Pro provoz měniče s motorem v režimu „uzavřená smyčka servo“ je nutné zadat minimálně tyto parametry:

#03.38 = Ab.SErVO (3):kvadrurní enkodér s komutačními výstupy

#03.38 = 5V (0), 8V (1), 15V (2):napájecí napětí enkodéru

#00.27 = počet rysek na otáčku připojeného zpětnovazebního čidla

#00.46 = jmenovitý proud motoru [A] (slouží jako proudové omezení)

#00.42 = počet pólů motoru

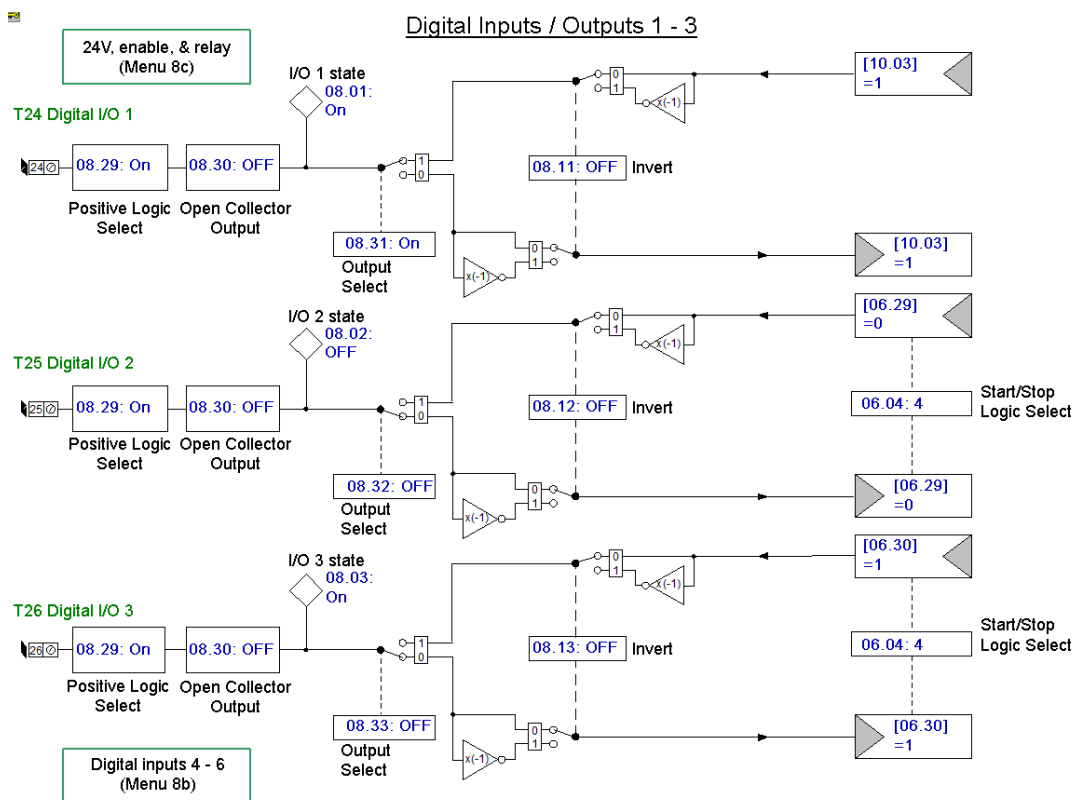
#00.02 = maximální otáčky [min^{-1}]

#00.03 = akcelerační rampa [$\text{s}/1000\text{min}^{-1}$]

#00.04 = decelerační rampa [$\text{s}/1000\text{min}^{-1}$]

Menu parametrů jsou uspořádána tematicky. Například v Menu 0 najdeme parametry pro základní nastavení měniče a motoru nebo v Menu 3 nalezneme parametry pro konfiguraci zpětnovazební smyčky atd.

Parametry je také možné nakonfigurovat podle blokových diagramů. To se hodí v případě nastavování více souvisejících parametrů. Například při nastavování digitálních a analogových vstupů/výstupů je zřetelně vidět, co který parametr ovlivňuje.



Obr. 5.5 - CTSofT - blokové diagramy

Z Obr. 5.5 je patrné, že např. #08.31 vybírá volbou 0 nebo 1, zda bude svorka T24 sloužit jako vstup nebo výstup. #08.11 obrací významově svorce T24 logiku.

Potom můžeme v programu jednoduše stav svorky T24 vyčítat z #10.03 pokud slouží jako vstup:

```
IF #10.03 = 1 THEN
```

```
.....
```

```
ENDIF
```

Případně je možné svorku ovládat, pokud slouží jako výstup:

#10.03 = 32767 => log. 1 (24V na svorce T24)

nebo

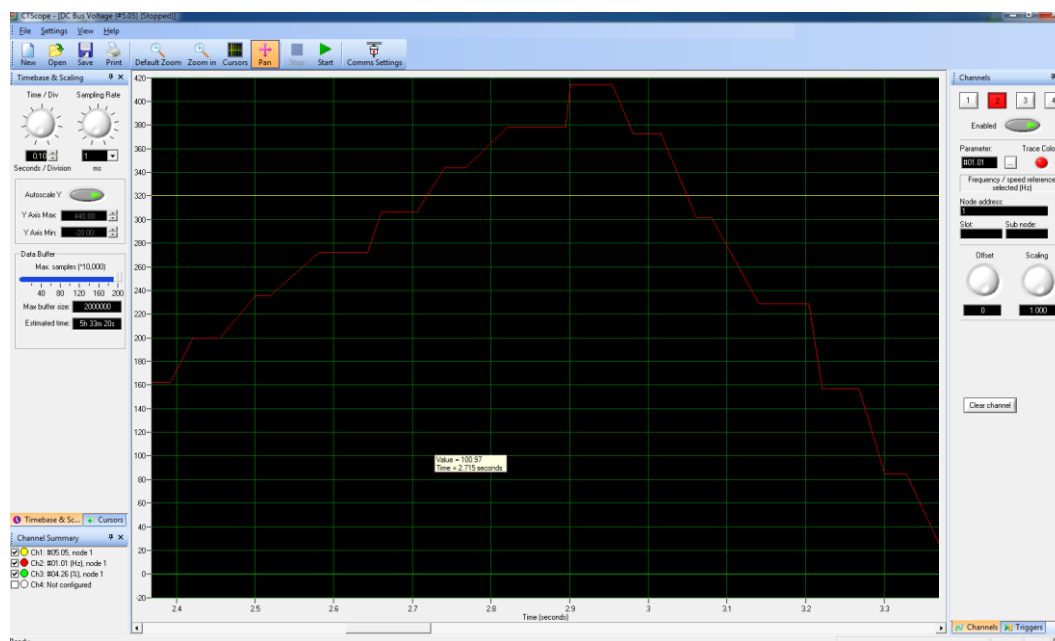
#10.03 = 0 => log. 0 (0V na svorce T24)

Dále je možné přes program CTSOft monitorovat stav měniče, všech veličin, jako proud do motoru, napětí na ss. meziobvodu atd.

Software dále nabízí velmi užitečnou funkci průvodce nastavením. Funkce je vhodná pro méně zkušené uživatele, provede je základním nastavením parametrů dané aplikace.

5.2.2 CTScope

Program CTScope slouží jako plnohodnotný čtyřkanálový softwarový osciloskop pro zobrazení základních veličin měniče v grafické podobě v čase. Ovládání vychází z tradičních osciloskopů, není tedy složitý na ovládání.



Obr. 5.6 - ukázka CTScope

Program je poskytován bezplatně a lze jej stáhnout ze stránek firmy Control Techniques (www.controltechniques.cz).

5.2.3 SyPTLite

Software SyPTLite je lehce použitelný editor liniových diagramů, vhodný pro rozšíření měniče o jednoduché funkce. SyPTLite je nástroj vhodný pro zprovoznění sekvenčního řízení a jeho přehledného uspořádání. Program umožňuje vytvořit programovatelný automat k měničům Commander SK (s přídatným modulem Logic Stick) nebo Unidrive SP buďto pro procesor přímo na desce měniče nebo pro volitelný modul SM-Applications Lite.

Program je poskytnut bezplatně a lze jej stáhnout ze stránek firmy Control Techniques (www.controltechniques.cz).

5.2.4 CTOPCServer

CTOPCServer je server kompatibilní s OPC (standardní rozhraní v balících SCADA, široce podporováno produkty Microsoft), jenž umožňuje PC komunikovat s měniči Control Techniques. Tento server podporuje komunikaci přes standardy USB, CNet, RS485 a Ethernet.

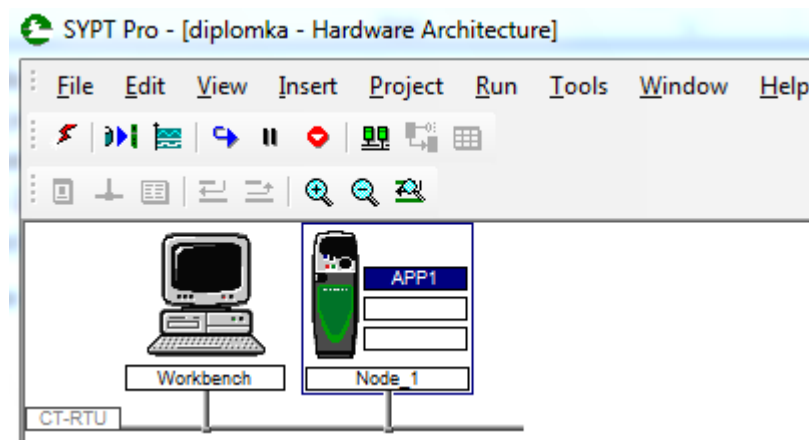
Program je poskytnut bezplatně a lze jej stáhnout ze stránek firmy Control Techniques (www.controltechniques.cz).

5.2.5 SyPTPro

Software SyPTPro je plnohodnotný vývojový prostředek pro vytváření programů využívajících i více měničů. Toto prostředí plně podporuje při standardní jazyky:

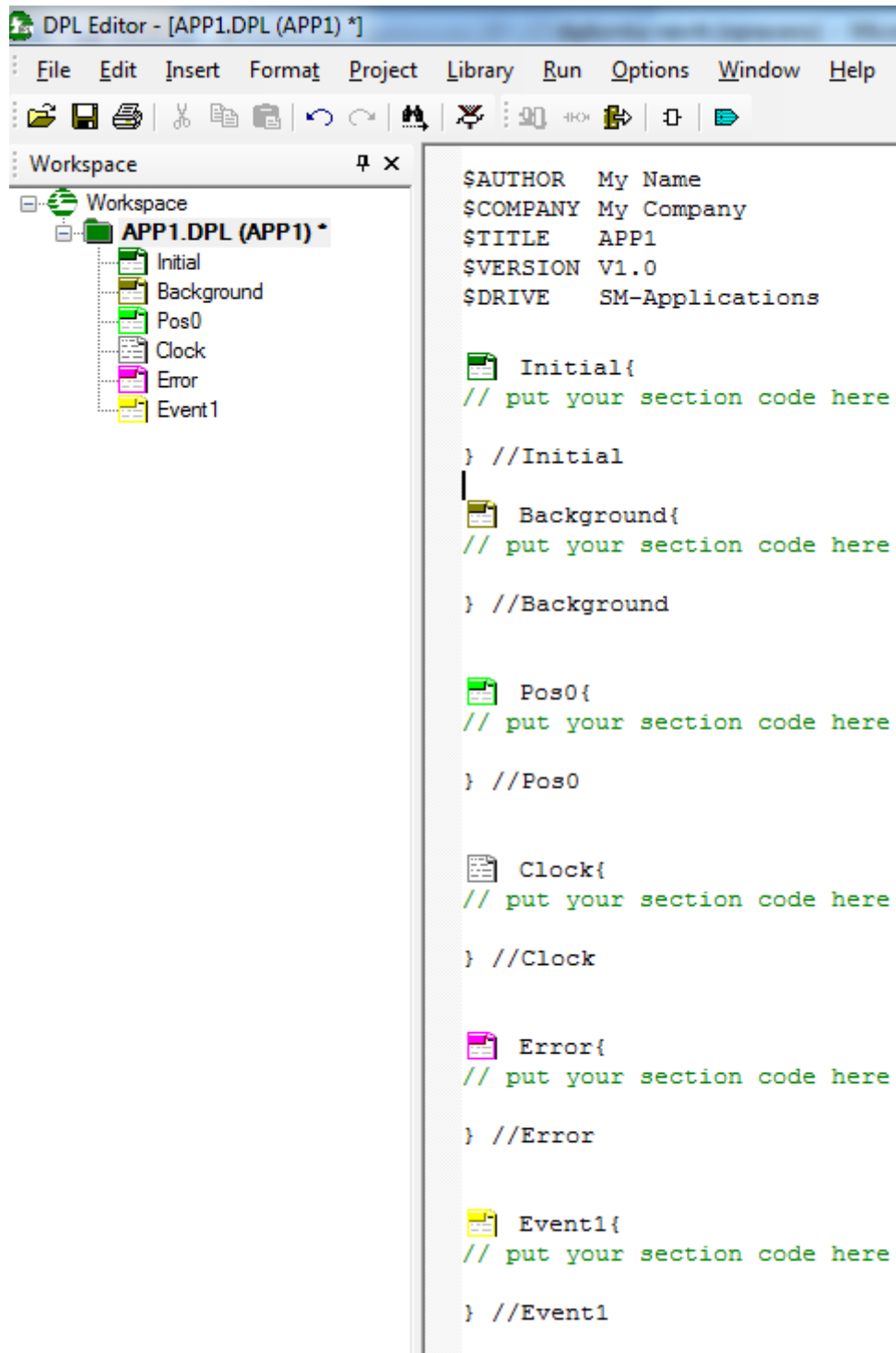
- Liniová schémata
- Funkční bloky
- Strukturovaný text

SyPTPro může být též použit pro konfiguraci sítě CNet (vysokorychlostní komunikační síť mezi jednotlivými měniči), jež podporuje i více měničů, SCADA sad, ovládacích panelů a výstupů/vstupů, které proto tvoří inteligentní síťový systém.



Obr. 5.7 - SyPTPro - pracovní síť

Na Obr. 5.7 je vidět, jak SyPTPro zobrazuje připojené zařízení. Podle Obr. 5.7 je aktuálně připojen k PC přes sběrnici CT-RTU měnič Unidrive SP s připojenou programovatelnou jednotkou SM-Applications. Pro vytváření samotného programu je nutné rozkliknout modře vybarvenou ikonku APP1. To zajistí, že vytvářený program bude zapsán do přídavné programovatelné jednotky SM-Applications a ne do procesoru na desce měniče. To je nutné vzhledem k omezením procesoru na desce měniče popsaných v kapitole 4.



Obr. 5.8 - DPL Editor – úlohy

DPL program je rozdělen do několika úloh. Do těchto úloh napíše uživatel vlastní program, který bude vykonáván mikroprocesorem podle priority dané úlohy a zbývajících času procesoru.

Úloha	priorita	účel
INITIAL	3	První úloha při spuštění programu (reset nebo spuštění). Tato úloha je nejčastěji používána pro inicializaci parametrů měniče a motoru. Žádná další úloha nemůže být spuštěna, dokud tato úloha není dokončena.
BACKGROUND	1	Úloha s nejnižší prioritou je používána pro nekritické části programu, může být provedena vícekrát během jednoho taktu programu s použitím smyčky GOTO
CLOCK	2	úloha prováděná v přesném, uživatelem definovaném, čase (1-200ms). Používána nejčastěji v procesech řízených časem
POS0	4	Real-time úloha, používána nejčastěji pro řízení polohové, rychlostní, proudové smyčky. Smyčka proběhne v každém cyklu jako první.
EVENT	5	Úloha proběhne pouze v případě určité události (uživatel, CtNet apod.) a je upřednostňována před ostatními úlohami.
ERROR	1	Úloha proběhne v případě výskytu chyby v DPL programu (např. dělení 0). Používá se pro bezpečné zvládnutí abnormálních situací.

Tab. 5.3 - popis úloh v DPL

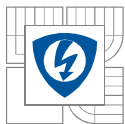
V případě používání úloh CLOCK a POS0 by neměly být v úlohách použity smyčky FOR a DO-WHILE, toto může způsobit přetečení úlohy v přiděleném čase, což následně vyvolá over-run error.

5.2.5.1 INITIAL TASK

Tato úvodní úloha se používá pro základní inicializaci parametrů motoru a nastavení měniče, případně je možné v této úloze provést Autotune, měnič si změří základní parametry připojeného motoru a stanoví hodnoty regulátorů proudu, případně rychlosti nebo polohy. Je možné zde nastavit také veškeré parametry, které předpokládáme, se nebudou v průběhu programu měnit.

Například:

#00.01 = 0	minimální rychlost pohonu
#00.02 = 1000	maximální rychlost pohonu
#00.03 = 0.2	akcelerační rampa
#00.04 = 0.2	decelerační rampa
#00.44 = 230	jmenovité napětí motoru
#00.46 = 3	jmenovitý proud motoru



#03.34 = 2048 počet pulzů enkodéru za otáčku

Je možné zde nastavit mnoho jiných parametrů. Aby nebylo nutné hledat všechny parametry v manuálu, je velmi vhodné použít program CTSOft (kapitola 5.2.1), kde je přehled parametrů uveden i se stručným popisem.

5.2.5.2 BACKGROUND TASK

Úloha BACKGROUND se používá hlavně pro méně důležité části programu nebo pro nedůležité části, kde hrozí nesplnění úkolu během jednoho cyklu procesoru. Tato úloha má totiž přidělenou nejnižší prioritu a je vykonávána jako poslední. V případě, že má procesor dostatek času, je možné úlohu background opakovat vícekrát v jednom cyklu použitím příkazu GOTO:

```
Background{
```

```
TOP:
```

```
...
```

```
Příkazy
```

```
...
```

```
GOTO TOP:
```

```
} //konec úlohy
```

5.2.5.3 CLOCK TASK

Tato úloha je nejčastěji používána pro úlohy spojené s časem. Může to být například odpočet nebo čekání závislé na čase. Úloha CLOCK může být prováděna v čase od 1ms do 200ms. Nastavení této hodnoty se provádí parametrem:

#81.11 = 1 úloha CLOCK se provede přesně jednou za 1ms

Aby měnič například počítal sekundy, je možné to provést:

```
Clock{
```

```
timer% = timer% + 1
```

```
IF timer% >= 1000 THEN
```

```
  #19.17 = #19.17 + 1
```

```
  timer% = 0
```

```
ENDIF
```

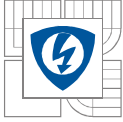
```
} //Clock
```

Kde „timer%“ je proměnná s inkrementem 1x za 1ms a parametr 19.17 je uživatelem přístupný, zobrazitelný na displeji měniče.

5.2.5.4 POS0 TASK

Úloha POS0 má ze standardních úloh nejvyšší prioritu, používá se výhradně k řízení polohy. Může být vykonávána v časech 250μs až 8ms. Toto se nastavuje parametrem:

#15.12 = 3 čas úlohy je nastaven na 1ms



Nejběžnější program při řízení polohy vypadá takto:

```
Pos0{  
    IF (#01.11 = 1) then  
        RunModeStatus% = APCSetRunMode(APC_ENABLE)  
    ELSE  
        RunModeStatus% = APCSetRunMode(APC_DISABLE)  
    ENDIF  
} //Pos0
```

V tomto příkladu se povoluje polohování na základě odblokování měniče (standardně přivedením 24V na svorku 31).

5.2.5.5 EVENT TASK

Úloha EVENT se spouští na základě nějaké události. Má nejvyšší prioritu, dokud daná událost neodezní. Například:

```
IF udalost% = 1 THEN  
    SCHEDULEEVENT(0, 1, 45)  
ENDIF
```

Kde číslo 1 v závorce udává, která událost má být spuštěna (události mohou být až 4) a číslo 45 udává, z jakého důvodu byla úloha spuštěna. Pro uživatelem spuštěnou událost má číslo být větší než 34.

5.2.5.6 ERROR TASK

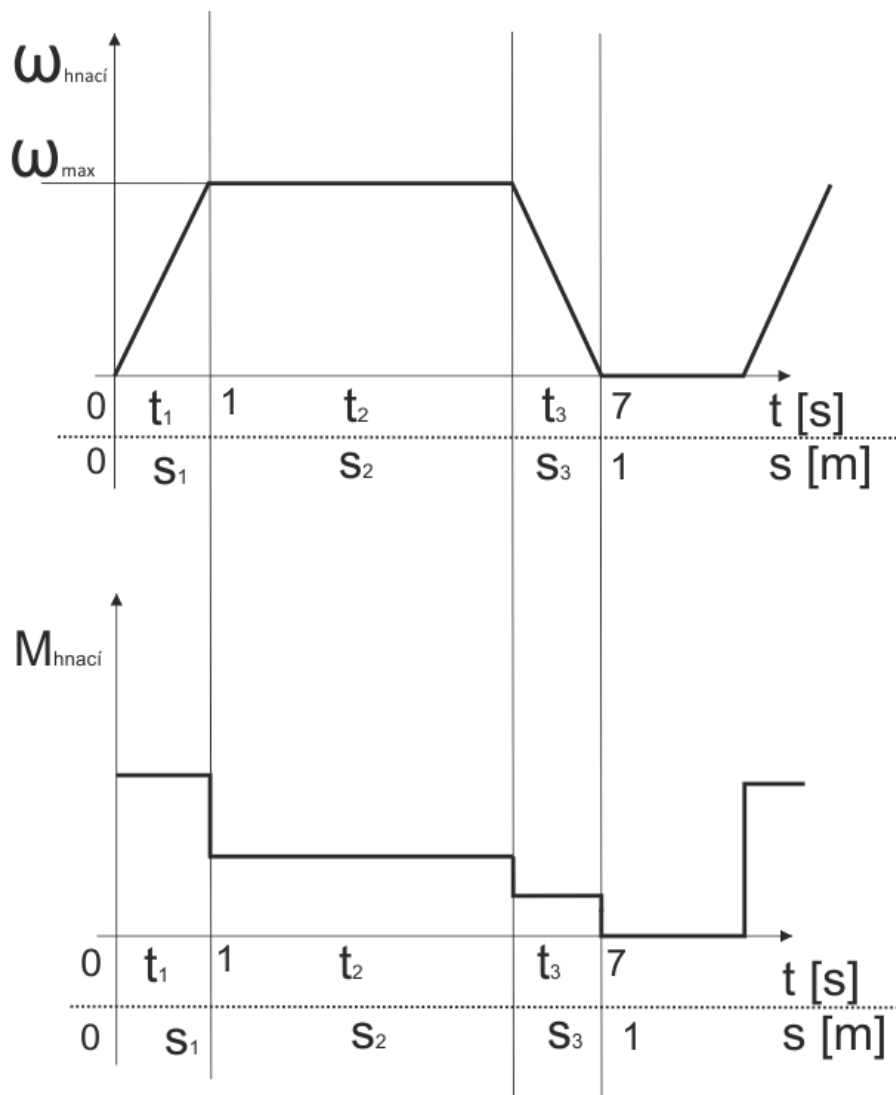
Tato úloha se používá pro bezpečné zvládnutí nestandardních situací. Úloha se spustí při chybě v programu (např. dělení 0 a jiné). Je dobré v této úloze dát měniči příkaz k vypnutí, případně okamžitě zakázat polohování a podobně. Úloha při normálním běhu programu neprobíhá, je blokována.

6 DIMENZOVÁNÍ POHONŮ

6.1 Hnací motor

Zde navrhne motor pro případ stříhání 1m vodiče. Aby se vodič odebíraný z klubka nezamotal, je třeba určit dobu rozběhu tak, aby setrvačnost materiálu nezpůsobovala velké rázy a tím cukání a zadržávání odebíraného drátu.

Z praktického pozorování by měla být doba rozběhu na maximální rychlost 1s nebo delší.



Obr. 6.1- Průběhy otáček a momentu hnacího motoru

Na Obr. 6.1 je znázorněn průběh otáček a momentu hnacího motoru při jednom cyklu. Kde:

$$t_1 = t_3 = 1s$$

Maximální rychlost určíme z požadovaných otáček motoru a průměru hnacího kola.

$$n = 45min^{-1}$$

$$d = 70mm$$

$$v_{max} = \frac{n}{60} \times \pi \times d = 0.165 \text{ms}^{-1}$$

Z maximální rychlosti a rychlosti rozběhu je možné určit zrychlení:

$$a = \frac{v_{max}}{t} = \frac{0.165}{1} = 0.165 \text{ms}^{-2}$$

Poté je možné určit dráhu:

$$s_1 = s_3 = \frac{1}{2} \times a \times t^2 = 0.0825 \text{m}$$

$$s_2 = 1 \text{m} - 2 \times s_1 = 0.835 \text{m}$$

Pak čas t_2 bude:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_{max}} = \frac{0.835}{0.165} \doteq 5 \text{s}$$

Celkový čas jednoho cyklu tedy bude $7 \text{s} + \text{doba střihu}$.

Pro výpočet potřebného momentu stroje je třeba určit momenty setrvačnosti celé soustavy a také ztrátový moment M_z .

$$J_{celk} = J_{mot} + J_{mat} + J_{kola}$$

Kde:

J_{celk} je celkový moment setrvačnosti soustavy

J_{mot} je moment setrvačnosti motoru

J_{mat} je moment setrvačnosti taženého materiálu

J_{kola} je moment setrvačnosti hnacího kola

Moment setrvačnosti motoru je:

$$J_{mot} = 0.16 \times 10^{-3} \text{kgm}^2$$

Moment setrvačnosti materiálu bude:

$$J_{mat} = m \times r^2 = 0.1 \times 0.038^2 = 0.1444 \times 10^{-3} \text{kgm}^2$$

Moment setrvačnosti posuvového kola je (musíme uvažovat moment setrvačnosti i přítlačného kola):

$$J_{kola} = 2 \times \frac{1}{2} \times m \times r^2 = 0.17 \times 0.038^2 = 0.245 \times 10^{-3} \text{kgm}^2$$

Potom:

$$J_{celk} = 0.55 \times 10^{-3} \text{kgm}^2$$

Se znalostí momentu setrvačnosti a změny otáček je možné spočítat potřebný moment motoru pro rozběh materiálu:

$$M_2 = J_{celk} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} + M_z = 0.55 \times 10^{-3} \frac{2\pi \times 45}{60} + 0.2 = 0.2025 \text{Nm}$$

Z předchozí rovnice je vidět, že na potřebný moment motoru, díky potřebné nízké dynamice, mají momenty setrvačnosti velmi malý vliv. Největší vliv má ztrátový moment způsobený mechanismem posuvu materiálu. Tento moment byl empiricky ověřen a má velikost $M_z=0.2Nm$.

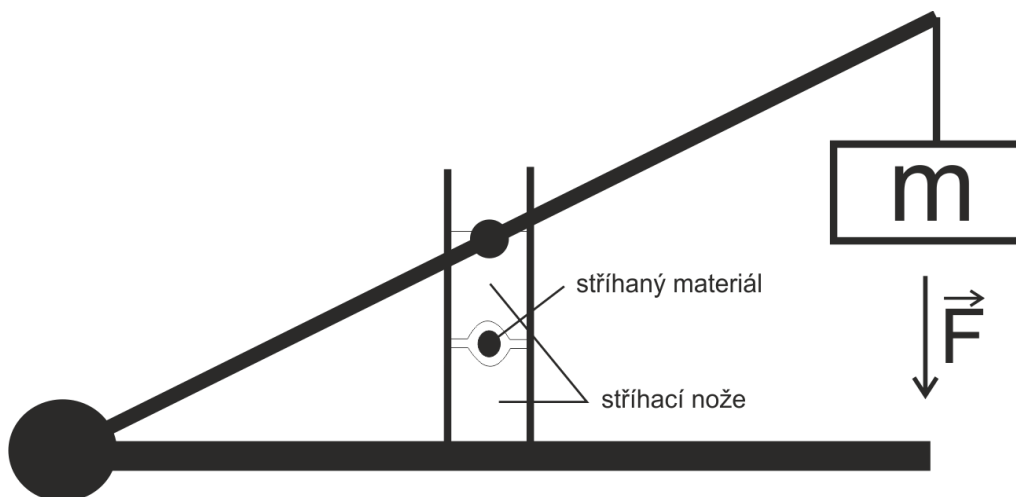
Nyní je možné vypočítat potřebný moment motoru metodou ekvivalentního momentu:

$$M_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_i M_i^2 \times t_i} = \sqrt{\frac{0.2^2 \times 7}{8}} = 0.187Nm$$

V případě, že hnací motor bude zatížen 7s momentem 0.2Nm z cyklu celého hnaní a stříhu 8s, bude ekvivalentní moment 0.187Nm.

6.2 Motor pro stříh

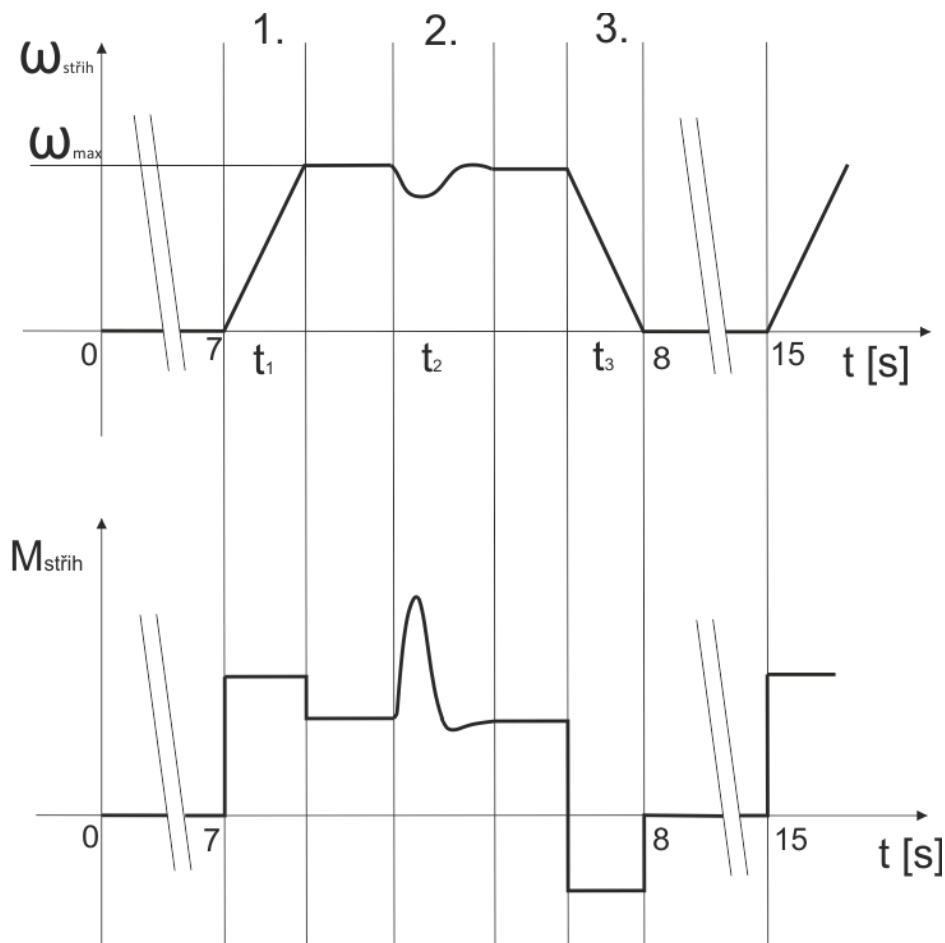
Dělicí stroj bude primárně určen pro stříh vodiče Helukabel SiF/GL 1x2.5mm². Tento vodič má silikonovou izolaci a skelný oplet. Oplet ztěžuje stříhání a zvyšuje potřebnou sílu motoru. Protože nebylo možné potřebnou sílu pro stříh spočítat, zjistil jsem tento údaj experimentálně:



Obr. 6.2 - Zjištění potřebné síly stříhu

Z experimentu vyšla síla potřebná pro stříh $F = 370N$. Tuto sílu musí vyvinout pohon na nůž stříhacího mechanismu.

U pohonu stříhu budeme požadovat v každém cyklu vždy přesně jednu otáčku výstupní hřídele převodovky. Tato jedna otáčka výstupní hřídele převodovky přes kulisový převod způsobí pohyb stříhacího nože nahoru a dolů zpět do výchozí polohy nože. Průběh momentu a otáček se dá graficky znázornit jako:



Obr. 6.3 - Průběh otáček a momentu při stříhu

Protože má nůž a celý stříhací mechanismus poměrně velký moment setrvačnosti, předpokládáme, že bude potřeba brzdit motor aktivně, například do brzděného rezistoru.

V úseku 1. na Obr. 6.3 se motor rozbíhá na maximální rychlost stříhu.

V úseku 2. na Obr. 6.3 dochází ke stříhu. Při najetí nože na materiál dochází ke zvýšení momentu a následně k poklesu otáček (dle momentové charakteristiky asynchronního motoru). Po ustřižení materiálu – odlehčení zátěžného momentu - otáčky mírně překmitnou a ustálí se na původní hodnotě dané rovnováhou zatěžovacího momentu a momentu ASM.

V úseku 3. na Obr. 6.3 motor brzdí na výchozí polohu pro nový stříh.

7 POTŘEBNÉ KOMPONENTY

Zařízení bude obsahovat následující zařízení:

Pohon posuvu stříhaného vodiče (synchronní servomotor a servoměnič), pohon stříhacího zařízení (frekvenční měnič, asynchronní motor, šnekovou převodovku a kulisový převod) a vlastní řízení obou pohonů. Dělicí stroj bude řízen PLC tvořeném přídatnou kartou jednoho z měničů, který mimo vlastní program řízení cyklu obsahuje polohový regulátor, který bude odměřovat vodič před stříhem.

7.1 Motory

7.1.1 Motor posuvu

V Semestrálním projektu I a II jsme uvažovali jako motor posuvu stejný jako motor pro stříh. Tento motor se při praktických pokusech o zprovoznění polohové smyčky neosvědčil. Díky připojené převodovce se značnými vůlemi nebylo možné motor přesně polohovat. Připevnění zpětnovazebního čidla na hřídel motoru by vyžadovalo zásah do konstrukce motoru.

Snažil jsem se využít vlastnosti měniče Unidrive SP, který nabízí možnost řídit rychlostní smyčku motoru bez zpětnovazebního čidla pomocí algoritmu RFC („rotor flux control“ - viz kap. 3.2). Díky použití tohoto algoritmu se řízení motoru přibližuje řízení se zpětnou vazbou. Polohová smyčka je pak řízena externím polohovým čidlem, umístěným na pomocném odměřovacím kole. Při použití RFC módu si měnič potřebuje připojený motor naladit. K tomu slouží funkce Autotune, kde si měnič změří všechny potřebné parametry motoru, jako například odpory a indukčnosti vinutí pro stanovení prvků náhradního schématu motoru, se kterým měnič při regulaci pracuje. Bohužel, v našem případě nebylo možné autotuning dokončit, protože použitý motor měl příliš velké hodnoty činného odporu vinutí, mimo měřící rozsah měniče. Proto autotuning vždy končil poruchou, bez výsledku měření.

Díky výše uvedeným nepříznivým vlastnostem jsem místo zapůjčeného asynchronního posuvového motoru s převodovkou, bez otáčkové zpětné vazby, se rozhodl použít servomotor s permanentními magnety na rotoru, se zpětnovazebním otáčkovým čidlem, přímo pohánějící posuvové kolo bez mechanického převodu.

Tento motor je přímo určený k polohovacím úlohám i díky vestavěnému zpětnovazebnímu čidlu. Podařilo se mi zapůjčit motor od firmy Control Techniques, konkrétně Unimotor řady FM typ 075E2C300VAMAA075140.

MODEL		075E2C300VAMAA075140	
ω_n [min ⁻¹]	3000	IP	65
K_e [V/(10 ³ min ⁻¹)]	57	M_n [Nm]	2.8
K_t [Nm/A]	0.93	ω_{max} [min ⁻¹]	4200
Enkodér	2048 dílků	P_n [W]	880
Izolace	F	napájení	220/240V AC
Pólů	6		

Tab. 7.1 - Štítkové údaje Unimotor fm

Tento motor je pro naši aplikaci předimenzovaný, zejména co se týká otáček, ale i momentu. Z předchozích výpočtů vyplývá, že potřebný moment pro posuv je 0.2Nm. Nominální moment tohoto motoru je 2.8Nm. Motor tedy bude schopen polohovat i výrazně těžší materiál než vodič Helukabel SiF/GL 1x2.5mm². To přispěje i k širšímu využití této aplikace.

7.1.2 Motor stříhání

K pohonu stříhu je použit asynchronní motor Bonfiglioli BN27B4. Motor má parametry dle následující tabulky:

Ltd. Bonfiglioli Group					
3~Mot. BN27B4		No. 05006311085			IP 55
Cod. 830221000					
S1	IMB5 VF		cosφ 0,57		I.C.
V Δ/Y	Hz	HP	kW	min ⁻¹	A Δ/Y
220/380	50	0.08	0.06	1350	0,67/0,39
240/415	50	0.08	0.06	1350	0,72/0,42
260/440	60	0.09	0.07	1620	0,67/0,39
280/480	60	0.09	0.07	1620	0,72/0,42

Tab. 7.2 - štítkové údaje motoru pro stříh

Pro stříhání není nutná příliš vysoká rychlost stříhu, důležitější je síla na stříhací nástroj. Proto je motor spojen se šnekovou převodovkou s převodem 1 ku 70. Výsledná rychlost na hřídeli převodovky je 19,3min⁻¹ a točivý moment 18,65Nm. Tato rychlost a točivý moment budou dále převedeny mechanismem na stříhací nože.

Výrobce udávaný výstupní točivý moment je 18.65Nm a otáčky n=19.3min⁻¹. Účinnost bude:

$$i = 70$$

$$M_1 = 0.42\text{Nm}$$

$$M_2 = 18.65\text{Nm}$$

Potom:

$$\eta = \frac{M_{2skut}}{M_{2.100\%}} = \frac{18.65}{29.4} \times 100\% = 63.5\%$$

Na stříhací nůž, který se pohybuje lineárně, je potřeba převést otáčivý pohyb přes pomocný převod tvořený čepem a kulisou. Její účinnost je možné empiricky stanovit na 60%. Díky tomu působí na stříhací nůž síla:

$$F_{stih} = \frac{M}{d} \times \eta = \frac{18.65}{0.02} \times 60\% = 560\text{N}$$

Experimentálně jsme určili potřebnou sílu pro stříh tohoto vodiče na 370N. Z předchozích výpočtů vyplývá, že stříhací nůž může bez přetěžování motoru vyvinout sílu až 560N. Motor je dle katalogu výrobce momentově přetížitelný až 2.3x. Z toho vyplývá, že motor je schopen krátkodobě vyvinout sílu na noži až 1300N. Aby byl stříh čistý, je třeba, aby síla na noži byla

výrazně vyšší, než je síla nezbytná pro stříh materiálu. V případě přetížení motoru na dvojnásobek jmenovitého momentu bude:

$$M_1 = 2 \times M_n = 2 \times 0.42 = 0.84Nm$$

$$M_2 = M_1 \times i \times \eta = 0.84 \times 70 \times 63.5\% = 37.3Nm$$

$$F_{střih} = \frac{M_2}{d} * \eta = \frac{37.3}{0.02} * 60\% = 1120N$$

Motor bude vyvíjet moment po dobu poloviny stříhu. V druhé polovině (po ustříhnutí vodiče) bude motor brzdít téměř stejným momentem. Můžeme tedy uvažovat namáhání 0.84Nm po dobu 0.5s a -0.84Nm také po dobu 0.5s. Potom M_{ekv} :

$$M_{2ekv} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_i M_i^2 \times t_i} = \sqrt{\frac{37.3^2 \times 1}{8}} = 13.2Nm$$

Přepočteno na hřídel motoru:

$$M_{1ekv} = M_{2ekv} \times \frac{1}{i} \times \frac{1}{\eta} = 13.2 \times \frac{1}{70} \times \frac{1}{0.635} = 0.3Nm$$

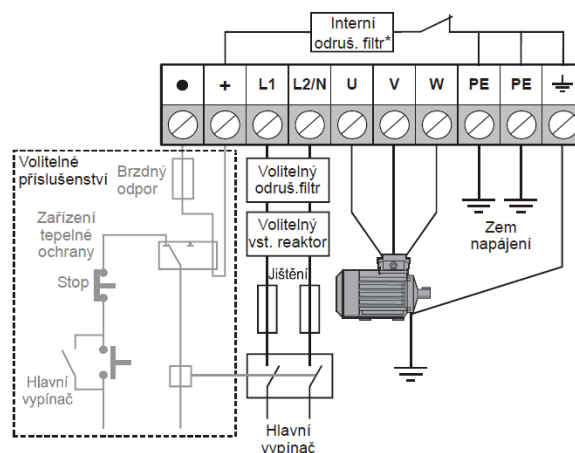
Podle předchozích výpočtů je zřejmé, že zvolený motor pro stříh námi zvoleného materiálu je dostatečný. Ale pro stříhání silnějších materiálů by bylo vhodné použít motor silnější.

7.2 Frekvenční měniče

7.2.1 Měnič pro motor stříhu

Pro řízení motoru stříhu postačuje základní model měniče Commander SK. Připojený motor má výkon 60W, proto bude použit měnič nejnižší výkonové řady typ SKA1200025 s maximálním výstupním výkonem 250W a napájecím napětím 1x230V.

7.2.1.1 Instalace měniče



Obr. 7.1 - Zapojení silové části měniče [2]

7.2.1.2 Popis svorek řízení

T1	0V řízení
T2	Analogový vstup 1 (A1), napěťový nebo proudový
Režim je dán parametrem Pr 16	
Tovární nastavení	4 až 20mA
Rozsahy	4-20, 20-4, 0-20, 20-0, 4-.20, 20-.4, VoLt (blíže viz níže)
Meze	Rozsah je automaticky nastaven tak, že jeho minimum odpovídá Pr 01 a jeho maximum odpovídá Pr 02
Vstupní impedance	200Ω (proudový vstup), 100kΩ (napěťový vstup)
Rozlišení	0,1%
T3	Zdroj +10V
Maximální zatížení	5mA
T4	Analogový napěťový vstup 2 (A2) nebo digitální vstup
Režim je dán parametrem Pr 7.11	
Tovární nastavení	Analogový napěťový vstup
Rozsahy	0 až +10V (analogový), 0 nebo +24V (digitální)
Meze (pro analogový vstup)	Rozsah je automaticky nastaven tak, že jeho minimum odpovídá Pr 01 a jeho maximum odpovídá Pr 02
Rozlišení	0,1%
Vstupní impedance	100kΩ (napěťový vstup), 6k8 (digitální vstup)
Komparační úroveň digitálního vstupu	+10V (pouze pozitivní logika)
T5	Beznapěťový spínací kontakt interního relé
T6	
Funkce relé je dána parametrem Pr 8.27	
Tovární nastavení	Poruchové relé (relé je přitaženo, je-li měnič pod napětím a není v poruše)
Napěťová zatížitelnost kontaktů	240Vst/30Vss
Proudová zatížitelnost kontaktů	2A/6A (při odporové zátěži)
Napěťová pevnost	1,5kVst (kategorie přepětí II)

Tab. 7.3 - popis svorek T1 až T6 měniče Commander SK [2]

B1 Analogový napěťový výstup	
Funkce je dána parametrem Pr 36	
Tovární nastavení	Otáčky motoru
Rozsah	0 až +10V
Meze	0V odpovídá 0Hz nebo ot/min +10V odpovídá Pr 02
Max. výst. proud	5mA
Rozlišení	0,1%

B2 Zdroj +24V	
Maximální zatížení	100mA

B3 Digitální výstup	
Funkce je dána parametrem Pr 35	
Základní nastavení	Indikace nulových otáček
Rozsah	0 nebo +24V
Maximální zatížení	50mA při +24V (proudový zdroj)

Tab. 7.4 - popis svorek B1 až B3 měniče Commander SK [2]

Celkový proud zdroje +24V je 100mA. To znamená, že max. celkový odběr ze svorek B2 a B3 je 100mA.

B4 Digitální vstup - Blokování/Reset	
B5 Digitální vstup - Provoz vpřed	
B6 Digitální vstup - Provoz vzad	
B7 Digitální vstup - Volba analogového vstupu A1 nebo A2	
Logika	Pouze pozitivní logika
Rozsah	0 nebo +24V
Komparační úroveň	+10V

Tab. 7.5 - popis svorek B4 až B7 měniče Commander SK [2]

Pomocí těchto svorek bude tento měnič řízen z programovatelného automatu, umístěného v řídicím měniči.

7.2.1.3 Řízení měniče

O nastavení a možnosti řízení se starají uživatelsky definovatelné parametry. Ty je možné měnit a zadávat pomocí displeje a ovládacích tlačítek.

Pr	Popis	Zákl. nastavení	
		EUR	USA
Uroveň 1 parametrů			
01	Minimální kmitočet (Hz)	0,0	
02	Maximální kmitočet (Hz)	50,0	60,0
03	Akcelerace (s/100Hz)	5,0	
04	Decelerace (s/100Hz)	10,0	
05	Přednastavené konfigurace měniče	AI.AV	
06	Jmenovitý proud motoru (A)	Drive rating	
07	Jmenovité otáčky motoru (ot/min)	1500	1800
08	Jmenovité napětí motoru (V)	230 / 400	230 / 460
09	Účinnost motoru (cos φ)	0,85	
10	Přístup k parametrům	L1	

Tab. 7.6 - Popis konfigurace parametrů měniče [2]

Popis základních parametrů měniče SK:

Pr01 představuje minimální výstupní kmitočet v rozsahu 0 až 1500Hz.

Pr02 maximální výstupní kmitočet v rozsahu 0 až 1500Hz.

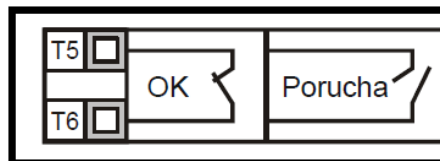
Pokud je Pr02 menší, než Pr01, nastaví se automaticky Pr01 na hodnotu Pr02.

Pr03 a Pr04 se nastavuje akcelerační a decelerační rampu otáček motoru. Nastavená hodnota představuje dobu, za kterou měnič zrychlí nebo zpomalí o 100Hz v obou směrech otáčení. Oba parametry se dají nastavit v rozsahu 0 až 3200 s/100Hz. Pomocí parametru Pr05 lze zvolit jednu z přednastavených konfigurací měniče, tj. zvolit způsob zadávání kmitočtu v obvyklém režimu, nebo zvolit jeden z dalších přednastavených režimů (tj. buď motorpotenciometr nebo řízení momentu nebo uživatelský PID regulátor nebo režim pro aplikace ventilátorů a čerpadel).

Konfigurace	Popis
AI.AV	Výstupní kmitočet se zadává buď napětím (svorka T4) nebo proudem (svorka T2)
AV.Pr	Výstupní kmitočet se zadává buď napětím (svorka T2) nebo 3 přednastavenými kmitočty (svorky T4 a B7)
AI.Pr	Výstupní kmitočet se zadává buď proudem (svorka T2) nebo 3 přednastavenými kmitočty (svorky T4 a B7)
Pr	Výstupní kmitočet se zadává 4 přednastavenými kmitočty (svorky T4 a B7)
PAd	Výstupní kmitočet se zadává z ovládacího panelu měniče
E.Pot	Motorpotenciometr
tor	Řízení momentu
Pid	Uživatelský PID regulátor
HUAC	Aplikace ventilátorů a čerpadel

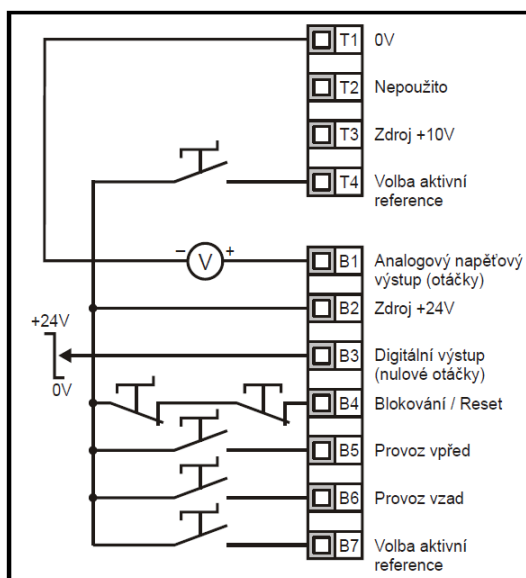
Tab. 7.7 - Přednastavené konfigurace měniče Commander SK [2]

Při použití těchto nastavení má interní relé měniče funkci poruchového relé.



Obr. 7.2 - Zapojení interního relé pro detekci poruch [2]

Jako vhodné řízení se jeví použití přednastavení Pr05 = Pr, kde je motor řízen pomocí přednastavených otáček.



Obr. 7.3 - zapojení svorek pro řízení [2]

Tlačítka znázorněná na Obr. 7.3 budou řízena pomocí digitálních výstupů z řídicího automatu. Podle následující tabulky je možné měniči zadávat až 4 výstupní otáčky:

T4	B7	Aktivní zadávací signál
0	0	Přednast. ot. 1 (Pr 18)
0	1	Přednast. ot. 2 (Pr 19)
1	0	Přednast. ot. 3 (Pr 20)
1	1	Přednast. ot. 4 (Pr 21)

Tab. 7.8- Volba přednastavených otáček [2]

7.2.2 Měnič pro řízení polohy

Pro řízení synchronního motoru s permanentními magnety je nutné použít měnič s možností připojení zpětné vazby s kartou polohování. Z nabídky firmy Control Techniques jsem vybral měnič Unidrive SP0205. Měnič je možné napájet z běžné zásuvky 1x230V. Výstupní výkon tohoto měniče je 1,5kW, což plně dostačuje pro napájení zvoleného motoru Unimotor FM typ 075E2C300VAMAA075140.

7.2.2.1 Řízení měniče

Aby bylo možné řídit celý systém bez použití externího programovatelného automatu, je možné připojit k měniči, do jednoho ze tří rozšiřujících slotů vysoce výkonnou programovatelnou jednotku SM-Applications.

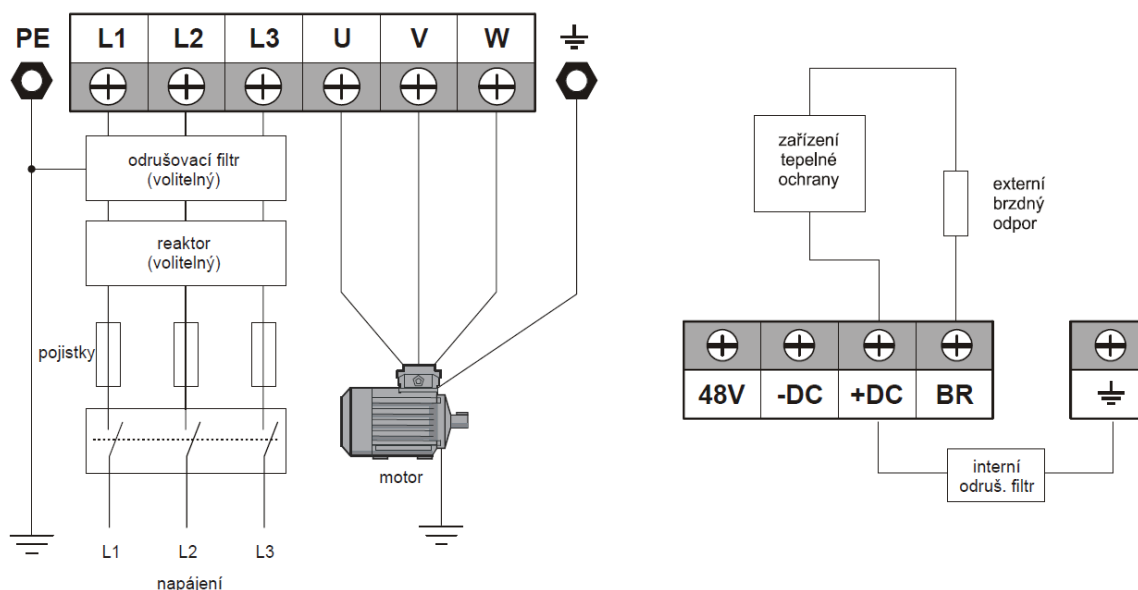
„Modul SM-Applications je navržen tak, aby automaticky prováděl dodatečné funkce pomocí uživatelského programu v aplikacích jak s jedním měničem nebo i s měniči, připojenými k centralizovanému řídicímu systému přes vstupy/výstupy nebo Fieldbus. SM-Applications lze naprogramovat prostřednictvím liniové logiky v programu SyPTLite nebo lze využít veškeré dostupné programovací možnosti včetně polohování obsažené ve vývojovém prostředí SyPTPro. Snadná a efektivní konfigurace – modul SM-Application lze použít k řešení automatizačních úloh, od jednoduchých sekvencí start/stop s jedním měničem až po složitější řízení včetně polohových aplikací. Řízení v reálném čase – modul SM-Applications poskytuje v reálném čase přístup ke všem parametrům měniče včetně dat získaných prostřednictvím vstupů/výstupů měniče i komunikací s ostatními měniči. Tento modul využívá vysokorychlostní operační systém se zpracováním paralelních úloh, s nejnižší dobou aktualizace úloh 250 μ s. Úlohy jsou synchronizovány podle vlastních řídicích smyček měničů. Tím se docílí nejlepší možné řízení měničů včetně polohových úloh.“[9]

Pro řízení měniče bude potřeba zapojit tlačítka START a STOP. Tyto je možné připojit přes digitální vstupy na svorkovnici řízení přes svorky 24 – 29. Jejich význam pak měniči naprogramovat.

Pro zadávání parametrů pro stříh bude použit standardní displej měniče s tlačítky.

7.2.2.2 Zapojení měniče

Silová část bude zapojena podle doporučeného zapojení od výrobce:



Obr. 7.4 - Zapojení silové části měniče Unidrive SP [5]

7.2.2.3 Připojení zpětné vazby

Měnič standardně obsahuje konektor pro připojení enkodéru.



Obr. 7.5- Zapojení pinů pro připojení enkodéru [5]

Typ enkodéru se nastavuje pomocí parametru #03.38. Ten může nabývat hodnot 0 – 11.

Enkodér	Popis
Ab #3.38 = 0	Kvadraturní enkodér s nulovým pulzem nebo bez něj
Fd #3.38 = 1	Enkodér s frekvenčními pulzy a určením směru, s nulovým pulzem nebo bez něj
Fr #3.38 = 2	Enkodér s frekvenčními pulzy směru vpřed a směru vzad, s nulovým pulzem nebo bez něj
Ab.SErVO #3.38 = 3	Kvadraturní enkodér s komutačním signálem *, s nulovým pulzem nebo bez něj
Fd.SErVO #3.38 = 4	Enkodér s frekvenčními pulzy a určením směru, s komutačním signálem *, s nulovým pulzem nebo bez něj
Fr.SErVO #3.38 = 5	Enkodér s frekvenčními pulzy směru vpřed a směru vzad, s komutačním signálem *, s nulovým pulzem nebo bez něj
SC #3.38 = 6	SinCos enkodér bez sériové linky
SC.HiPEr #3.38 = 7	Absolutní SinCos enkodér používající protokol sériové linky Stegmann EI485
EndAt #3.38 = 8	Pouze absolutní EnDat enkodér
SC.EndAt #3.38 = 9	Absolutní SinCos enkodér používající protokol sériové linky EnDat
SSI #3.38 = 10	Pouze SSI enkodér
SC.SSI #3.38 = 11	Absolutní SinCos enkodér s SSI

Tab. 7.9 - Popis typů enkodérů [5]

Zapojení signálových vodičů jednotlivých druhů enkodérů popisuje následující tabulka:

Du-tinka	Ab (#3.38 = 0)	Fd (#3.38 = 1)	Fr (#3.38 = 2)	Ab.SErVO (#3.38 = 3)	Fd.SErVO (#3.38 = 4)	Fr.SErVO (#3.38 = 5)	SC (#3.38 = 6)	SC.HiPEr (#3.38 = 7)	EndAt (#3.38 = 8)	SC.EndAt (#3.38 = 9)	SSI (#3.38 = 10)	SC.SSI (#3.38 = 11)	
1	A	F	F	A	F	F	Cos			Cos		Cos	
2	A\	F\	F\	A\	F\	F\	Cosref			Cosref		Cosref	
3	B	D	R	B	D	R	Sin			Sin		Sin	
4	B\	D\	R\	B\	D\	R\	Sinref			Sinref		Sinref	
5	Z*							Data					
6	Z*							Data\					
7	Simulovaný enkodér Aout (Fout)**			U			Simulovaný enkodér Aout (Fout)**						
8	Simulovaný enkodér Aout \ (Fout)**			U\			Simulovaný enkodér Aout \ (Fout)**						
9	Simulovaný enkodér Bout (Dout)**			V			Simulovaný enkodér Bout (Dout)**						
10	Simulovaný enkodér Bout\ (Dout)**			V\			Simulovaný enkodér Bout\ (Dout)**						
11				W			Enkodér vstup = Clock (výstup)						
12				W\			Enkodér vstup = Clock\ (výstup)						
13							+V***						
14							0V						
15							th****						

Tab. 7.10 - Popis pinů enkodéru pro daný typ [5]

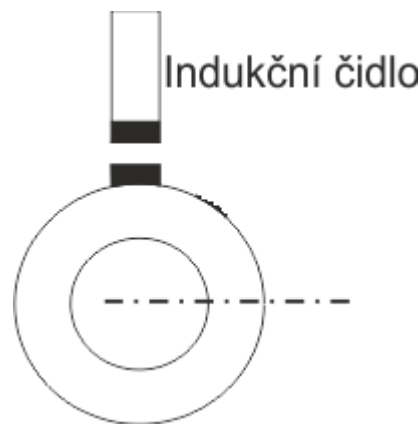
Nevyužité piny zpětnovazebního čidla (14 a 15) se u servomotorů mohou použít pro hlídání překročení teploty motoru.



Obr. 7.6 - Frekvenční měniče Commander SK a Unidrive SP

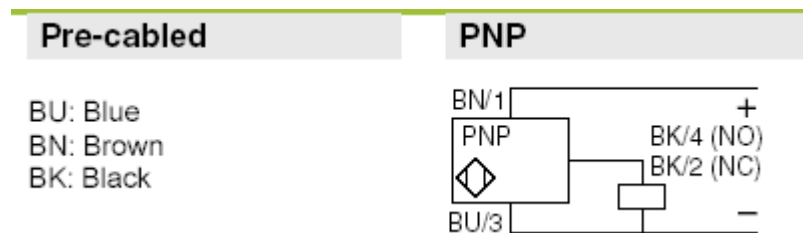
7.3 Čidlo otočení stříhacího nože

Aby mohl polohovací motor dále polohovat s materiálem, je nutné vědět, v jaké poloze se nachází stříhací nůž. Není třeba znát přesně polohu nože v průběhu stříhu, ale stačí koncová poloha, aby bylo možné znovu polohovat zpracovávaný materiál. Jako nejvhodnější se jeví indukční čidlo. Díky změně indukčnosti – v našem případě při přiblížení kolíku polohy - je čidlo schopné poznat, kde se rotor nachází. Když se rotor pohonu stříhu nachází v této poloze, je to pro měnič posuvu signál pro zahájení dalšího cyklu – odměřování dalšího kusu vodiče.



Obr. 7.7 - Indukční čidlo

Z katalogu jsem vybral čidlo od firmy Schneider-electric, konkrétně typ XS508B1PAL2. Čidlo pracuje při 12-24V DC, což je velmi vhodné, protože frekvenční měnič obsahuje zdroj 24V pro napájení externích aplikací. Nebude tedy nutné použít externí napájecí zdroj.



Obr. 7.8 - Zapojení indukčního čidla

Dle Obr. 7.8 je čidlo zapojeno:

- Hnědá +24V
- Modrá 0V
- Černá – výstup 0 nebo 24V

Čidlo je konstruováno pro spínání relé. Na výstupu může být zatíženo až 200mA. Pro naše účely bude signál na výstupu, tedy černý vodič znamenat:

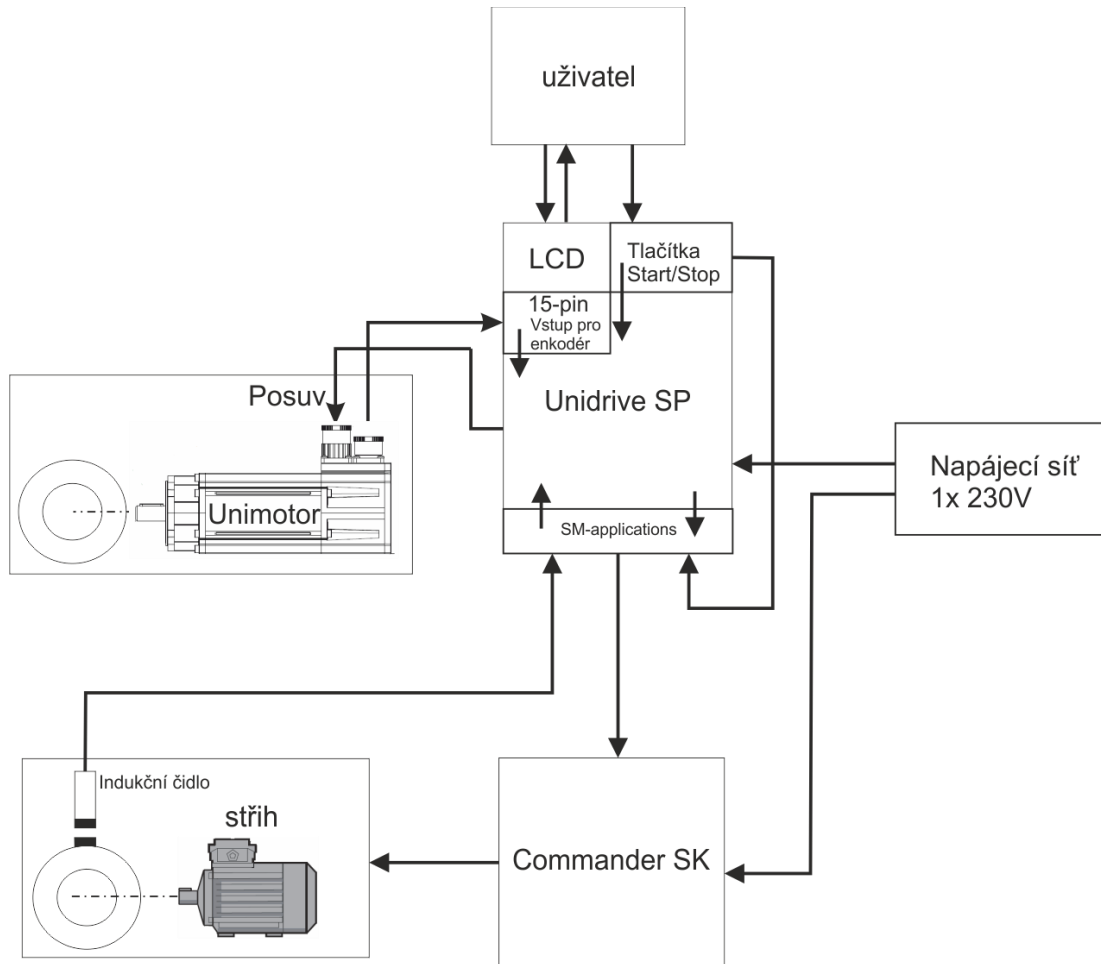
0V => pod čidlem není přítomen kolík polohy

24V => pod čidlem je přítomen kolík polohy

Signál je přiveden na digitální vstup měniče Unidrive SP a dále zpracován.

8 NÁSTIN ŘÍZENÍ STROJE

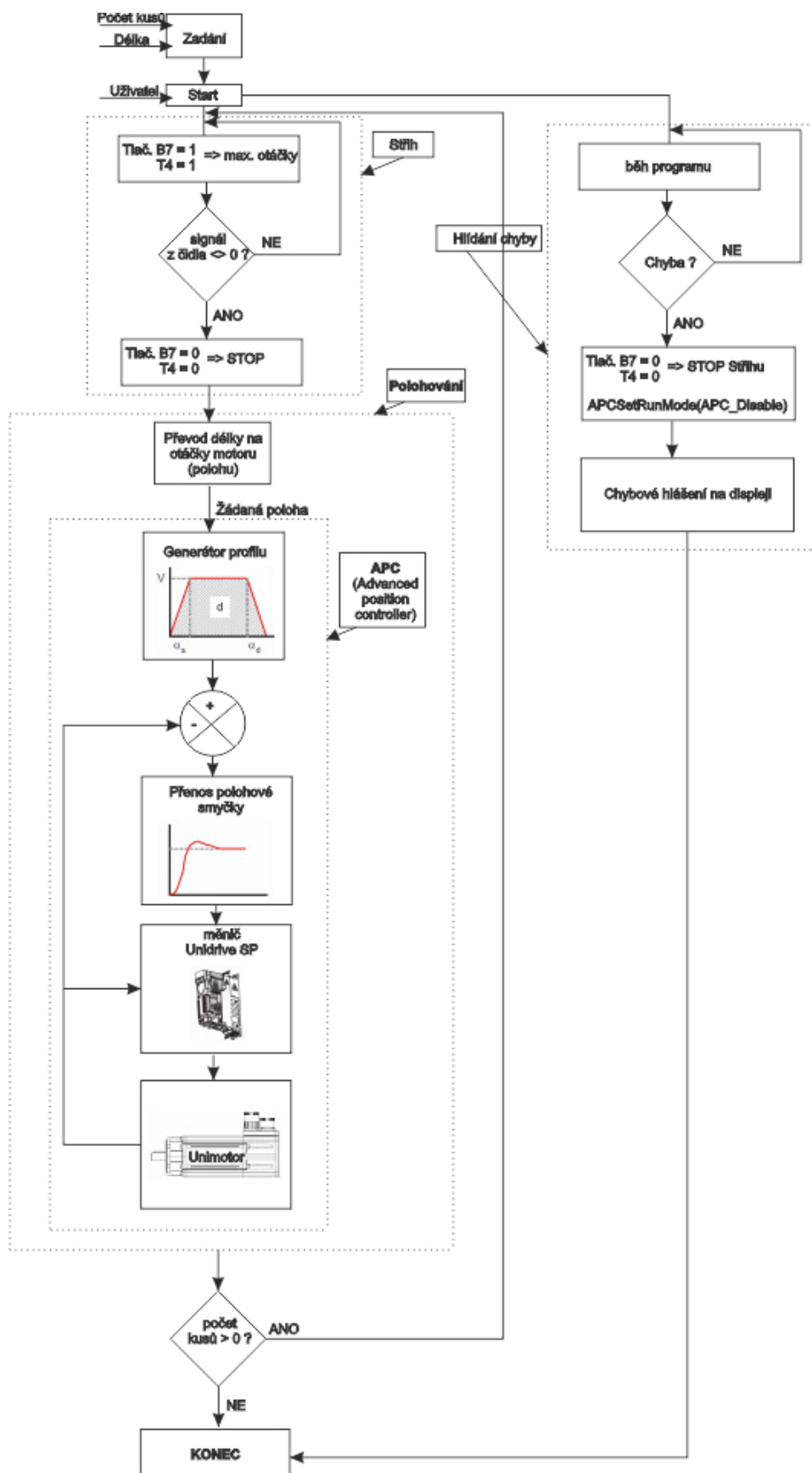
Dělicí stroj bude řízen podle následujícího blokového schématu:



Obr. 8.1- Nástin řízení stroje

Celé zařízení bude řízeno pomocí programovatelné jednotky SM-applications. Jednotka dostává od uživatele přes LCD panel zadání. Příkaz obsahuje délku a počet kusů vodiče. Po stisku tlačítka START uživatelem se spustí stříhání jednotlivých kusů vodiče. Tlačítko STOP zablokuje a zastaví dělení vodičů. Posuv vodiče do stříhacího mechanismu bude realizován v uzavřené polohové smyčce, tvořené inkrementálním enkodérem s pomocnými komutačními stopami, (součást servomotoru), servoměničem a polohovací kartou. Počet pulzů bude načítán do proměnné, převeden na délku a srovnán s uživatelem zadanou délkou. V okamžiku, kdy se počet pulzů blíží žádané hodnotě, začne polohový regulátor snižovat žádanou rychlost pohonu po rampě tak, aby se motor zastavil právě na požadovaném žádaném pulzu. Po zastavení posuvu vodiče dá jednotka příkaz ke stříhu. Výše uvedený enkodér servomotoru má dvojitou funkci - je současně plnohodnotným rychlostním zpětnovazebním čidlem, dle kterého je řízena aktuální rychlost servomotoru. Poloha natočení rotoru motoru stříhu je snímána indukčním čidlem. Po najetí na koncovou polohu nastaví řízení výstupní frekvenci měniče Commander SK tak, aby motor úplně zastavil na nové výchozí pozici pro stříh. Každý stříh je uložen do proměnné a srovnáván se zadaným počtem. Cyklus končí při dosažení počtu stříhů, případně při chybě. Chyba může nastat např. výpadkem proudu, výběhem materiálu (stříhaného kabelu), přerušením uživatelem atd.

9 ALGORITMUS ŘÍZENÍ STROJE



Obr. 9.1 - Algoritmus řízení

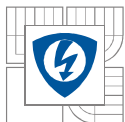
Algoritmus řízení stroje se skládá ze tří hlavních částí:

- Střih
- Polohování
- Hlídní chyby

O řízení motoru pro střih se stará frekvenční měnič Commander SK. Jeho výstupní frekvence je dána signálem na svorkách B4 a T7. Pokud jsou obě svorky v logické 1 (+24V). Pak je na výstupu měniče nastaven maximální kmitočet. Pokud je na svorkách B4 a T7 logická 0. Je výstupní frekvence nastavena na 0Hz. Měnič Commander SK se rozbíhá s rampou 2s na 100Hz a brzdí s nejkratší možnou rampou. Nejvyšší možná frekvence byla experimentálně zvolena 60Hz. Je to nejvyšší frekvence, při které měnič dokáže motor bezpečně zabrzdít tak, aby stříhací mechanismus zůstal v koncové poloze pod indukčním čidlem.

Po najetí stříhacího nože zpět do výchozí polohy měnič Unidrive SP zahájí polohovací část cyklu – posune vodič na přesnou polohu určenou zadanou délkou přepočtenou na počet pulzů enkodéru servomotoru. Po ukončení polohování a potvrzení najetí na polohu vydá PLC povel ke střihu. Celý cyklus se opakuje podle počtu zadaných kusů k ustřižení (anebo do ručního povelu uživatele). Tím úloha končí. Při běhu programu je nutné zajistit, aby obě úlohy byly vzájemně blokovány. Tedy aby se nestalo, že stroj zároveň polohuje a stříhá.

Dále musí být zabezpečeno hlídání chyb různými čidly, případně vnitřní logikou měniče. Může zde nastat například zauzlení vodiče (a tím prokluz materiálu) nebo zaseknutí stříhacího nože při střihu silnějších materiálů atd.

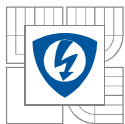


10 PROGRAMOVÁNÍ DĚLÍČÍHO STROJE

Při psaní programu se dají do zdrojového kódu vložit poznámky za „//“. V SyPT jsou poznámky navíc odlišeny barevně od textu programu.

10.1 Úloha INITIAL

```
Initial{  
  // inicializace programu  
  #81.11 = 1           //Clock task 1ms  
  timer% = 0          //inicializace proměnné  
  #00.48 = 3          //Closed loop Servo  
  #00.44 = 230        //jmenovité napětí motoru [V]  
  #00.46 = 3          //jmenovitý proud motoru [A]  
  #03.34 = 2048       //počet pulzů enkodéru  
  #18.11 = 50         //nastavení délky vodiče [mm]  
  #18.13 = 0          //počítadlo ustřižených vodičů  
  #18.14 = 5          //počet stříhaných vodičů  
  #18.20 = 0          //proměnná pro inicializaci stříhu  
  #16.31 = 1          //nastavení výstupu na I/O kartě  
  #16.32 = 1          //nastavení výstupu na I/O kartě  
  #19.12 = 0          //proměnná pro řízení stříhu  
  #19.11 = 0          //proměnná pro řízení stříhu  
  #19.17 = 0          //časomíra 1  
  #19.18 = 0          //časomíra 2  
  #20.11 = 32767      // zapnutí čidla  
  #20.12 = 0          // signál z čidla  
  #01.06 = 1000       //maximální rychlost  
  #01.07 = 0          // minimální rychlost  
  #01.10 = 1          // bipolární reference  
  #01.14 = 3          // nastavení reference rychlosti  
  
  // SM-APPLICATIONS nastavení karty  
  #15.12 = 3          // 1ms Task time  
  #15.14 = 1          // nastavení globálního tripu
```



```
#15.17 = 0          // vypnutí tripu při přetečení parametru
#15.20 = 1          // ulož PLC registry při ztrátě napájení
REINIT             // reinicializace

// nastavení APC
RunModeStatus% = APCSetRunMode(APC_DISABLE)
DisRstStatus% = APCResetSourcesOnDisable() // čítače resetovány při disablování
OffStatus% = APCSetPositionResetOffset(0) // Reset Offset Position (0)

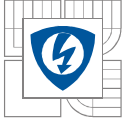
// Polohovací mód
IF #15.31 = 1 THEN
    AbsStatus% = APCSelectAbsoluteMode() // Absolutní mód
ELSE
    RelStatus% = APCSelectRelativeMode() // Relativní mód
ENDIF

// výběr zdroje zpětnovazebního čidla
FbkSrcStatus% = APCSetFeedbackSource(APC_DRIVE_ENC)
FbkInvStatus% = APCDoNotInvertFbckSource() // neinvertovat zpětnou vazbu
NTBStatus% = APCSetNumOfTurnsBits(16) // nastavení rozlišení APC na 216

// Stop reference
StopStatus% = APCSetStopMode(APC_PROF_STOP) // zastav na stop

// Polohová reference
PosSelStatus% = APCSelectReference(APC_POSITION_REF) // výběr reference (poloha)

// generátor profilu
ProfEnStatus% = APCEnableProfile() // umožni generátor profilu
ProfMaxSpeed% = MULDIV(1073741824, (#01.06 * 90), (60000 * 100))
                // maximální rychlost profilu (90% z 1000min-1 = 900min-1)
ProfMxSpStatus% = APCSetProfileMaxSpeedClamp(ProfMaxSpeed%)
                // nastavení maximální rychlosti
ProfAcceleration% = MULDIV(ProfMaxSpeed%, 250, 2000000)
ProfDeceleration% = MULDIV(ProfMaxSpeed%, 250, 1000000)
ProfAccStatus1% = APCSetProfileAccelRate(ProfAcceleration%)
ProfDecStatus2% = APCSetProfileDecelRate(ProfDeceleration%)
                // nastavení akcelerační a decelerační rampy
```



// Polohová smyčka

ExtSpStatus%= APCDisableExternalRefSpeed()

ExtPosStatus%= APCDisableExternalRefPosition()

// vypni externí rychlostní a polohovou referenci

PNumStatus%= APCSetOutputRatioNumerator(1000)

PDenomStatus%= APCSetOutputRatioDenominator(1000)

// nastavení převodového poměru (1:1)

APCChStatus1%= APCSetupOutputChannel(2, 0, 0)

APCChStatus2%= APCEnableOutputChannel()

// nastavení výstupního kanálu

PtermStatus%= APCSetPGain(2500) *// nastavení P zisku pro APC*

PGainMaxSpeed%= MULDIV(1073741824, (#01.06 * 10), (60000 * 100))

PTermClStatus%= APCSetPGainSpeedClamp(PGainMaxSpeed%)

// nastavení omezení P zisku pro APC

// celý následující cyklus zajišťuje najetí stříhacího nože do výchozí polohy, pokud v ní není

#19.12 = 32767

#19.11 = 32767

DO

#19.17 = #19.17 + 1

LOOP WHILE #19.17 < 1000

IF #20.12=0 THEN

DO

#19.12 = 32767

#19.11 = 0

LOOP WHILE #20.12=0

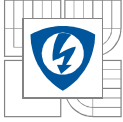
ENDIF

#19.17 = 0

#19.12 = 0

#19.11 = 0

} //Initial



10.2 Úloha BACKGROUND

Background{

TOP:

PosSetpointCnts% = MULDIV(#18.11, 65536, 2200)

// Přepočet zadané délky mm na polohu motoru

PosRefStatus% = APCSetPositionSetPoint(PosSetpointCnts%)

// Zadání polohy do APC

FeedbackPosCnts% = APCReadPar(APC_FB_POS)

// Vychítání polohy motoru

#18.12 = MULDIV(FeedbackPosCnts%, 2200, 65536)

//zapisování aktuální polohy do #18.12

IF #18.20 = 1 THEN

//Pokud je #18.20 = 1, je to příkaz pro střih

SCHEDULEEVENT(0, 1, 45)

//vyvolání události střihu

ELSE

#19.17 = 0

//reset časomíry

ENDIF

IF (#01.11 = 0) AND (#01.46 = 1) THEN *//vyvolání střihu tlačítkem na ovladači*

#18.20 = 1

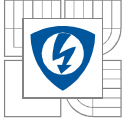
ENDIF

_P01% = APCReadPar(_P00%)

GOTO TOP:

}

//Background

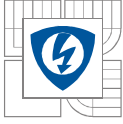


10.3 Úloha POS0

```
Pos0{
  IF (#01.11 = 1) then          //odblokování měniče
    RunModeStatus% = APCSetRunMode(APC_ENABLE) //umožnění polohování APC
    IF (#18.20 = 0) AND (RunModeStatus% = 1) AND (#18.14 > 0) AND (#19.11 = 0) THEN
      #18.20 = 1 //po dopolohování umožnění střihu
    ENDIF
  ELSE
    RunModeStatus% = APCSetRunMode(APC_DISABLE) //zablokování APC
  ENDIF
} //Pos0
```

10.4 Úloha ERROR

```
Error{
  #19.12 = 0 //vypnutí střihacího motoru
  #19.11 = 0 //vypnutí střihacího motoru
  RunModeStatus% = APCSetRunMode(APC_DISABLE) //zablokování APC
} //Error
```



10.5 Úloha EVENT1

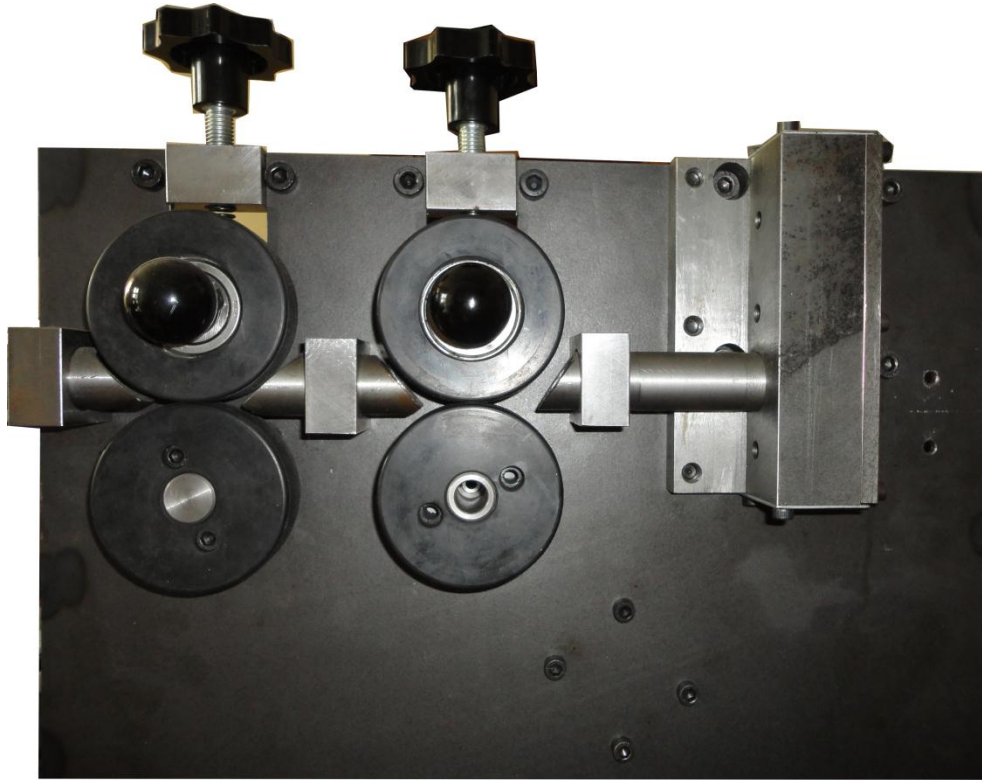
```
Event1{
    IF (#19.17 < 10) OR (#20.12 = 0) THEN //rozjezd motoru stříhu
        #19.11 = 32767
        #19.12 = 32767
    ENDIF
    IF (#19.17 > 10) AND (#20.12 = 1) THEN
        //po dojetí motoru na koncové čidlo se stříh zastaví a resetuje APC
        #19.11 = 0
        #19.12 = 0
        #18.20 = 0
        #19.17 = 0
        #19.18 = 0
        #18.13 = #18.13 + 1      //počítání kusů
        #18.14 = #18.14 - 1    //odpočet kusů
        IF (#18.14 > 0) THEN
            APCReset()        //resetování APC umožní pojezd na novou polohu
        ENDIF
    ENDIF
} //Event1
```

10.6 Úloha CLOCK

```
Clock{
    timer% = timer% + 1
    IF timer% >= 100 THEN
        #19.17 = #19.17 + 1 //časovač, inkrement +1 znamená uběhnutí 100ms reálného času
        #19.18 = #19.18 + 1 //časovač, inkrement +1 znamená uběhnutí 100ms reálného času
        timer% = 0
    ENDIF
} //Clock
```

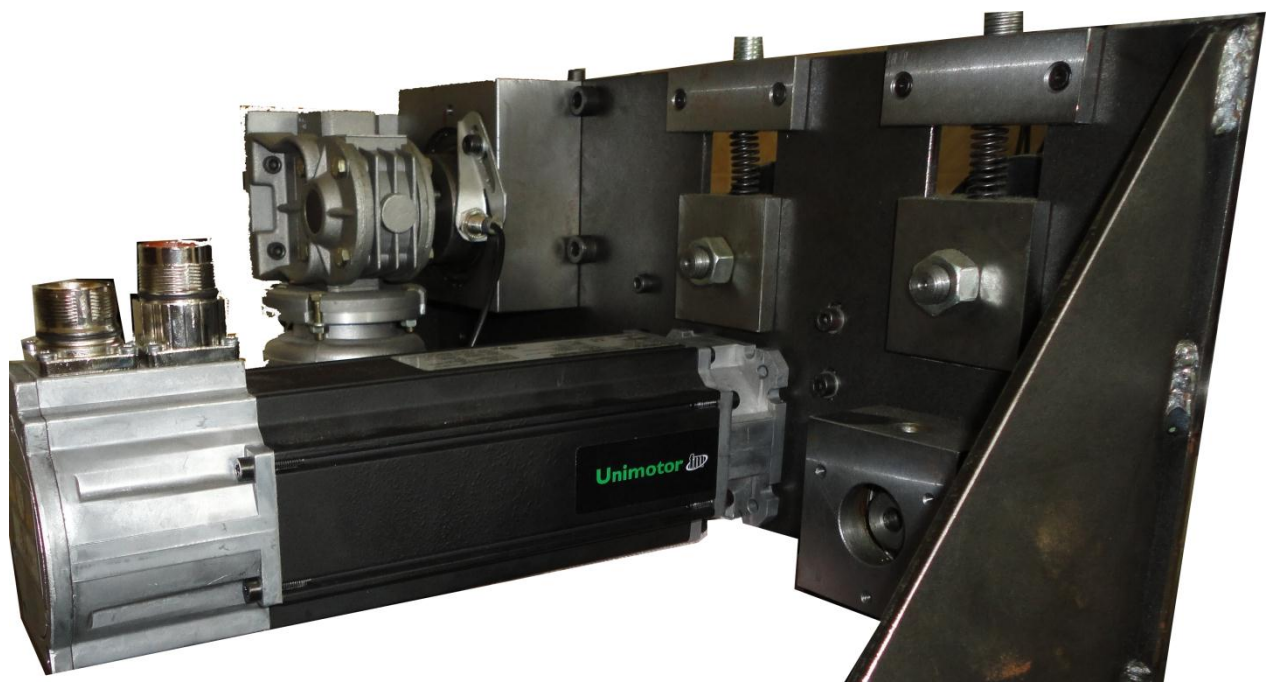
11 MECHANICKÁ ČÁST A ZAPOJENÍ STROJE

Mechanická část stroje se skládá ze základní desky, na které je zepředu připevněno posuvné ústrojí s vodící lištou a stříhací mechanismus. Přítlak posuvného ústrojí je možné regulovat dotažením přítlačných pružin šrouby.



Obr. 11.1 – čelní pohled na mechanickou část

Posuv materiálu obstarává synchronní servomotor Control Techniques Unimotor FM:



Obr. 11.2 - Motor posuvu materiálu

Střih materiálu obstarává asynchronní motor Bonfiglioli se šnekovou převodovkou s převodem 1 : 70. Pro hlídání koncové polohy je nainstalováno indukční čidlo.



Obr. 11.3 - Motor střihu se šnekovou převodovkou a indukčním čidlem koncové polohy

Výstup ze šnekové převodovky je převeden mechanismem na Obr. 11.4 na lineární pohyb.



Obr. 11.4 - Střihací nůž a převod rotačního pohybu na lineární

Měnič	Zapojení svorek		
	svorka	propojení	popis
Unidrive SP	L1	L	fáze vstupního napájení
	L3	N	nulový vodič vstupního napájení
	U	napájení motoru	
	V		
	W		
	24		
	26	ovládání	1x střih
	31	ovládání	provoz vpřed
22	ovládání +24V	odblokování (log. 1 - Start, log. 0 Stop) zdroj pro ovládání vstupů, výstupů	
SM I/O plus	T1	T1 Commander SK	0V řízení
	T2	T4 Commander SK	ovládání rychlosti
	T3	B7 Commander SK	ovládání rychlosti
	T4	+24V indukční čidlo	
	T5	0V indukční čidlo	
	T6	vstup signálu z indukčního čidla	
Commander SK	L1	L	fáze vstupního napájení
	L2/N	N	nulový vodič vstupního napájení
	U	napájení motoru	
	V		
	W		
	B4		
	B5	B2	provoz vpřed
	B7	T3 SM I/O plus	ovládání rychlosti
T4	T2 SM I/O plus	ovládání rychlosti	

Tab. 11.1 – popis zapojení svorek stroje

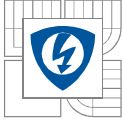
Připojení synchronního motoru k měniči Unidrive SP je realizováno prefabrikovanými kabely. Těmito kabely se připojuje konektor enkodéru i silová část motoru.

12 NAMĚŘENÉ HODNOTY

stříhaný kus	nastavená délka vodiče					
	[mm]					
	100	Δ	200	Δ	300	Δ
1	100.0	0.0	200.4	0.4	300.2	0.1
2	99.9	-0.2	199.7	-0.3	299.7	-0.3
3	100.1	0.1	200.1	0.1	299.9	-0.1
4	99.8	-0.2	200.2	0.2	300.4	0.4
5	100.0	0.0	199.9	-0.1	300.2	0.2
6	100.2	0.2	200.0	0.0	300.3	0.3
7	100.2	0.2	200.0	0.0	300.0	0.0
8	100.1	0.0	200.4	0.4	299.9	-0.1
9	99.6	-0.4	200.3	0.3	299.6	-0.4
10	99.9	-0.1	199.9	-0.1	300.4	0.4
11	99.9	-0.1	200.0	-0.1	300.3	0.3
12	100.2	0.2	199.7	-0.3	299.8	-0.3
13	99.8	-0.2	199.8	-0.2	299.6	-0.4
14	99.7	-0.3	200.2	0.2	299.8	-0.2
15	99.6	-0.4	200.1	0.1	300.4	0.4
16	100.3	0.3	200.2	0.2	300.2	0.2
17	100.1	0.1	200.0	0.0	300.1	0.1
18	99.9	-0.1	199.7	-0.3	300.2	0.2
19	99.7	-0.3	199.8	-0.3	300.1	0.1
20	99.8	-0.2	200.0	0.0	299.9	-0.1
maximální	100.3	0.3	200.4	0.4	300.4	0.4
minimální	99.6	-0.4	199.7	-0.3	299.6	-0.4
průměrná odchylka		0.2		0.2		0.2

Tab. 12.1 - Přesnost stříhu vodičů Helukabel SiF/GL 1x2.5mm²

V Tab. 12.1 jsou uvedeny naměřené délky vodičů, ustřižených dělicím strojem. Je zde náhodně vybráno pro každou délku 20ks z 1000ks ustřižených. Průměrná odchylka se od zadané hodnoty liší o 0.2mm, což je v povolené toleranci $\pm 0,5$ mm.



13 CENOVÁ KALKULACE

Jako jeden z hlavních cílů této práce bylo sestrojít cenově zajímavější řešení, než konkurenční Weidmuller CutFix 8.

náš stroj		Weidmuller CutFix 8
komponenta	cena [Kč]	
mechanická část	20 000 Kč	
ASM Bonfiglioli BN27B4	3 000 Kč	
SM Unimotor FM075E2C	20 000 Kč	
Commander SKA1200025	3 000 Kč	
Unidrive SP 0205	20 000 Kč	
čidlo XS508B1PAL2	1 000 Kč	
další materiálové náklady	10 000 Kč	
Výroba zařízení - práce	35 000 Kč	
celková cena	112 000 Kč	205 000 Kč

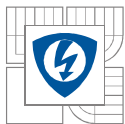
Tab. 13.1 - Cenová kalkulace

14 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá návrhem dělicího stroje a jeho komponent (pohony sestávající z frekvenčních měničů a motorů). Celé zařízení je realizováno mechanickou částí, dvěma motory, dvěma frekvenčními měniči a související elektročásti. Motor posuvu nebylo možné realizovat pomocí asynchronního motoru, zamýšleného v předchozích semestrálních projektech, díky vůlím v připojené převodovce, nepřesnému opakovanému polohování a potížím s optimálními nastaveními regulačních smyček při volbách různě dlouhých vodičů. Přesné polohování umožnila až další etapa řešení při použití synchronního motoru s permanentními magnety. Jako motor pro stříh se osvědčil asynchronní motor se šnekovou převodovkou. Na výstupu převodovky dosahuje až 32Nm a vyvíjí na stříhacím noži sílu až 1300N. Tato síla je dostatečná pro námi uvažovaný stříh vodiče Helukabel SiF/GL 1x2.5mm². Praktickou zkouškou jsem zjistil, že stroj může stříhat kabel maximálně 4x0.75mm².

Pohon pro ovládání polohy vodiče je schopen manipulovat s materiálem s přesností až 0,03mm, což je řádově více, než jsme od pohonu požadovali. Cílem bylo polohovat s přesností $\pm 0,5$ mm. Bohužel tuto přesnost neovlivňuje jen pohon, ale i mechanika, možnost prokluzu a možnost zkroucení vodiče ve vodičí liště.

Odhadovaná cena zařízení, vytvořeného v této práci, je asi 112000Kč, což je výrazně méně, než konkurenční přístroj Weidmuller CutFix 8. I když tento stroj není tak „uživatelsky přátelský“, jeho parametry, jako například možnost nastavit rampy rozběhu, maximální rychlost motorů a cena, mohou ovlivnit výběr potenciálního uživatele ve prospěch námi navrženého přístroje.



LITERATURA

[1] *Control Techniques* [online]. 2009 [cit. 2010-11-23]. Frekvenční měnič SKA1200025. Dostupné z WWW: <<http://www.pohony-menice.cz/gds/1-frekvencni-menic-ska1200025---025-kw/>>.

[2] *Control Techniques* [online]. První vydání. 2006 [cit. 2010-11-23]. SK-rozsireny-nanov.pdf. Dostupné z WWW: <<http://www.pohony-menice.cz/Data/files/ke-stazeni/SK-Rozsireny-navod.pdf>>.

[3] *Contol Techniques* [online]. 2009 [cit. 2011-04-29]. Střídavé měniče. Dostupné z WWW: <http://www.controltechniques.cz/produkty/stridave-menice/unidrive-sp/standardn%C3%AD_proveden%C3%AD.aspx>.

[4] *VUES Brno s.r.o.* [online]. 12.11.2010. Brno : 12.11.2010, 12.11.2010 [cit. 2010-11-21]. Servomotory řada AM,M. Dostupné z WWW: <http://www.vues.cz/doc/CZ_SERVO-UVOD_020905.PDF?docid=104>.

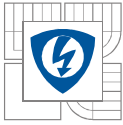
[5] *Control Techniques* [online]. 02/2010. 2010 [cit. 2010-12-03]. SP uživatelská příručka. Dostupné z WWW: <http://www.controltechniques.cz/PDF/SP_Uzivatelaska_prirucka_4.pdf>.

[6] DRURY, Bill. *The Control Techniques Drives and Controls Handbook*. Cambridge : Cambridge university press, 2001. 374 s. ISBN 0852967934.

[7] *Control Techniques* [online]. 2009 [cit. 2011-04-26]. Přehled. Dostupné z WWW: <<http://www.controltechniques.cz/produkty/volitelna-prislusenstvi-menicu/komunikace/prehled.aspx>>.

[8] KADANÍK, Petr. *Řízení asynchronního motoru bez použití snímače rychlosti* [online]. Praha, 2004. 70 s. Dizertační práce. ČVUT. Dostupné z WWW: <<http://pohony.kadanik.cz/>>.

[9] *Contol Techniques* [online]. 2009 [cit. 2011-04-29]. Volitelná příslušenství - programování. Dostupné z WWW: <<http://www.controltechniques.cz/produkty/volitelna-prislusenstvi-menicu/programovani/prehled.aspx>>.



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Elektronická verze práce (formát PDF) na přiloženém CD

Příloha II: Fotodokumentace (formát JPEG) na přiloženém CD

Příloha III: Zdrojový kód programu (formát DPL) na přiloženém CD