České vysoké učení technické v Praze
Fakulta Elektrotechnická
Katedra řídicí techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Michal Roh

Vedoucí práce. Ing. Jindřich Fuka

Abstrakt

Cílem práce je vytvořit model s vázanými servopohony, který je dostatečně robustní, aby odolal nešetrnému zacházení studentů a zároveň byl dost názorný. Hlavním úkolem tohoto modelu je simulace odtahu materiálu ze stroje a jeho navíjení na cívku, nebo naopak jeho odvíjení z cívky a podávání do stroje. Jde o řízení jednoho motoru v závislosti na rychlosti druhého motoru a měnícím se převodovém poměru.

Základem mechanické části modelu je automobilový diferenciál se dvěma připojenými servomotory. První pohání přes řemenový převod levou poloosu, na druhou poloosu je připojeno inkrementální čidlo sloužící jako indikátor kvality řízení. Druhý servomotor pak přes variátor pohání náhon diferenciálu. Třetí servomotor umožňuje změnu převodového poměru variátoru.

Součástí této práce je i program simulující dva stroje, jeho částečná verze určená pro doprogramování studenty a nebo jenom softwarová konfigurace pro daný hardware. Každý z těchto strojů lze spustit ve třech módech, z nichž jsou dva určeny pro standardní běh stroje a jeden je servisní.

Abstract

Purpose of this thesis is to create model with coupled servo drives, which is enough robust to withstand rough students handing and simultaneously is enough illustrative. The main purpose of this model is simulate towing of material from machine and its winding on a spool. Or, in reverse, unwinding the material from the spool and feeding to machine. It controls velocity of servo drive in dependence on velocity of a second drive and set the speed ratio.

The base of mechanical section of model is a car differential gear, with two connected servomotors. First one drives by sheave the left half-axis of the differential. An incremental encoder is connected to the second half-axis. It serves as an indicator of control quality. The second servomotor drives over a variator the axel-driving shaft of the differential. The third one controls variator and change its transfer ratio.

A part of this thesis is also a program simulating two machines and its subversion, which is intended to be finished by students. There is also only pure software configuration for specific hardware. Both machines can be run in three modes, two for normal operation, the third one is service mode.

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat všem, kteří se podíleli na realizaci této diplomové práce. Především vedoucímu diplomové práce Ing. Jindřichu Fukovi za cenné rady a pomoc při návrhu modelu, panu Petru Zouharovi za návrh konstrukčního řešení modelu, panu Doležalovi za výrobu konstrukce. Dále panu Čmelíkovi za pomoc při sestavování modelu a výrobu ochranných prvků. V neposlední řadě děkuji rodině za podporu po celou dobu studia.

Prohlášení

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

V Praze dne..... Michal Roh.....

OBSAH

1 Kapitola Úvod 1
2 Kapitola Přístrojové vybavení 3
2.1 Úvod 3
2.2 ControlLogix 3
2.2.1 Úvod 3
2.2.2 Procesor ControlLogix 5563 (1756-L63/B) 4
2.2.3 Vstupní digitální jednotka (1756-IB32/B) 5
2.2.4 Výstupní digitální jednotka (1756-OB16E) 5
2.2.5 Komunikační modul (1756-CNBR) 6
2.2.6 Komunikační a řídicí modul (1756-M03SE) 6
2.3 SERCOS (SErial Realtime COmmunication System) 7
2.3.1 Úvod 7
2.3.2 Fyzická vrstva 7
2.3.3 Linková vrstva 7
2.3.4 Výhody SERCOSU 8
2.3.5 Vysokorychlostní čítač(1756-HSC) 9
2.4 Servozesilovače 10
2.4.1 Úvod 10
2.4.2 LIM (Line Interface Module) 10
2.4.3 Kinetix 6000 11
2.4.4 Kinetix Ultra 3000 13
2.5 Servomotory 14
2.5.1 Úvod 14
2.5.2 Servomotor MPL-B310P-MJ22AA 14
2.5.3 Servomotor MPL-A310P-MJ22AA 14
2.6 Vizualizační panel 14
2.6.1 Úvod 14
2.6.2 PanelView Plus 1000 15
2.7 Inkrementální encoder El-40 A 2000 Z 5-28 N 6X6 PR 15
3 Kapitola Popis modelu 17
3.1 Úvod 17
3.2 Variátor 17
3.2.1 Obecný úvod 17
3.2.2 Použitý variátor 17
3.2.3 Převody 19
3.2.4 Bezpečnost variátoru 20
3.3 Diferenciál 20
3.3.1 Úvod 20
3.3.2 Použitý diferenciál 21
3.3.3 Převody 21
3.4 Řemenice 22
3.5 Rozvaděč 23
3.6 Ovládací panel 27
3.6.1 Úvod 27
3.6.2 Startovací klíč 27
3.6.3 Tlačítko Prepare 27
3.6.4 Tlačítko Enable 27
3.6.5 Bezpečnostní stop 28
3.6.6 Auto tlačítko 28

3.6.7 Manual tlačítko ... 28
3.6.8 Repair tlačítko ... 28
3.6.9 Přepínač módů ... 28
3.6.10 Start tlačítko ... 28
3.6.11 Stop tlačítko ... 29
3.6.12 Reset tlačítko ... 29
3.6.13 Lamp test tlačítko ... 29
3.6.14 Panel view plus 1000 ... 29
4 Kapitola Činnost modelu a jeho užití ... 30
4.1 Úvod ... 30
4.2 Vznik a vývoj modelu ... 30
4.3 Možné úlohy ... 31
4.3.1 Úvod ... 31
4.3.2 Odvíjecí/ navíjecí stroj s konstantní rychlostí posuvu ... 32
4.3.3 Odvíjecí/navíjecí stroj s cyklickou změnou rychlosti posuvu ... 40
4.4 Nouzový stop ... 44
4.5 Módy strojů ... 44
4.5.1 Automatický mód ... 45
4.5.2 Manuální mód ... 45
4.5.3 Servisní mód ... 45
5 Kapitola Vizualizace ... 47
5.1 Hlavní obrazovka ... 47
5.2 Obrazovka panel ... 48
5.3 Obrazovka nastavení stroje ... 49
5.4 Obrazovka nastavení PID ... 49
5.5 Obrazovka historie alarmů ... 49
5.6 Obrazovka časových průběhů ... 50
5.7 Závěr ... 51
6 Kapitola Použité motion instrukce ... 52
6.1 Úvod ... 52
6.2 Inicializační instrukce ... 52
6.2.1 Motion Axis Shutdown Reset ... 52
6.2.2 Motion Servo Off ... 53
6.2.3 Motion Servo On ... 53
6.3 Pohybové instrukce ... 53
6.3.1 Motion Axis Home ... 54
6.3.2 Motion Axis Jog ... 54
6.3.3 Motion Axis Move ... 56
6.3.4 Motion Axis Stop ... 57
6.3.5 Motion Axis Gear ... 58
6.3.6 Motion Axis Time Cam ... 59
7 Kapitola Použitý software ... 61
7.1 Úvod ... 61
7.2 RSLinx ... 61
7.3 RSLogix 5000 ... 62
7.4 RSView Studio Machine Edition ... 62
7.5 ControlFlash ... 62
8 Kapitola Závěr ... 63
8.1 Seznámení s řídicím systémem ... 63
8.2 Model ... 63
8.3 Program ... 64
8.4 Vizualizace ... 64

8.5 Testování ... 64
8.5.1 Motion chyby ... 64
8.6 Návrhy dalšího využití modelu ... 66
9 Zdroje ... 67
10 Seznam zkratek ... 70
11 Použitý software ... 70
12 Použité projekty ... 71
Příloha 1 Fotodokumentace ... 1
Příloha 2 Výkresová dokumentace ... 1
Příloha 3 Hardwarová konfigurace SERCOS ... 1
Příloha 4 Emaily od Rockwell Automation ... 1

Seznam obrázků

Obrázek 1. Celkový pohled ... 2
Obrázek 2. Používaný osazený šasi ... 4
Obrázek 3. Zprávy na SERCOSU ... 8
Obrázek 4. Znázornění komunikace mezi moduly ... 9
Obrázek 5. LIM ... 11
Obrázek 6. Kinetix 6000 ... 12
Obrázek 7. Kinetix Ultra 3000 ... 13
Obrázek 8. El-40 A 2000 Z 5-28 N 6X6 PR ... 16
Obrázek 9. Variátor ... 19
Obrázek 10. Princip diferenciálu ... 20
Obrázek 11. Diferenciál ... 21
Obrázek 12. Schéma silového zapojení rozvaděče ... 24
Obrázek 13. Schéma datových rozvodů ... 25
Obrázek 14. Zapojení bezpečnostního tlačítka ... 26
Obrázek 15. Ovládací panel s panelem operátora ... 27
Obrázek 16. Soustrojí ... 31
Obrázek 17 Schéma odvíjecího/navíjecího stroje ... 33
Obrázek 18 Průběh rychlosti motorů při odvíjení pro podávání konstantní rychlostí ... 38
Obrázek 19 Poloha variátoru při odvíjení pro podáváni konstantní rychlostí ... 38
Obrázek 20 Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni konstantní rychlostí. PID není aktivní. ... 39
Obrázek 21 Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni konstantní rychlostí. PID aktivní ... 39
Obrázek 22 Průběh rychlosti motorů při odvíjení pro podávání cyklicky proměnnou rychlostí ... 42
Obrázek 23 Poloha variátoru při odvíjení pro podávání cyklicky proměnnou rychlostí ... 42
Obrázek 24 Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni cyklicky proměnnou rychlostí. PID není aktivní ... 43
Obrázek 25 Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni cyklicky proměnnou rychlostí. PID aktivní. ... 43
Obrázek 25. Hlavní obrazovka ... 47
Obrázek 26. Vizualizační kopie panelu ... 48
Obrázek 27. Obrazovka nastavení stroje ... 49
Obrázek 28. Obrazovka nastaven PID ... 49
Obrázek 29. Obrazovka Historie alarmů ... 50
Obrázek 30. Obrazovka časových průběhů rychlosti ... 50

Seznam tabulek

Tabulka 1. Tabulka použitých modulů 4
Tabulka 2. Tabulka s použitými vstupy 5
Tabulka 3. Tabulka s použitými výstupy 6
Tabulka 4. Význam jednotlivých vodičů 16

1 Kapitola
Úvod

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvořit model pro výuku a seznamování studentů s průmyslovým řešením úloh se servosystémy a jejich programováním. Model umožňuje práci jak s jednotlivými osami, tak i řešení komplexních úloh na řízení vzájemně závislých pohonů, kde je vzájemně vázána poloha nebo rychlost jednotlivých os. Dalším požadavkem bylo, aby model co nejvíce splňoval standardy používané v praxi.

Tato diplomová práce vznikla na základě sponzorského daru firmy Rockwell Automation, která dodala kompletní řídicí systém od PAC (Programable Automatic Controler), přes servozesilovače, až po vlastní motory, dále též vizualizační prostředky a software. Tím je dáno, proč je model založen právě na platformě Allen-Bradley. Jedinou výjimkou je encoder a tlačítka na panelu operátora.

Základní vlastnosti jednotlivých použitých řídicích modulů, zařízení a příslušenství jsou popsány v 2. kapitole. V 3. kapitole jsou popsány základní vlastnosti jednotlivých částí modelu. Dále je zde vysvětlen důvod a základní princip jejich činnosti a užití. 4. kapitola se věnuje popisu jednotlivých naprogramovaných úloh a jejich módů. 5. kapitola popisuje vizualizaci navrženou k systému. Popis použitých pohybových (motion) instrukcí naleznete v 6. kapitole. V 7. kapitole jsou popsány základní vlastnosti použitého softwaru. Závěrečná 8. kapitola je následována čtyřmi rozsáhlými přílohami.

Obrázek 1. Celkový pohled

2 Kapitola
Přístrojové vybavení

2.1 Úvod

Celý řídicí systém je sestaven na bázi produktů firmy Allen-Bradley [18]. Jeho základ tvoří modulární systém ControlLogix [18], [20], nejvýkonnější člen rodiny Logix, ke kterému jsou přes rozhraní SERCOS [22], [18], [20] připojeny servozesilovače od téže firmy. Dále je k systému připojen vizualizační panel PanelView Plus 1000 [18], přes rozhraní ControlNet [19], [18].

Ke konfiguraci celého systému se užívá jediný software RSLogix 5000 umožňující jak konfiguraci systému tak i jeho programování. Tento software je společný pro celou rodinu Logix. Pro vizualizaci byl použit software RS View studio [18], [20].

2.2 ControlLogix

2.2.1 Úvod

ControlLogix je modulární systém, jehož základem jsou různě velké rámy [5], do nichž se umisťují jednotlivé moduly řídicího systému. Počet modulů v rámu je omezen pouze počtem pozic a výkonem napájecího zdroje. Moduly mohou být do rámu vkládány a z něho vyjímány za provozu, stejně jako jednotlivé svorkovnice. Jednotlivé moduly je možno umisťovat na libovolné pozice v rámu, dále lze do jednoho rámu umístit více procesorů a rámy spolu propojovat pomocí komunikačních jednotek ControlNet [19], [18], [20], Ethernet nebo jiných jednotek. Při tomto propojování přijdeme v každém rámu o jednu pozici zabranou komunikačním modulem.

Jednotlivé moduly v rámu spolu komunikují po paralerní 64bitové sběrnici ControlBusu [18], [20], podporující princip producent konzument. Moduly mají rovnoprávný přístup na sběrnici, každý se chová buď jako producent (data vysílá), jako konzument (data přijímá) nebo jako obojí (data přijímá i vysílá). Časově kritická data jsou deterministicky a opakovatelně přenášena vysokorychlostním spojením, zatímco ostatní data jsou přenášena přes spojení server/klient. Velice efektivním nástrojem je, že více konzumentů může ve stejný okamžik přijímat data od jednoho producenta. Sběrnice umožňuje určit časový okamžik odeslání dat, determinismus, a tento časový okamžik se nemění, pokud jsou zařízení připojována nebo odpojována od sítě, používá se opakovatelnost.

Použitý ControlLogix se skládá z jednoho ne zcela obsazeného třináctislotového šasi 1756-A13 [5], [18], [20]. Pozice a typ modulů v šasi je zapsán v následující tabulce (Tabulka 1). Celkový pohled na PAC je na obrázku pod odstavcem (Obrázek 2).

Obrázek 2. Používaný automat

Slot	Typ	Popis	Užívám
0	1756-L63	Procesor ControlLogix 5563	ano
1	1756-IB32	32 Digitálních vstupů (24Vdc)	ano
2			
3	1756-IF8/A	Analogových vstupů	ne
4	1756-OF4/A	Analogových výstupů	ne
5	1756-CNBR	ControlNet modul	ano
6	1756-M03SE	Komunikační rozhraní SERCOS, řídíci modul pro tři osy	ano
7	1756-OB16E	16 digitálních výstupů (24Vdc)	ano
8	1756-HSC	Vysokorychlostní čítač	ano
9			
10			
11			
12	1756-ENBT/A	Ethernetový modul	ano

Tabulka 1. Tabulka použitých modulů

2.2.2 Procesor ControlLogix 5563 (1756-L63/B)

Tento procesorový modul je dnes nejvýkonnějším dostupným procesorem řady ControlLogix, má 8 MB paměť, 64 MB zálohovací paměť CompactFlash a 64 KB paměti pro vstupy a výstupy. Umožňuje současné paralelní zpracování až 32 úloh (virtuální procesory). Velikost programu je omezena pouze velikostí paměti. Jednotka obsahuje dva procesory ARM. Jeden z nich slouží především jako komunikační, zákaznický ARM, zatímco druhý prioritně provádí program, riskový procesor ARM 10. Jednotka také obsahuje matematický hardwarový 32bitový koprocesor. Procesor jako ostatní moduly má plnou hardwarovou i softwarovou diagnostiku. Každý procesorový modul má svoji lithiovou baterii, která slouží k napájení procesoru při přehrávání programu do paměti typu Flash, což se děje při vypnutí

PAC. Procesor je schopen pracovat i bez CompactFlash, program je uložen v RAM paměti, ale automat po vypnutí vše zapomene. Obdobně i baterie není nutná k běhu procesoru, ale musíme počítat s tím, že program se po vypnutí neuloží [8], [11], [18], [20].

2.2.3 Vstupní digitální jednotka (1756-IB32/B)

Vstupní jednotka je rozdělena na dvě skupiny po 16 vstupech. Každá z těchto skupin má mezi svými vstupy propojenou zem, ale skupiny jsou od sebe navzájem oddělené. Vstupní napětí je 10-31,2 V DC. V horní části modulu jsou umístěny signalizační kontrolky ukazující v jakém stavu se nachází jednotlivé vstupy a dále vícebarevnou kontrolku ukazující, zda je modul v pořádku. Pod těmito kontrolkami se nachází vyjímatelná svorkovnice (RTB), jednoho ze dvou typů, a to šroubovací nebo s přítlačnými kontakty.

Modul zasílá data na ControlBus v pravidelných intervalech, definovaných v RPI a také při změně stavu (COS). V případě, že je modul konfigurován tak, aby měl přístup k systémovým hodinám, poskytuje také časový údaj poslední změny [3], [18], [20].

svorka	Význam svorky	barva vodiče	Význam signálů
20	DI 17	Zelená	Stykač LIM
21	DI 18	oranžová	Tlačítko LAMP TEST
22	DI 19	Červená	Tlačítko RESET
23	DI 20	Hnědá	Tlačítko STOP
24	DI 21	Černá	Tlačítko START
25	DI 22	Bílá	Přepínač AUTO
26	DI 23	Šedá	Přepínač MANUAL
27	DI 24	Fialová	Přepínač REPAIR
28	DI 25	Modrá	Tlačítko AUTO
29	DI 26	Zelená	Tlačítko MANUAL
30	DI 27	Žlutá	Tlačítko REPAIR
31	DI 28	oranžová	Klíček
32	DI 29	Červená	Tlačítko PREPARE
33	DI 30	Hnědá	Tlačítko ENABLE
34	DI 31	Černá	EMERGENCI STOP
35	Gnd	šedá, fialová	GND z LIM
36	Gnd	černá, bílá	GND z LIM

Tabulka 2. Tabulka s použitými vstupy

Nižší adresy jsou rezervovány pro univerzální přípravek, proto je nepopisuji.

2.2.4 Výstupní digitální jednotka (1756-OB16E)

Výstupní modul se dvěma oddělenými skupinami po 8 výstupech. Výstupy jedné skupiny mají společné napájení a jsou obdobně jako u 1756-IB32 odděleny od výstupů druhé skupiny. Obdobná je i signalizace na modulu a odnímatelná svorkovnice.

Modul umožňuje využití časových značek obdobně jako vstup. Značky se v tomto případě používají k plánování výstupů, což funguje tak, že data na fyzickém výstupu se mění v přesně definovaný okamžik [4], [18], [20].

svorka	Význam svorky	barva vodiče	Význam signálů
4	DO 3	zelená	Stykač Lim
5	DO 4	červená	Povolení lineárního posuvu
6	DO 5	hnědá	Povolení motoru řemenice
7	DO 6	černá	Povolení motoru variátoru
8	DO 7	šedá	Signálka LAMP TEST
9	GND 0	šedá, fialová	GND z LIM
10	DC 0	červená, hnědá	+24V z LIM
11	DO 8	fialová	Signálka RESET
12	DO 9	modrá	Signálka STOP
13	DO 10	zelená	Signálka START
14	DO 11	žlutá	Signálka AUTO
15	DO 12	oranžová	Signálka MANUAL
16	DO 13	červená	Signálka REPAIR
17	DO 14	hnědá	Signálka PREPARE
18	DO 15	černá	Signálka ENABLE
19	GND 1	černá, bílá	GND z LIM
20	DC 1	žlutá, oranžová	+24V z LIM

Tabulka 3. Tabulka s použitými výstupy

2.2.5 Komunikační modul (1756-CNBR)

Redundantní ControlNetový modul umožňujíe připojení dvou kabelového zálohovaného ControlNetu. Adresa modulu se nastavuje po vyjmutí modulu z šasi voliči na jeho boku [6],[18],[20].

ControlNet je sítí využívající jako fyzickou vrstvu 75 Ω koaxiální kabel. Přenosová rychlost je 5 Mbit/s. Princip komunikace je podobný jako u ControlBusu , funguje na principu producent konzument, umožňuje přenášet deterministická data (Nutné síť konfigurovat pomocí RSNetwork for ControlNet), ale podporuje i komunikaci pomocí zpráv pro nekritická data [19].

2.2.6 Komunikační a řídicí modul (1756-M03SE)

Tento modul umožňuje připojení maximálně tří fyzických os k řídicímu systému, pomocí rozhraní SERCOS a vytvoření dalších 3 os virtuálních. Tento modul spolu se servozesilovači, připojenými k tomuto rozhraní, zároveň zaručuje vykonávání instrukcí jednotlivých pohonů a instrukcí, které navzájem provazují jednotlivé osy. Rozhraní SERCOS podporuje rychlosti 2, 4 a 8 Mb/s a je určeno pouze pro připojování servozesilovačů, nejsou

podporovány jiné vzdálené periferie. Modul plně podporuje softwarovou i hardwarovou diagnostiku, která je na modulu zobrazena diodami [7], [9], [10], [18] a [20].

2.3 SERCOS (SErial Realtime COmmunication System)

2.3.1 Úvod

Veřejnost se s tímto komunikačním standardem poprvé mohla seznámit v roce 1989 na výstavě EMO'89 v Hannoveru. Sercos byl vyvinut firmami "Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e. V." (ZVEI), "Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V. (VDW), jako vhodný standard pro číslicové řízení pohonů CNC strojů. Dnes se o standard Sercosu stará společnost Interests Group SERCOS interface e. V. (IGS), která ho udržuje a dále vyvíjí. Sercos je definován mezinárodní normou **IEC_61491** a evropskou normou **EN_61491.**

2.3.2 Fyzická vrstva

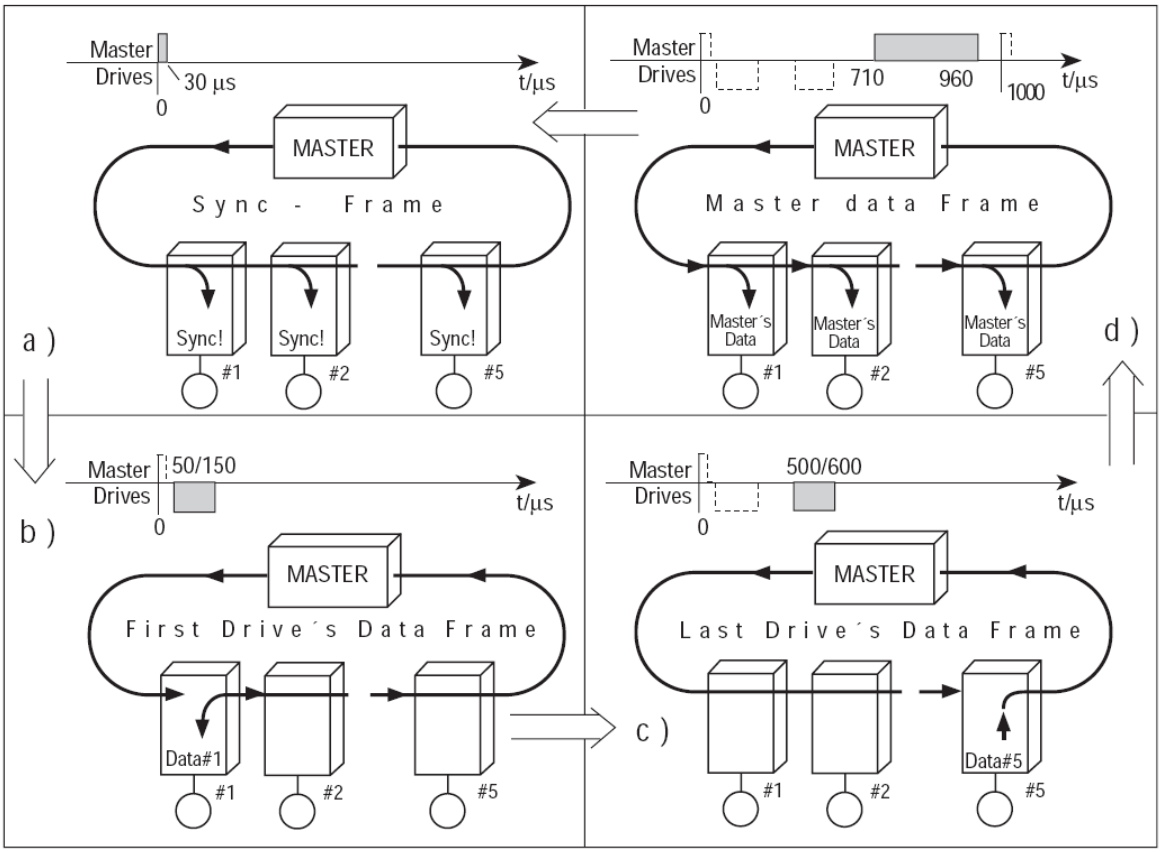
Fyzická vrstva je kruh tvořený optickým vláknem, jehož délka mezi 2 účastníky je maximálně 50 m pro plastové vlákno a 250 m pro skleněné vlákno. V kruhu může být zapojeno maximálně 254 účastníků. S jejich počtem se prodlužuje délka cyklu, která je definována na 62 µs, 125µs, 250 µs a dále po 250 µs až do 65 ms. Více o obecné verzi v [22].

Firma Allen-Bradley používá tento standard s následujícími úpravami. Užívá jen základní přenosovou rychlost 2, 4 a 8 Mb/s, plastové vlákno může mít maximální délku 32 m a skleněné vlákno 200 m. Maximální počet účastníků je 16 (nevyrábí se modul podporující více os).

2.3.3 Linková vrstva

Komunikace je typu Master Slave, kde jednotka typu master je vždy PAC a servozesilovače jsou typu slave. Sercos má 3 typy zpráv a to: Synchronizační zprávu (*master sync message*), datovou zprávu mastera (*master data message*) a datovou zprávu sleva (*drives send their messages*).

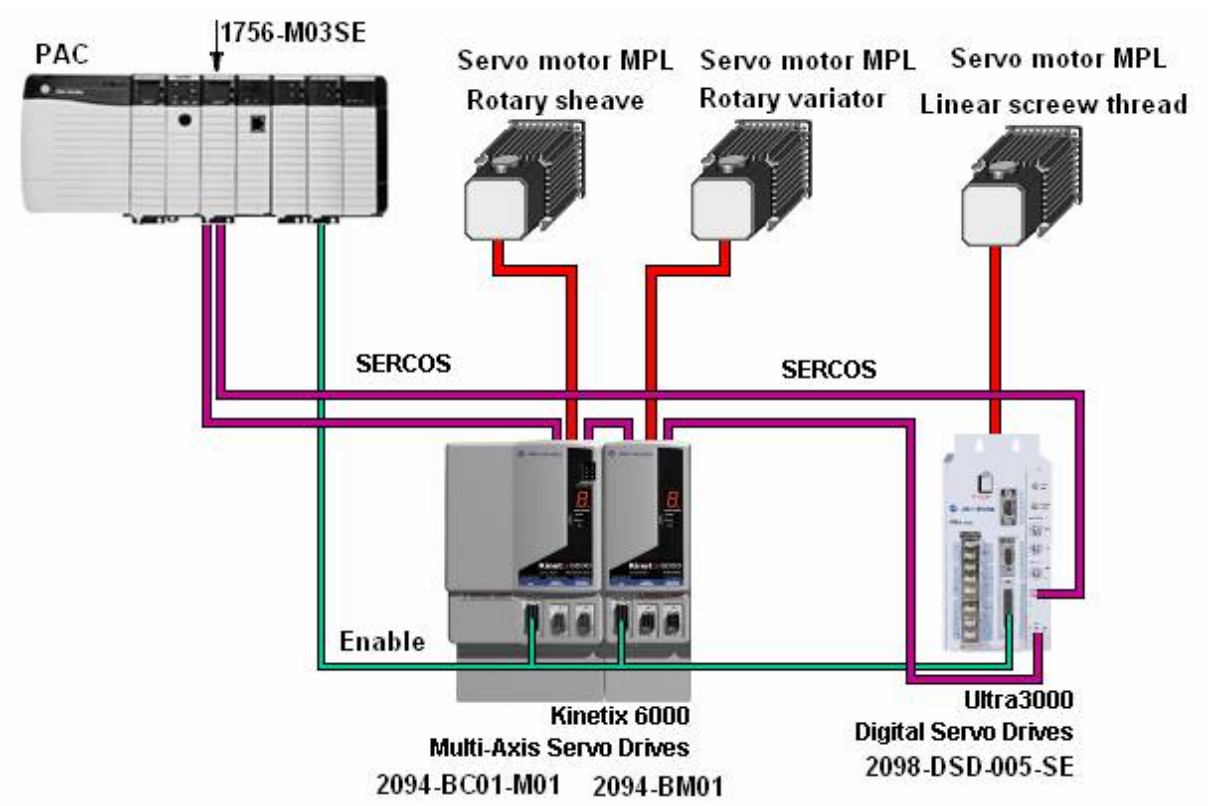
První zprávu vždy vyšle master, jedná se o synchronizační zprávu, která je přijata všemi slave a tím nastaví jeho pozdější komunikaci. Následuje vyslání dat z mastera současně všem slave datovou zprávou mastera. Naposled posílají data masterovi postupně všechny slave stanice datovou zprávou slave, a to v pořadí v jakém jsou zapojeny v kruhu . Schématicky znázorněno na následujícím obrázku (Obrázek 3).



Obrázek 3. Zprávy na SERCOSU

2.3.4 Výhody SERCOSU

SERCOS [22] využívaný firmou Allen-Bradley má následující výhody. Spojení optickými vlákny je odolné proti elektromagnetickému rušení. Snadná instalace modulů používá pouze dvě optická vlákna na osu, zatímco analogové spojení potřebuje 18 drátů na jednu osu. Snadná identifikace chyby vzniklé na kruhu i v jednotlivých osách, zobrazování poruch na sedmi segmentových displejích jednotlivých servozesilovačů a zároveň přenos informací o chybách nejen do PAC, ale i do RSLogix 5000 (pokud je v tu dobu aktivní). Struktura komunikace mezi jednotlivými moduly je znázorněna na následujícím obrázku (Obrázek 4)



Obrázek 4. Znázornění komunikace mezi moduly

2.3.5 Vysokorychlostní čítač(1756-HSC)

Tento vstupní modul se dvěma rychlými kanály je primárně určen pro snímání rychle se měnících digitálních vstupů, jako jsou vstupy čítačů v automatu a výstupy z inkrementálních čidel. Každý kanál obsahuje tři vstupy A, B, Z a dva digitální výstupy, které jsou nastavovány přímo kartou jako odezva na stav čítače. Tento modul může pracovat v následujících módech. Jako čítač, jako vstup z encoderu, a to v módech x1 viz 2.3.5.2 a x4 viz 2.3.5.3, dále v módu pro výpočet rychlosti [12], [18], [20].

2.3.5.1 Mód čítač

Vstup A slouží jako vstup do čítače a vstup B určuje zda se čítá nahoru či dolu. Vstup Z může mít 4 různé funkce.

První z nich je ***store/continue*** na náběžnou hranu přehraje aktuální načítanou hodnotu do proměnné ***store*** příslušející do datové struktury modulu a pokračuje v čítání. Při další náběžné hraně opět dojde k přepisu proměnné ***store***.

Další možností využití kanálu Z je ***Store/Wait/Resume***. Na náběžnou hranu se opět přehraje aktuální stav do proměnné ***store***, po dobu trvání signálu je čítání zastaveno a při sestupné hraně opět spuštěno.

Další možností je ***Store-Reset/Wait/Start***, který funguje obdobně jako předchozí mód s jedinou výjimkou, a to že po uložení aktuální načítané hodnoty do proměnné store se čítač resetuje opět na nulu.

Poslední možnost je ***Store-Reset/Start*** na náběžnou hranu se opět uloží do proměnné ***store*** aktuální načítaná hodnota a resetuje se čítač, který začne okamžitě čítat, a to i po dobu trvání pulsu Z.

2.3.5.2 Mód encoder X1

Vstupy A a B slouží jako klasický vstup z encoderu tedy dva signály proti sobě posunuté o 90°. Modul z těchto signálů sám vyhodnocuje, kterým směrem se encoder otáčí. Proběhnutí celé periody z obou vstupů buď inkrementuje nebo dekrementuje hodnotu na čítači. Vstup Z má opět 4 módy jako v módu čítače.

2.3.5.3 Mód encoder X4

Funguje obdobně jako x1 s tím rozdílem, že čítač nemění hodnotu po proběhnutí celé periody, ale po kterékoliv hraně signálů z kanálů A i B.

2.3.5.4 Mód Rate measurement mode

V tomto módu je zapojen jen kanál A, který čítá počet pulsů za daný čas a lze z něj vypočíst rychlost otáčení čidla. Toto zapojení má nevýhodu v tom, že nelze poznat směr otáčení.

2.4 Servozesilovače

2.4.1 Úvod

Servozesilovače umožňují propojení řídicího systému ControlLogix s vlastními fyzickými motory. Zajišťují uzavírání zpětných vazeb a provádění instrukcí běhu a polohy jednotlivých motorů. Dále jsou z nich vyvedeny volitelné vstupy umožňující připojení spínače domácí pozice (home position) a bezpečnostních koncových spínačů.

2.4.2 LIM (Line Interface Module)

Napájecí a filtrační modul zaručující efektivní připojení systému, pro řízení pohybu, do napájecí sítě. Modul obsahuje elektronické jištění, filtr zabraňující šíření šumu ze sítě do servomodulů a též opačným směrem, za kterým následuje bezpečnostní stykač ovládaný 24 V DC. Zařízení dále obsahuje napájecí zdroje 24 V DC pro motorovou brzdu a napájení vstupů a výstupů, zdroj 220 V AC napájecí logické části servozesilovačů řady Kinetix 6000. Instalace tohoto modulu je velice jednoduchá a díky ní se odstraní až 72 propojek, jistící obvody, tlumivky atd [13],[18],[20].

Obrázek 5. LIM

2.4.3 Kinetix 6000

Malý kompaktní víceosý servosystém navržený tak, aby co nejvíce usnadnil instalaci a zprovoznění systému. Napájení řídicích a silových obvodů je nezávislé, řídicí obvody jsou napájeny jednofázově 220 V, silové obvody třífázově 400 V. Datové propojení s řídicím systémem je realizováno pomocí SERCOSU. Systém je modulární, jednotlivé moduly jsou připojeny k jednoduché základně Power Rail (maximálně 8 os), který má společný napájecí zdroj pro všechny osy, jenž je součástí prvního servozesilovače. Tímto spojením modulů odpadají nejen silové propojky, ale i řada datových a bezpečnostních propojek mezi moduly. SERCOS je přiveden do každého modulu, aby nedocházelo ke zpožďování řídicích signálů. Tento systém umožňuje při poruše snadno vyměňovat jednotlivé moduly. Kabely propojující moduly s motory jsou připojeny na konektory a lze je opět snadno při výměně odpojit. Obdobně je propojen i zdroj, jenž je součástí prvního servozesilovače v racku, s filtrem LIM, přes který je připojen k síti. Propojení s LIM je opět jednoduché pouze několika vodiči.

Kinetix 6000 nabízí impozantní rychlostní pásmo větší než 400 Hz a šířku pásma proudové smyčky vyšší než 1300 Hz. Systém je navržen pro práci s širokou řadou motorů s různou zpětnou vazbou a různými napájecími napětími.

Celý systém se konfiguruje softwarem RSLogix, který se zároveň používá pro programování řídicího systému. Není tedy třeba kupovat další software [9], [13], [16], [18], [20].

2.4.3.1 Axis modul 2094-BC01-M01

Je jedním z modulů Kinetix 6000 vybaveným zdrojem napájení lišty (Power rail), dále obsahuje modul servozesilovače totožný s 2094-M01. Je vybaven voličem adres na SERCOS. Zadává se první adresa celého bloku servomodulů. Fyzická podoba je vidět na Obrázek 6, levý modul [13], [18], [20].

2.4.3.2 Axis modul 2094 -BM01

Tento řídicí modul je určen pro ovládání motorů s napájecím napětím až 460V a výkonem až 6 kW. Dále si lze vybrat, zda motory mají být zapojeny jako zemněné nebo nezemněné. Motor je propojen se servozesilovačem dvěma kabely, z nichž je jeden silový, obsahuje tři fáze a zemnící vodič, druhý kabel je datový, obsahuje datové vodiče k elektronické části serva a napájení encoderu, tepelné ochrany motoru atd. Fyzická podoba je na Obrázek 6 [13], [18], [20].

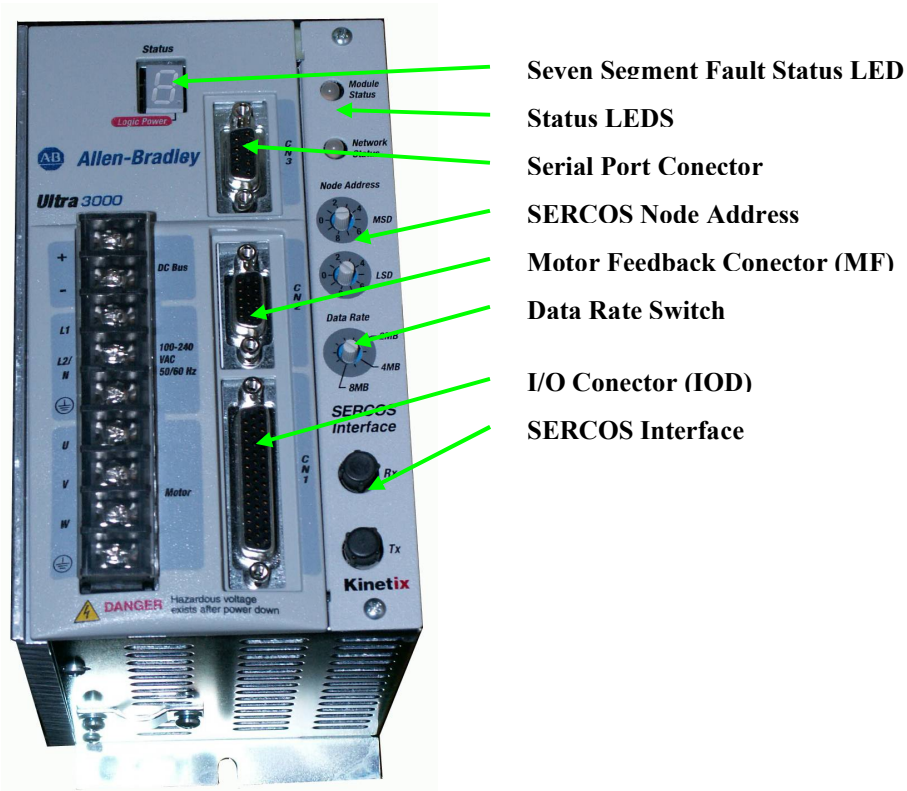
Obrázek 6. Kinetix 6000

2.4.4 Kinetix Ultra 3000

Kinetix ultra 3000 je dalším typem servosystému od firmy Allen-Bradley, nabízející řešení jedno nebo víceosých úloh. Napájení je zde provedeno jednofázově nebo třífázově dle typu zesilovaše. Tentokrát se nejedná o modulární systém, je tedy větší spotřeba kabeláže. Výměna není tak snadná jako u Kinetixu 6000, kabely nejsou připojeny přes konektory a ani modul nelze tak snadno demontovat. Propojení s řídicím systémem je možné přes DeviceNet, nebo též přes SERCOS, podle typu modulu. Pokud se pro propojení používá SERCOS, nepotřebujeme žádné další konfigurační zařízení, konfigurace se provádí z řídicího systému přes programovací software RS Logix, neplatí pro jiné způsoby připojení. K těmto servozesilovačům lze připojit celou řadu motorů lišících se typy zpětných vazeb a napájecími napětími [14] ,[18] ,[20].

2.4.4.1 2098-DSD-005-SE

Je servozesilovač řady Kinetix ultra 3000 komunikace probíhá přes SERCOS napájení modulu je jednofázové 230V. Motory jsou připojeny dvěma kabely obdobně jako u 2094-M01, jediný rozdíl je u napájecího napětí, které je třífázové 230V vyráběné v modulu.



Obrázek 7. Kinetix Ultra 3000

2.5 Servomotory

2.5.1 Úvod

Servomotory jsou motory schopné stát po dlouhou dobu bez poškození v dané poloze. Vždy jsou vybaveny čidlem polohy, které umožňuje zapojení zpětné vazby do regulátoru. Motory mohou být různých typů a pracovat na různém principu, nejčastěji jsou elektrické, méně často hydraulické nebo pneumatické. Tyto motory se užívají v nejrůznějších aplikacích od malých modelářských serv , která jsou stejnosměrná a řízena pomocí PWM, až po výkonné motory užívané v manipulátorech nebo velice přesné motory užívané v CNC strojích. Dříve byly tyto stejnosměrné, zatímco dnes se přednostně užívají střídavé motory. Střídavá serva mají proti stejnosměrným výhodu ve snadné údržbě, odolnosti a bezporuchovosti, ale jejich řízení je složitější. Velkou slabinou stejnosměrných motorů jsou sběrné kartáče, které se opotřebovávají a zanáší nečistotami, zatímco jejich řízení pomocí PWM je snadné. Pro zjišťování polohy rotačních motorů se užívají selsiny (dříve i resolvery), ale ty jsou drahé, a proto jsou stále častěji nahrazovány levnějšími optickými snímači. Pro měření polohy lineárních motorů se užívá LVDT, induktosyn, ale dnes nejčastěji optické senzory.

2.5.2 Servomotor MPL-B310P-MJ22AA

Třífázový asynchronní motor napájený 460 V o výkonu 0,77 kW točivým momentem 1,58 Nm špičkově 3,61 Nm, maximálním proudem 2,4 A špičkově 7,1 A. Motor je schopen se otáčet 5000 ot/min. Motor je vybaven inkrementálním čidlem s 1024 pulsy na otáčku. Motor není vybaven brzdou [17], [18], [20].

2.5.3 Servomotor MPL-A310P-MJ22AA

Třífázový asynchronní motor napájený 230 V o výkonu 0,73 kW točivým momentem 1,58 Nm špičkově 3,61 Nm, maximálním proudem 4,8 A špičkově 14 A. Maximální otáčky motoru jsou 5000 ot/min. Motor je vybaven inkrementálním čidlem s 1024 pulsy na otáčku. Motor nemá brzdu [17], [18], [20].

2.6 Vizualizační panel

2.6.1 Úvod

Vizualizační panely patří mezi složitější vizualizační prostředky. Jejich přínos oproti klasickým displejům a signálkám spočívá hlavně v úspoře kabeláže a místa. Panely jsou připojovány pomocí různých sítí, často přímo na hlavní síť řídicího systému. Jejich hlavní

přínos je v zobrazování komplexních informací o stavu stroje nebo výrobního procesu. Jsou umísťovány přímo na stroje nebo na panely operátora, ale i rozvaděče. Poslední dobou se využívají převážně dva typy panelů, a to s tlačítky nebo s dotykovými displeji, někdy se užívá i kombinace obou.

2.6.2 PanelView Plus 1000

PanelViewPlus je novou generací operátorských panelů s vylepšenou grafikou a rozšířenou animací. Protože PanelView Plus v sobě obsahuje RSView Machine Edition a operační systém Windows CE, nabízí obdobné možnosti jako osobní počítač. Výhodou je přenositelnost aplikací mezi RSView Supervisor Edition a RSView Machine Edition. Díky tomu je možné, aby vzhled aplikace byl stejný nejen na lokáním panelu, ale i ve velíně na osobním počítači.. Oproti PanelView Standard nabízí PanelView Plus možnost tvorby grafů a záznam dat. Datalogger PanelView Plus podporuje až 100 proměnných a 3 milióny záznamů. Data mohou být uložena lokálně, v paměti CompactFlash nebo na síťovém disku. Počet obrazovek v aplikaci je omezen velikostí paměti a i počet aplikací v panelu je též omezen pouze velikostí paměti. Počet proměnných je maximálně 5000. Kromě komunikací s řídicimi systémy od Rockwell Automation, podporuje PanelViewPlus ještě dalších 25 komunikací pomocí OPC serveru od Kepware, který je součástí RSView Machine Edition.

Panel view plus 1000 v provedení dotykový má 10,4“ obrazovku (211 x 158 mm) s rozlišením 640x480 bodů. Měření dotyku je analogové odporové. Použitý panel podporuje komunikaci po Ethernetu, RS-232, 2xUSB a ControlNetu. Napájen je 24 V DC příkon 70 W [15], [18], [20].

2.7 Inkrementální encoder El-40 A 2000 Z 5-28 N 6X6 PR

Inkrementální encoder je od italské firmy Eltra [21], je napájen 24 V DC, má 2000 pulsů na otáčku, maximální rychlost otáčení je 5000 ot/min. Výstup z čidla je typu NPN. Encoder má tři výstupní signály A, B, Z. Kanály A a B jsou navzájem posunuty o 90° a lze z nich vypočíst rychlost a směr, dále polohu pokud známe počáteční polohu. Signál Z slouží pro přesné rozpoznání jednoho úhlu v rámci jedné otáčky. Zapojení je 5 drátové viz tabulka.

Obrázek 8. El-40 A 2000 Z 5-28 N 6X6 PR

Barva vodiče	signál
Červený	+24V dc
Černý	GND
Zelený	A
Žlutý	B
Modrý	Z

Tabulka 4. Význam jednotlivých vodičů

3 Kapitola
Popis modelu

3.1 Úvod

Model je koncipován jako samostatný nezávislý stroj, který je z důvodů snadné manipulace umístěn na kolečkách. V jeho dolní části se nachází rozvaděč obsahující servozesilovače a ochranný a filtrovací modul LIM (Line Interface Modul). Nad rozvaděčem je umístěn vlastní model, který se skládá z automobilového diferenciálu [23], [24], tří servomotorů a variátoru [24]. Konstrukční řešení modelu včetně výrobních výkresů zpracoval p. Petr Zouhar na mojí objednávku a dle mých návrhů. Výběr z těchto výkresů je v příloze **Výkresová dokumentace**.

3.2 Variátor

3.2.1 Obecný úvod

Variátory [24] jsou převodovky s plynulou změnou převodového poměru. Většinou se skládají ze dvou variátorových kladek a variátorového řetězu nebo řemenu. Každá kladka se skládá ze dvou kuželů, jejichž osou prochází hřídel, po kterém se pohybují. Pokud kužele posouváme k sobě, získáváme řemenici o větším průměru, pokud je naopak vzdalujeme, získáváme řemenici s menším průměrem. Protože řemen nebo řetěz má stále stejnou délku, musíme měnit průměr obou řemenic současně. Tyto variátory jsou většinou jen pro otáčky do 1000 ot/s, výjimečně 2000 ot/s a převodové poměry jsou maximálně 1:3, pro 2000 ot/s jen 1:2. Tyto parametry s přihlédnutím k velkým rozměrům a ceně těchto zařízení jsou pro nás nevyhovující, proto jsme si museli vyrobit vlastní variátor.

3.2.2 Použitý variátor

Náš variátor je řešen co nejjednodušeji, aby byl snadno zřejmý jeho princip. Skládá ze dvou kol, větší z nich je upevněno na náhonu diferenciálu, druhé, s menším průměrem a pogumovaným čelem, je nasazeno na hřídeli servomotoru. Dále tento motor budeme nazývat motorem variátoru. Motor variátoru je uložen v držáku posouvaném závitovou tyčí, se kterou točí další servomotor. Pro tento motor jsme zvolili název motor lineárního posuvu. Ten otáčí závitovou tyčí, která posouvá motorem variátoru s malým variátorovým kolem přitlačovaným na boční plochu velkého variátorového kola, a tím se mění převodový poměr.

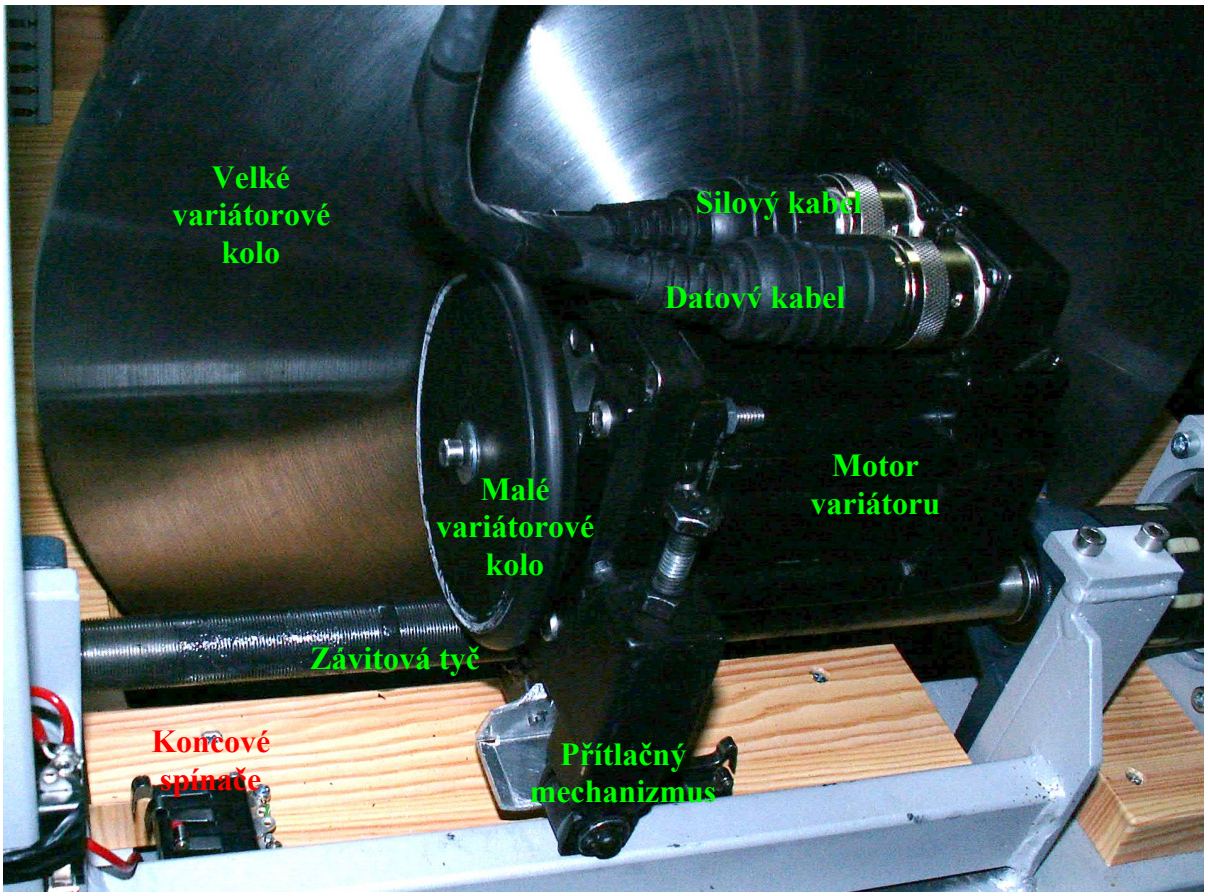
Velké variátorové kolo má průměr 425 mm a je vyrobeno z plechu o tloušťce 12 mm a šesti šrouby připevněno k přírubě vstupního hřídele diferenciálu. Tento hřídel byl vybrán, protože předpokládáme, že hřídel na němž bude namontován variátor bude nejvíce zatížen a pouze tento hřídel je uložen ve dvou ložiskách, zatímco poloosy jsou uloženy pouze v jednom ložisku.

Malé variátorové kolo je vyrobeno též z 12 mm tlustého plechu, na jeho obvodu je vysoustružena drážka, do níž je vlepen „O“ kroužek, tím je vyřešeno pogumování tohoto kolečka. Průměr samotné ocelové části je 90 mm, po nasazení gumového kroužku 112 mm Pogumování je velice důležité, protože zamezuje prokluzování variátoru.

Závitová tyč je 400 mm dlouhá se stoupáním 1mm a průměrem 22 mm. Tyč je uložena na obou koncích v ložiskách a jeden její konec je přes spojku spojen s motorem lineárního posuvu.

Aby nedošlo k poškození variátoru, je možné měnit převodový poměr pouze tehdy, pokud se variátorová kola otáčí. Maximální doporučená rychlost posuvu je 1 mm na 1 otáčku variátorového motoru. To platí hlavně pokud se malé variátorové kolo odvaluje po malém průměru velkého variátorového kola, kde dochází k většímu tření. Dalším omezení variátoru je jeho lineární posuv, který by se neměl točit rychleji než 400 ot/min, tedy lineární posuv po zaokrouhlení maximálně 6,67 mm/s.

Nevýhodou tohoto provedení je, že neznáme úplně přesně převodový poměr, protože pogumování malého variátorového kola se opotřebovává a při pohybu se gumová část promačkává. Jeho výhodou je jeho jednoduchost a rozsah změny převodového poměru.



Obrázek 9. Variátor

3.2.3 Převody

Převod variátoru je dán poloměrem malého variátorového kola a nastaveným poloměrem velkého variátorového kola. Malé kolo se odvaluje po velkém a jeho posuvem ku středu či okraji měníme převodový poměr.

Pro rychlosti variátoru platí rovnice $r_v \cdot \varpi_{vv} = r_m \cdot \varpi_{vm}$

Kde:

ϖ_{vv} Rychlost otáčení velkého variátorového kola [ot/min]

ϖ_{vm} Rychlost otáčení malého variátorového kola [ot/min]

r_v Poloměr na velkém variátorovém kole, po kterém se odvaluje malé variátorové kolo [mm]

r_m Poloměr malého variátorového kola [mm]

Pro rychlost velkého variátorového kola platí: $\varpi_{vv} = \frac{r_m}{r_v} \cdot \varpi_{vm}$

Převodový poměr mezi rychlostmi je dán vztahem: $R_v = \frac{r_m}{r_v}$

3.2.4 Bezpečnost variátoru

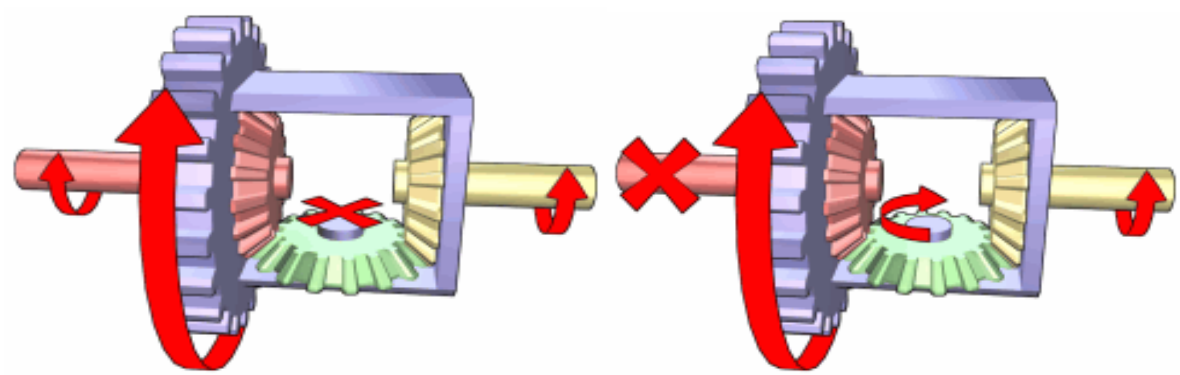
Lineární posuv je z důvodů bezpečnosti vybaven dvěma páry koncových spínačů. První pár jsou pracovní koncové spínače, které jsou připojeny na vstupy koncových spínačů servozesilovače *hard positive overtravel* a *hard negative overtravel*, které jsou v hardwarové konfiguraci nastaveny jako informativní (*status only)*. To znamená, že po jejich sepnutí je rozpoznána chyba na servozesilovači, která nic neovlivňuje a musíme ji ošetřit sami. Havarijní koncové spínače tvoří druhý pár spínačů a jsou připojeny na vstup povolení pohybu (*drive enable*), z hardwarové konfigurace nastavený jako nutná podmínka pro povolení pohybu (*drive disable*). Opět je nastavena chyba servozesilovač, ale tentokrát po jejím vzniku budou zastaveny veškeré pohyby a nakonec je servozesilovač přepnut do režimu *motion off*.

3.3 Diferenciál

3.3.1 Úvod

Automobilový diferenciál [24] se začal používat na přelomu dvacátých a třicátých let minulého století. Jeho hlavní přínos spočívá v umožnění různé rychlosti kol při průjezdu zatáčkou. Před příchodem diferenciálu se používala buď jednoduchá rozvodová skříň, docházelo k opotřebovávání pneumatik, nebo se poháněl jen jedno kolo.

Základní princip diferenciálu je následující (pro vysvětlení používám obrázek 10 půjčený z Wikipedie). Otáčíme-li náhonem diferenciálu (normálně spojen kardanovým hřídelem s převodovkou), otáčí se i diferenciálový koš (fialová část na obrázku). V koši jsou umístěny satelity(na obrázku jeden zelený), které působí na planetová kola (žluté a růžové kolo na obrázku) připojená ke kolům vozidla. Pokud jsou kola stejně zatížena, otáčí se stejnou rychlostí, a satelity se neotáčí (Levá část obrázku). Pokud pravé kolo zastavíme, levé kolo prokluzuje a otáčejí se satelity uvnitř diferenciálového koše.Levé planetové kolo se otáčí dvojnásobnou rychlostí proti normálnímu běhu (otáčí se obě kola, pravá část obrázku).

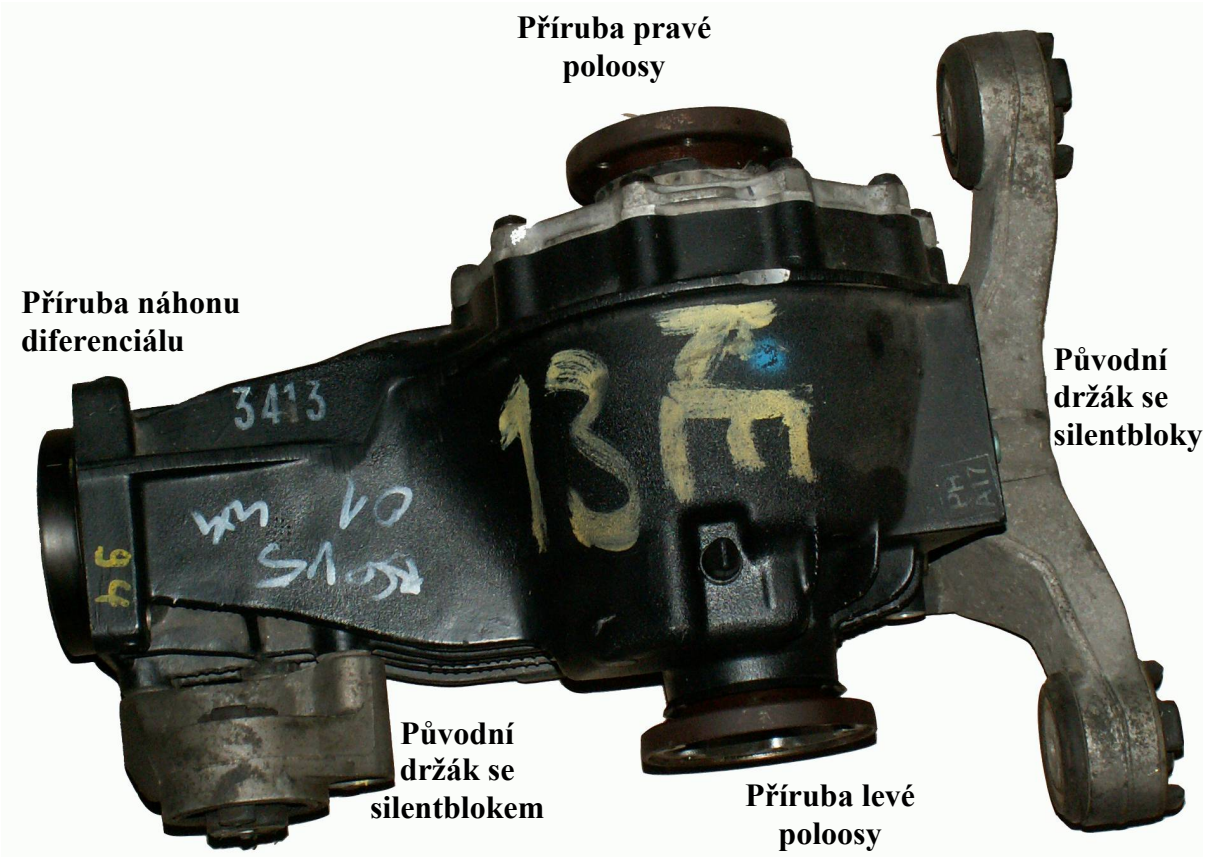


Obrázek 10. Princip diferenciálu

Cílem této úlohy je řídit rychlost náhonu a levé poloosy tak, aby se pravá poloosa neotáčela. Pokud tohoto dosáhneme, vnitřní část diferenciálu se otáčí stejně, jako když jedno kolo prokluzuje. Otáčí se koš diferenciálu, levé planetové kolo s poloosou a satelity.

3.3.2 Použitý diferenciál

Použit je zadní diferenciál z automobilu VW Pasat [23] s pohonem 4x4 modelová řada 2004. Diferenciál má následující parametry. Hruška má 9 zubů, talíř na diferenciálovém koši má 35 zubů, uvnitř koše jsou dva satelity s 8 zuby pohánějící planetová kola se 14 zuby, s výstupem na poloosy.



Obrázek 11. Diferenciál

3.3.3 Převody

Převodový poměr mezi jednou poloosou a náhonem nezávisí pouze na počtech zubů jednotlivých kol, ale i na rychlosti druhého kola.

Pro rychlosti v diferenciálu platí: $p_h \cdot \varpi_h = p_{koš} \cdot \varpi_{koš}$

Kde:

ϖ_h Rychlost otáčení hrušky [ot/min]

$\varpi_{koš}$ Rychlost otáčení koše [ot/min]

p_h Počet zubů hrušky [/]

$p_{koš}$ Počet zubů talíře koše [/]

Pro rychlost satelitů platí: $p_s \cdot \varpi_s = p_p \cdot (\varpi_{koš} - \varpi_{pp})$

Kde:

ϖ_s Rychlost otáčení satelitu [ot/min]

ϖ_{pp} Rychlost otáčení pravého planetového kola (a též kola automobilu) [ot/min]

p_s Počet zubů satelitu [/]

p_p Počet zubů planetového kola [/]

Pro levého kola platí: $\varpi_{pl} = \frac{p_s}{p_p} \cdot \varpi_s + \varpi_{koš}$

ϖ_s Rychlost otáčení satelitu [ot/min]

ϖ_{pl} Rychlost otáčení levého planetového kola (a též kola automobilu) [ot/min]

p_s Počet zubů satelitu [/]

p_p Počet zubů planetového kola [/]

Pro levé kolo tedy platí: $\varpi_{pl} = \varpi_{koš} - \varpi_{pp} + \varpi_{koš}$

Pokud pravé kolo stojí: $\varpi_{pl} = 2 \cdot \varpi_{koš}$

Pro rychlost hrušky platí: $\varpi_h = \frac{p_{koš}}{p_h} \cdot \frac{1}{2} \cdot \varpi_{pl}$

3.4 Řemenice

Pomocí řemene je spojen „motor řemenice“ s diferenciálem. Průměr řemenice na motoru je 44mm, průměr řemenice na přírubě diferenciálu je 150mm.

Pro řemenový převod platí $r_ř \cdot \varpi_ř = r_d \cdot \varpi_d$

Kde:

$\varpi_ř$ Rychlost otáčení motoru [ot/min]

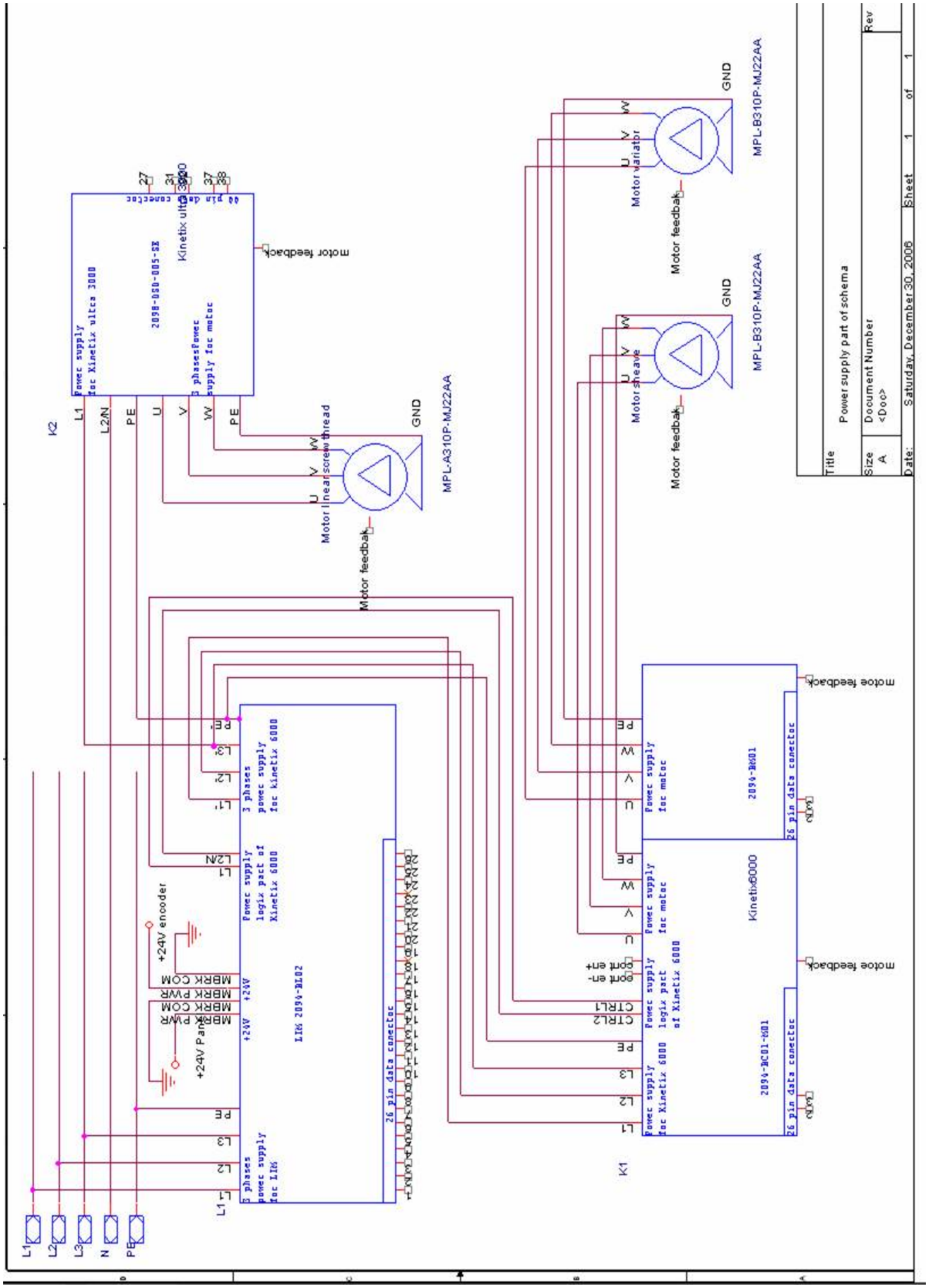
ϖ_d Rychlost otáčení kola [ot/min]

$r_ř$ Poloměr řemenice motoru 22 mm [mm]

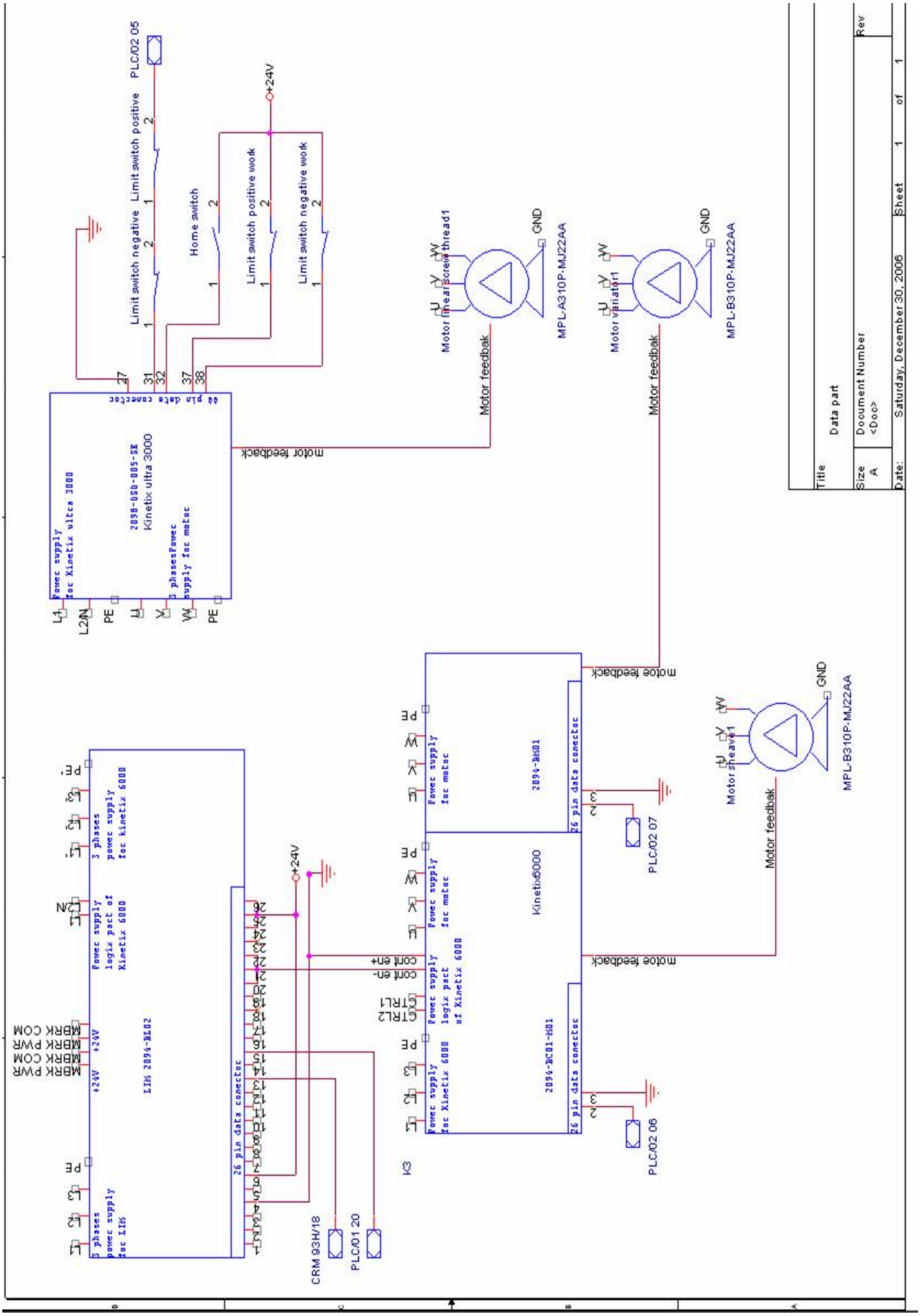
r_d Poloměr řemenice diferenciálu 75 mm [mm]

3.5 Rozvaděč

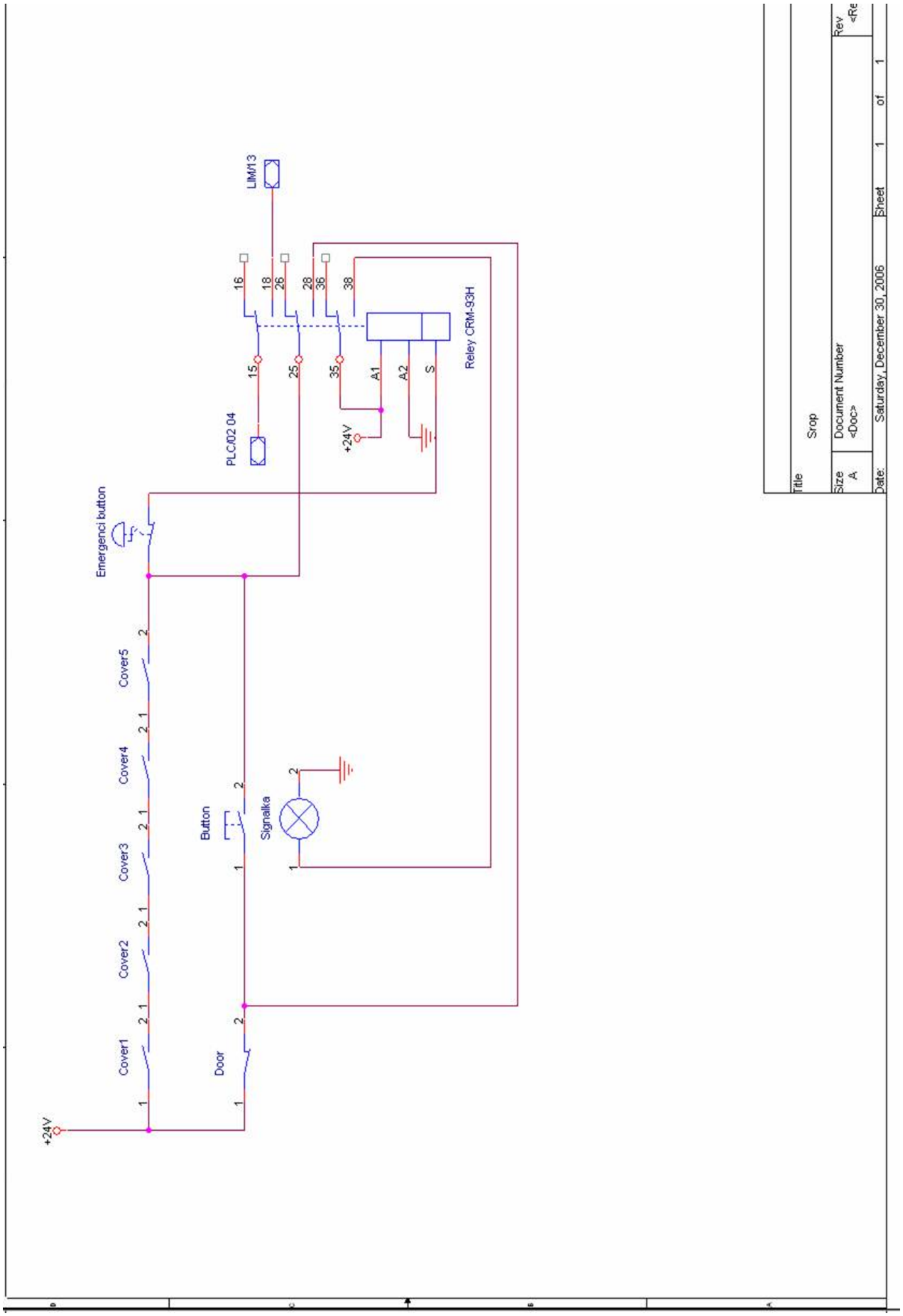
Rozvaděč se nachází pod vlastním soustrojím, skládá se ze dvou částí, přední a zadní. Obě části jsou od sebe odděleny nosnou přepážkou, na které jsou uchyceny moduly obou rozvaděčů. V zadním rozvaděči je umístěn LIM přístupný dvířky na zadní straně modelu, nepředpokládám, že se k němu bude často přistupovat. Zatímco v přední části se nachází servozesilovače, které mohou na svých sedmisegmentovkách zobrazovat důležité informace. Proto je nutné, aby byly snadno přístupné. Kabeláž mezi jednotlivými moduly je převážně vedena plastovými žlaby. V přední části rozvaděče se nachází servisní tlačítko umožňující běh stroje i s odejmutým bezpečnostním krytem. To je nutné pro servisní běh například při mazání šroubu variátoru. A též při nastavování stroje, nakonfigurování servomotoru vyžaduje ruční pootočení motorem, a to není pod krytem možné. Následující schémata ukazují zapojení rozvaděče. První z nich je silové a druhé datové.



Obrázek 12. Schéma silového zapojení rozvaděče



Obrázek 13. Schéma datových rozvodů



Obrázek 14. Zapojení bezpečnostního tlačítka

3.6 Ovládací panel

3.6.1 Úvod

Ovládací panel je pro obsluhu stroje nejdůležitější částí. Jsou na něm umístěny ovládací prvky stroje. Spouštěcí klíč, přepínač módů stroje, inicializační tlačítko, tlačítka spouštění a zastavování běhu módů a vizualizační panel. Všechna tlačítka jsou podsvícena a fungují jako signalizace zapnutí jednotlivých módů stroje.

Obrázek 15. Ovládací panel s panelem operátora

Prvky panelu jsou popisovány v pořadí, v jakém se vyskytují na panelu, a to zleva doprava a odshora dolů.

3.6.2 Startovací klíč

Startovací klíč je umístěn v levém horním rohu panelu, teprve po jeho otočení je možné se strojem začít pracovat. Jeho sepnutí je první podmínkou pro začátek první startovací sekvence.

3.6.3 Tlačítko Prepare

Nachází se vpravo od klíče, po jeho stisknutí se na stroji spustí inicializační sekvence, která nakonec sepne třífázový stykač na výstupu LIM modulu, a tím zapne výkonové obvody servozesilovačů. Probíhající sekvence je signalizována blikáním podsvětlení. Po úspěšném dokončení sekvence se signálka rozsvítí.

3.6.4 Tlačítko Enable

Toto tlačítko se nachází v pravém horním rohu, po jeho stisknutí se za podmínky sepnutých pomocných kontaktů stykače LIM spouští pokračování inicializační sekvence.

Na konci této sekvence je povolena hardwarová inicializace servozesilovačů. Následně proběhne i softwarová inicializace a proces získání absolutní polohy motorů. Při běhu inicializační sekvence tlačítko bliká po jejím skončení svítí.

3.6.5 Bezpečnostní stop

Bezpečnostní stop je největší tlačítko na panelu, nacházející se v jeho horní části vlevo od vizualizačního panelu. Je vybaveno otočnou aretací a je vyšší než ostatní. Slouží k co nejrychlejšímu zastavení stroje. Zastavuje veškeré pohyby motorů ve všech módech stroje. Po jeho stisknutí je stroj zastaven, všechny módy jsou vypnuty. Znovu zapnutí stroje je možné až po stisknutí tlačítka reset.

3.6.6 Auto tlačítko

Je podsvětlené tlačítko sloužící především k signalizaci automatického módu a případně pro jeho sepnutí, pokud se přepínač nachází v poloze automatického módu. Pro běh stroje by stačila signálka, tlačítko bylo zvoleno proto, aby při případném budoucím rozšíření stroje bylo k dispozici dost vstupů.

3.6.7 Manual tlačítko

Je podsvětlené tlačítko sloužící především k signalizaci manuálního módu. A případně pro jeho sepnutí. Sepnutí módu je možné jen pokud je přepínač v poloze manuálního módu. Obdobně jako u předchozího tlačítka i zde by stačila signálka.

3.6.8 Repair tlačítko

Opět se jedná o podsvětlené tlačítko sloužící hlavně pro signalizaci opravného módu a tento mód s ním lze i spustit pokud je přepínač módů v pozici repair. Opět jako u předchozích módů i zde by stačila signálka a mód by se volil start tlačítkem.

3.6.9 Přepínač módů

Třípolohový přepínač je umístěn ve středu tlačítkové části panelu, každá jeho poloha umožňuje spouštění jednoho ze tří módů stroje. První mód je automatický, který se spustí proběhne a skončí, zde se nenastavují žádné parametry. Druhý mód je manuální, zde se nastavuje rychlost stroje. Třetí mód je opravný, v tomto módu lze pohybovat jednotlivými motory a polohovat je.

3.6.10 Start tlačítko

Tlačítko se nachází vpravo od přepínače módů a spouští mód zvolený přepínačem módů. Tlačítko je opět podsvětlené, při inicializaci sekvence bliká, při běhu sekvence svítí.

3.6.11 Stop tlačítko

Stop tlačítko je umístěno pod startovacím tlačítkem a zastavuje běh právě probíhajícího módu. Tlačítko je opět podsvětlené, při běhu módu svítí, po jeho stisknutí začne sekvence končit a tlačítko zhasne.

3.6.12 Reset tlačítko

Slouží k potvrzování chyb a jejich mazání. Teprve po smazání chyby lze jednotlivé sekvence, kterých se chyba týká opět spouštět. Tlačítko je opět podsvětlené a při výskytu chyb buď svítí nebo bliká v závislosti na typu chyby.

3.6.13 Lamp test tlačítko

Toto tlačítko slouží pro ověření funkčnosti signalizačních prvků na panelu, Po jeho stisknutí se rozsvítí všechny signalizační prvky na ovládacím panelu. Tlačítko je připojeno na PAC a ne pouze nadrátováno. Po jeho stisknutí se prověří i zapojení tlačítek.

3.6.14 Panel view plus 1000

V panelu je vytvořen projekt s několika obrazovkami, na kterých jsou ovládací a zobrazovací prvky, a to jak diskrétní spínání, zobrazování stavu módů i spouštění motorů, tak analogové rychlosti motorů, poloha variátoru a další. Panel dále zobrazuje alarmy a trendy nejdůležitějších veličin. Fyzické možnosti modelu jsou popsány v 2.6.2. Pro komunikaci s modelem byl zvolen ContolNet. Pro zkoušení jiných typů komunikace s panelem je z pravé strany modelu volný prostor dovolující přístup k Panelům.

4 Kapitola
Činnost modelu a jeho užití

4.1 Úvod

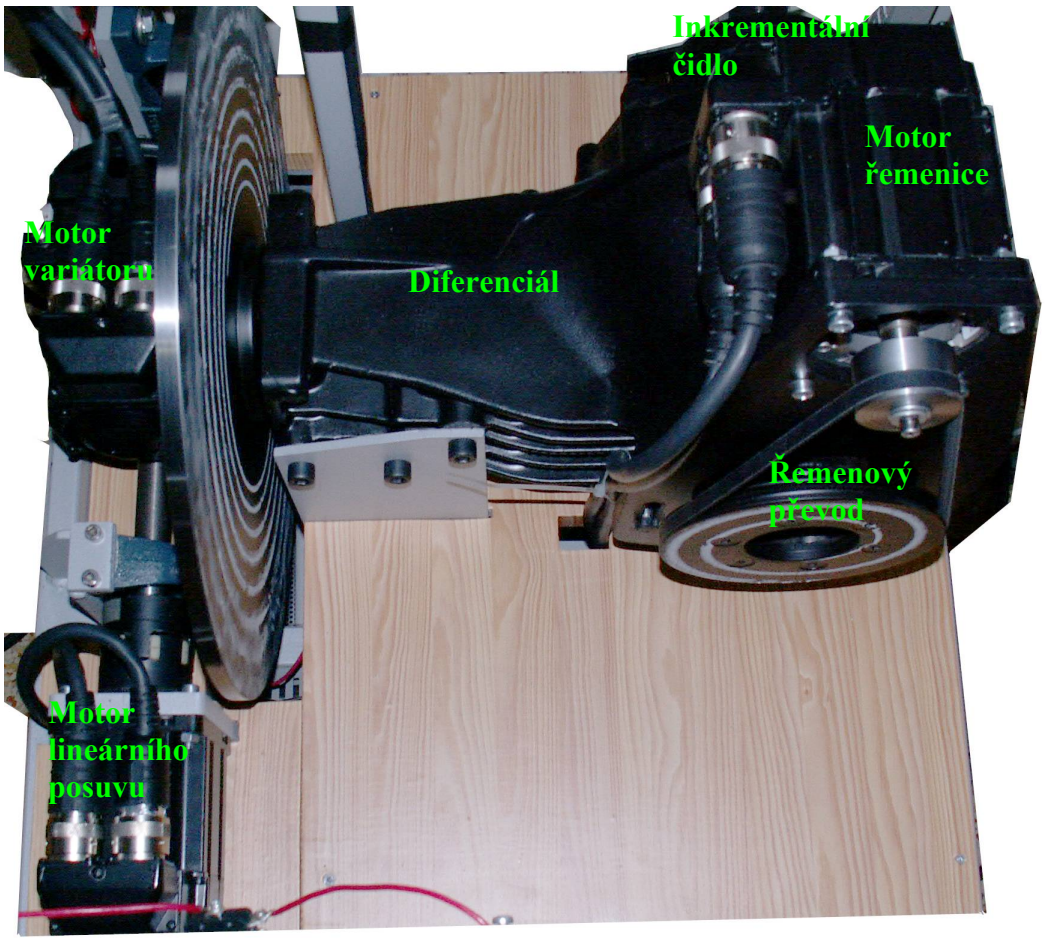
Model vznikl jako studijní pomůcka pro studenty, kteří pracují v laboratoři Allen-Bradley. Umožňuje studentům seznámit se s úlohami vázaných pohonů, které se v praxi často vyskytují. S těmito zadáními se v praxi setkáváme u všech automatických linek vyžadujících přesný pohyb výrobků (polohově vázané pohony). Mezi větší aplikace patří řízení papírenských strojů, válcoven, různých převíjecích a balicích strojů (rychlostně vázané pohony). A nejtěžší úlohy jsou takové, kde je požadován koordinovaný pohyb více os danou rychlostí po dané křivce do dané polohy, které se vyskytují v CNC obráběcích strojích a u manipulátorů. Model obráběcího stroje již v laboratoři je, a proto jsme se rozhodli vytvořit model, na kterém by bylo možno simulovat úlohy typu odvalovací stolice, převíjecí stroj nebo dopravník poháněný více motory.

4.2 Vznik a vývoj modelu

Hlavní otázka byla, jak bude model vypadat. Jako možné modely byly vybrány tři koncepce používané v průmyslu, a to dopravník poháněný více motory, převíjecí nebo odtahovací stroj. První z nich jsme zavrhli, protože malé odchylky řízení nejsou prokazatelné, pás může proklouznout nebo některé z motorů budou dodávat větší výkon. Proto jsme se zaměřili na převíjecí stroj. Měl se skládat z navíjecího a odvíjecího bubnu a systému tří na sebe doléhajících válců určených pro napínání převíjeného materiálu. Stroj by fungoval dvěma směry, tedy jednou by buben sloužil jako navíjecí a po navinutí jako odvíjecí, čímž by odpadla manipulace s válci, která není pro výuku zajímavá. Kvalita řízení tohoto stroje je jasně prokazatelná. Pokud řídíme špatně, dojde k přetržení pásu nebo nahromadění převíjeného matriálu. To je sice snadno prokazatelné, ale málo robustní, hrozí zničení pásu. Navíc nahromadění materiálu může být i nebezpečné. Bylo tedy nutné vytvořit model, který sice nebude mít fyzickou podobu strojů užívaných v praxi, ale bude dostatečně robustní, chyba řízení bude snadno prokazatelná a jeho řízení bude podobné strojům z praxe.

Zvolená varianta stroje se sice na první pohled nepodobá ničemu z praxe, ale lze na ní simulovat řízení podobné odvíjecím a navíjecím strojům. Základem modelu je automobilový

diferenciál, na jehož jednu poloosu je připojen přes řemenici motor. Na druhou osu je připojeno inkrementální čidlo, které slouží nejen ke kontrole kvality řízení, ale může sloužit i ke zpřesnění regulace (u reálného stroje ho nahrazuje momentová kladka měřící napnutí převíjeného pásu). Na poslední hřídel vystupující z diferenciálu, který při normálním užití vede do převodovky, je připojen přes variátor dalším motor. Poslední třetí motor je využit pro řízení polohy variátoru.



Obrázek 16. Soustrojí

4.3 Možné úlohy

4.3.1 Úvod

Na modelu je možno cvičit celou řadu různých úloh od pohybů jednotlivými motory v různých módech až po složité pohyby vzájemně provázaných motorů. Pro model byly navrženy dvě základní úlohy, a to odvíjecí/navíjecí stroj s konstantní rychlostí posuvu a s cyklickou změnou rychlosti posuvu.

4.3.2 Odvíjecí/ navíjecí stroj s konstantní rychlostí posuvu

4.3.2.1 Úvod

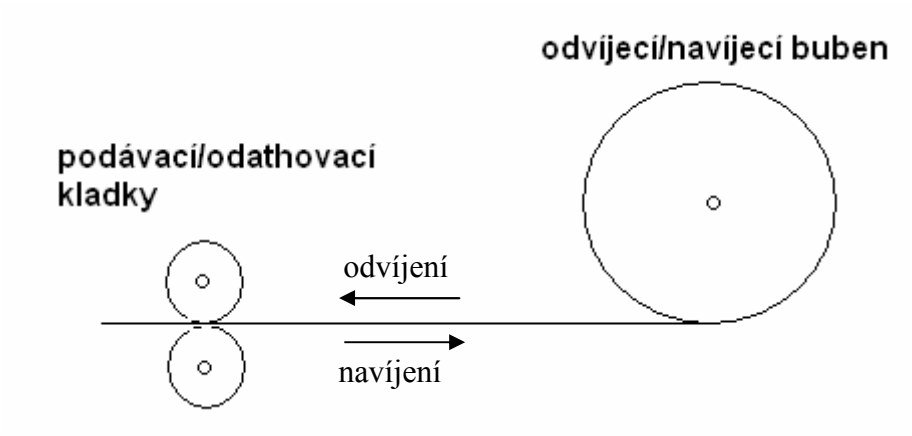
Tyto stroje se využívají na vstupech/výstupech různých výrobních linek. Odvíjecí stroje se užívají na materiálových vstupech různých strojů. Například tiskařských strojů, strojů na výrobu plenek, na linkách využívajících svitkový plech, v karosářském průmyslu atd. Navíjecí stroje se užívají na výstupech strojů. Například v papírnách, válcovnách na svitkový plech, na výstupech tkalcovských stavů, strojů na netkané látky atd.

4.3.2.2 Konstrukce

Odvíjecí stroje se skládají ze dvou základních částí, z podávacích kladek otáčejících se konstantní rychlostí a dodávající materiál do stroje konstantní rychlostí a odvíjecího bubnu, ze kterého se odvíjí materiál. Tento buben se řídí podle rychlosti podávacích kladek a průměru odvíjené cívky. Tak, aby rychlost materiálu před a za podávacími kladkami byla stejná.

Obdobně se chová a řídí i navíjecí stroj s tím rozdílem, že materiál se mezi bubnem a kladkami pohybuje v opačném směru. V tomto případě se kladky nazývají odtahovací a buben navíjecí.

Navíjecí strana stroje může být řešena dvěma způsoby. První z nich je následující. Navíjecí buben je volně položen na dva válce, po nichž se odvaluje. Jeden z těchto válců je poháněn motorem a zaručuje pohyb navíjecí cívky. Tato koncepce je snadná pro řízení, motor se otáčí konstantními otáčkami jako odtahovací kladky. Tato sestava bývá doplněna ještě jedním válcem, který shora dosedá na navíjecí cívku a zaručuje dostatečný přítlak cívky na spodní dva válce. Tato koncepce se uplatňuje výhradně u velkých strojů a i tam dnes ustupuje. Při druhém způsobu je většina moderních strojů řešena tak, že role materiálu je na společném hřídeli s motorem, nebo je hřídel motoru spojen s hřídelem cívky převodovkou s konstantním převodovým poměrem.



Obrázek 17. Schéma odvíjecího/navíjecího stroje

4.3.2.3 Typy pohonů

Starší stroje jsou poháněné stejnosměrnými motory, jejichž výhodou je snadná regulace, nevýhodou je náročnost na údržbu. Dnes už se tyto motory téměř nenasazují. Moderními pohony jsou asynchronní třífázové motory s frekvenčními měniči. Často se u těchto měničů propojuje stejnosměrný meziobvod, což umožňuje snadnou rekuperaci a přelévání energie z jednoho motoru do druhého. Další výhodou je snadná údržba a nenáročnost motorů.

4.3.2.4 Souvislost stroje a modelu

Na modelu jsou tři motory, dva z nich v této úloze představují motory odvíjecího/navíjecího stroje, třetí zajišťuje změnu převodu variátoru. Motor variátoru odpovídá motoru odtahovacích/podávacích kladek. Motor řemenice odpovídá motoru odvíjecího/navíjecího bubnu. Protože mezi tímto motorem a variátorem se nachází řemenice a diferenciál s konstantním (konstantní pokud se neotáčí druhé kolo diferenciálu) převodovým poměrem. Této kombinaci u reálného stroje odpovídá převodovka mezi motorem a odvíjecím/navíjecím bubnem. Změnu polohy variátoru zajišťuje motor lineárního posuvu.

4.3.2.5 Řízení

Řízení je prováděno stejně jako u klasických strojů, podávací/odtahovací buben se otáčí konstantní rychlostí a rychlost odvíjecího/navíjecího bubnu je řízena tak, aby navíjený materiál měl konstantní rychlost. Rychlost bubnu závisí na aktuálním průměru odvíjecího/navíjecího bubnu a rychlosti odtahovacích/podávajících kladek.

Souvislost odvíjecího/navíjecího stroje s naším modelem je následující. Motor řemenice odpovídá motoru, který pohání odvíjecí/navíjecí buben. Zatímco motor variátoru odpovídá motoru, který pohání odtahovací/podávací kladky. Změna převodu variátoru odpovídá změně průměru cívky dané navíjením/odvíjením materiálu. Hřídel diferenciálu

s inkrementálním čidlem indikuje kvalitu řízení. Pokud se otáčí, netočí se motory v ideálním poměru daném převodem daným variátorem a diferenciálem. Směr otáčení indikuje, zda se závislý motor řemenice zpožďuje nebo předbíhá, u stoje se materiál buď moc nebo naopak málo utahuje v krajním případě přetrhne nebo nahromadí ve stroji. Toto čidlo u reálného stroje nahrazují momentové kladky, které slouží k určení kvality řízení, ale někdy též jako vstup do systému. I náš model umožňuje tuto zpětnou vazbu přes PID regulátor. Po spuštění systému jsou nastaveny jeho přednastavené hodnoty získané metodou ručního seřízení regulátoru [1], ty je možné za běhu měnit pomocí vizualizace.

Poloha variátoru přímo odpovídá velikosti cívky na navíjecím/odvíjecím stroji, malému průměru cívky odpovídá nastavený malý průměr na variátoru, velká rychlost motoru řemenice, motoru odvíjecího/navíjecího bubnu. Velkému průměru cívky odpovídá velký průměr na variátoru malá rychlost motoru řemenice, motoru odvíjecího/navíjecího bubnu.

Jediné v čem se model liší je rozběhový/brzdící moment motorů. U reálného stroje je motor odtahu/podávání zatěžován stejným rozběhovým/brzdícím momentem, daným pouze velikostí kladky, tomuto motoru odpovídá motor variátoru. Ten je na modelu zatěžován různým momentem, v závislosti na poloze variátoru. Pro nastavený malý průměr je motor nejvíce zatěžován, zatímco pro velký průměr variátoru je moment zatěžován nejmenším momentem. Motor odvíjení/navíjení je zatěžován různým momentem v závislosti na velikosti cívky, velké cívce odpovídá velký moment, malé cívce malý. Tomuto motoru odpovídá motor řemenice, který je vždy zatěžován stejným momentem. Tato nesrovnalost je daná mechanikou modelu Zatímco u reálného stroje nejsou motory a válce pevně spojeny, nepočítáme-li převíjený materiál, u modelu jsou variátorová kola ve stálém záběru. Další nesrovnalost do momentů vnáší diferenciál, který sice pro výpočty bereme jako převodovku se stálým převodovým poměrem, ale nelze přes ni přenášet moment, to je dáno nezatíženým hřídelem, na kterém je umístěno pouze inkrementální čidlo.

4.3.2.6 Převody

Vztah mezi motorem řemenice a motorem variátoru. Základním předpokladem je, že inkrementální čidlo se neotáčí, tedy ani planetové kolo s ním spojené se neotáčí.

Převod variátoru:

$$r_v \cdot \varpi_{vv} = r_m \cdot \varpi_{vm}$$

$$r_v \cdot \frac{p_{koš}}{p_h} \cdot \frac{1}{2} \cdot \varpi_{pl} = r_m \cdot \varpi_{vm}$$

$$r_v \cdot \frac{p_{koš}}{p_h} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{r_{ř}}{r_d} \cdot \varpi_{ř} = r_m \cdot \varpi_{vm}$$

Kde:

$\varpi_{ř}$	Rychlost otáčení motoru [ot/min]
$r_{ř} = 22$ mm	Poloměr řemenice motoru [mm]
$r_d = 75$ mm	Poloměr řemenice diferenciálu [mm]
$p_h = 9$	Počet zubů hrušky [/]
$p_{koš} = 35$	Počet zubů talíře koše [/]

po dosazení

$$r_v \cdot \frac{35}{9} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{22}{75} \cdot \varpi_{ř} = r_m \cdot \varpi_{vm}$$

$$r_v \cdot 0{,}5704 \cdot \varpi_{ř} = r_m \cdot \varpi_{vm}$$

Pro rychlost motoru řemenice platí:

$$\varpi_{ř} = 1{,}7532 \cdot \frac{r_m}{r_v} \cdot \varpi_{vm}$$

Pro lineární posuv platí

$$v_{lin} = d_{mat} \cdot \frac{\varpi_{vv}}{60}$$

Kde:

v_{lin}	Rychlost lineárního posuvu [mm/s]
ϖ_{vv}	Rychlost variátorového kola [ot/min]
d_{mat}	Tloušťka materiálu [mm]

4.3.2.7 Rozjezd stroje, brždění.

Stoj se rozjíždí konstantním zrychlením motoru variátoru (odtahovacích/podávacích kladek). Na rychlosti tohoto motoru závisí rychlost motoru řemenice (navíjecí/odvíjecí cívky) a na rychlosti motoru řemenice závisí nich rychlost lineárního posuvu (rychlost jakou klesá/narůstá materiál na cívce).

Brždění stroje je obdobné jeho rozjezdu. Opět se rychlost variátorového motoru mění rampou. Brždění nás ale zajímá více, protože je nutné spočítat jak daleko před koncem variátoru (role) se má začít brzdit, abychom nezastavili moc brzy před koncem variátoru, ale ne až za jeho krajní polohou. Protože rychlost motoru v rámci jednotek procent vůči

požadované rychlosti kolísá, je dobré brzdit o chvíli dřív a ke konci cívky se přibližovat malou zadanou rychlostí. Tato rychlost je u našeho stroje volitelná, jakožto i vzdálenost před koncem variátoru.

Pro brždění platí:

$$\varpi_{vm} = \varpi_{vm0} - \varepsilon \cdot t \quad \rightarrow \quad t = \frac{\varpi_{vm0} - \varpi_{vm}}{\varepsilon}$$

Kde:

ϖ_{vm} Rychlost motoru variátoru pro dojetí ke konci variátoru [ot/min]

ϖ_{vmp0} Počáteční rychlost motoru variátoru před brždění (aktuální rychlost) [ot/min]

ε Zrychlení motoru variátoru [ot/min^2]

t Doba brždění [min]

dále platí

$$\varpi_{vv} = \frac{r_m}{r_v} \cdot \varpi_{vm} \quad \rightarrow \quad \varpi_{vv} = \frac{r_m}{r_v} \cdot (\varpi_{vm0} - \varepsilon \cdot t)$$

$$v_{lin} = \frac{dr_v}{dt} = d_{mat} \cdot \frac{\varpi_{vv}}{60} \quad \rightarrow \quad \frac{dr_v}{dt} = \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60 \cdot r_v} \cdot (\varpi_{vm0} - \varepsilon \cdot t)$$

řešením této diferenciální rovnice se separovatelnými proměnnými [2] dostaneme

$$\int r_v \cdot dr_v = \int \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60} \cdot (\varpi_{vm0} - \varepsilon \cdot t) \cdot dt$$

$$\frac{r_v^2}{2} + R_0 = \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60} \cdot \left(\varpi_{vm0} \cdot t - \varepsilon \cdot \frac{t^2}{2} \right)$$

$$r_v = \sqrt{2 \cdot \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60} \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{t^2}{2} + \varpi_{vm0} \cdot t \right) - 2 \cdot R_0}$$

Kde:

R_0 Integrační konstanta, z počátečních podmínek t=0 (nebrzdím) $R_0 = -\frac{(r_0)^2}{2}$

r_0 Aktuální poloha variátoru při začátku brždění

Pro změnu polohy variátoru $d = r_v - r_0$ platí

$$d = \sqrt{\frac{d_{mat} \cdot r_m}{30} \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{t^2}{2} + \varpi_{vm0} \cdot t \right) - 2 \cdot R_0} - r_0$$

Aby rovnice platila pro oba směry pohybu po variátoru

$$d = \left\| \sqrt{\frac{d_{mat} \cdot r_m}{30} \cdot sign(v_{lin}) \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{t^2}{2} + \varpi_{vm0} \cdot t \right) - 2 \cdot R_0} - r_0 \right\|$$

Obdobné rovnice platí i pro zrychlování.

4.3.2.8 Normální běh stroje

V této části běhu variátoru mají kladky konstantní rychlost otáčení. V programu jen čekáme, jestli již nemáme začít brzdit, počítáme podle předchozích vzorců. Pro běh stroje v tomto módu platí následující vztahy.

Platí:

$$\varpi_{vv} = \frac{r_m}{r_v} \cdot \varpi_{vm}$$

Kde:

ϖ_{vm} je konstanta

$$\frac{dr_v}{dt} = \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60 \cdot r_v} \cdot \varpi_{vm}$$

$$\int r_v \cdot dr_v = \int \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60 \cdot r_v} \cdot \varpi_{vm} \cdot dt$$

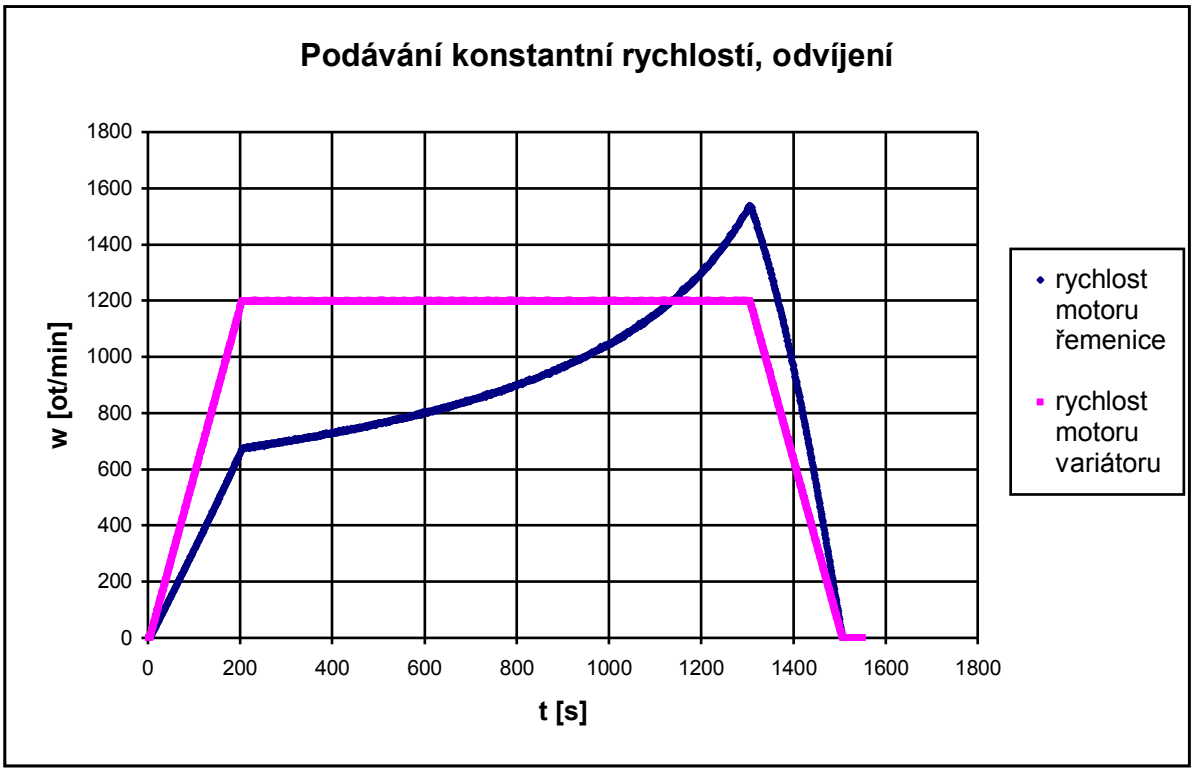
$$\frac{r_v^2}{2} + R_0 = \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60 \cdot r_v} \cdot \varpi_{vm} \cdot t$$

$$r_v = \sqrt{2 \cdot \frac{d_{mat} \cdot r_m}{60 \cdot r_v} \cdot \varpi_{vm} \cdot t - 2 \cdot R_0}$$

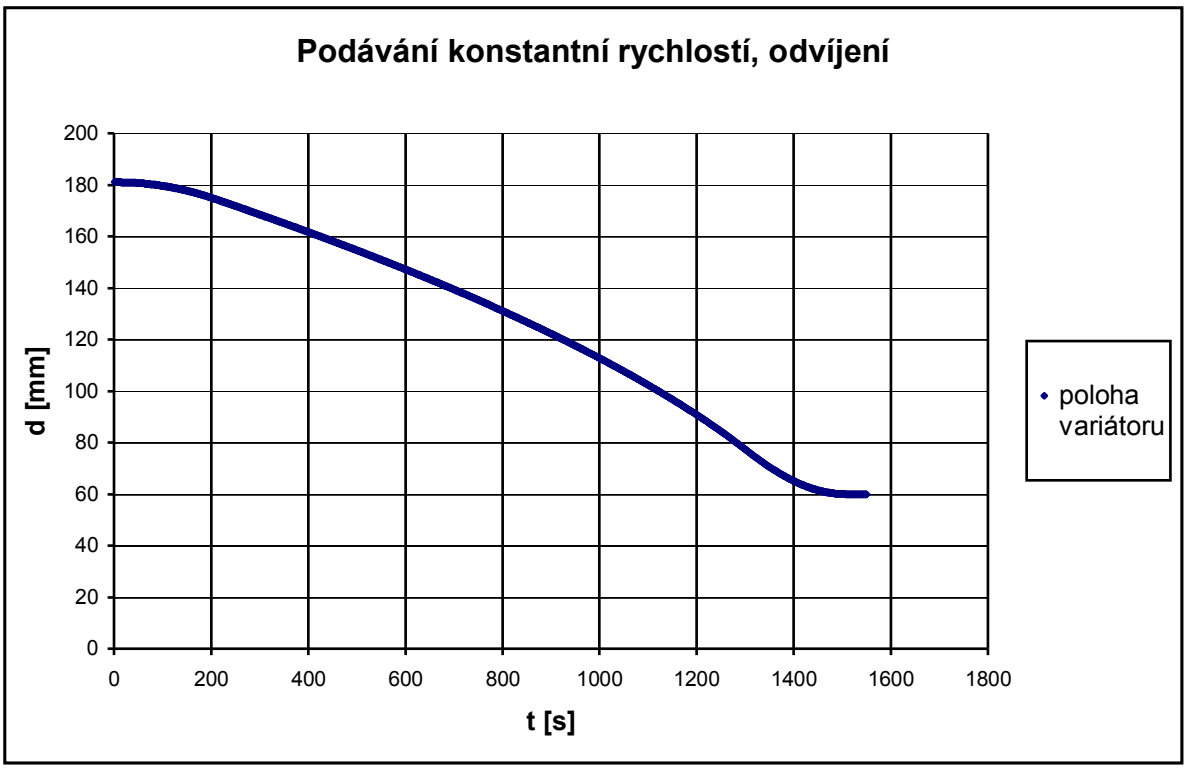
Kde:

$R_0 = -\frac{(r_0)^2}{2}$ obdobně jako u brždění

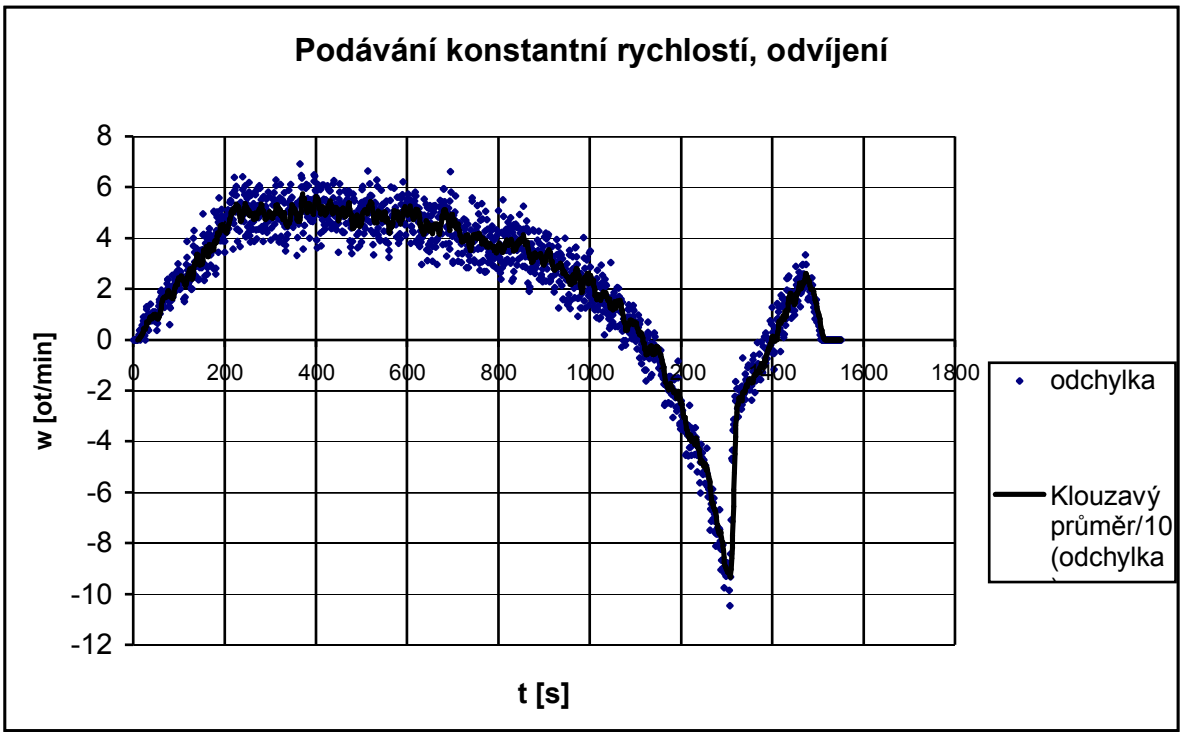
4.3.2.9 Časové průběhy



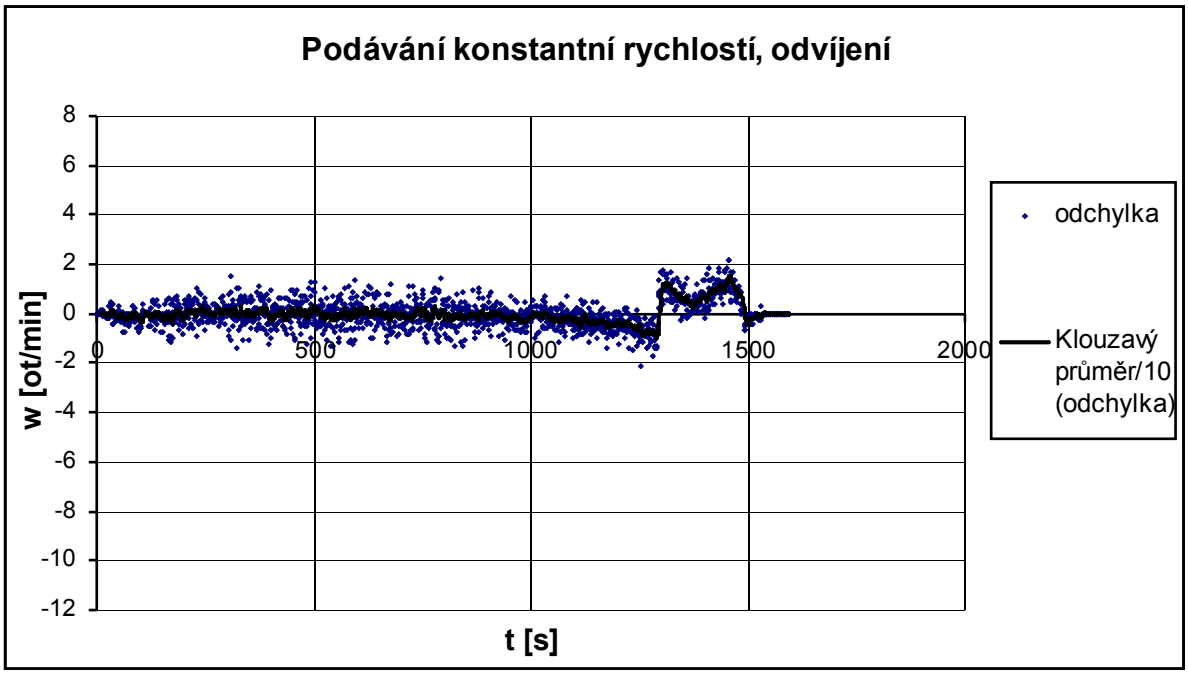
Obrázek 18. Průběh rychlosti motorů při odvíjení pro podávání konstantní rychlostí



Obrázek 19. Poloha variátoru při odvíjení pro podáváni konstantní rychlostí



Obrázek 20. Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni konstantní rychlostí. PID není aktivní.



Obrázek 21. Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni konstantní rychlostí. PID aktivní

4.3.2.10 Závěr

Tento model je pro nás dostatečně realistický, přestože nesouhlasí momenty setrvačnosti. To je dáno tím, že používáme servomotory se servozesilovači s uzavřenou polohovou zpětnou vazbou. Servozesilovače řeší problematiku momentového zatížení interně, pro toto nastavení volíme pouze polohu nebo rychlost otáčení.

Největší odchylka je způsobena prokluzováním variátoru, které je nejvýraznější pohybuje-li se malé variátorové kolo po malém poloměru velkého variátorového kola. Zde se nejvíce uplatňují setrvačné síly velkého disku, který se v této oblasti otáčí nejrychleji. Velká rychlost disku se též nepříznivě uplatňuje na kvalitě řízení.

4.3.3 Odvíjecí/navíjecí stroj s cyklickou změnou rychlosti posuvu

4.3.3.1 Úvod

Tento stroj je obdobou předchozího stroje, s tím rozdílem, že podávací/odtahovací kladky se neotáčí konstantní rychlostí, ale jejich rychlost se mění v cyklu. Těch je tolik, na kolik vyjde „materiál“, poté se stroj zastaví. Nevím o takovém stroji z praxe, účelem bylo vyzkoušet chování časové CAM instrukce. Nejvíce rozdílné proti předchozí variantě stroje je zastavování. Nezastavuje se na krajní polohu variátoru, zastavuje se po posledním proběhnutém cyklu, to znamená pokud již na cívce není „dostatek materiálu“/“dostatek volného místa“ pro další cyklus.

4.3.3.2 Brždění.

Pokud bychom materiál prošlý strojem za dobu jednoho cyklu natáhli do roviny, pak pro plochu jeho boku platí:

$$S = d_{mat} \cdot l \quad \rightarrow \quad S = d_{mat} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_m \cdot n$$

kde:

S	Plocha boku materiálu pošlá strojem za dobu jednoho cyklu
d_{mat}	Tloušťka materiálu [mm]
l	Délka materiálu [mm]
$2 \cdot \pi \cdot r_m$	Obvod podávací kladky [mm]
n	Počet otáček [ot]

Tatáž plocha navinutá na roli:

Pro navíjení platí:

$$S = \pi \cdot (r_0 + d)^2 - \pi \cdot r_0^2$$

Činnost modelu a jeho užití

Pro odvíjení platí:

$$S = \pi \cdot r_0^2 - \pi \cdot (r_0 - d)^2$$

Kde:

S Plocha boku materiálu pošlá strojem za dobu jednoho cyklu [mm^2]

r_0 Aktuální poloha variátoru [mm]

d Přírůstek /úbytek poloměru role [mm]

Odtud vztahy pro d

Pro navíjení:

$$d = \sqrt{2 \cdot r_m \cdot n \cdot d_{mat} + r_0^2} - r_0$$

Pro odvíjení:

$$d = r_0 - \sqrt{r_0^2 - 2 \cdot r_m \cdot n \cdot d_{mat}}$$

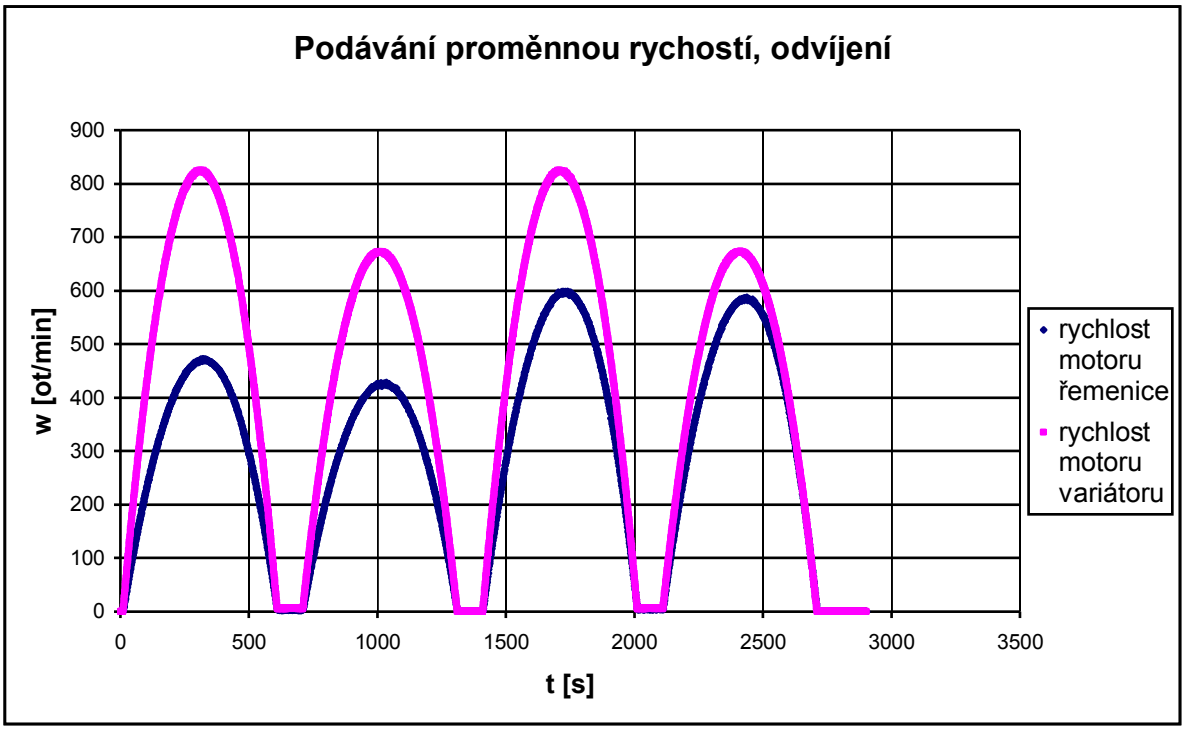
Univerzálně pro oba směry:

$$d = \left\| \sqrt{(sign(v_{lin})) \cdot \left(2 \cdot r_m \cdot n \cdot d_{mat} + r_0^2\right)} - r_0 \right\|$$

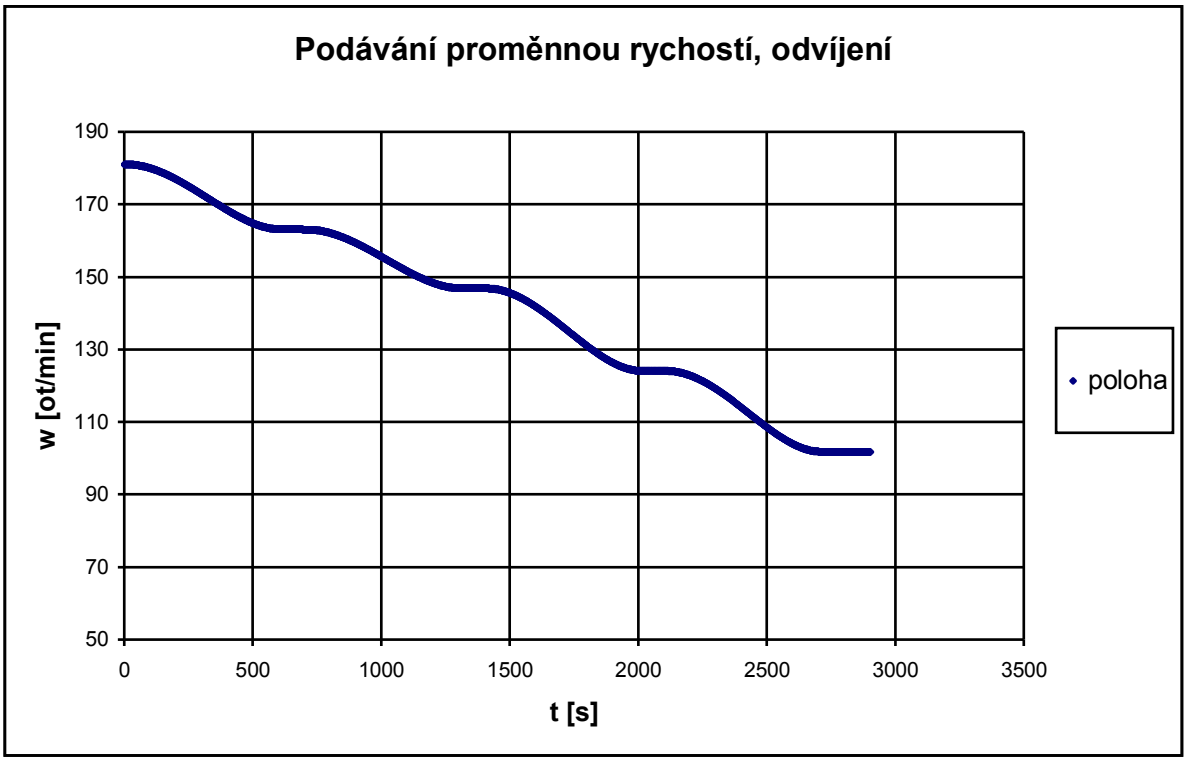
4.3.3.3 Normální běh stroje

Normální běh stroje je dán průběhem CAM funkce, která přesně definuje časový průběh otáček motoru variátoru v závislosti na čase. Motor řemenice se opět přizpůsobuje motoru variátoru.

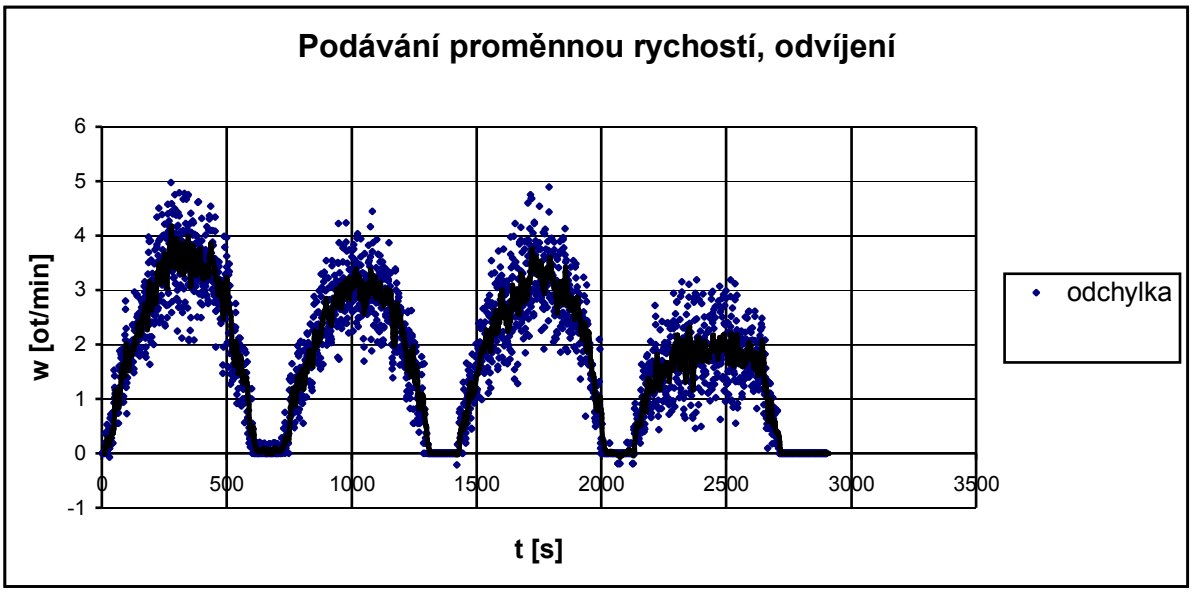
4.3.3.4 Průběhy



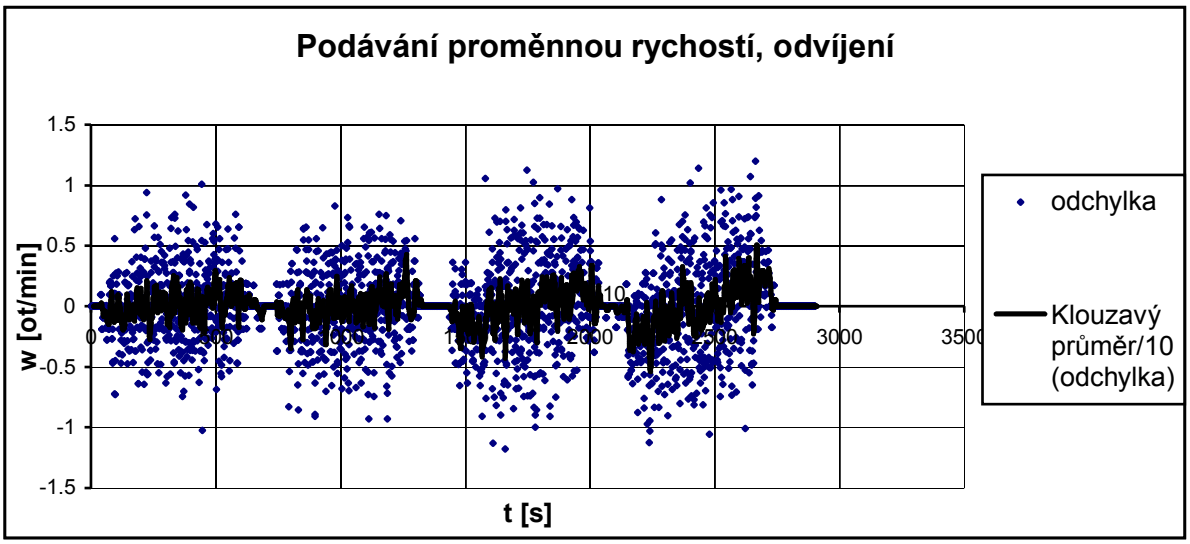
Obrázek 22. Průběh rychlosti motorů při odvíjení pro podávání cyklicky proměnnou rychlostí



Obrázek 23. Poloha variátoru při odvíjení pro podávání cyklicky proměnnou rychlostí



Obrázek 24. Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni cyklicky proměnnou rychlostí. PID není aktivní.



Obrázek 25. Průběh odchylky od žádané hodnoty při odvíjení pro podáváni cyklicky proměnnou rychlostí. PID aktivní.

4.3.3.5 Závěr

Tento stroj si v praxi dovedu představit jen pro jednoduchou CAM funkci skládající se z najetí materiálu do stroje, jeho zastavení, zpracování, oddělení matriálu, znovu najetí a opětovné zpracování. Tento cyklus by bylo možno opakovat, dokud vychází materiál alespoň pro jeden cyklus. Další možností je, že by CAM instrukce byla navržena pro odvinutí celé cívky.

4.4 Nouzový stop

Nouzový stop některých strojů s vázanými pohony není tak jednoduchý. Nelze jednoduše odpojit napájení. Stroje, jako jsou převíjecí, odvíjecí a navíjecí stroje pracující s velkými cívkami materiálu, s velkou setrvačnou energií je nutné před odpojením napájení nejdříve zastavit.

Pokud bychom tyto cívky nejprve nezastavili, budou se točit několik minut a z těch odvíjecích se bude po tuto dobu nekontrolovatelně odvíjet materiál, který se bude hromadit v jejich okolí. Nahromaděný materiál kolem stroje může lidem v jeho okolí znemožnit nouzové opuštění přilehlého prostoru. Další nebezpečí vzniká, pokud je převíjený materiál hořlavý, například papír, třením otáčejících se kladek, válců a cívek o nahromaděný materiál může snadno dojít k požáru. Vezmeme-li v úvahu i zatarasené únikové cesty kolem stroje, jde o velmi nebezpečnou situaci. Ještě nebezpečnější jsou stroje pracující s plechem.

Nouzový stop na modelu je řešen softwarově, obdobně jako na reálných stojích, ale z důvodů bezpečnosti je zde přidána i hardwarová složka tvořená časovým relé. Relé je se zpožděným odpadem, tato doba musí programu stačit na zastavení stroje. Po uplynutí této doby bude odpojeno napájení servozesilovačů, a to bez ohledu na to, jestli jsou motory již zastaveny nebo stále běží. To umožní zastavení stroje i pokud je stop špatně naprogramován, tato vlastnost je u školního modelu nezbytná.

Na nouzový stop jsou připojeny i koncové spínače krytu modelu, protože je z bezpečnostních důvodů nutno model co nejrychleji zastavit, dojde-li k otevření ochranného krytu. Spínače krytu musí být deaktivovatelné z důvodů nastavení hardwarové konfigurace, která vyžaduje ruční pootočení motory pro zjištění směru otáčení motorů. Deaktivace je možná po otevření dvířek čelního rozvaděče a stisknutí tlačítka uvnitř rozvaděče. Tlačítko je umístěno na spodní straně desky, oddělující rozvaděč od stroje.

Nouzový stop v ukázkovém programu odvíjecího/navíjecího stroje je inspirován stroji z praxe, nejprve jsou motory zastaveny a teprve poté odpojeny. Setrvačnosti jsou sice menší, přesto se model může po odpojení napájení volně dotáčet déle než minutu.

4.5 Módy strojů

Obě vypracované úlohy jsou součástí jednoho programu, přepínání mezi úlohami je možné, pokud není ani jeden mód ani jednoho stroje aktivní.

Každá z úloh má 3 základní módy a to auto, manual a repair. Módy jsou vybírány přepínačem módů na panelu, další možností je, pokud je přepínač v poloze auto, navolit

manuální mód pomocí vizualizace. Po zvolení příslušného módu lze tento zapnout start tlačítkem. Každý z módů lze vypnout buď stop tlačítkem, změnou nastavení přepínače módů nebo vypnutím klíčku. Další možností je bezpečnostní stop, ale to není standardní.

4.5.1 Automatický mód

Automatický mód stroje by měl být nejužívanějším módem stroje. Při jeho běhu není nutné nic nastavovat. Po jeho zapnutí se stroj rozběhne rampou na nejvyšší možnou rychlost. A po odvinutí celé role nebo pokud materiál nezbývá na další cyklus se stroj automaticky vypne. Stroj je též možné vypnout za běhu módu, a to buď stop tlačítkem nebo změnou polohy přepínače módu. Běh módu je signalizován ve vizualizaci a též na panelu, a to rozsvícenou kontrolkou. Před začátkem běhu módu je možné si zvolit směr otáček, typ stroje a jeho parametry . Za běhu programu lze tyto též měnit, ale tato změna se projeví, až po skončení běhu módu a bude platná pro další běh stroje.

4.5.2 Manuální mód

Manuální mód by měl být méně využívaným módem strojů. Po jeho zapnutí stroj stojí a čeká na zadání provozní rychlosti, u stroje odvíjecího konstantní rychlostí a na násobek rychlosti u stroje pracujícího v cyklu. Rychlost konstantního odvíjení je možné měnit i za běhu stroje, obdobně i násobek pro cyklicky pracující stroj, ale zde se změna rychlosti uplatní až při dalším cyklu. Změna rychlosti pro klasický odvíjecí stroj je prováděna předdefinovanou rychlostí a tvar změny rychlosti je rampa. Po odvinutí veškerého materiálu nebo pokud již nezbývá materiál na další cyklus se stroj opět zastaví a mód se vypne. Změna typu stroje a směru otáčení je stejně jako v automatickém režimu možná pouze před spuštěním módu nebo za jeho běhu, ale tato volba se uskuteční, až po skončení módu.

4.5.3 Servisní mód

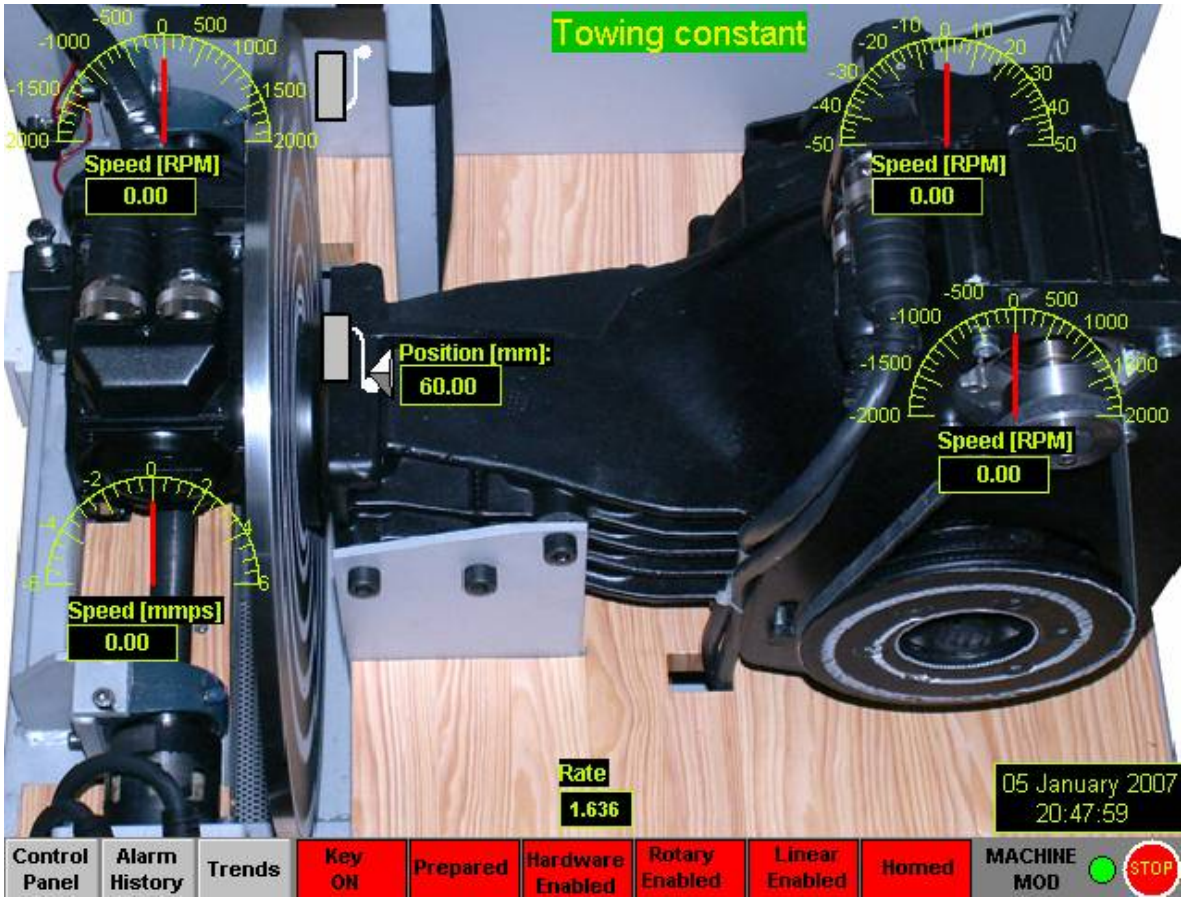
Servisní mód by měl být využíván jen výjimečně, pokud to situace nezbytně vyžaduje. Po spuštění módu se na panelu zobrazí obrazovka umožňující zadávání rychlosti a polohy pro každý motor zvlášť. Každý motor má na této obrazovce svoje startovací a zastavovací tlačítka. Maximální rychlost otáčení motorů lze nastavit v rozsahu 0-120 ot/min, pokud v kartě nastavení není uvedena menší maximální rychlost. Pro motor řemenice a variátoru jsou definovány následující pohyby. Pohyb danou rychlostí, která je omezena předdefinovanou maximální hodnotou. Směr otáčení nastavený před během módu, který se uplatňuje v předešlých dvou případech, se zde neuplatní, směr pohybu se volí znaménkem při zadávání rychlosti. U druhého pohybu se definuje opět rychlost, ale tentokráte i počet otáček,

v rozsahu ±10 otáček, o které se motor přesně otočí. Směr otáčení se automaticky volí podle zadané polohy. Tyto dva motory jsou na sobě nezávislé a lze je spouštět a zastavovat samostatně. Motor lineárního posuvu se pohybuje pouze jedním způsobem, a to na definovanou absolutní polohu. Rychlost se opět definuje, ale její absolutní hodnota je shora omezena rychlostí motoru variátoru, tedy pokud se nepohybuje motor variátoru, nepohybuje se ani motor lineárního posuvu.

5 Kapitola Vizualizace

5.1 Hlavní obrazovka

Hlavní obrazovka slouží především jako hlavní informační plocha pro operátora stroje. Obrazovka je rozdělena na dvě části, informační lištu, která je ovladatelná a viditelná ze všech obrazovek a informační plochu, která je ostatními obrazovkami zakrývána.



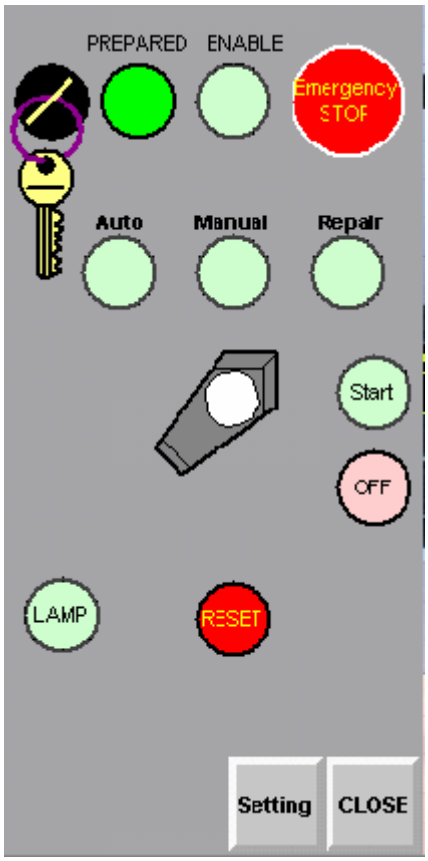
Obrázek 26. Hlavní obrazovka

Informační lišta obsahuje tři tlačítka vyvolávající obrazovky. První zleva spustí kopii tlačítkové části panelu operátora, další tlačítko spouští okno s historií chyb a poslední spouští obrazovku s časovými průběhy rychlostí jednotlivých motorů, rychlosti inkrementálního čidla a polohy lineárního posuvu. Dále vpravo od těchto tlačítek se nachází šest identifikátorů stavu stroje. Prví zleva ***Key ON*** indikuje zda je sepnut klíček, druhý ***Prepared,*** zda je sepnut stykač, indikátor ***Hardware Enabled*** hardwarové povolení servozesilovačů. Další dva signalizační prvky ***Rotary Enabled*** a ***Linear Enabled*** zobrazují stav servozesilovačů nastavených jako

rotační osy a osa lineární, následuje signálka ***Homed*** indikující získání absolutní polohy motorů a nakonec poslední signálka z řady indikuje mód stroje. Za touto sadou signálek dále vpravo se nachází malé zelené kolečko signalizující spojení s PAC. Posledním prvkem na liště je malé stop tlačítko.

Informační plocha má v pozadí fotografii modelu, přes kterou jsou umístěny indikátory rychlosti a polohy, a to jak analogové tak i číslicové. Polohový indikátor se spolu se šipkou znázorňující polohu pohybuje mezi dvěma stylizovanými koncovými spínači, které po sepnutí blikají. V opravném nebo manuálním módu jsou zde i další ovládací prvky.

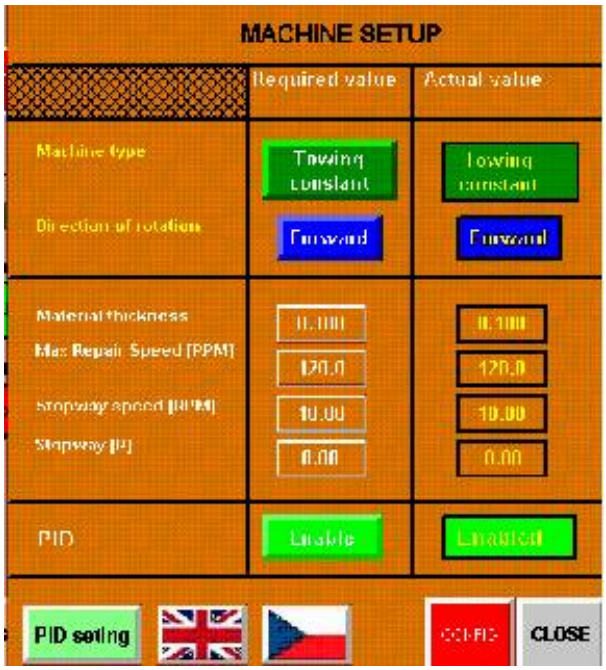
5.2 Obrazovka panel



Náhled na kopii tlačítkové části panelu operátora, význam tlačítek je stejný jako v 3.6 s výjimkou tlačítka ***manual,*** které umožňuje spouštět manuální mód i pokud je přepínač v poloze auto. U panelu to nemá velký význam, ale je to významné pro vizualizaci na počítači, který se nachází v dozorně. Oproti klasické části jsou zde navíc dvě hranatá tlačítka. Levé ***Setting*** nás přepne do obrazovky nastavující parametry stroje, pravé ***CLOSE*** zavře kopii panelu.

Obrázek 27. Vizualizační kopie panelu

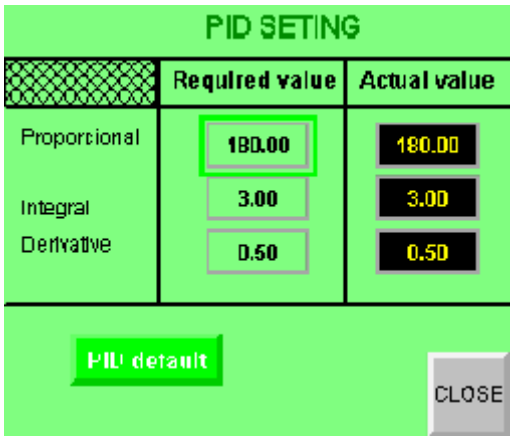
5.3 Obrazovka nastavení stroje



Okno ***Machine setup*** nastavuje základní parametry modelu, typ stroje ***Machine type***, směr otáčení ***Direction of rotation***, tloušťku materiálu ***Material thickness***, maximální rychlost v opravném režimu ***Max repair speed***, rychlost dotáčení ***Stopway speed***, vzdálenost dotáčení ***Stopway***, povolení PID regulátoru ***PID***, přepínač na obrazovku parametrů PID regulátoru ***PID seting***, dva přepínače jazyků s vlajkou, tlačítko přepínající do konfigurace panelu ***Config*** a tlačítko zavírající tuto obrazovku ***CLOSE***.

Obrázek 28. Obrazovka nastavení stroje

5.4 Obrazovka nastavení PID



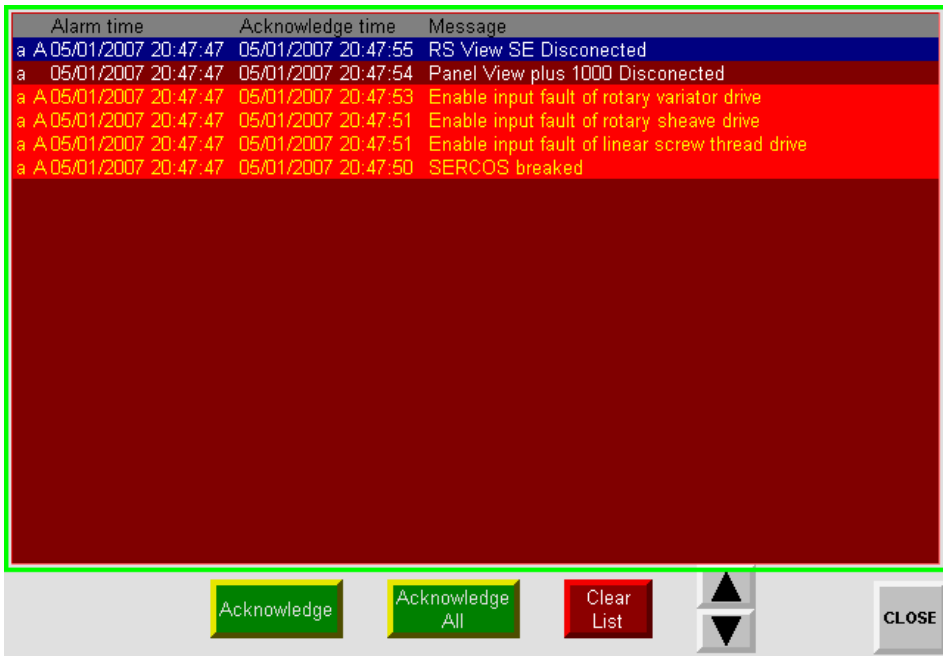
Obrazovka ***PID SETING*** umožňuje nastavení PID regulátoru. Ve spodní části je tlačítko nastavující přednastavenou hodnotu ***PID default***. A opět tlačítko zavírající tuto obrazovku.

Obrázek 29. Obrazovka nastaven PID

5.5 Obrazovka historie alarmů

Obrazovka ***Alarm history*** se skládá z výpisu jednotlivých alarmů. U každého alarmu je poznámka jestli byl potvrzen, zda ještě trvá, čas vzniku alarmu, čas potvrzení alarmu a text alarmu. Pod tímto seznamem jsou tlačítka potvrzení jednotlivého ***Acknowledge*** nebo všech

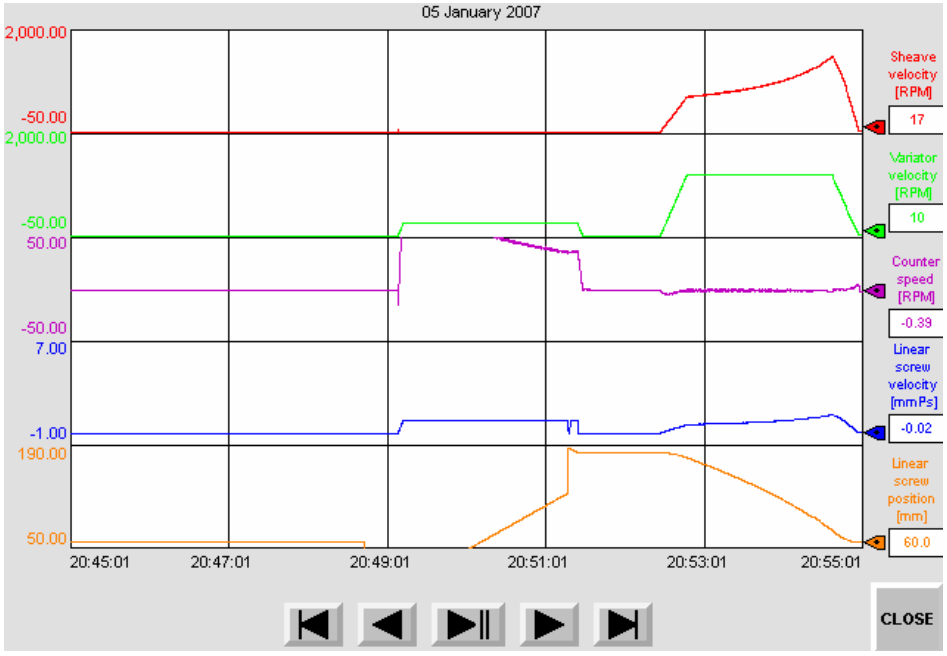
alarmů současně ***Acknolawge All***, vymazání seznamu, tlačítka pro listování seznamem a tlačítko pro uzavření obrazovky.



Obrázek 30. Obrazovka Historie alarmů

5.6 Obrazovka časových průběhů

Na následující obrazovce jsou časové průběhy rychlostí a polohy. Na nejvyšším grafu je rychlost řemenice, pod ní je rychlost variátoru, dále je rychlost inkrementálního čidla, rychlost lineárního posuvu a poloha lineárního posuvu.



Obrázek 31. Obrazovka časových průběhů rychlosti

5.7 Závěr

Nakonec musím poznamenat, že tyto obrazovky jsou i v češtině, přepínače jazyků se nacházejí na obrazovce ***Machine Setup***. Výpis alarmů je jen jednojazyčný, protože dostupná verze vizualizačního panelu tuto službu zcela nepodporuje. Panel je schopen zobrazit alarm několikajazyčně, ale již není schopen zajistit přepnutí textů v historii alarmů, zde se alarm vždy objeví v jazyce, který byl nastaven v době vzniku alarmu.

6 Kapitola
Použité motion instrukce

6.1 Úvod

Motion instrukce jsou speciální instrukce určené pro nastavování a řízení servosystému. Instrukce jsou rozděleny do několika skupin. Prví skupinou jsou inicializační instrukce, které nevykonávají žádný pohyb, slouží k vypínání a zapínání jednotlivých os, dále jejich aktivaci, deaktivaci a mazání chyb na nich vzniklých. Další skupinou jsou pohybové instrukce umožňující pohyb jednotlivých motorů. Do této skupiny patří nejen funkce řídící rychlost os, polohu os a zastavování os, ale i funkce pracující s jejich vzájemnou polohou, časové řízení polohy os, instrukce na předefinování aktuální polohy nebo instrukce na získání absolutní polohy. Instrukce nastavující a testující jednotlivé osy tvoří parametryzující skupinu instrukcí. Skupinovou instrukce vztahující se na celou skupinu os. Jedná se pouze o instrukce, které vypínají, deaktivují nebo zastavují všechny osy dané skupiny.

6.2 Inicializační instrukce

Tyto instrukce jsou spouštěny náběžnou hranou vstupní podmínky. Protože instrukce nemusí proběhnout za jeden cyklus, je aktuální stav instrukce zobrazen třemi příznakovými bity. Bit EN (Enable) je aktivní, pokud je vstup instrukce aktivní. Bit DN (Done) je nastaven po úspěšném skončení instrukce. Bit ER (Error) je aktivován pokud instrukce neproběhne správně.

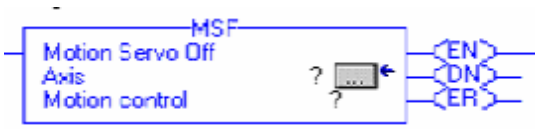
6.2.1 Motion Axis Shutdown Reset

Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

Motion control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Tato instrukce smaže všechny chyby osy, pro kterou je volána, a pokud není zapnuta, tak ji zapne do pohotovostního režimu ***Axis ready***.

6.2.2 Motion Servo Off

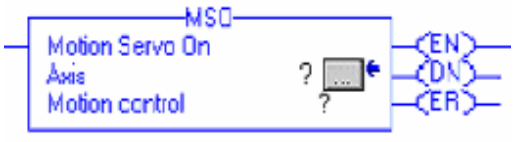


Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

Motion control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Tato instrukce okamžitě ruší všechny řídicí smyčky dané osy a přepne osu do pohotovostního režimu. V pohotovostním režimu lze osu konfigurovat a nastavovat její hardwarovou konfiguraci, v tomto režimu osa neztrácí informace o své poloze, enkodér je stále zapojen a vyhodnocován.

6.2.3 Motion Servo On



Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

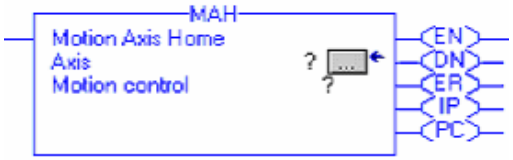
Motion control Struktura s příznaky průběhu funkce.

Tato instrukce je opakem předchozí instrukce, po jejím sepnutí se aktivuje osa a okamžitě se zapojí nastavené zpětné řídicí vazby. Instrukce by se neměla volat, pokud je již osa zapnuta.

6.3 Pohybové instrukce

Obdobně jako inicializační instrukce i tyto jsou spouštěny náběžnou hranou. Protože tyto instrukce trvají zpravidla déle, než instrukce inicializační je signalizace o průběhu instrukce důkladnější. Běh instrukce závisí nejen na řídícím systému, ale je ovlivněn i vnějšími událostmi. Stav instrukce je signalizován 5 bity. Bit EN (Enable) je aktivní, pokud vstup instrukce aktivní. Bit DN (Done) je nastaven pokud istrukce probíhá nebo proběhla bez chyb. Bit ER (Error) je aktivován pokud instrukce neprobíhá správně. Bit IP (In Process) signalizuje, že se instrukce se vykonává (motor se otáčí). Bit PC(Process Complete) signalizuje úspěšné dokončení instrukce (najetí do požadované hodnoty). Pohybové instrukce je možné úspěšně spustit pouze po aktivaci os, pro které jsou volány.

6.3.1 Motion Axis Home

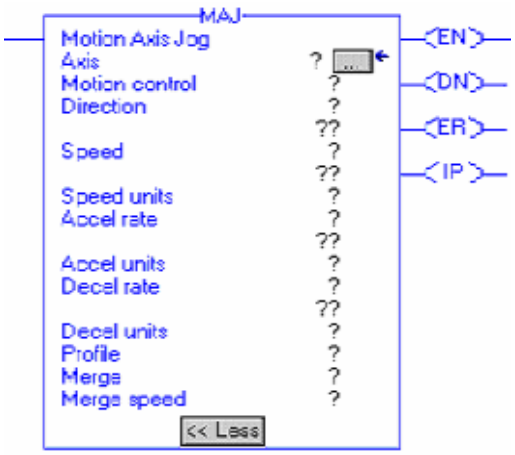


Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

Motion control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Pro úspěšné získání absolutní polohy musí být osa, pro kterou chceme znát pozici, aktivní. Parametry ***home*** funkce jsou dány hardwarovou konfigurací osy, záložka homing.

6.3.2 Motion Axis Jog



Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

Motion control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Direction Směr otáčení:

0-vpřed

1-zpětný chod

Speed Rychlost otáčení ve směru daném parametrem *direction*, pokud je číslo záporné motor se otáčí opačným směrem než je nastaveno v *direction*.

Speed units *Units per sec* nebo 0-rychlost se zadává v jednotkách za vteřinu

% of Maximum nebo 1-rychlost se zadává v procentech maximální rychlosti nastavené v hardwarové konfiguraci.

Accel rate Velikost zrychlení

Accel units *Units per sec 2* nebo 0-zrychlení se zadává v jednotkách za druhou mocninu vteřiny.

% of Maximum nebo 1-zrychlení se zadává v procentech maximálního zrychlení nastaveného v hardwarové konfiguraci.

Decel rate Velkost zpomalení.

Decel units Obdobně jako *Accel units.*

Profile Po jaké křivce se má motor rozbíhat.

Trapezoidal nebo 0-rampa

S-Curve nebo 1-rozběh po S křivce, délka rozběhu je dvojnásobná proti rampě.

Merge Umožňuje spustit osu, jejíž zpětná vazba je nastavena jako proudová, danou rychlostí.

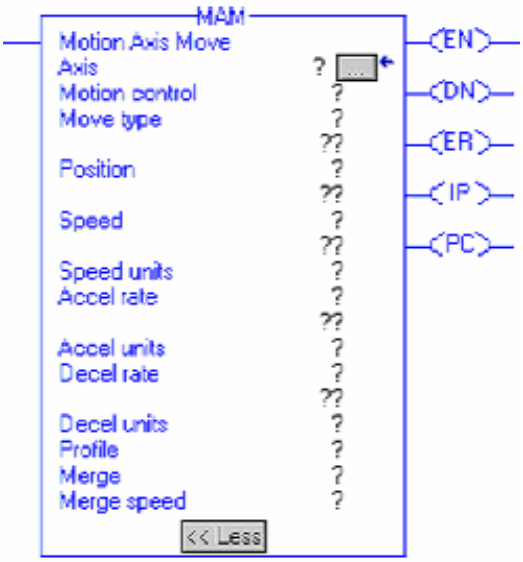
Merge Speed Jak se má rychlost měnit.

Current-ignoruje ostatní parametry MAJ osa se roztáčí maximální možnou rychlostí.

Programed-roztáčí se dle definovaných parametrů.

Funkce roztočí motor na požadovanou rychlost požadovaným zrychlením. Pokud se motor již otáčí, a byl roztočen funkcí MAJ, tak mění parametry dříve volané funkce. Parametry probíhající instrukce lze též měnit pomocí funkce MCD. Pokud osa byla původně roztočena funkcí MAM, začne se osa pohybovat jako by byla volána MAJ, ale po vypnutí MAJ pomocí funkce MAS s parametrem *Stope Type Jog*, pokud motor nepřejel polohu požadovanou v MAM, se osa opět začne chovat podle parametrů nastavených v původně volané MAM a dojede na požadovanou polohu. Pokud jsme funkcí MAJ přejeli požadovanou hodnotu zadanou MAM, funkce osa se vypne po zrušení funkce MAJ a funkce MAM se neobnoví.

6.3.3 Motion Axis Move



Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

Motion control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Move type Jak se bude osa pohybovat.

absolute nebo 0-osa dojede na danou pozici.

incremental nebo 1-osa se otočí o požadovaný počet otáček, směr se zadá znaménkem.

rotary shortest path nebo 2-Pro rotační osu, osa najede na pozici nejbližším možným směrem.
rotary positive nebo 3-osa najede na požadovanou polohu kladným směrem otáčení.
rotary negative nebo 4-osa najede na požadovanou osu záporným směrem otáčení.

Position Definice, kam nebo o kolik otáček se má motor otočit, přesný význam závisí na Move type.

Ostatní parametry jako u MAJ

Instrukce slouží k natočení osy na požadovanou polohu nebo o požadovanou vzdálenost. Pokud pozici chceme po zavolání funkce změnit, musíme opět zavolat MAM s novými parametry. Změna rychlosti, zrychlení nebo zpomalení je možná pomocí funkcí MCD a MAM.

6.3.4 Motion Axis Stop

Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

Motion control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Stop Type Definuje co se má zastavit.

all nebo 0-zastaví všechny probíhající funkce.

jogging nebo 1-ruší funkci MAJ.

moving nebo 2-zastavuje motor jedoucí na pozici danou MAM.

gearing nebo 3-ruší vazbu mezi motory vzniklou pomocí MAG.

homing nebo 4- zastavuje nastavování absolutní polohy.

tuning nebo 5-zastavuje nastavování parametrů.

test nebo 6-zastavuje testování osy.

position camming nebo 7-ruší vazbu mezi osami vzniklou MAPC.

time camming nebo 8-ruší časovou závislost osy nastavenou pomocí MATC.

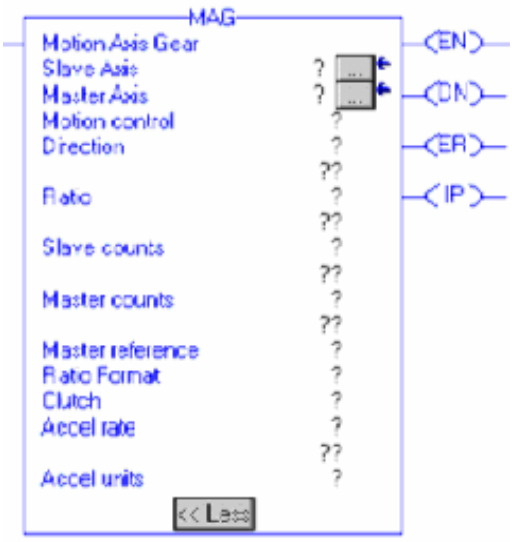
Change Decel *no* nebo 0-Brzdí maximální možnou rychlostí danou proudovou zpětnou vazbou.

yes nebo 1-Brzdí se zadaným zpomalením.

Ostatní parametry jako u MAJ

Tato funkce zastavuje pohyby os vyvolané různými funkcemi, volit můžeme jednotlivé typy pohybů nebo zastavit veškeré pohyby.

6.3.5 Motion Axis Gear



Slave Axis Závislá osa

Master Axis Řídicí osa

Motion control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Direction Nastavuje směr otáčení závislé osy.

same nebo 0-Závislá osa se otáčí ve stejném směru jako řídicí.

opposite nebo 1-Závislá osa se otáčí v opačném směru než osa řídicí.

reverse nebo 2- Osa se po každém spuštění točí jiným směrem, jednou stejně jako řídicí, podruhé opačně.

Unchanged nebo 3-Osa se otáčí ve stejném směru jako dosud.

Ratio Převodový poměr

Slave counts Celé číslo udávající o kolik otáček, pulsů encoderu… se má otočit závislá osa za počet otáček, pulsů encoderu… daný *Master counts* řídicí osy. Poměr udává převodový poměr.

Master counts Viz *Slave counts*.

Master reference Zda se mají vázat požadované, ideální rychlosti nebo skutečné rychlosti motorů. Pokud za sebe navážeme více jak dvě osy ,doporučuji použít ideální rychlosti, protože již třetí v řadě zapojený motor znatelně kmitá.

Ratio Format Jak má být zadán převodový poměr

real nebo 0-Převodový poměr je zadán poměrem, parametr *ratio.*

ifraction slave master count nebo 1-Poměr zadán *pomocí Slave/Master count.*

Clutch Jak rychle se má motor rozbíhat.

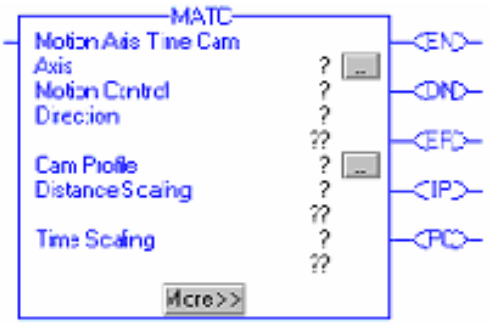
disable nebo 0-Motor se rozbíhá maximální možnou rychlostí, okamžitě po spuštění dodržuje převodový poměr.

enable nebo 1-Uplatní se zadávané zrychlení, motor se roztáčí pomocí „spojky“ zadaným zrychlením teprve po dosažení rychlosti dané převodovým poměrem se motor tohoto převodu „chytí“.

Ostatní viz MAJ

Instrukce se používá pro navání os v daném převodovém poměru „virtuální převodovka“. Pokud potřebujeme převodový poměr změnit, zavoláme funkci znovu s novým převodovým poměrem.

6.3.6 Motion Axis Time Cam



Axis Osa, ke které se příkaz vztahuje.

Motion Control Řídící struktura s příznaky průběhu funkce.

Directin Stejně jako u MAG

Cam Profile Zadaný profil podle, kterého se motor otáčí.

Distance Scaning Číslo, kterým se násobí y_osa Cam funkce (poloha).

Time Scaning Číslo, kterým se násobí x_osa Cam funkce (čas).

Execution Mode Jak má být funkce spouštěna.

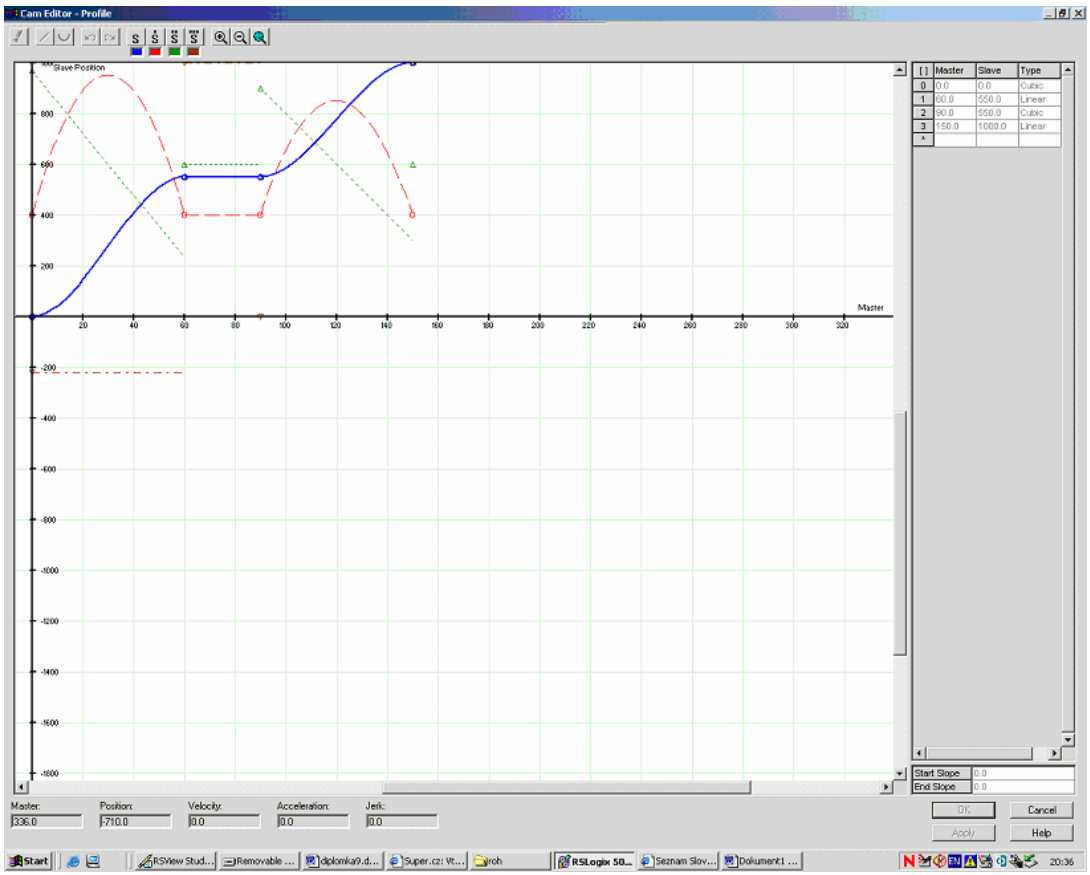
Once nebo 0-cam profil se spustí jednou.

Continuous nebo 1-cam profil se bude stále opakovat, motor stále opakuje stejný cyklus.

Execution schedule *Immediate*-okamžité spuštění motoru, bude se pohybovat po cam profilu.

Pending-Osa se podle tohoto cam profilu roztočí po dokončení předchozí cam instrukce. Vede na plynulé napojení CAM instrukcí.

Funkce se spouští náběžnou hranou a užívá se pokud chceme, aby se osa přesně pohybovala po nějaké s zadané trajektorii, kterou pro její složitost nechceme programovat sekvencí předchozích funkcí. Příznakové bity znamenají totéž jako u MAH nebo MAM. Pozor pokud je u této funkce nastaven příznak EN (spouštěcí signál je v log_1) automaticky se resetuje příznak PC.



Master Pozice master osy nebo čas

Slave Pozice slave osy

Type Typ proložení funkce lineární nebo kubické

Start Slope Jaká bude počáteční rychlost na začátku CAM profilu

End Slope Jaká má být konečná rychlost po skončení CAM profilu

7 Kapitola
Použitý software

7.1 Úvod

Veškerý software nutný pro naprogramování této práce je od firmy Rockwell Automation Jedná se o čtyři programy RSLinx, RSLogix 5000, RSView Studio Machine Edition a ControlFlash.

7.2 RSLinx

RSLinx je kompletní komunikační server poskytující síťové propojení rozmanitého softwaru od Rockwell Software s širokou paletou zařízení. Jako příklad softwaru využívajícího RSLinx uvádím RSLogix 5, RSLogix 500, RSLogix 5000, RSView32, RSView Studio a další. Navíc poskytuje napojení vizualizačních programů jiných firem na firemní zařízení, sběr dat, analýzu zpráv nebo napojení jiného softwaru.

RSLinx je zároveň OPC serverem pracujícím na standardu OPC Data Access 2.05 specifications. Umožňuje propojení například s C/C++ client, OPC Automation interface for VB/VBA clients. Dále podporuje následující formáty DDE: AdvanceDDE, XL_TBL, CF_TXT, pro client software jako je Microsoft Excel.

Dále je pomocí tohoto programu možné kontrolovat stav sítě a přitom nezávisí na tom z kolika podsítí se skládá. Je dokonce možné procházet mezi několika typy sítí. Příklad: Počítač je připojen k ethernetu, na kterém je několik zařízení, pomocí serveru RSLinx můžeme kontrolovat jejich základní parametry. Pokud je nějaké z nich připojeno například na ControlNet, lze monitorovat i tuto síť a její zařízení, takto se můžeme dostávat hlouběji a hlouběji a do dalších typů sítí. Tento software dále poskytuje základní informace o zařízeních a u některých umožňuje i jejich základní parametrizaci, jako nastavování IP adres u ethernetovských modulů atd.

7.3 RSLogix 5000

Je určen pro vytváření projektů, nastavování hardwarové konfigurace a parametrování všech připojených modulů pro všechna PAC řady logix, a to od nejmenšího systému FlexLogix, přes CompactLogix a Driveogix, až po největší systém ControlLogix.

Program lze psát pomocí reléového žebříčkového schématu, funkčních bloků, strukturovaného textu nebo Grafsetu zde nazývaný SFC. Jednotlivé formy mezi sebou nejsou bohužel převoditelné. A některé funkce se vyskytují jen v některých formách zápisu. Hlavní výhodou tohoto softwaru je, že nepotřebujeme jiný software k naprogramování a nastavení celého systému. Vlastní komunikaci se zařízeními poskytuje RSLinx. Více o tomto prostředí na [18], [20].

7.4 RSView Studio Machine Edition

Slouží k vytváření vizualizací pro panely operátora řady PanelView Plus a VersaView. Obrazovky vytvořené v tomto prostředí jsou snadno přenositelné do RSView Eneterprise, ve kterém se vytváří vizualizace pro počítače. Tím neztrácíme čas při výrobě několika vizualizací. Toto prostředí přináší proti svému předchůdci PanelView32 možnost práce s grafikou na vysoké úrovni, přináší širší spektrum barev a vyšší rozlišení. Není nutné používání Tag databáze, pomocí RSLinx Eneterprise se lze přímo navázat na proměnné v PAC. Tag databáze zůstala zachována pro případy, kdy je vhodné ji využít.

7.5 ControlFlash

Je program umožňující nahrávání nového firmwaru do jednotlivých modulů PAC. Pro zprostředkování komunikace opět slouží RSLinx. Fyzicky je toto nahrávání možné pomocí sériové linky procesoru nebo přes některý z komunikačních modulů.

8 Kapitola
Závěr

8.1 Seznámení s řídicím systémem

Během práce jsem se seznámil s programovatelnými automaty ContolLogix firmy Rockwell Automation, jejich programováním a komunikačními linkami. Nejvíce jsem se zaměřil na komunikace po specializované optické síti SERCOS a koaxiální deterministické síti ControlNetu, které jsem potřeboval znát pro řízení modelu. Dále jsem se seznámil se servozesilovači řad Kinetix 6000 a Kinetix Ultra 3000, jejich nastavením a instrukcemi, které umožňují tyto moduly a motory k nim připojené řídit.

8.2 Model

Model jsem navrhl společně s vedoucím mé diplomové práce Ing. Jindřichem Fukou. Konstrukční řešení a výrobní dokumentaci na základě našich požadavků zpracoval p. Petr Zouhar.

Během zkoušení modelu se postupně objevili nedostatky. Největší problém způsobuje variátor, který nelze roztočit do otáček, s nimiž jsme původně počítal. To je způsobeno uložením příruby v diferenciálu na drážkovaném hřídeli, který velký kotouč variátoru dostatečně necentruje. Další omezení spočívá v samotném diferenciálu, jenž není konstruován na rychlé otáčení pouze jedním kolem, proto doporučujeme maximální otáčky velkého kola variátoru 1200 ot/min.

Poslední omezení spočívá v řešení lineárního posuvu pomocí šroubu s jemným závitem. Tento šroub je ve spojení s dlouhou matkou velice náchylný na nesprávné zacházení. Pokud šroub mažeme málo nebo s ním točíme příliš rychle, může se zadírat, pokud ho naopak mažeme moc, zanesou se závity mazivem, které postupně při provozu vysychá, proto šroub klade stále větší odpor, až jím motor neotočí. Proto při mazání posuvu je nutné postupovat velice opatrně, šroub mazat jen tak, aby byl závit mastný, ale ne mazivem zanesený. Jednoduchá kontrola pro grafitovou vazelínu, musí být vidět závity a šroub musí být černý. Maximální doporučná rychlost lineárního posuvu je 400 ot/min neboli posun 6,67 mm/s.

8.3 Program

Pro model byl navržen jeden kompletní program sdružující dva stroje. Každý z těchto strojů je možné spustit ve třech módech automatickém, manuálním a opravném, který je pro oba stoje společný. Bezpečnost zajišťuje, nejen naprogramovaný bezpečnostní stop, který má za úkol stroj co nejrychleji kontrolovaně zastavit, ale i ochrany proti nechtěnému spuštění, startovací klíček a spouštěcí sekvence rozdělená na dvě části spouštěné nezávislými tlačítky. Pro případ, že by softwarový stop nefungoval, odpojí servozesilovače od napájení časové relé. Ale toto zastavování není kontrolované a rychlé, každý z motorů zastavuje nezávisle na ostatních motorech v závislosti na celkové setrvačnosti na hřídeli.

8.4 Vizualizace

Vizualizace se skládá z několika obrazovek, které zobrazují informace o systému a umožňující nastavení parametrů stroje. Všechny obrazovky jsou dvojjazyčné, jedinou výjimku tvoří alarmy, které nejsou v současné době mnohajazyčně podporovány. Toto má odstranit další verze firmwaru a RSView Studia.

8.5 Testování

Testování probíhalo v několika fázích a při různém rozpracování modelu a programu. Protože v době, kdy jsem prováděl první zkoušky programu, nebyl model ještě hotov, sestavil jsem jen základ řídicího systému a na něm program zkoušel. Při tomto zkoušení byla odladěna většina nejzávažnějších chyb programu. Při tomto testování jsem našel i čtyři chyby v ***Motion control***. Tyto chyby byly odeslány do Rockwell automation. Po osazení rozvaděče byl tento testován na správnost zapojení jednotlivých rozvodů. Po úplném zapojení byl model testován jako celek.

8.5.1 Motion chyby

Chyby, kterými se v této podkapitole zabývám, jsem objevil při testování programu a nebyly způsobeny chybou mého programování. Jako první jsem zkoušel, jak se servosystém a program zachová, pokud se přeruší datové nebo silové kabely k motorům, dále přerušení povolovacích signálů servozesilovačů a nakonec přerušení optického kruhu SERCOS. Po přerušení SERCOS, jeho opětovném zapojení se občas samovolně rozběhly. Tuto chybu jsem izoloval a spolu s dalšími poslal 4.1.2007 Ing. Sládkovi z výzkumné střediska Rockwell Automation . Detailní popis chyb je v následujících podkapitolách.

8.5.1.1 Nežádoucí rozbíhání motorů po opravě SERCOS

Pokud dojde k volání instrukce MAJ (motion axis jog) ve stejném cyklu, kdy dojde k přerušení optického spojení sercos, instrukce MAJ se částečné provede, ale nenastaví příznaky, že probíhá. Při opětovném oživení motoru MSO (motion servo on) dojde k roztočení motorů. Motory mají nastaveny příznaky jako by se nepohybovaly, nereagují na instrukci MAS (Motion axis stop).

Možnost jak motory zastavit:

- Opět volat instrukci MAJ. Dojde k nastavení příznaků a motory se dají zastavit pomocí MAS
- Voláním instrukce MSF (motion servo off), nebo MASD (motion axis shutdown) a teprve poté oživit motory pomocí MSO

Motory nelze jiným způsobem zastavit.

8.5.1.2 Soft over travel

Jestliže tato chyba nastane, nelze ji resetovat, a to ani MAFR (motion axis off and reset). Jediná možnost jak jí vypnout, je odjet s motorem do povolené oblasti nebo předefinovat jeho pozici pomocí MRP (motion redefine position). Jiná možnost vypnutí této chyby není. Tato chyba je nastavována i v době, kdy motor není aktivní, není ***drive enable***, a neumožní oživení motoru MSO (motin servo on), a to ani pokud je nastavena jen jako ***status only***, tedy jako pracovní koncový spínač.

Ve stavu ***status only*** umožní tato chyba otáčení motoru (spouštění všech pohybových instrukcí i jejich provádění), mohu se pohybovat i mimo pracovní oblast, ale pokud motor mimo tuto pracovní oblast vypnu už není možné ho zde znovu zapnout. Není tedy možné se dostat zpět do pracovní oblasti, nepočítám-li ruční otáčení motorem, nebo předefinování polohy pomocí MRP (motion redefine position).

Hard over taravel tímto nedostatkem netrpí, chyba je nastavována jen pokud je motor drive enable a lze ho tedy oživit i mimo pracovní oblast a do pracovní oblasti dojet, aniž bych motorem otáčel ručně, nebo aniž bych přišel o pozici motoru při předefinování jeho polohy.

8.5.1.3 MCD (motion change dynamics) mění směr

Instrukce MCD mění směr otáčení motoru znaménkem u rychlosti a to i pokud jsem Motor předtím roztočil příkazem MAJ, za použití rychlosti a zvlášť nastavovaného parametru pro směr otáčení ***direction***. Dokumentace o změně směru otáčení mlčí. Dokumentace tvrdí, že mění jen rychlost a zrychlení.

8.5.1.4 U některých funkcí zůstává viset *enable*

Po skončení některých funkcí, občas zůstává nastaven příznakový bit ***enable,*** i když tyto funkce už nejsou spuštěny. Jmenovitě u funkcí MASR,MSO,MSF.

8.5.1.5 Odezva od Rockwell automation

9.1.2007 přišel vedoucímu mé práce Ing. Jindřich Fukovi od Ing. Sládka email, ve kterém děkuje za upozornění na tyto chyby. Email je součástí 4. přílohy. 15.1.2007 přišel od Ing. Josefa Nekvindy z technické podpory Rockwell Automation email upozorňující na mnou nalezenou chybu viz. 8.5.1.1. Email dále oznamuje, že nový firmware odstraňující tuto chybu by měl být k dispozici koncem v únoru 2007. Email je též součástí 4. přílohy.

8.6 Návrhy dalšího využití modelu

Na modelu by bylo možno změnit zapojení inkrementálního čidla a místo na HSC ho připojit na vstup ***Auxilary feedback*** jednoho z modulů Kinetix. K tomuto modulu přidat osu typu ***Feed back only***, která by počítala rychlost a polohu čidla pravděpodobně přesněji než stávající zapojení a funkce.

Fyzická omezení daná vnitřním uspořádáním diferenciálu by bylo možno odstranit, pokud bychom neregulovali na nulové otáčky encoderu, ale na otáčky stejné jako má druhá poloosa. Tím bychom se vyhnuli nežádoucím otáčkám satelitů uvnitř diferenciálového koše.

Další změnu by mohla přinést nová verze RSLogixu (verze 16), která by měla umožňovat psaní vlastních funkcí, a tedy by bylo možno navrhnout sofistikovanější řídicí algoritmus.

Další možností, jak využít model, je zrušit polohové zpětné vazby serv a nastavit je jen jako vazby momentové a řídit motory jako klasickými frekvenčními měniči. Vypadá to sice jako krok zpět, ale s možností psát vlastní funkce se objevují nové zajímavá řešení.

9 Zdroje

[1] Doc. Ing. Jan John, CSc. Systémy a řízení.

[2] Doc. RNDr Jozef Nagy CSc, RNDr Ondřej Navrátil Ph.D Matematická analýza.

[3] Rockwell automation, *1756-IN027E_-EN-P.pdf,* [online], vydáno 7.2003, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1756-in027_-en-p.pdf >

[4] Rockwell automation, *1756-IN030E_-EN-P.pdf,* [online], vydáno 10.2004, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1756-in030_-en-p.pdf >

[5] Rockwell automation, *1756-IN080C_-EN-P.pdf,* [online], vydáno 12.2003, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1756-in080_-en-p.pdf>

[6] Rockwell automation, *1756-IN571B_-EN-P.pdf,* [online], vydáno 4.2001, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1756-in571_-en-p.pdf>

[7] Rockwell automation, *1756-IN572G_-EN-P.pdf,* [online], vydáno 5.2005, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1756-in572_-en-p.pdf>

[8] Rockwell automation, *1756-QR107C_-EN-P.pdf,* [online], vydáno 6.2005, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/qr/1756-qr107_-en-p.pdf>

[9] Rockwell automation, *1756-RM086A_-EN-P.pdf*, [online], vydáno_2.2001, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm086_-en-p.pdf>

[10] Rockwell automation, *1756-RN619C_-EN-E.pdf*, [online], vydáno 11.2006, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rn/1756-rn619_-en-e.pdf>

[11] Rockwell automation, *1756-UM001E_-EN-P.pdf*, [online], vydáno 5.2005, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-en-p.pdf>

[12] Rockwell automation, *1756-UM007_-EN-P.pdf*, [online], vydáno 10.2000, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um007_-en-p.pdf>

[13] Rockwell automation, *2094-IN001H_-EN-P.pdf*, [online], vydáno 7.2006, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2094-in001_-en-p.pdf>

[14] Rockwell automation, 2098-*IN003E_-EN-P.pdf*, [online], vydáno 4.2004, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2098-in003_-en-p.pdf>

[15] Rockwell automation, *2711P-IN001E_-EN-P.pdf*, [online], vydáno 3.2006, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2711p-in001_-en-p.pdf>

[16] Rockwell automation, *LOGIX-IN002A_-EN-P.pdf*, [online], vydáno 2.2006, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/logix-um002_-en-p.pdf>

[17] Rockwell automation, *MP-IN001E_-EN-P.pdf*, [online], vydáno 4.2004, cit.[9.1.2007], <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/mp-in001_-en-p.pdf>

[18] http://www.ab.com/

[19] http://www.controlnet.org/

[20] http://www.controltech.cz/

[21] http://www.eltra.it/

[22] http://www.sercos.org/

[23] http://www.volkswagen.cz/

[24] http://www.wikipedia.org/

10 Seznam zkratek

CNC	**C***omputer* **N***umerical* **C***ontrol*	Číslicové řízené počítačem
COS	**C***hange* **O***f* **S***tate*	Změna stavu
HSC	**H***ight* **S***peed* **C***ounter*	Vysokorychlostní čítač
LIM	**L***ine* **I***nterface* **M***odul*	Jistící a filtrovací modul
LVDT	**L***inear* **V***ariable* **D***ifferencial* **T***ransformer*	Lineární indukční snímač polohy
OPC	**O***LE for* **P***roces* **C***ontrol*	Komunikační protokol pro sdílení dat
PAC	**P***rogramable* **A***utomatic* **C***ontroler*	Programovatelný automat
PWM	**P***ulse* **W***idth* **M***odulation*	Pulsně šířková modulace
RAM	**R***andom* **A***cces* **M***emory*	Náhodný přístup do paměti
RPI	**R**equest **P**acket **I**nterval	Požadovaná doba odezvy
RTB	**R**emote **T**erminal **B**ase	Vyjímatelná svorkovnice
SERCOS	**SE***rial* **R***ealtime* **CO***mmunication* **S***ystem*	Optická průmyslová síť servosystémů
USB	**U***niversal* **S***erial* **B***us*	Univerzální sériová sběrnice

11 Použitý software

Při tvorbě této diplomové práce jsem užíval následující software.

RSLinx	verze 2.43.01.23(CPR6)
RSLogix 5000	verze15.01.00
RSView Studio Machine Edition	4.00.00(CPR7)
ControlFlash	
Microsoft Word	
Microsoft Excel	

12 Použité projekty

Silet - Petr Zouhar, ***Model převíječe*** v Bruntále 10.2006

Návrh konstrukce a výkresová dokumentace modelu převíječe

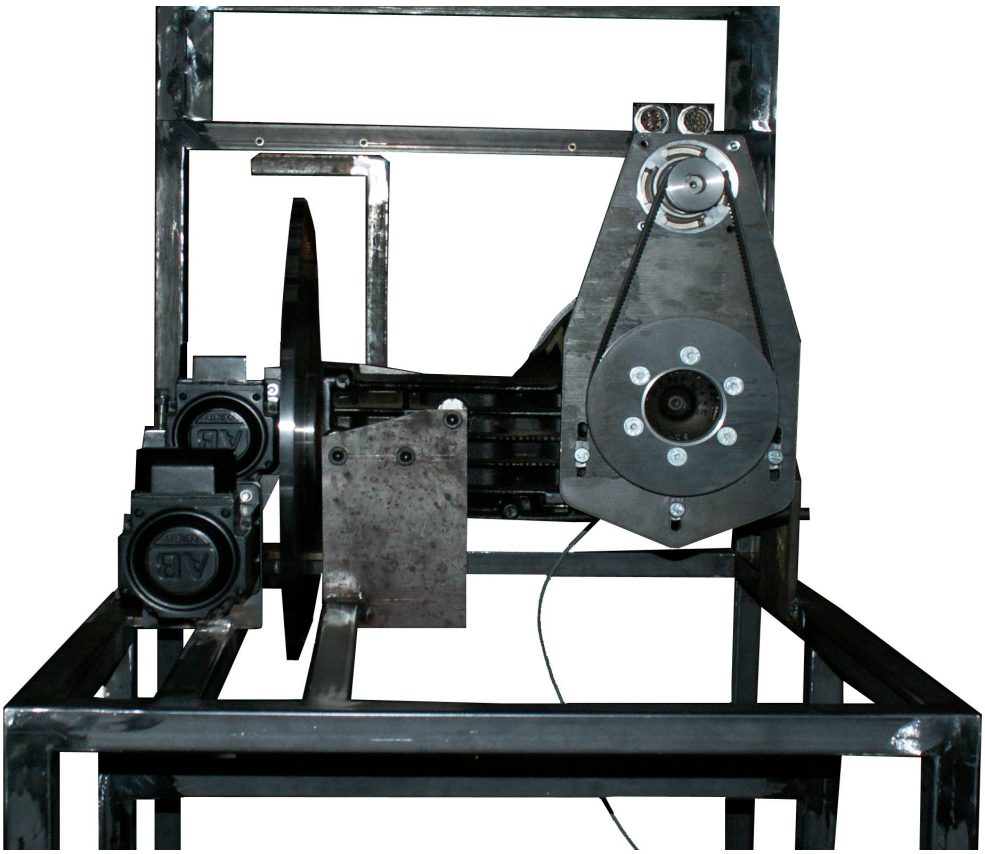
Příloha 1 Fotodokumentace

Celkový pohled na kostru modelu osazenou soustrojím, při první zkoušení komponent.

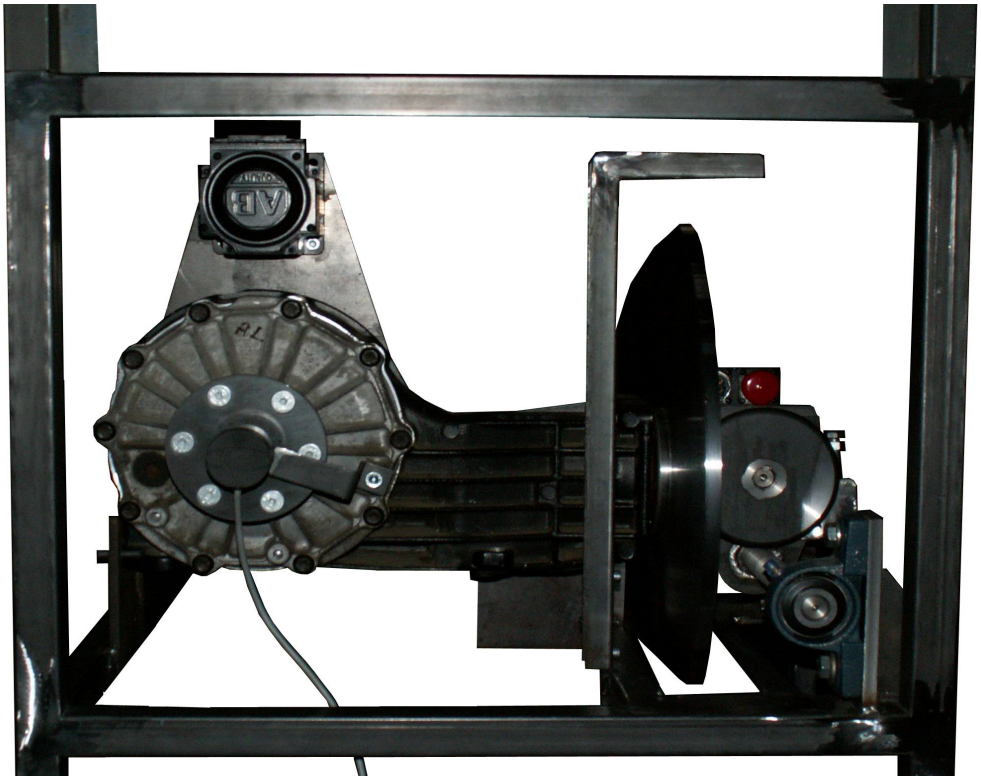
Model ještě nemá přivařen operátorský panel.

Příloha 1

Pohled na soustrojí ze strany operátora. Na fotografii jsou vidět všechny tři motory, řemenicový převod a řešení napínání řemenu.



Pohled na soustrojí ze zadní strany modelu. Na fotografii je vidět uchycení závitové tyče a encoder.

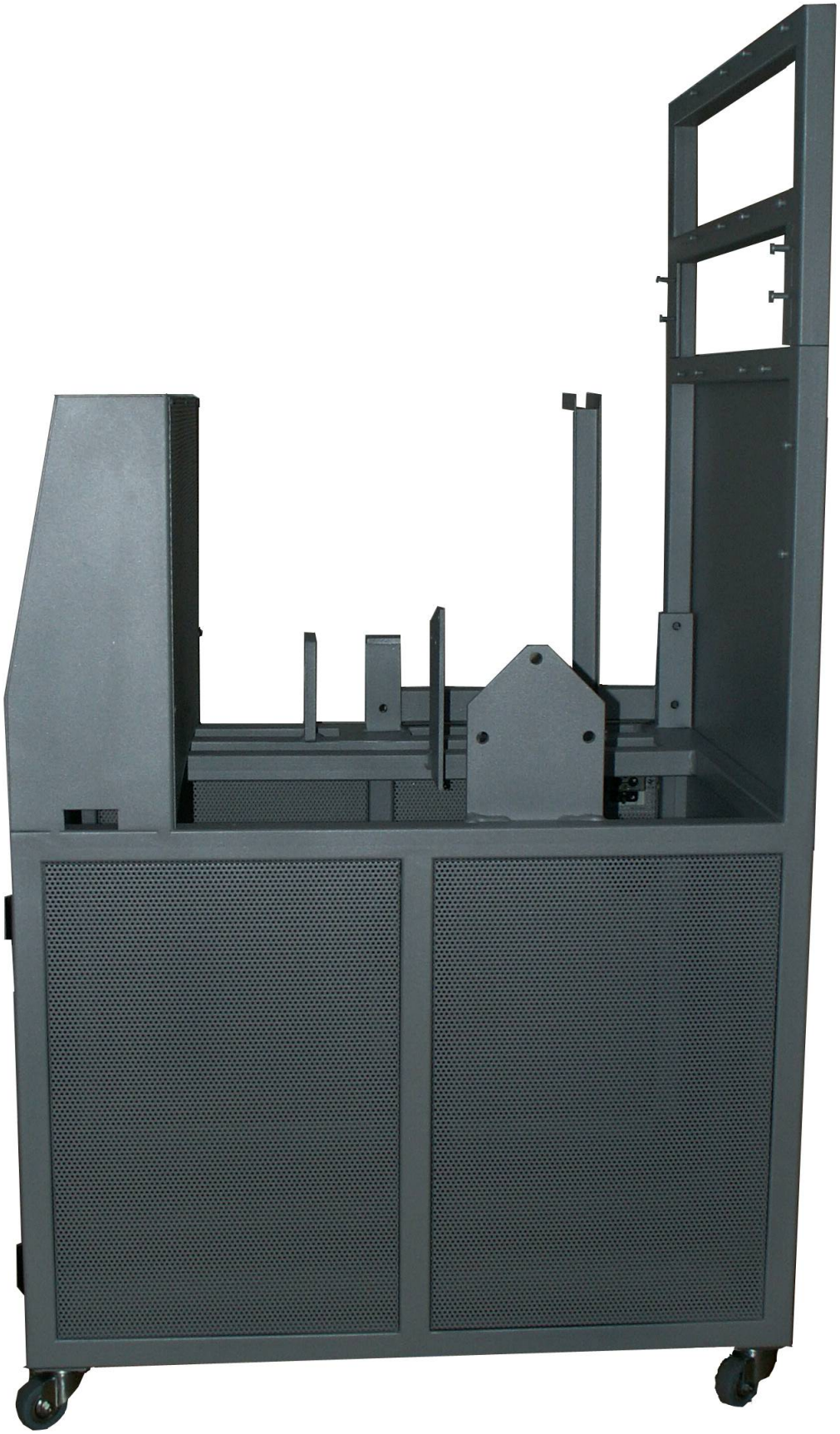


Příloha 1

Pohled na neosazený model po nalakování. Na fotografii je vidět kabelový most pro kabely motoru variátoru, dále příruba motoru lineárního posuvu a část přítlačného mechanizmu.

Příloha 1

Pohled na neosazený model po nalakování. Na fotografii je vidět uchycení diferenciálu a opět část přítlaku variátoru, přírubu motoru lineárního posuvu a kabelová most.

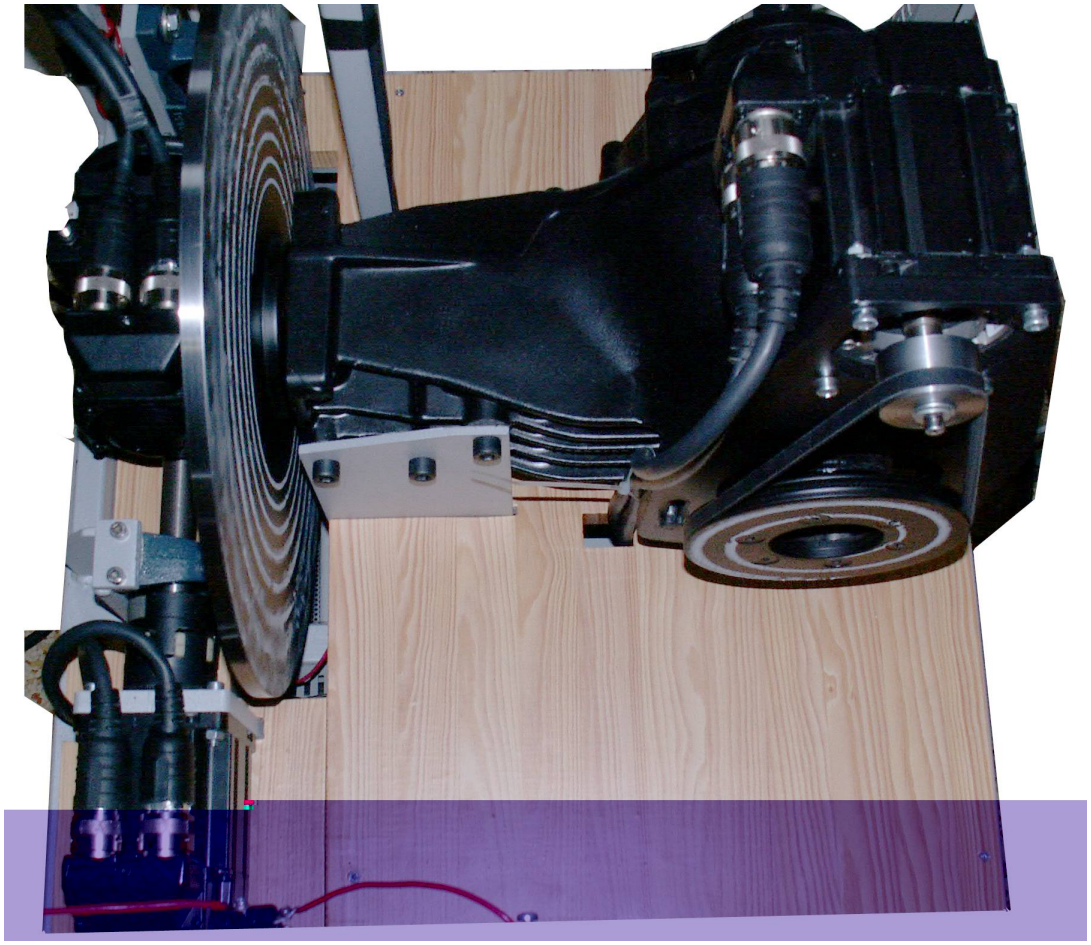


Příloha 1

Pohled na model po osazení. V době vzniku fotografie ještě nebyl model vybaven ochranným krytem.

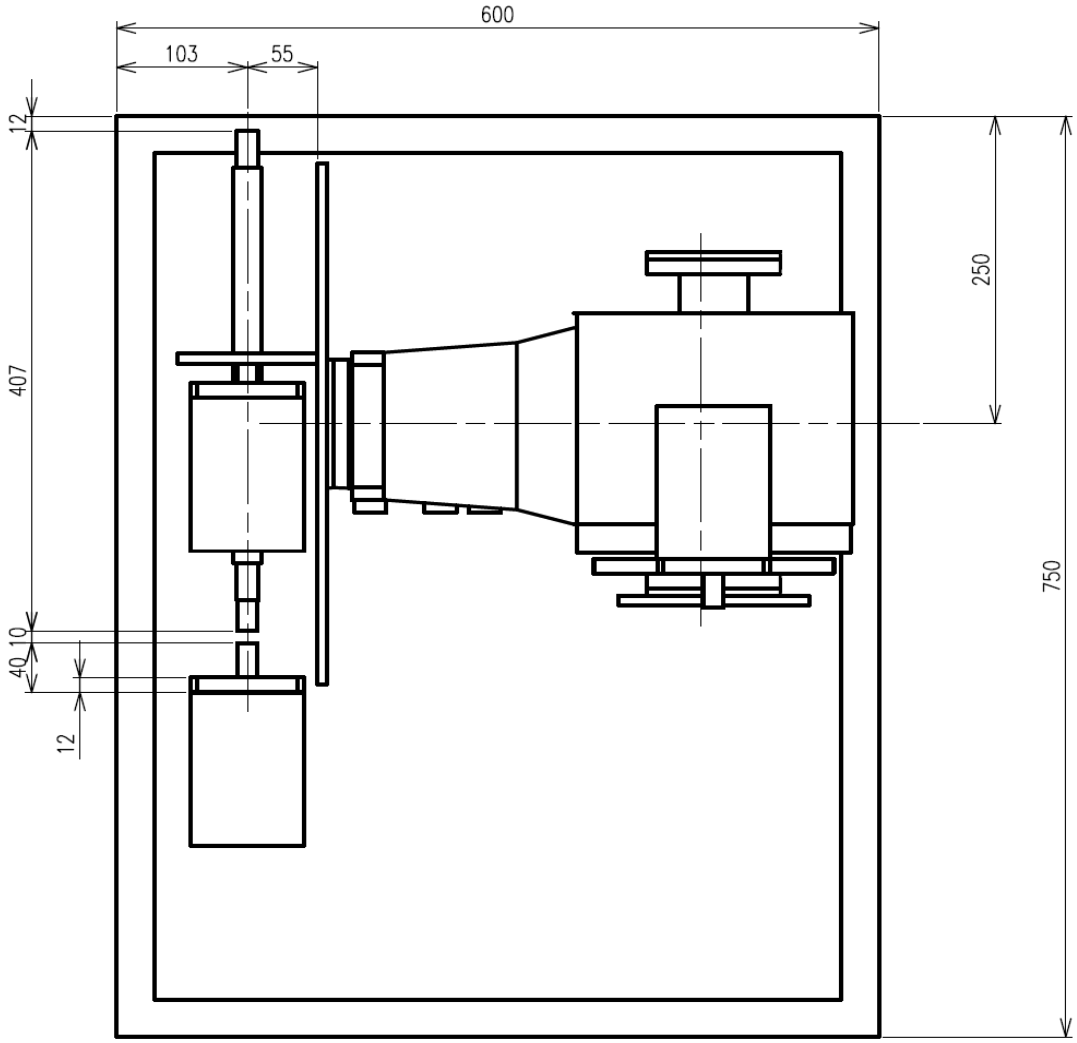
Příloha 1

Pohled na soustrojí modelu. Na modelu jsou vidět všechny motory závitová tyč a uchycení diferenciálu.



Příloha 2 Výkresová dokumentace

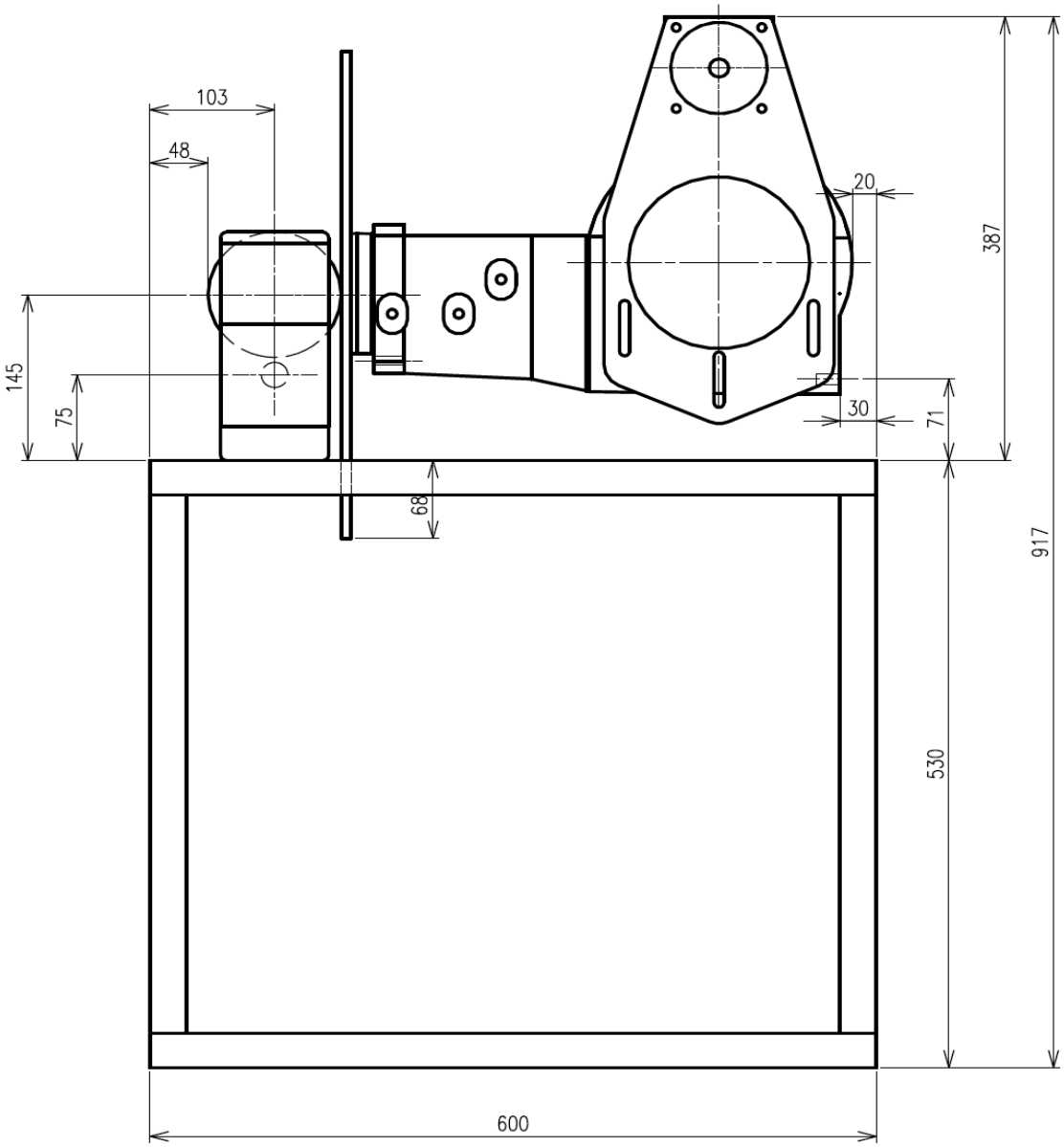
Vypracoval Petr Zouhar Půdorys



SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	1:5
NÁZEV	PŮDORYS			Č.VÝKRESU	DIPL-00-D

Příloha 2

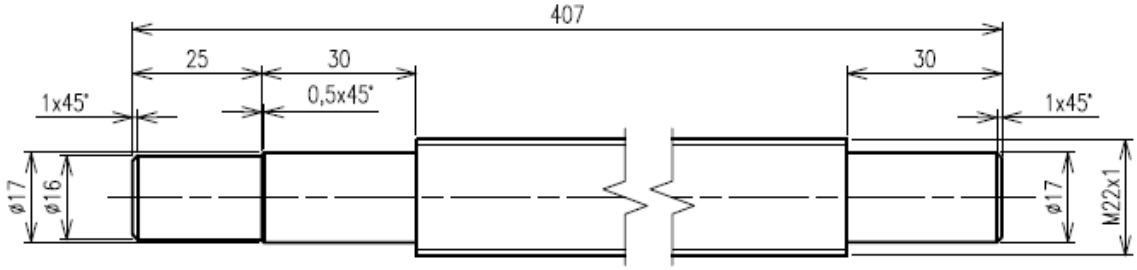
Vypracoval Petr Zouhar Bokorys

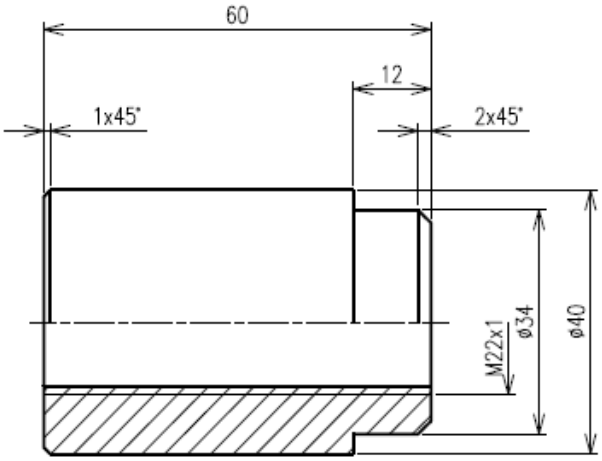


SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	1:5
NÁZEV	POHLED ČELNÍ			Č.VÝKRESU	DIPL–00–C

Příloha 2

Vypracoval Petr Zouhar Hřídel a matka

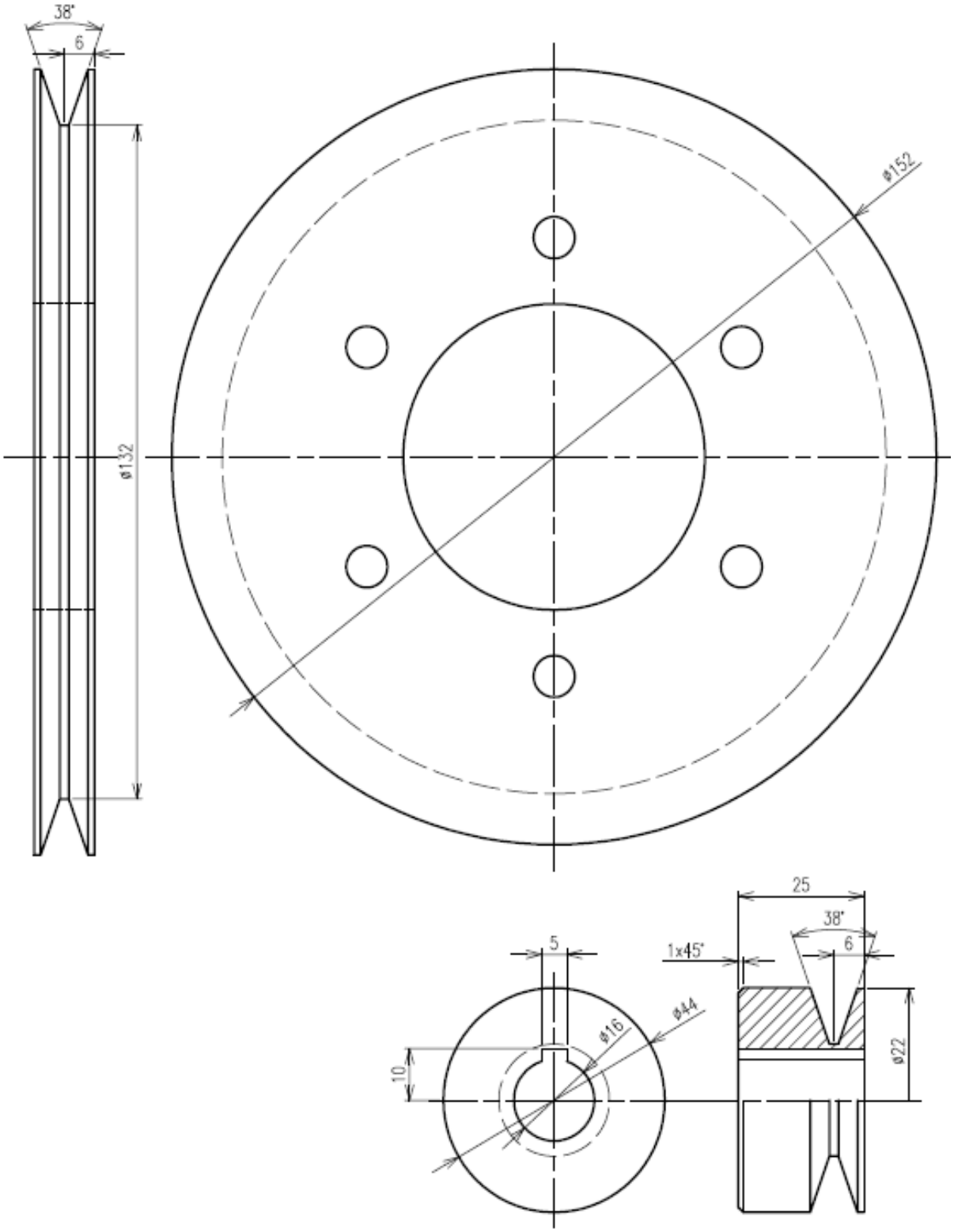




SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	1:1
NÁZEV	ŠROUB POSUVU, MATICE			Č.VÝKRESU	DIPL–00–04

Příloha 2

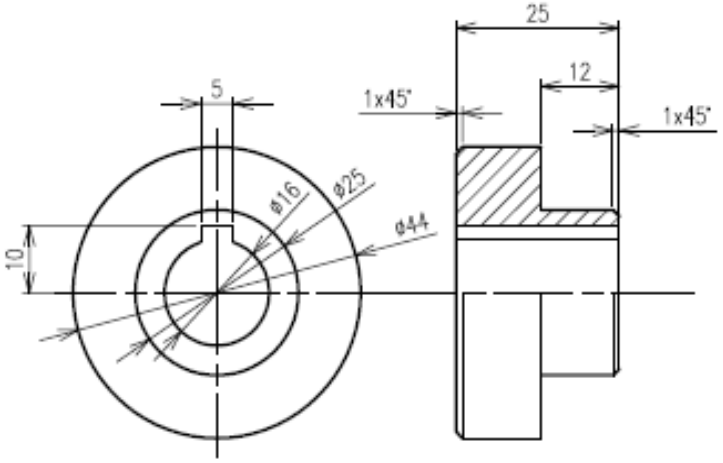
Vypracoval Petr Zouhar Řemenice

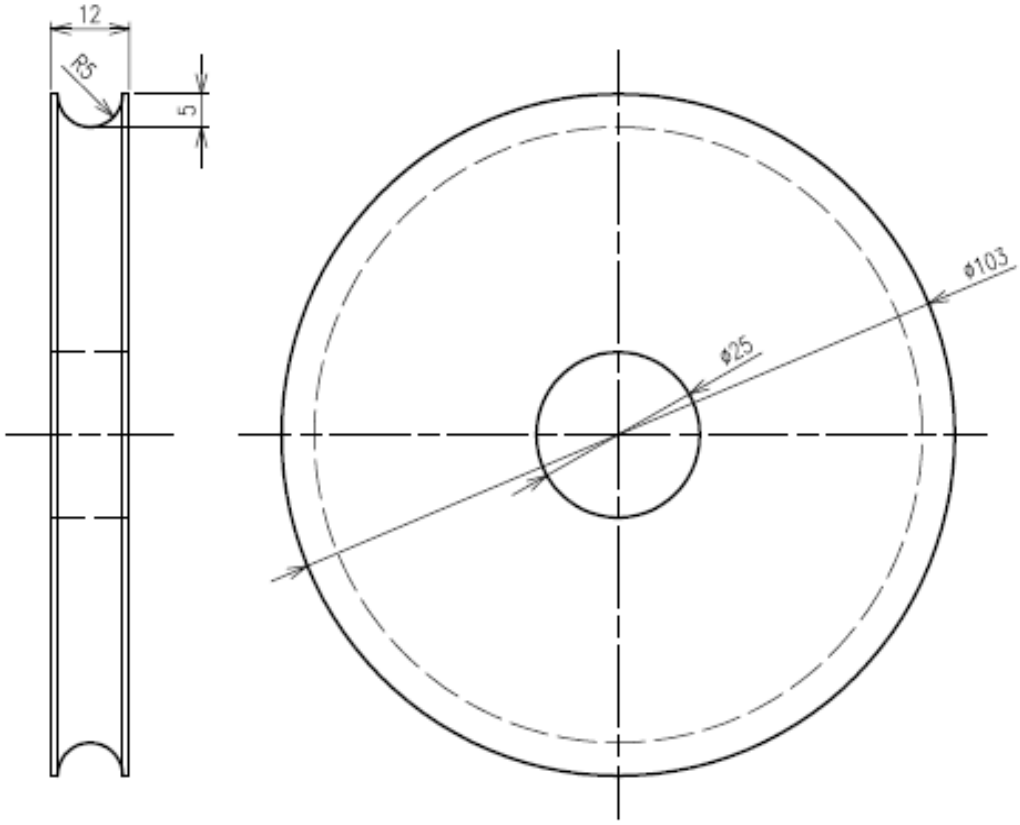


SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	1:1
NÁZEV	ŘEMENICE			Č.VÝKRESU	DIPL–00–03

Příloha 2

Vypracoval Petr Zouhar Malé variátorové kolo

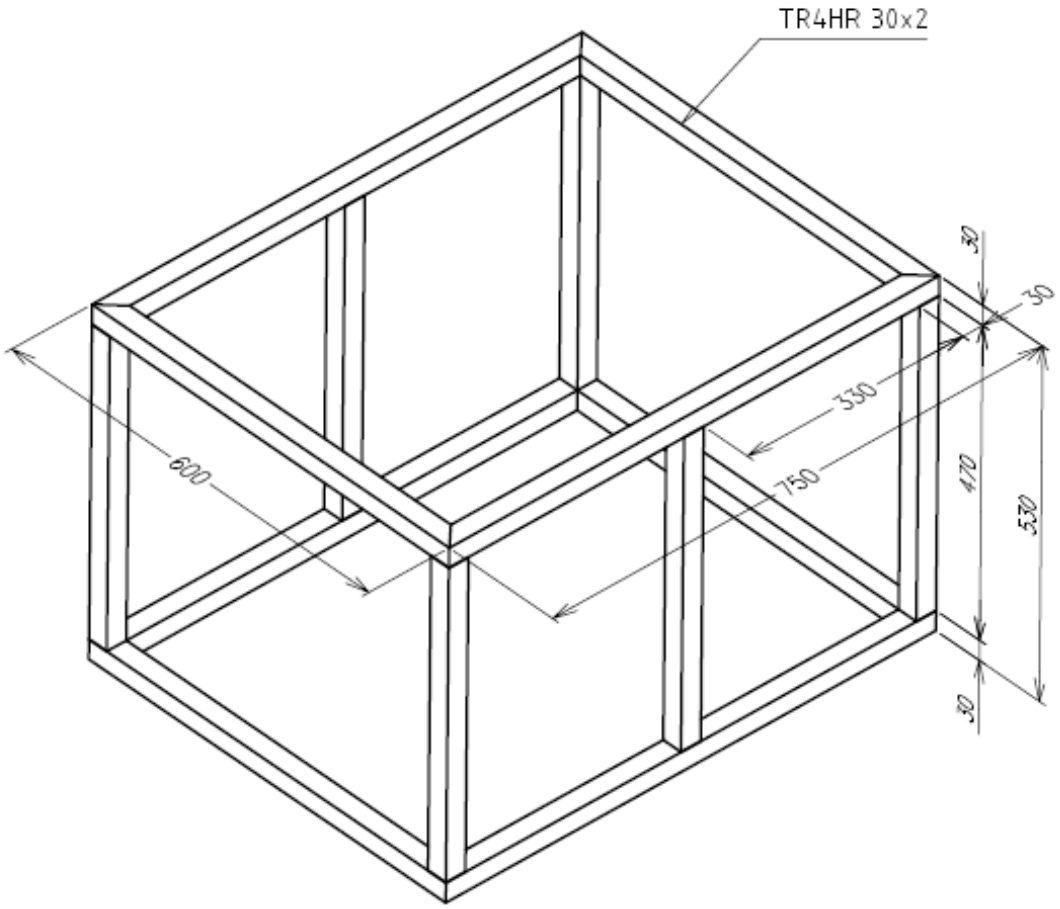




SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	1:1
NÁZEV	HNACÍ KOLO			Č.VÝKRESU	DIPL–00–02

Příloha 2

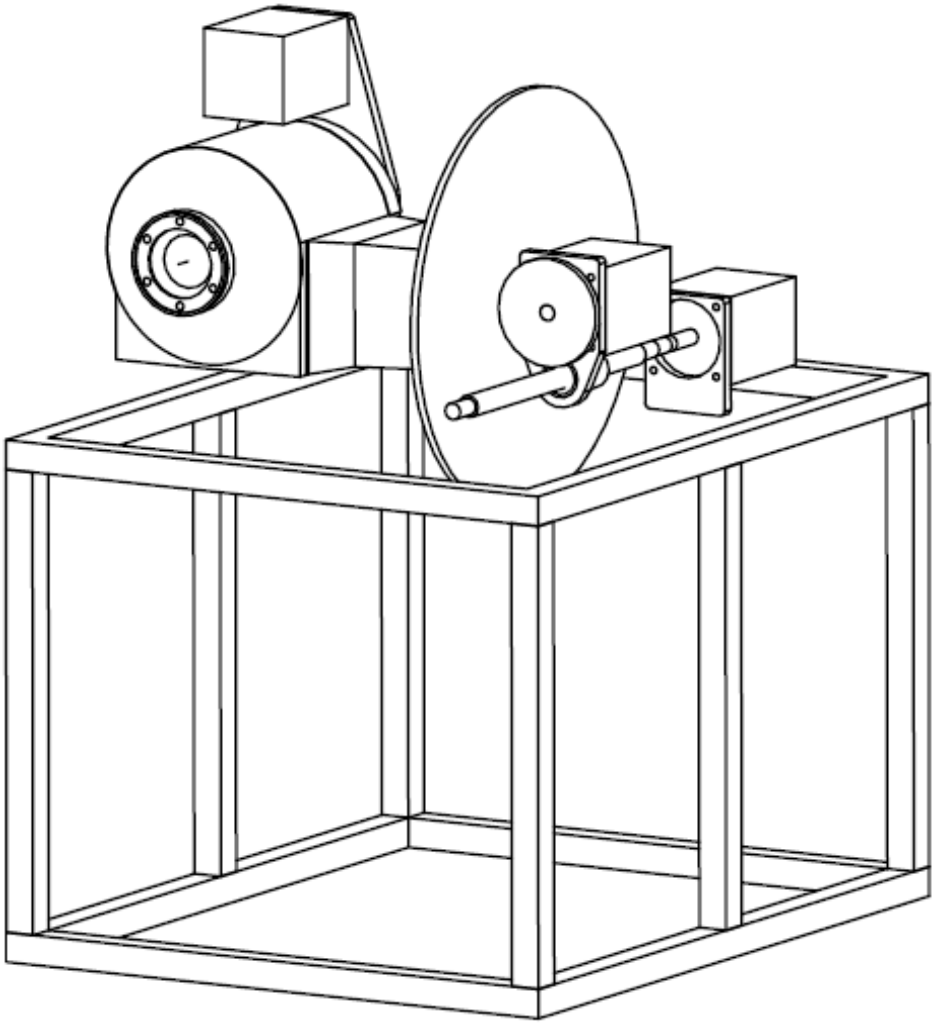
Vypracoval Petr Zouhar Rám 3D pohled



SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	
NÁZEV	**PODKONSTRUKCE**			Č.VÝKRESU	DIPL–00–01

Příloha 2

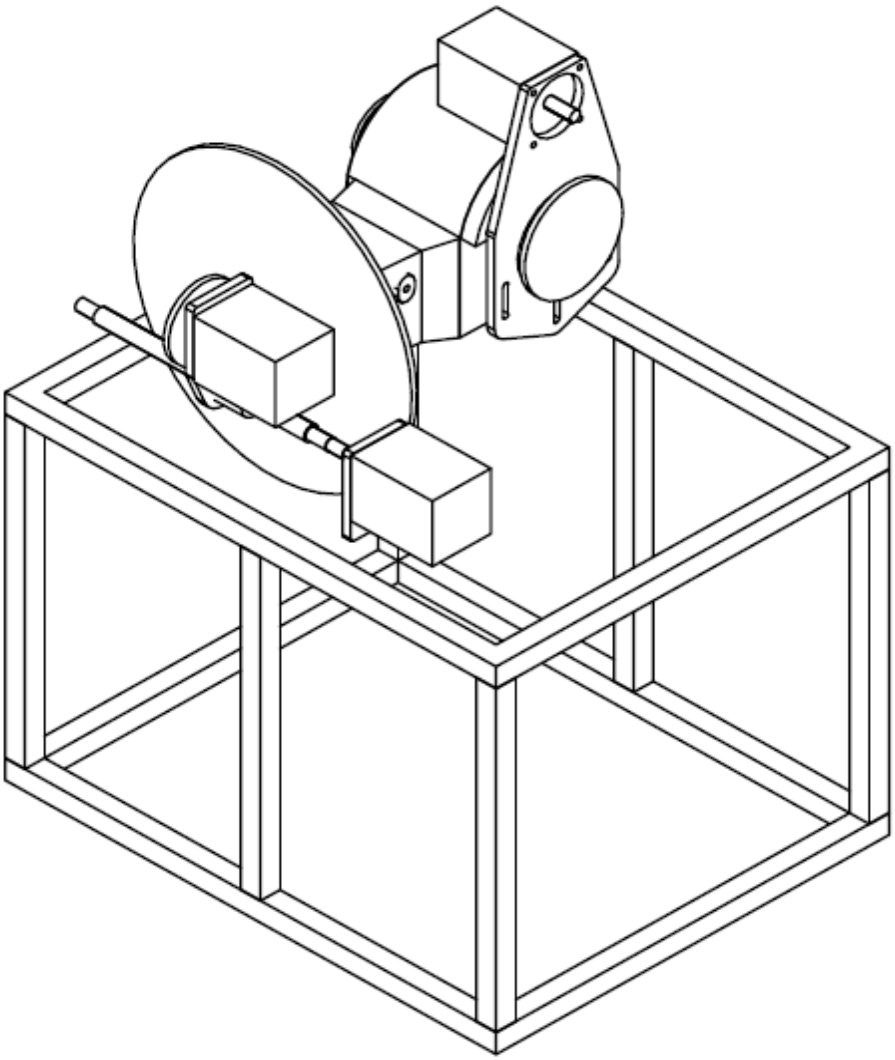
Vypracoval Petr Zouhar Stroj 3D pohled



SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	
NÁZEV	POHLED AXONOMETRIE			Č.VÝKRESU	DIPL–00–B

Příloha 2

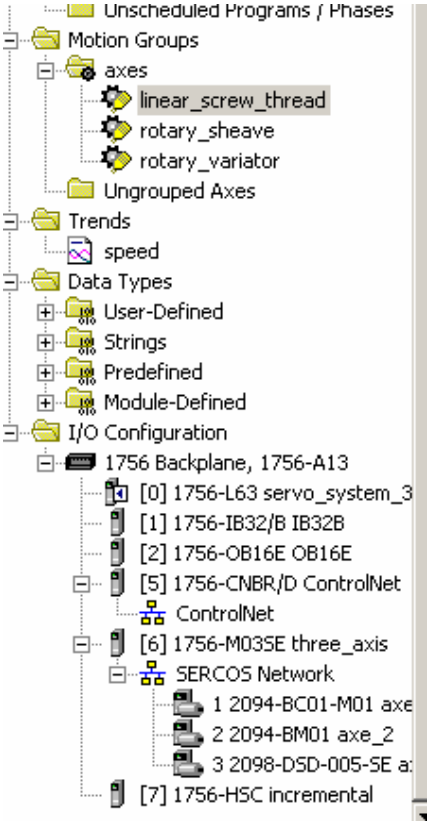
Vypracoval Petr Zouhar Stroj 3D pohled



SILET-ZOUHAR PETR 9.KVĚTNA 6, 792 01 BRUNTÁL, INFO@SILET.CZ, 603 430 189				PROMÍTÁNÍ	
				DATUM	20.11.2006
KRESLIL	ZOUHAR	SCHVÁLIL	ROH	MĚŘÍTKO	
NÁZEV	POHLED AXONOMETRIE			Č.VÝKRESU	DIPL–00–A

Příloha 3 Hardwarová konfigurace SERCOS

Úvod do hardwarové konfigurace



Hardwarová konfigurace slouží k základnímu nastavení vlastností jednotlivých modulů systému. Definuje význam některých vstupů a výstupů, podle typu modulů může hlídat hodnoty veličin na těchto vstupech nebo výstupech. Dále může definovat typ a vlastnosti zařízeních připojených k těmto modulům.

Hardwarové konfigurace.

Pod modulem 1756-M03SE v aplikaci nazvaným ***Three_axis*** jsou umístěny jednotlivé servozesilovače, které jsou s modulem spojeny pomocí SERCOS.

2094-BC01-M01 nazvaný axe_1 (servozesilovač motoru řemenice)

2094-BM01 nazvaný axe_2 (servozesilovač motoru variátoru)

2098-DSD-005-SE nazvaný axe_3 (servozesilovač motoru lineárního posuvu)

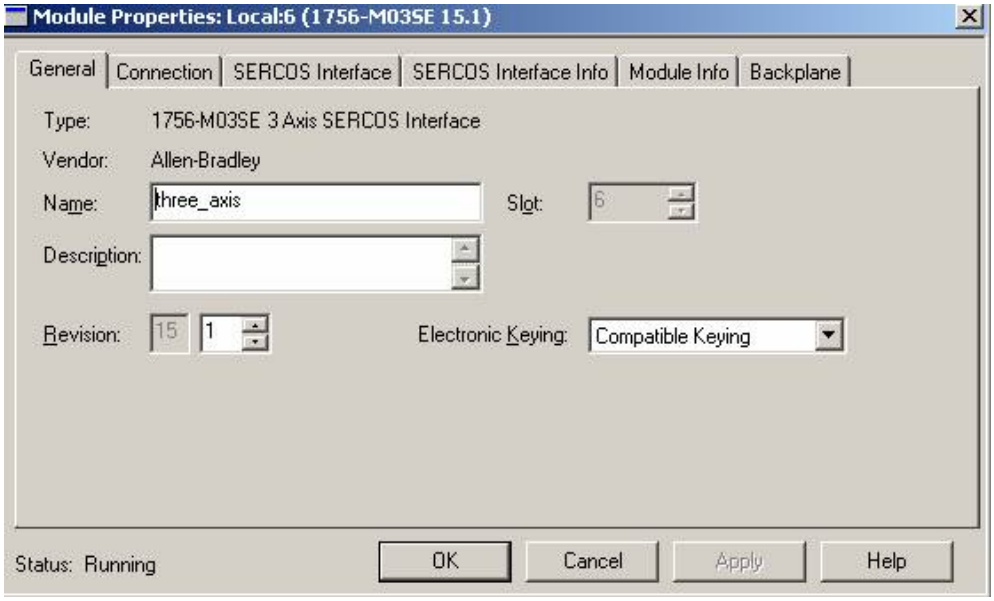
O něco výš ve složce Motion Groups, podsložka axes obsahuje tři osy linear_screw_thread, rotary_sheave a rotary_variator

axe_1 je propojena s rotary_sheave (osa řemenice)

axe_2 je propojena s rotary_variator (osa variátoru)

axe_3 je propojena s linear_screw_thread (osa lineárního posuvu)

Nastavení modelu 1756-M03SE



Type Typ modulu

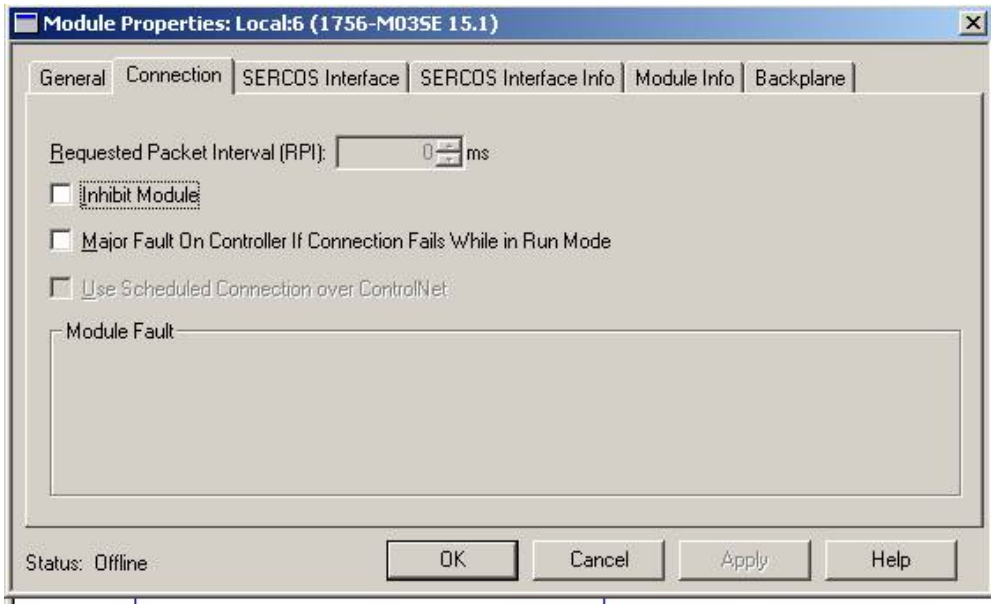
Vendor Výrobce

Name Vložit název modulu

Slot Číslo slotu v chassis

Revision Číslo aktuální revize modulu

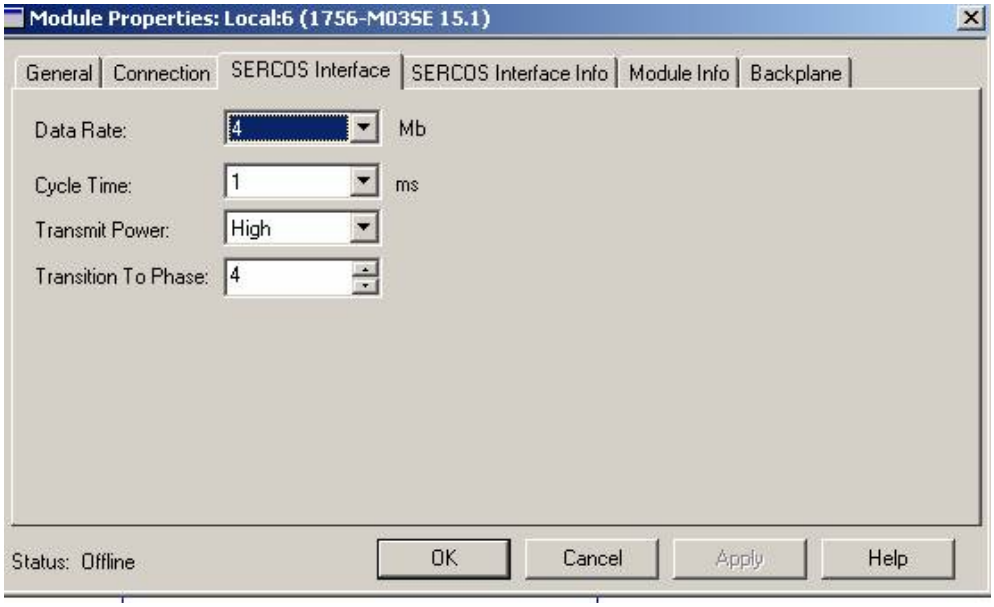
Electronic Keying Sám si zjistí a ověří číslo revize pokud je vyšší než číslo zadané v poli ***Revision***



Inhibit Module Odpojení modulu, systém se chová jako by tento modul nebyl

Major Fault On Controler Vznik chyby komunikace s modulem za běhu automatu vyvolá Majoritní chybu na procesoru, dojde k zastavení automatu

Module Fault Seznam chyb modulu



Data Rate Nastavená rychlost SERCOSU

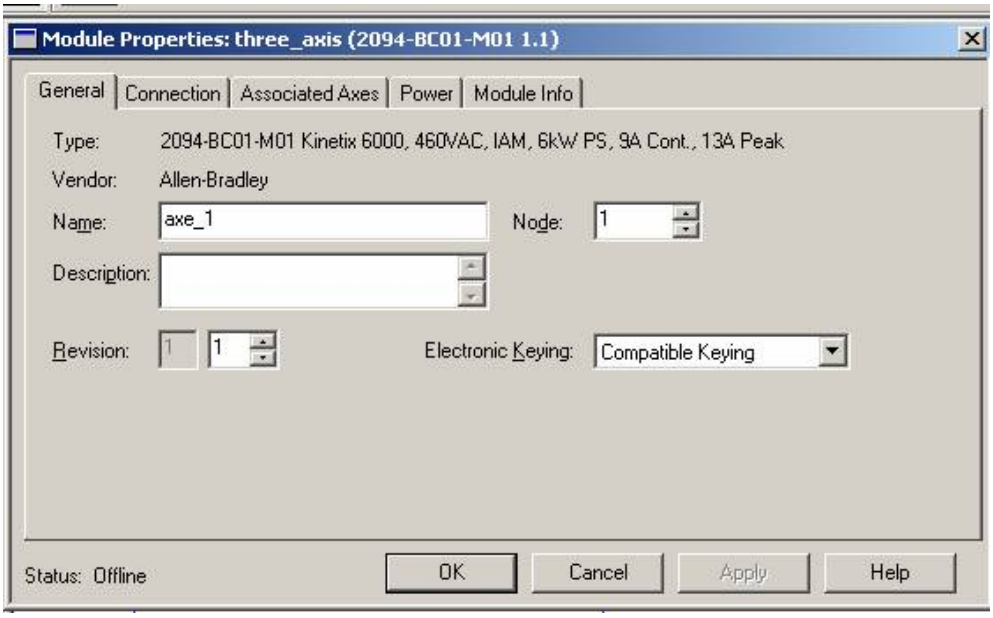
Cycle Time Doba jednoho cyklu SERCOSU

Transmit Power Energie vysílaného optického signálu

Transmition to Phase Definuje, ve které fázi komunikace se má zastavit komunikace. Standardně nastaveno na 4.

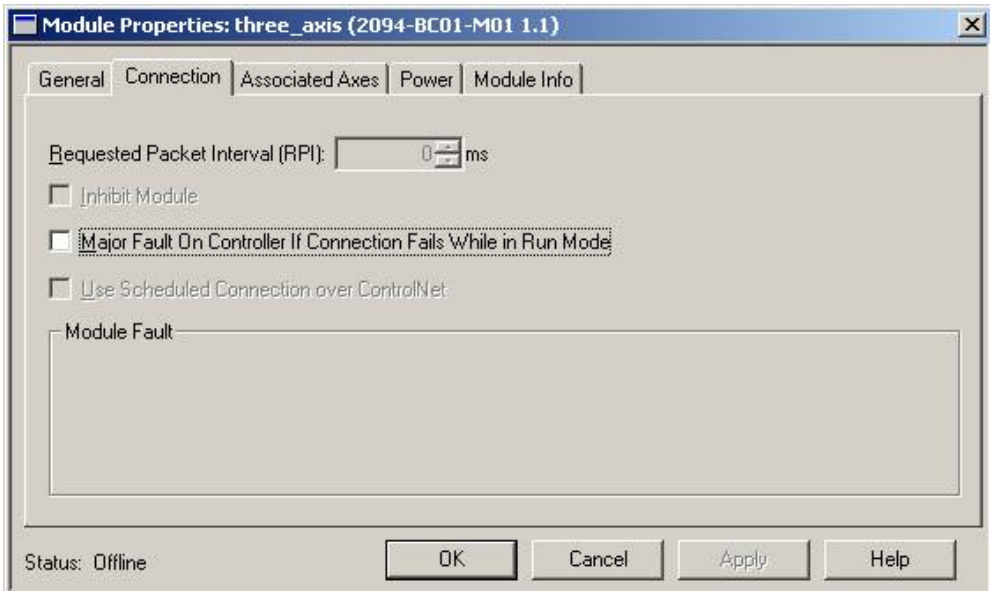
Další karty jsou jen informační a nelze na nich nic nastavovat, proto je zde neuvádím.

Nastavení modulu 2094-BC01-M01



Obdobná základní konfigurační obrazovka jako u předchozího modulu

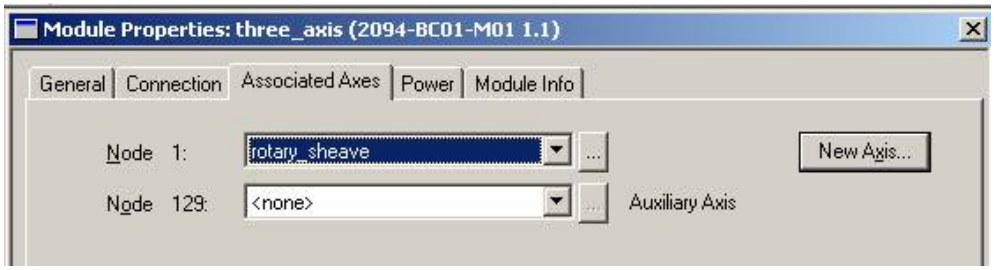
Jediná změna (kromě obsahu) je v poli ***Node***, kde se nezadává číslo slotu, ale adresa SERCOS



Inhibit Module Odpojení modulu, systém se chová jako by tento modul nebyl

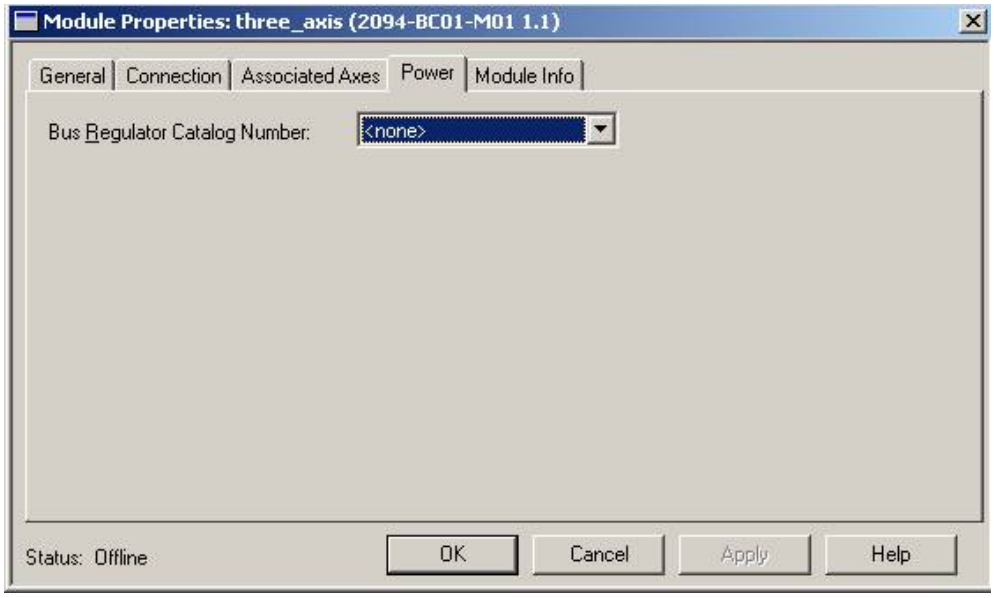
Major Fault On Controler... Vznik chyby komunikace s modulem za běhu automatu vyvolá Majoritní chybu na procesoru, dojde k zastavení automatu

Module Fault Seznam chyb modulu



Node 1: Název osy, kterou chceme spojit s daným servozesilovačem Osa musí být typu **AXIS_SERVO_DRIVE** dále konfigurovaná jako ***Servo***. Je to aktivní osa.

Node 129: Název osy, kterou chceme spojit s daným servozesilovačem Osa musí být opět typu **AXIS_SERVO_DRIVE** dále konfigurovaná jako ***Feedback_Only*,** Osa se bude chovat pouze jako pasivní snímač.



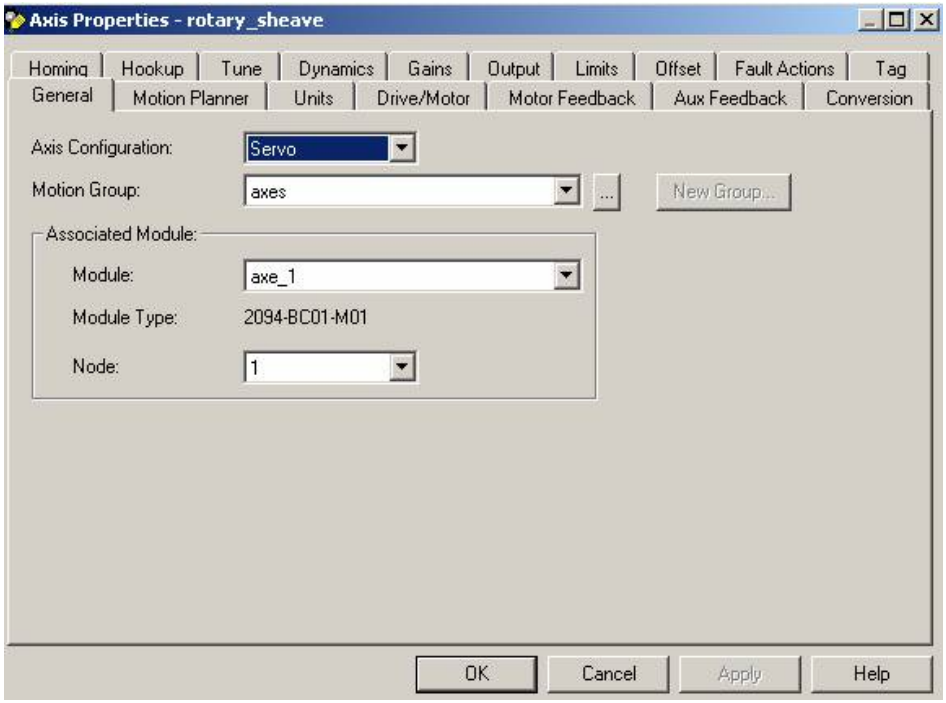
Jde o propojení stejnosměrného meziobvodu mezi moduly, umožňuje rekuperaci.

Zakázání není úsporné, ale nic nezkazí.

Poslední karta je pouze informační. A proto jí zde neuvádím.

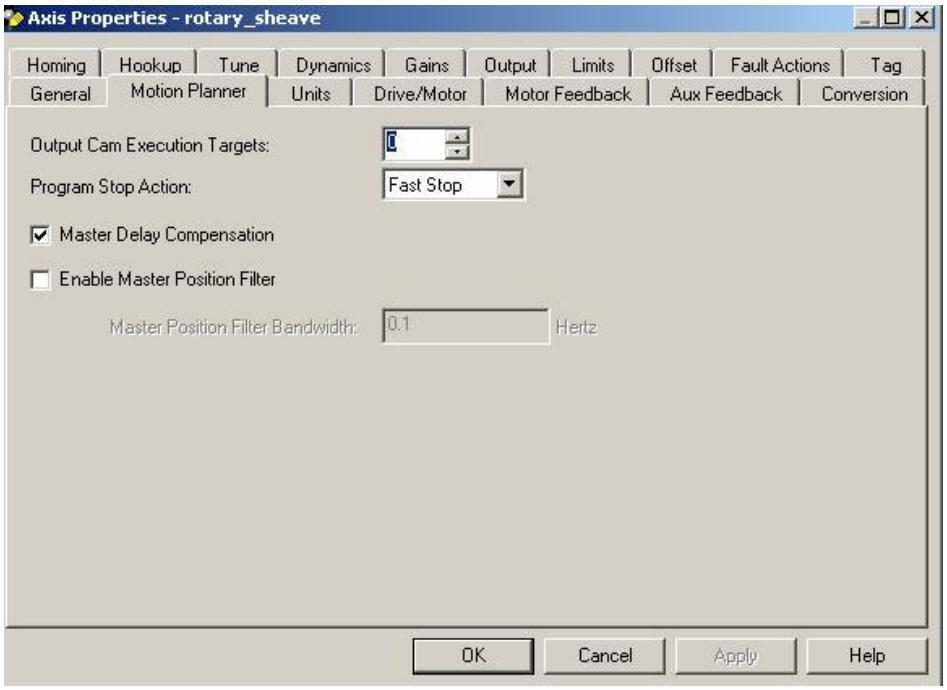
Ostatní servozesilovače se nastavují obdobně.

Nastavení OS

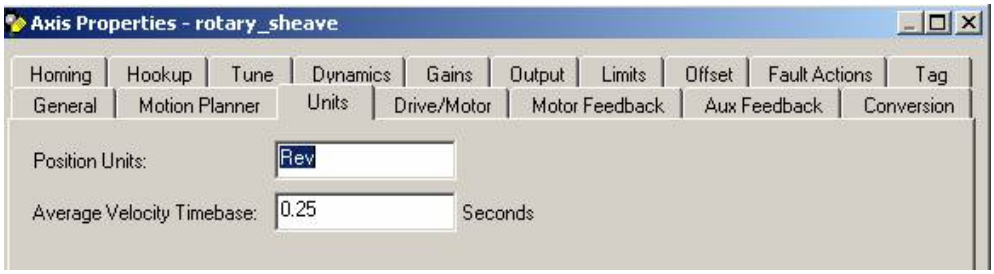


Axis Configuration Servo/Feedback only Aktivní/ pasivní osa

Motion Group Do jaké skupiny os tato osa patří (nepodařilo se mi vytvořit více než jednu skupinu, aby program fungoval)

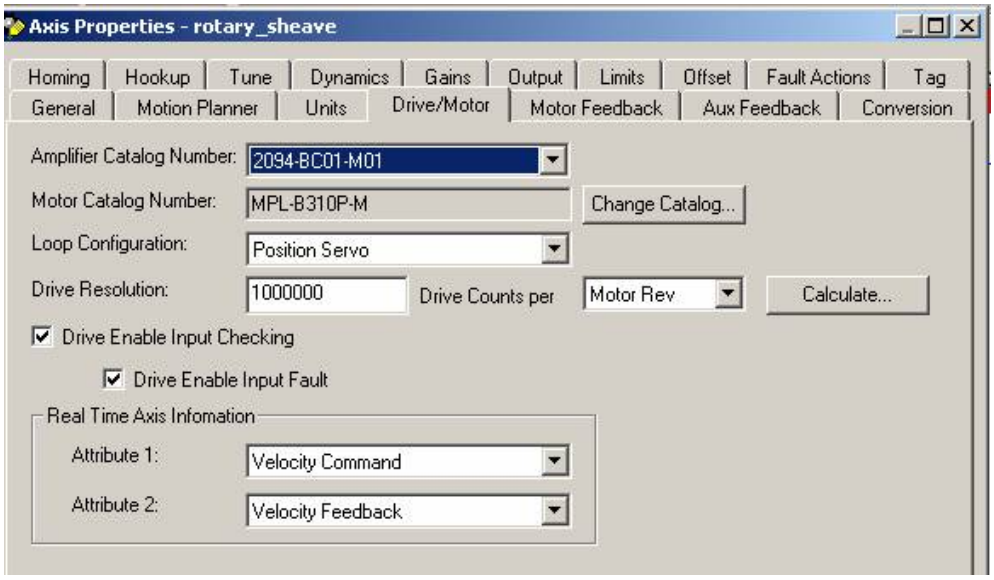


Pro CAM funkce neplatí omezení nastavená v ostatních kartách. Jediné parametry, které tyto funkce užívají se nastavují na této kartě.



Positin Units Jednotky, v kterých bude program počítat (jen informační)

Average Velocity Timebase Interval, po který se průměruje průměrná rychlost



Amplifier Catalog Number Katalogové číslo servozesilovače spojeného s osou

Motor Catalog Number Katalogové číslo motoru nastavuje se po stisknutí Cahnge Catalog

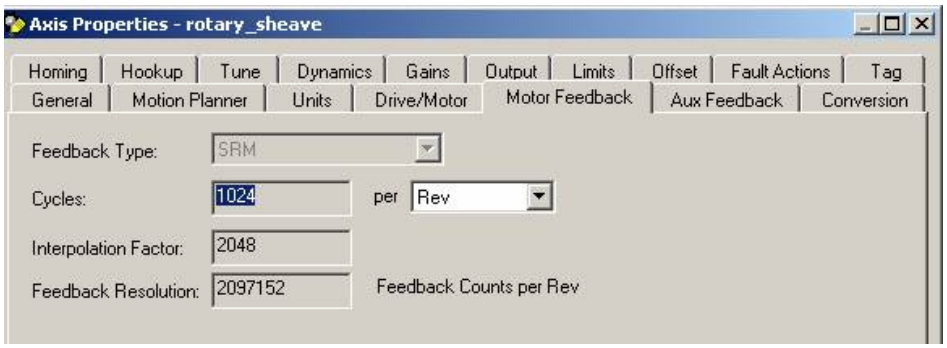
Loop Configuration Nastavení typu zpětné vazby polohová, rychlostní momentová .....

Drive Resolution Číslo udává něco jako počet pulsů na otáčku, nejlépe nastavit pomocí ***Calculate***,je možné počítat i se zařazením převodovky

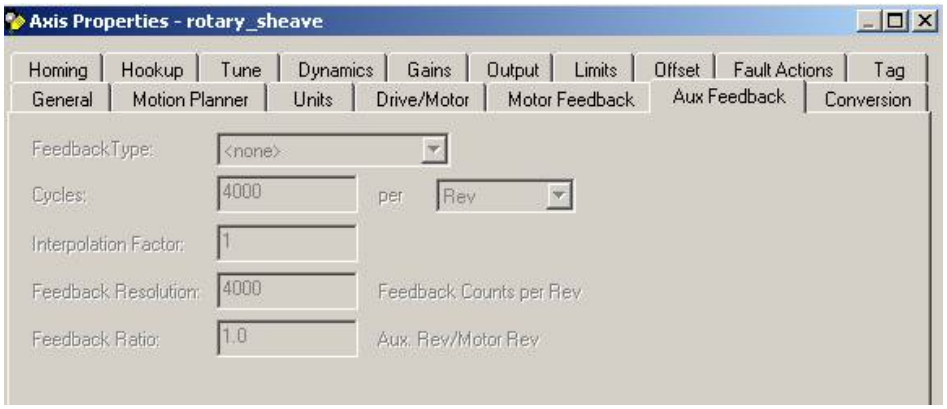
Drive Enable Input Cecking Aktivace jen po hardwarovém povolení enable

Drive Enable Input Fault Povolení nastavení chyby při vypnutí hardwarového ENABLE

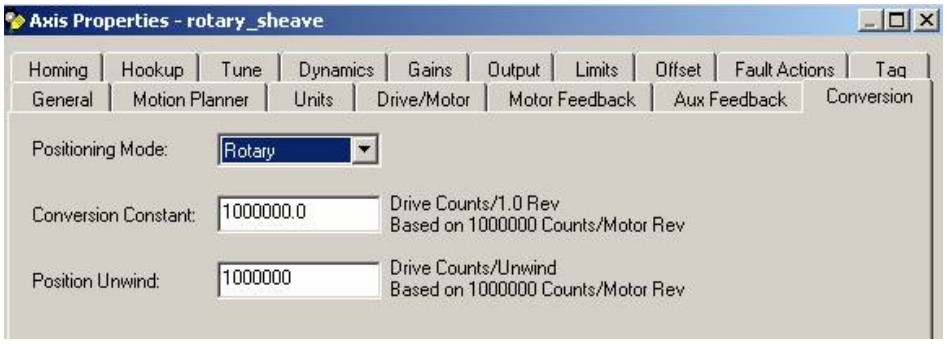
Real Time Axis Information Dva parametry přenášené přednostně ***Real time***



Nastaveno automaticky podle typu motoru



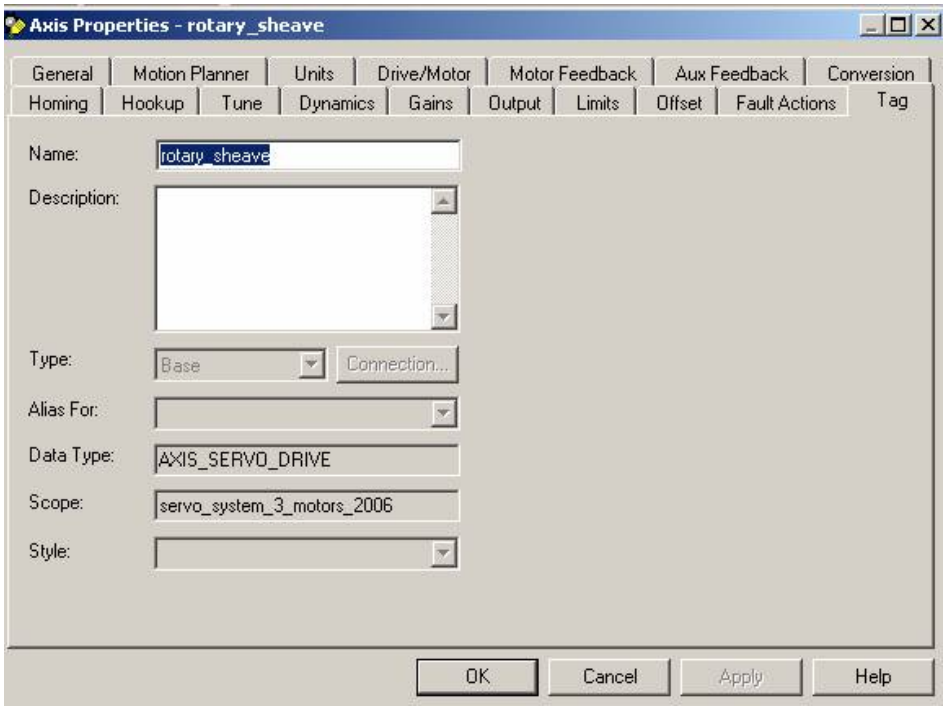
Pro *feedback only* nastaveno automaticky podle typu encoderu.



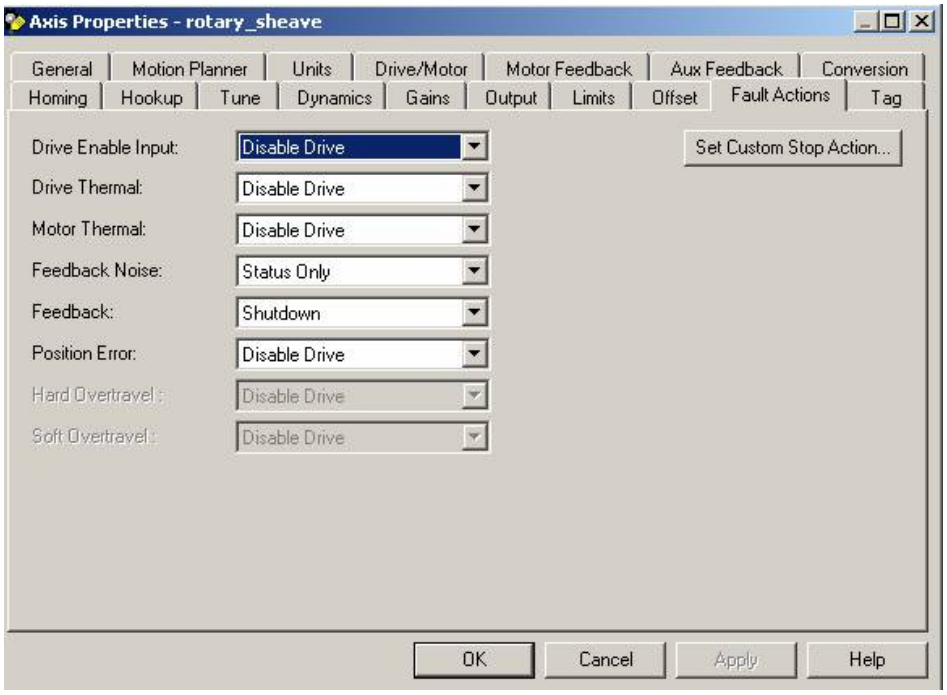
Conversion Constant Udává počet pulsů na otáčku za převodovkou, pokud převodovku neužíváme, je toto číslo stejné jako ***Drive Resolution*** karty ***Drive/Motor.*** Nejjednodušší nastavení pomocí ***Calculate*** z karty ***Drive/Motor***

Position Unwind Jen pro rotační osy, pokud je chceme užívat pro dopravníky. Nejjednodušší nastavení opět pomocí ***Calculate*** z karty ***Drive/Motor***

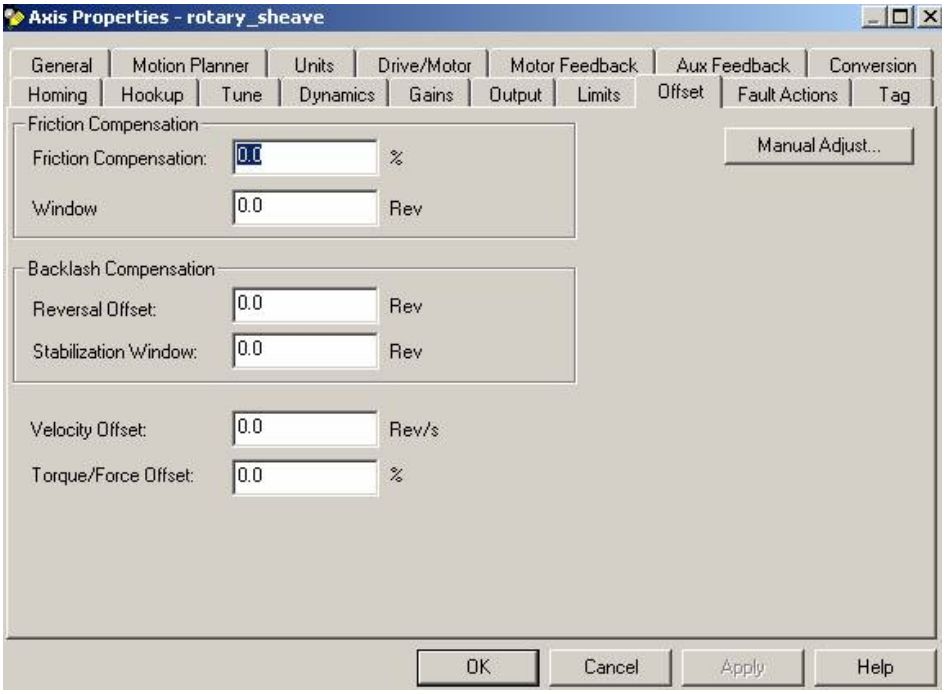
Příloha 3



Specifikace ***tagu*** měnit se dá jen jméno ostatní od založení zafixováno

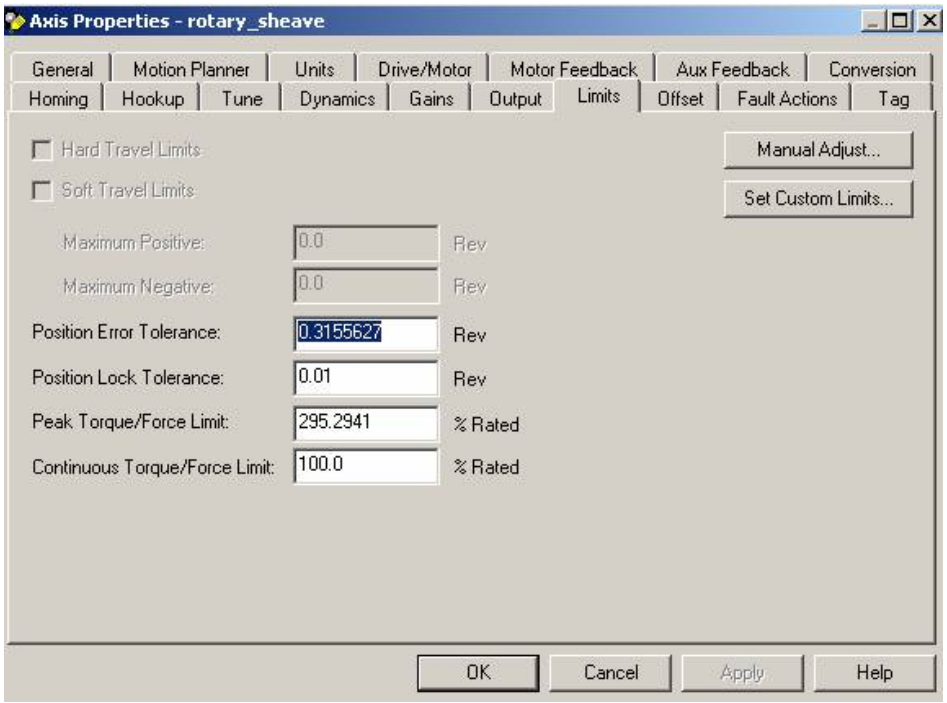


Nastavení reakcí na chyby vzniklé na servozesilovači.



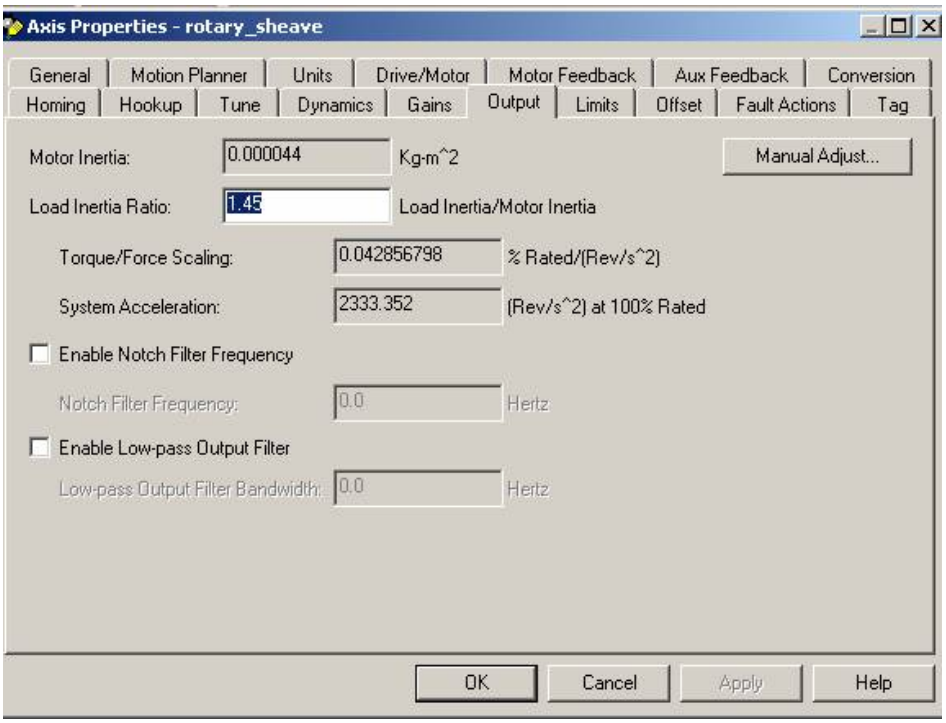
Friction Compensation	O kolik procent větším momentem má motor zabírat při rozběhu (potlačení suchého tření)
Window	Jak daleko od nulové polohy se má toto navýšení uplatňovat
Reversal Offset	Užívá se, pokud jsou převody volné, je to ofset, o který se motor otočí, aniž by počítal změnu polohy směru pohybu
Stabilization window	Tolerance nuly (jak velkou odchylku v zastaveném stavu nemá cenu regulovat).
Velicity Offset	Offset rychlosti. Stále se přičítá k rychlosti
Torque/Force Offset	Obdoba předchozího, ale tentokrát jde o moment síly v procentech

Příloha 3



Hard Travel Limits	Je aktivní jen u lineárních os a dovoluje napojení koncových spínačů
Soft Travel Limits	Softwarová obdoba předchozího, ale definují se limitní polohy Maximum Positive/Negative
Position Error Tolerance	Jak velká odchylka polohy je hodnocena jako chyba
Position Loock Tolerance	Maximální povolená odchylka, která se nereguluje
Peak Torque/Force Limit	Možné špičkové momentové zatížení
Continuous Torque/Force Limit	Stálé momentové zatížení

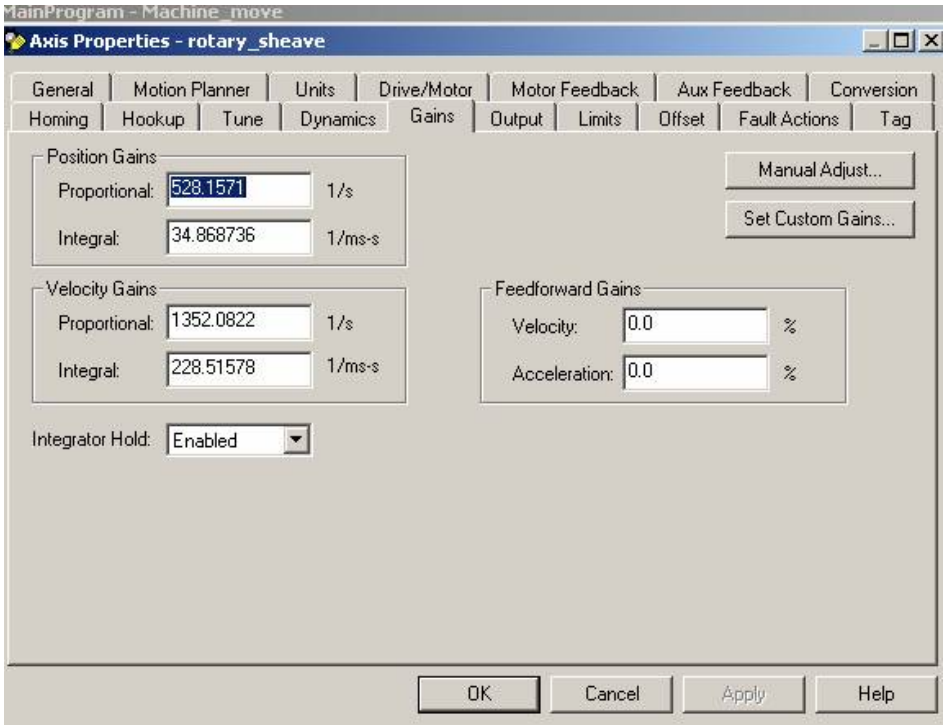
Příloha 3



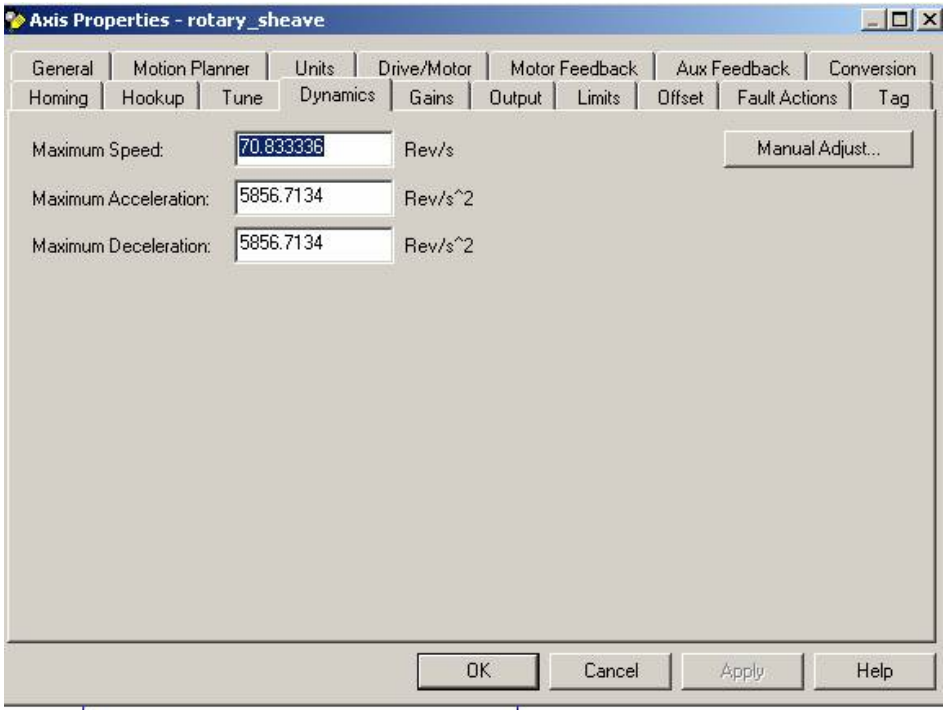
Parametry vyniklé na základě ***Tuningu***, jde o nastavení regulátoru

Load Interia Ratio	Kolikrát je zatěžovací moment větší než moment motoru nezatíženého
Enable Notch Filter Frekvency	Povolení pásmové zádrže na rezonanční frekvenci
Notch Filter Frekvency	Rezonanční frekvence
Enable Low-pass Output Filter	Povolení dolní propusti na výstupu regulátoru
Low-pass Output Bandwidth	Frekvence zlomu

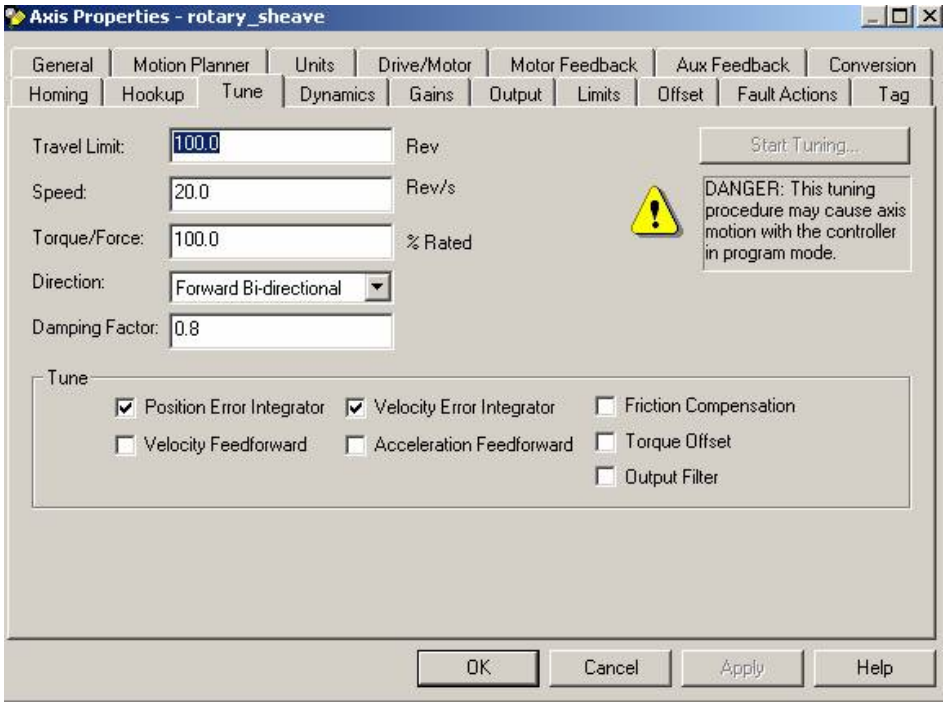
Příloha 3



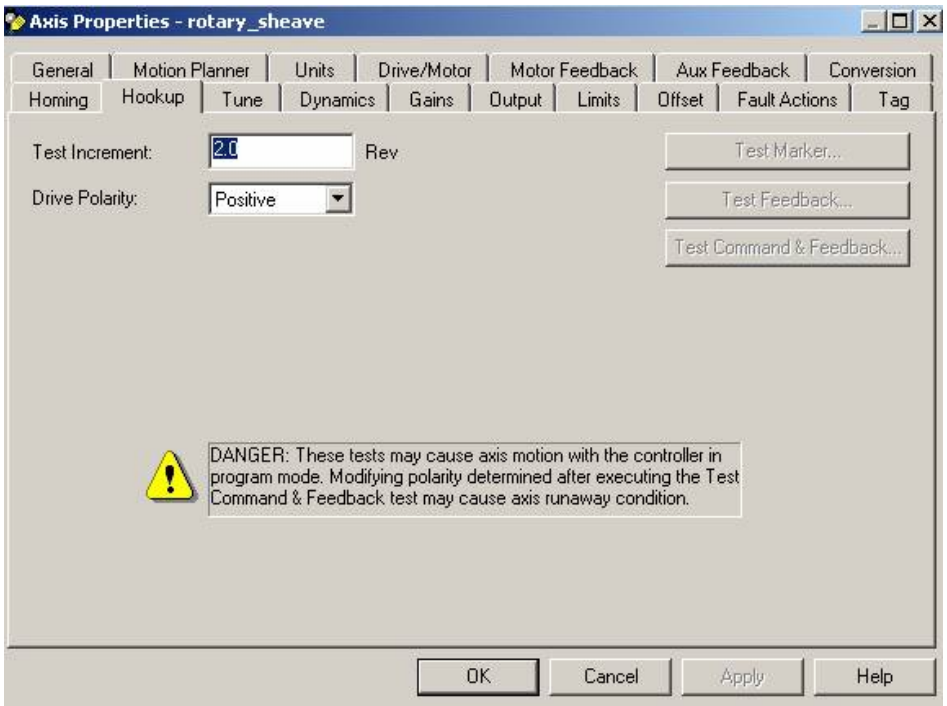
Parametry regulátoru nastavuje ***tuning,*** ale je dobré je doladit



Nastavení maximálních hodnot rychlosti a zrychlení. Tyto hodnoty jsou využívány jako 100% při procentním zadávání parametrů.



Tuning okno používá se pouze pokud je controler v program modu, nahoře parametry maximálních hodnot, které mohou být užity pro měření, v okně Tune se nastavuje, co vše chceme nastavit.

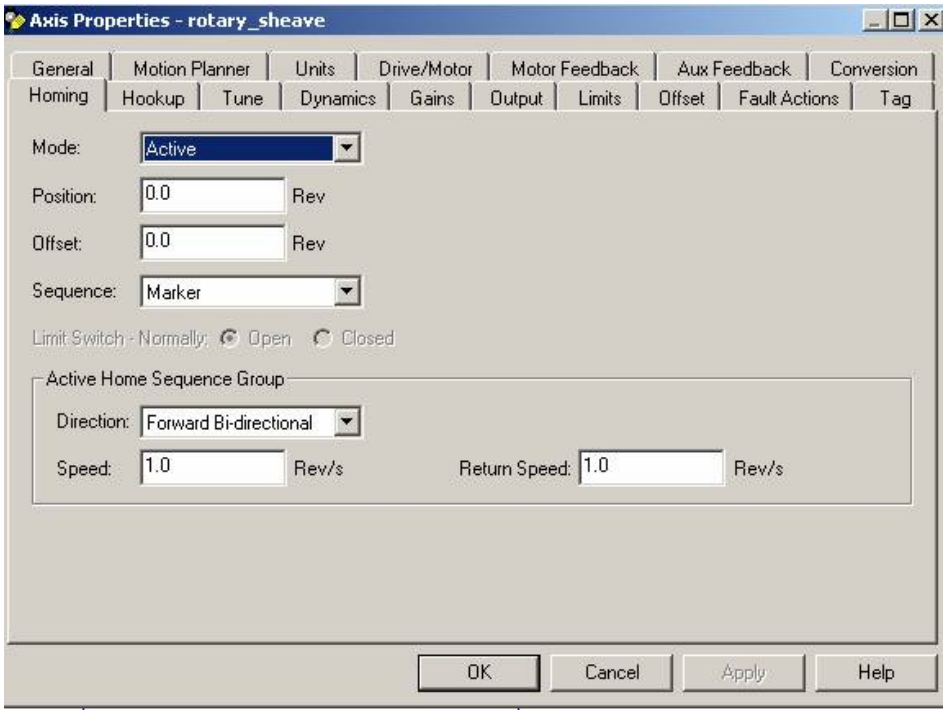


Další okno slouží k nastavení směru otáčení motoru. Při tomto nastavování se motorem otáčí ručně, dobré udělat před zabudováním do stroje.

Test Increment Kolikrát ručně motorem otočíme.

Drive Polarity Nastavuje charakter zpětné vazby, kladná,záporná, nedoporučuji měnit.. Tento parametr si nastavuje ***Test feedback***.

Příloha 3



Mode Nastavení zda má homovací funkce jet sama (aktivní), nebo se sama hýbat nemá (pasivní), pak musíme pohyb naprogramovat.

Position Pozice nastavená po proběhnutí homovací funkce.

Offset Vzdálenost homovacího spínače od homovací pozice.

Sequence Homujeme na ***Marker, Switch, Actualn*** nebo kombinace ***Marker Switch***

- ***Marker*** Značka jednou za otáčku
- ***Switch*** Kontakt s přesně známou polohou
- ***Actual*** Tam, kde jsem

Direction Typ pohybu, jakým se bude osa při získávání polohy pohybovat

Speed Rychlost pohybu při běhu ***home*** funkce

Return Speed Rychlost zpětného pohybu při běhu ***home*** funkce (pouze pro ***Bi-direction***)

Ostatní osy se nastavují obdobně, více ve firemní dokumentaci 2094-in002_-en-p.pdf nebo na www.ab.com

Příloha 4 Emaily od Rockwell Automation

Email od Ing.Bohumíra Sládka zaslaný vedoucímu diplomové práce Ing Jindřichu Fukovi
9.1.2007

Vážený pane inženýre

Chtěl bych vám poděkovat za popis firmwarových problémů, se kterými se váš diplomant pan Michal Roh setkal při používání našeho kontrolleru Logix L63 a který mi před časem zaslal. Přestože je každá verze softwaru podrobena důkladnému a pečlivému testovaní, muže se stát, že občas některá firmwarova chyba projde testy nedetekována.

K jednotlivým problémům:

Nežádoucí rozbíhání motorů po opravě SERCOS

Toto chováni je skutečně nežádoucí, popis problému předávám testovacímu oddělení.

Soft over travel

Toto chování je skutečně nežádoucí, popis problému předávám testovacímu oddělení.

MCD (motion change dynamics) mění směr.

Toto je úmyslné chování instrukce MAJ a MCD. Vyplývá z požadavků zákazníků.

U některých funkcí zůstává viset enable (MASR,MSO,MSF).

Tento problém se pokusím dále ověřit. U virtuální osy se toto chováni nevyskytuje. Flag .EN zůstává nastaven, dokud instrukce není provedena, ale ne déle. Pokud obdržím v dohledné době odezvu z testovacího oddělení, rozhodně vás budu informovat.

Ještě jednou děkuji

S pozdravem

Bohumír Sládek

Výzkumné středisko Rockwell Automation, Praha

Příloha 4

Email od Ing. Nekvindy zaslaný vedoucímu diplomové práce Ing Jindřichu Fukovi 9.1.2007

Zdravím

Mám na starosti rozesláni emailu lidem, kterým Rockwell dodal zařízeni, u kterých byla následně zjištěna závada. ČVUT má od firmy Rockwell Automation modul 1756-M03SE. U tohoto zařízeni byla zjištěna závada (viz pdf).

Zjednodušený výpis z pdf:
Problém:

Functional Issue – An anomaly has been identified that can potentially cause unexpected SERCOS ring drops and/or the IP bit of motion instructions to remain in the set state until the instruction is manually cancelled or the SERCOS interface module is reset.

Řešení:
U modulu
1756-M03SE A 15.32 and earlier
1756-M08SE B 15.32 and earlier
1756-M16SE A 15.32 and earlier
1756-L60M03SE A 15.04 and earlier
1768-M04SE A 15.35 and earlier
1784-PM16SE A 15.33 and earlier
Rockwell Automation shipped the affected SERCOS interface modules from August 2002 to present.

je třeba nahrát následující firmwary:

1756-M03SE A 13.37 and later 15.37 and later
1756-M08SE B 13.37 and later 15.37 and later
1756-M16SE A 13.37 and later 15.3 and later
1756-L60M03SE A 13.11 and later 15.05 and later
1768-M04SE A 15.37 and later 1784-PM16SE A 16.xx and later