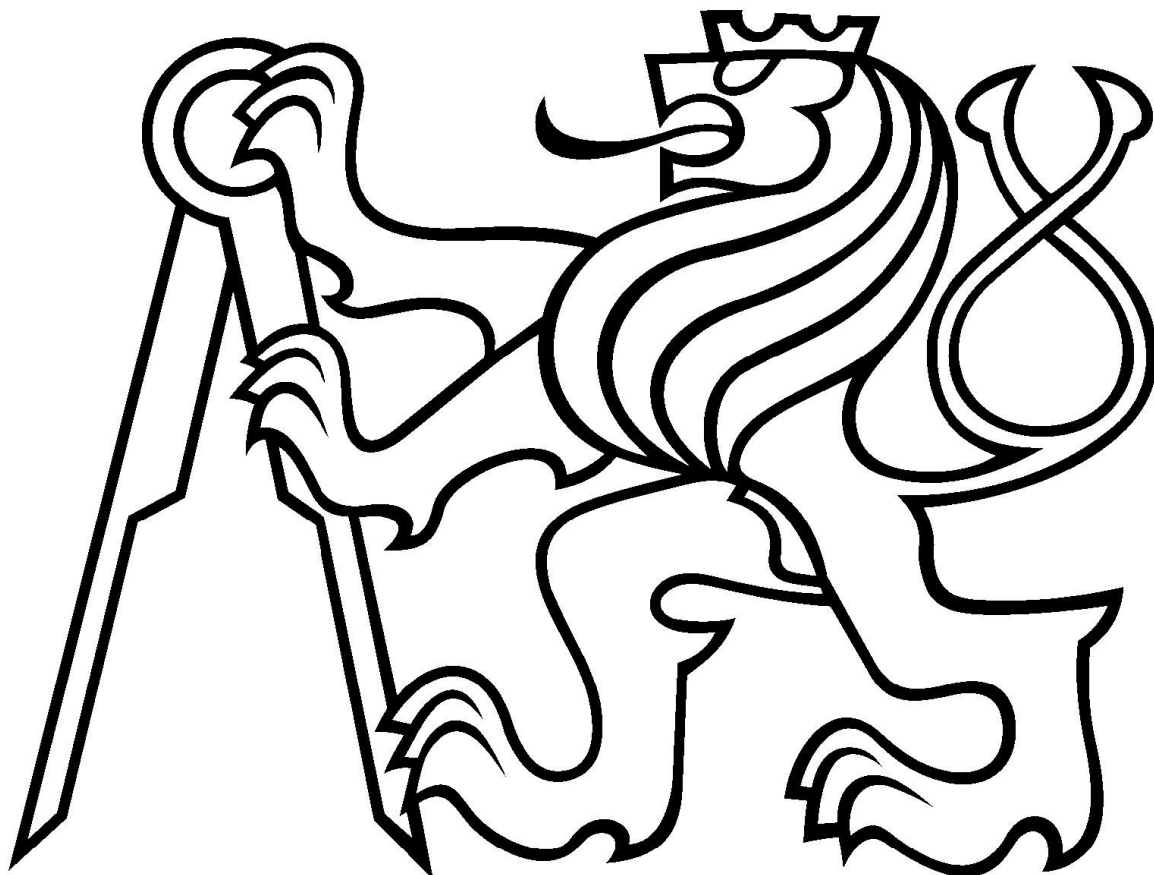


**České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra řídicí techniky**



Bakalářská práce
Model převíjení s rychlými servomechanismy

Vypracoval: Jan Fiala
Vedoucí práce: Ing. Jindřich Fuka

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na úpravu již existujícího modelu převíjecího stroje, který v rámci své diplomové práce sestavil Michal Roh.

Hlavní úprava se týká využití pomocné zpětné vazby (Auxiliary Feedback) servozesilovače Kinetix 6000, což zahrnuje připojení inkrementálního snímače k příslušnému konektoru zesilovače a úpravu stávajícího programu pro využití této zpětné vazby.

Dále je zde teoreticky popsáno několik možných elektromechanických řešení problému uvolnění přitlaku malého variátorového kola k velkému, když je stroj vypnut. Vyřešení tohoto nedostatku je žádoucí pro pohodlnou a bezpečnou obsluhu stroje.

Abstract

Purpose of this thesis is to modify already existing model of rewinding machine, which was created as graduation thesis of Michal Roh.

Main modification concerns use of Kinetix's Auxiliary Feedback that covers connection of encoder to servo drive's Auxiliary Feedback connector and adaptation existing program for use of this feedback.

Further is here theoretically described several possible electromechanical solutions of problem pressure of small variator disc to large variator disc even if machine is off. Solve this problem is needed for comfortable and safe tender of machine.

Poděkování:

Zde bych rád poděkoval všem, kteří mě při mé práci podporovali. Zejména pak děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jindřichu Fukovi za jeho rady, připomínky a postřehy.

Prohlášení

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

V Praze dne

.....

podpis

Obsah

1	Kapitola Úvod	1
1.1	Model	1
1.2	Struktura řídicího systému	2
2	Kapitola Výměna snímače a jeho připojení do systému	4
2.1	Specifika výměny inkrementálního snímače	4
2.2	Připojení inkrementálního snímače	5
3	Kapitola Pomocná zpětná vazba (Auxiliary Feedback)	7
3.1	Zpětné vazby modulu servozsilovače Kinetix 6000	7
3.2	Specifikace AF	8
3.3	Vytvoření a konfigurace AF osy	10
3.3.1	Úvod	10
3.3.2	Vytvoření a přiřazení osy pro AF	10
3.3.3	Konfigurace osy	12
3.4	Získávání informací z osy AF	23
3.5	Úprava programu pro řídicí automat	23
4	Kapitola Řešení přitlaku malého variátorového kolečka	25
4.1	Úvod	25
4.2	Rozbor problému – poměry sil a momentů	26
4.3	Možná řešení problému	27
4.3.1	Použití solenoidu pro vytvoření přitlačné síly	27
4.3.2	Možnosti stlačení pružiny	28
4.3.3	Zajištění pružiny západkou	29
4.3.4	Ruční přitlak a zajištění elektromagnetem	30
5	Kapitola Závěr	32
6	Použitá literatura a zdroje	34

1. Kapitola

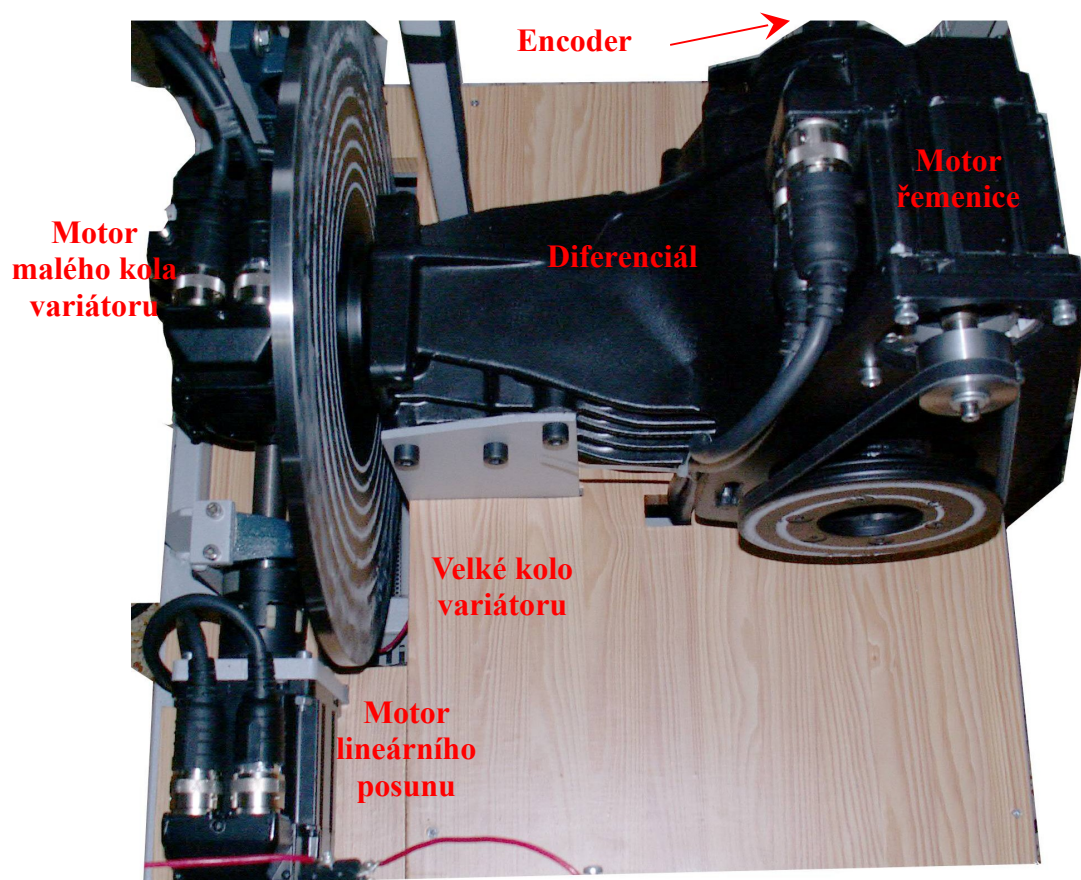
Úvod

Tato bakalářská práce navazuje na diplomovou práci Michala Roha, Model převíjení s rychlými servomechanismy. Jejím účelem je dořešit některé nedostatky modelu, případně na něm provést drobné úpravy.

1.1 Model

Účelem modelu je simulovat převíjení materiálu následujícím způsobem: Motor s řemenicí zde reprezentuje zásobník, ze kterého se odvíjí zpracovávaný materiál. Motor malého variátorového kola zastupuje funkci stroje odebírajícího materiál ze zásobníku konstantní rychlostí (konstantní otáčky motoru). Při odebírání materiálu ze zásobníku (cívky) se mění jeho průměr a ten se pro dodávku stejného množství materiálu musí otáčet rychleji. Změna průměru zásobníku je zde simulována změnou převodového poměru variátoru.

Otáčky zásobníku je potřeba regulovat tak, aby se materiál neodvíjel rychleji nebo pomaleji než je zpracováván. Rychlejší odvíjení způsobí hromadění materiálu, zatímco pomalejší namáhá materiál v tahu. Toto je zde zjišťováno inkrementálním snímačem umístěným na jedné z poloos diferenciálu (při převíjení by se neměl hřídel snímače otáčet). Na zbylé hřídele diferenciálu je připojeno velké kolo variátoru a přes řemen motor s řemenicí. Stroj může pracovat i v opačném (navíjecím) režimu, kde je situace opačná. Model je znázorněn na obr. 1.

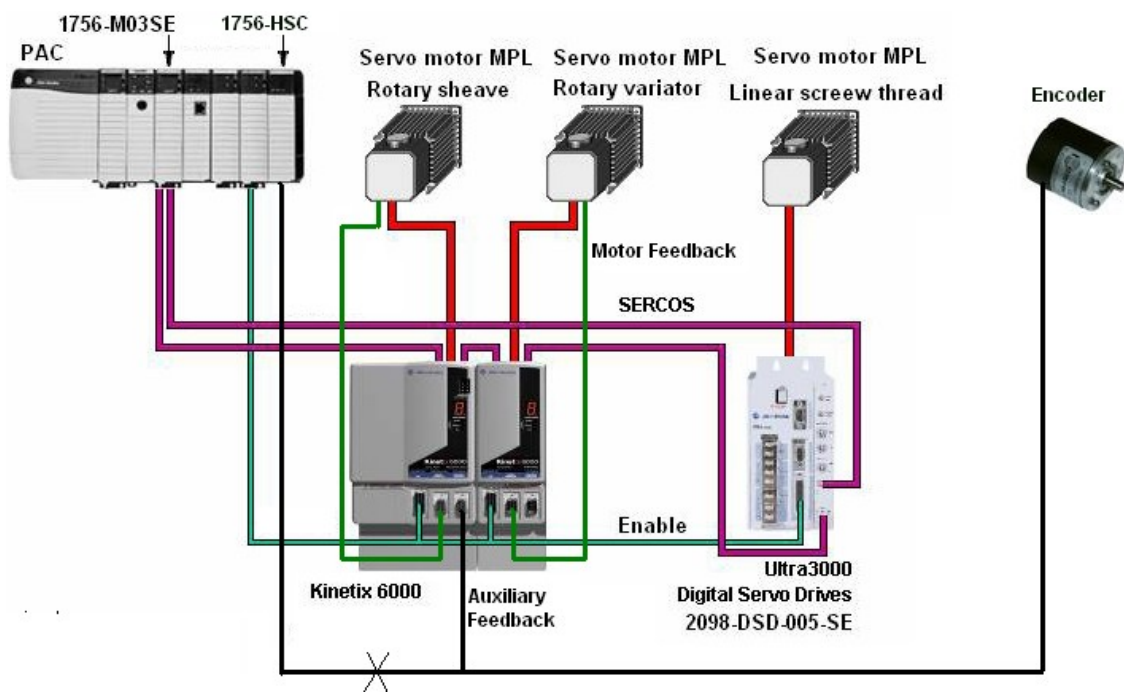


Obr. 1 Provedení modelu převíjecího stroje

1.2 Struktura řídicího systému

Při řízení tohoto technologického procesu je tedy kromě zpětných vazeb od servomotorů do jejich zesilovačů zapojena ještě dodatečná zpětná vazba pro získání více informací o řízené soustavě, jejíž účelem je zpřesnit a zlepšit průběh regulované veličiny (otáčky zásobníku materiálu). Tato je nyní připojena na programovatelný automat, který proces řídí. Rychlost otáčení je zde počítána pomocí modulu rychlého čítače (1756-HSC). Modul zesilovače Kinetix 6000 má ovšem k dispozici vstup, označený jako *pomocná zpětná vazba* (Auxiliary Feedback, dále také AF), která je pro připojení snímače zjišťujícího dodatečné informace pro upravení akčního zásahu přímo určena. V praxi je tedy s použitím servozsilovače Kinetix a jeho pomocné zpětné vazby možno ušetřit finanční prostředky za modul čítače. Jak se dále ukáže, je navíc použití pomocné zpětné vazby v softwaru RS Logix 5000 jednodušší a pohodlnější, než použití modulu čítače.

Schéma řídicího systému je vyobrazeno na obr. 2.



Obr. 2 Schéma řídicího systému

Pro využití všech výhod, které pomocná zpětná vazba modulu zesilovače Kinetix 6000 nabízí, je potřeba použít výrobcem doporučený inkrementální snímač. Další úpravou by tedy mělo být nahrazení stávajícího snímače od firmy Eltra originálním snímačem od Rockwell Automation, na jejíž platformě je celý model postaven. Ostatní produkty od Rockwell Automation, které s inkrementálními snímači spolupracují, jako právě např. servozesilovače Kinetix 6000, mají pro tyto snímače přizpůsobené své zpětnovazební vstupy. S použitím originálního snímače je tedy možno např. detekovat chybnou funkci snímače nebo zjistit přítomnost rušení v signálu z něj přicházejícího. Provedení snímače od Rockwell Automation je také konstrukčně mnohem robustnější.

Poslední úprava je elektromechanické povahy. Jedná se o řešení problému přítlaču malého pogumovaného variátorového kolečka k velkému kolu variátoru, je-li stroj vypnut. V případě, že je kolečko přítlačováno, i když se neotáčí, guma na povrchu malého kolečka se otlačuje nerovnoměrně a při chodu stroje pak doléhá na velké kolo nerovnoměrně, což vede k dalším problémům, např. vibrace.

2. Kapitola

Výměna snímače a jeho připojení do systému

2.1 Specifika výměny inkrementálního snímače

Zde se vyskytla první menší překážka a rovněž odchýlení od původních plánů celkových úprav stroje. Originální inkrementální snímač od Rockwell Automation je rozměrově o něco větší, než stávající snímač. Jelikož je vzdálenost konce poloosy diferenciálu, na níž je snímač připojen, od vnitřní stěny stroje menší než je délka nového snímače, nelze tento použít. V systému tedy musí zůstat zachován původní inkrementální snímač.

To s sebou přináší jisté komplikace. Jak už bylo zmíněno, nový snímač by byl signálově kompatibilní se vstupem AF zesilovače Kinetix. Na výstupu jsou všechny, pomocnou zpětnou vazbou, vyžadované signály A+, A-, B+, B-, I+, I-. Důvodem pro to, že každý signál se vyskytuje s indexem + a - je ten, aby bylo možno detekovat chyby na zpětné vazbě. Za normálních podmínek jsou signály A+, B+, I+ vždy na opačné úrovni než signály A-, B-, I-. Vyskytne-li se na signálu s indexem + stejná úroveň jako a -, zesilovač toto vyhodnotí jako chybu na zpětné vazbě „Feedback Fault”.

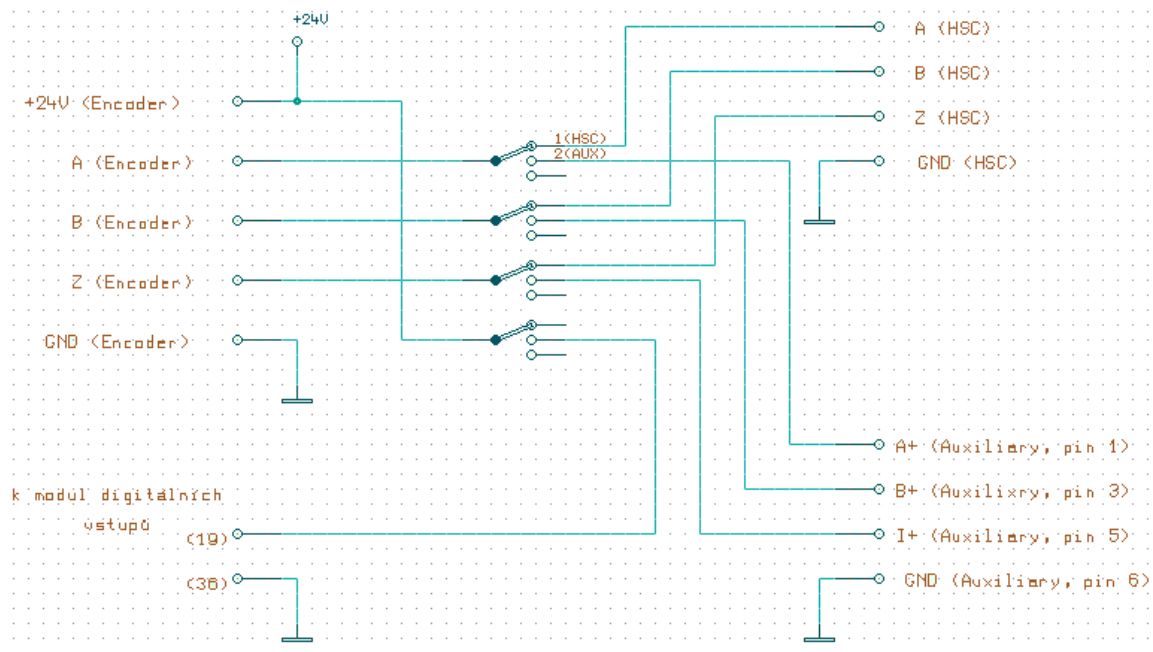
Starý snímač ovšem poskytuje pouze signály A, B, I. Tyto signály byly připojeny u konektoru AF na vstupy A, B, I s indexy +. Nezapojení signálů s indexy - Kinetix vyhodnocuje jako chybu na pomocné zpětné vazbě „Aux Feedback Fault“. Toto způsobí, že na čelním panelu modulu začne (na 7 segmentovém LED displeji) problikávat E62, což uživatele informuje o chybě „Aux Feedback Fault”. Tato chyba (pokud k ní dojde) naštěstí nemá pevně nastavenou akci na vypnutí zesilovače, lze s ní dále pracovat a vhodnou konfigurací osy zpětné vazby lze vliv těchto chyb na funkci stroje potlačit. Viz kapitola konfigurace AF osy.

2.2 Připojení inkrementálního snímače do systému

Způsob připojení enkodéru do systému byl zásadně ovlivněn skutečností, že při použití AF nelze s použitým modulem rozhraní SERCOS (1756-M03SE) obsloužit 3 osy zesilovačů Kinetix 6000 a ještě jednu osu zesilovače Kinetix Ultra 3000 (detailněji viz kapitola 3.3.1).

Vzhledem k uvedené skutečnosti je nynější připojení snímače realizováno tak, aby ho bylo možné připojit k modulu HSC nebo ke vstupu AF modulu servozesilovače. Enkodér je připojen přes přepínač (viz schéma na obr. 3), který má 3 polohy:

1. (HSC) Přepínač je ve výchozí poloze a signály z enkodéru přicházejí na modul vysokorychlostního čítače 1756-HSC (původní konfigurace). V tomto režimu je schopen stroj pracovat s původním i upraveným programem pro řídicí automat.
2. (AUX) V této poloze přicházejí signály na vstup AF zesilovače Kinetix 6000. V tomto režimu není stroj schopen pracovat s původním programem pro simulaci převíjení, ale pouze s upraveným programem.
3. (odpojen) Enkodér je odpojen.



Obr. 3 Schéma připojení enkodéru

Přepínač je umístěn za předními dvířky modelu na DIN liště. Tři póly přepínače slouží pro přepínání signálů enkodéru a zbývající pól je využit pro kontrolu, jestli je pro vybraný typ zpětné vazby v automatu nahrán odpovídající program.

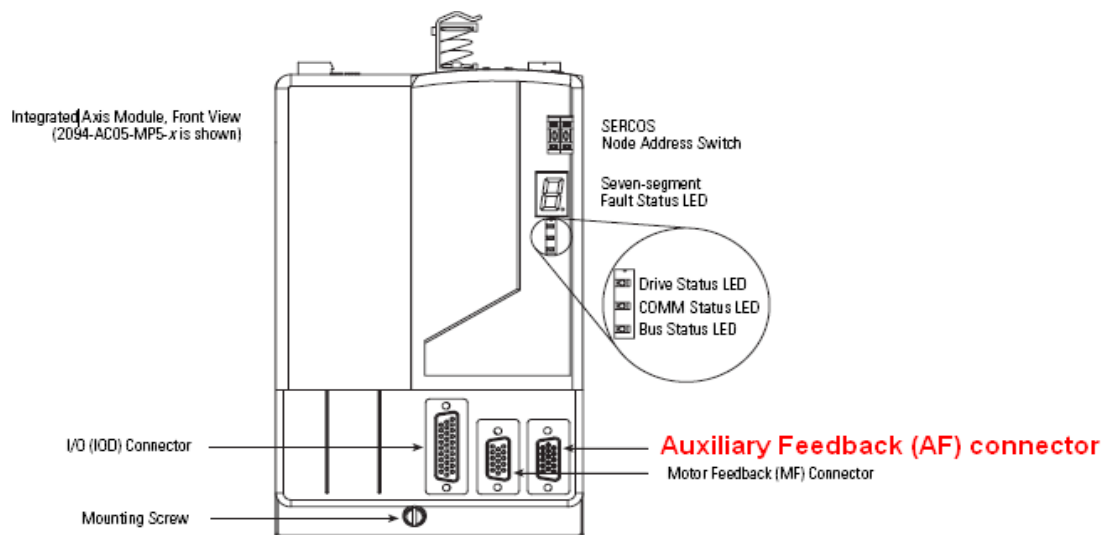
3. Kapitola

Pomocná zpětná vazba (Auxiliary Feedback)

3.1 Zpětné vazby modulu servozesilovače Kinetix 6000

Servozesilovač Kinetix 6000 má 2 typy zpětných vazeb. Konektory pro jejich připojení se nachází na čelním panelu servozesilovače a jsou to:

1. Motor Feedback (MF) – Motorová zpětná vazba
2. Auxiliary Feedback (AF) – Pomocná zpětná vazba



Obr. 4 Čelní panel servozesilovače Kinetix 6000 (modul 2094-BC01-M01)

Motorová zpětná vazba (Motor Feedback MF)

K tomuto konektoru se připojuje snímač, který poskytuje zesilovači informace o stavu, ve kterém se nachází motor tímto zesilovačem řízený. V tomto případě je k němu připojen výstup snímače obsaženého přímo v motoru (inkrementální snímač s vysokým rozlišením nebo informace o teplotě servomotoru). Tato zpětná vazba musí být pro správnou funkci systému uzavřena vždy.

Pomocná zpětná vazba (Auxiliary Feedback AF)

Pro základní funkci řízení servomotoru nemusí být tato zpětná vazba nutně uzavřena. Slouží jen pro připojení pomocného snímače umístěného na vhodném místě v řízeném procesu a s jeho pomocí lze dosáhnout zlepšení některých parametrů regulačního pochodu.

Sem připojíme naší novou zpětnou vazbu.

3.2 Specifikace AF

Integrovaný modul osy (Integrated Axis Module - IAM) nebo modul osy (Axis Module - AM) mohou na vstupu AF přijímat signály z následujících typů inkrementálních snímačů:

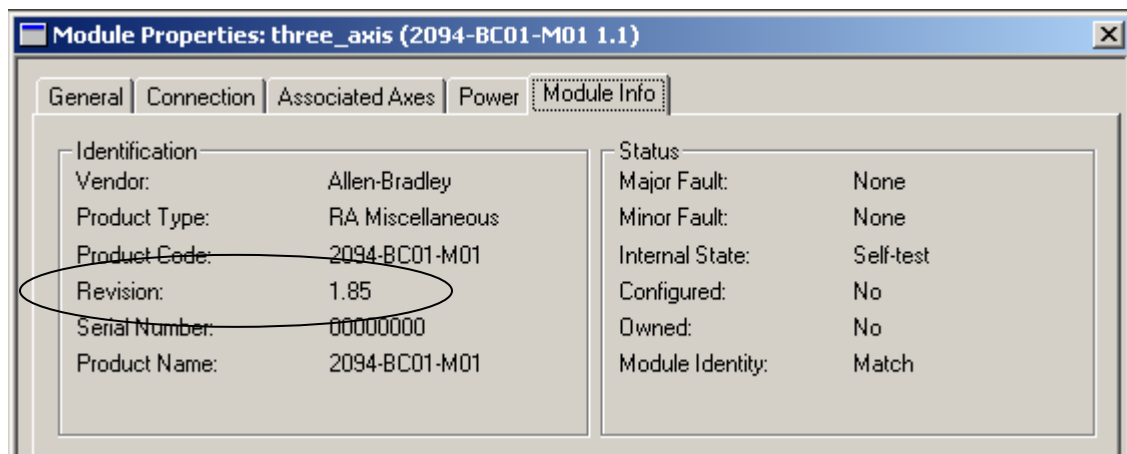
- Stegmann Hiperface
- TTL or Sine/Cosine with index pulse and Hall commutation

Vstupní signály zpětné vazby jsou filtrovány pomocí analogových a číslicových filtrů. Vstupy rovněž obsahují detekci nepřipustných změn stavů snímače a kontrolu spojení modulu se snímačem.

Nastane-li porucha na vedení nebo na enkodéru, přejde osa AF do chybového stavu. Chybám na zpětné vazbě odpovídající výše uvedenému jsou označeny jako “Feedback Noise Fault” a “Feedback Fault”. Těmto pak můžeme nastavit požadovanou akci.

Pozn.

Chceme-li použít funkci pomocné zpětné vazby modulu Kinetix 6000, pak revize firmwaru našeho modulu musí být 1.80 nebo vyšší! (naš Kinetix má revizi 1.85 a tedy tuto základní podmínku splňuje – viz obr. 3)



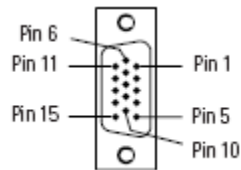
Obr. 5 Kontrola revize firmware modulu

Konektor AF.

TTL or Sine/Cosine with Index Pulse

AF Pin	Description	Signal	AF Pin	Description	Signal
1	A+ / Sine differential input+	A+ / SINE+	9	Reserved	—
2	A- / Sine differential input-	A- / SINE-	10	Index pulse-	I-
3	B+ / Cosine differential input+	B+ / COS+	11	Reserved	—
4	B- / Cosine differential input-	B- / COS-	12	Reserved	—
5	Index pulse+	I+	13	Reserved	—
6	Common	ECOM	14	Encoder power (+5V)	EPWR_5V
7	Encoder power (+9V)	EPWR_9V	15	Reserved	—
8	Reserved	—			

Obr. 6 Popis jednotlivých pinů konektoru AF



Obr. 7 Orientace pinů AF (15ti pinový konektor)

Detailnější popis je uveden v [2] nebo [3]. Zde jsou vybrány jen informace, které jsou v tomto textu pro připojení a použití AF potřebné.

3.3 Vytvoření a konfigurace AF osy

3.3.1 Úvod

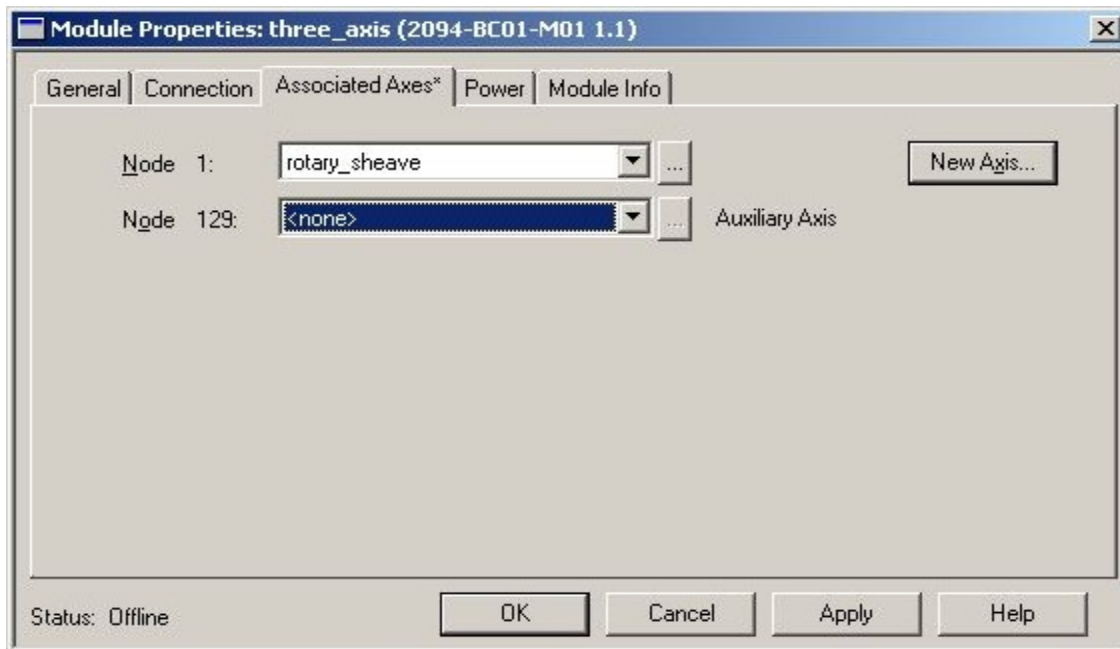
Stejně jako přiřazujeme servomotorům osy, abychom je mohli zesilovačem ovládat, tak pro zpracování dat z enkodéru přivedených na vstup AF, musíme v modulu zesilovače vytvořit a nakonfigurovat příslušnou osu. Jednotlivé osy pak mezi sebou a řídicím automatem komunikují prostřednictvím rozhraní SERCOS. Nepříjemná skutečnost je ta, že použitý modul rozhraní SERCOS (1756-M03SE) umí obsloužit pouze 3 osy. Za použití AF osy se jejich počet z původních 3 zvedne na 4. Protože při sestavování modelu nebyly známy detaily použití AF, nelze stroj provozovat v původním režimu za použití AF.

Aby bylo možno zprovoznit stroj alespoň částečně za použití AF a vyzkoušet tak její nakonfigurování, funkci a vlastnosti, musela být jedna z existujících os zrušena. Touto osou se stala osa „linear_screw_thread“ (modul Kinetix Ultra 3000), která zajišťovala pomocí šroubu posun malého variátorového kolečka po velkém kole a měnila tak převodový poměr variátoru.

3.3.2 Vytvoření a přiřazení osy pro AF

Novou osu budeme přidávat k modulu Kinetix 6000 **2094-BC01-M01**. Tomuto modulu je již přiřazena osa „rotary_sheave“, která je propojena se servomotorem s řemenicí, jehož rychlost otáčení regulujeme.

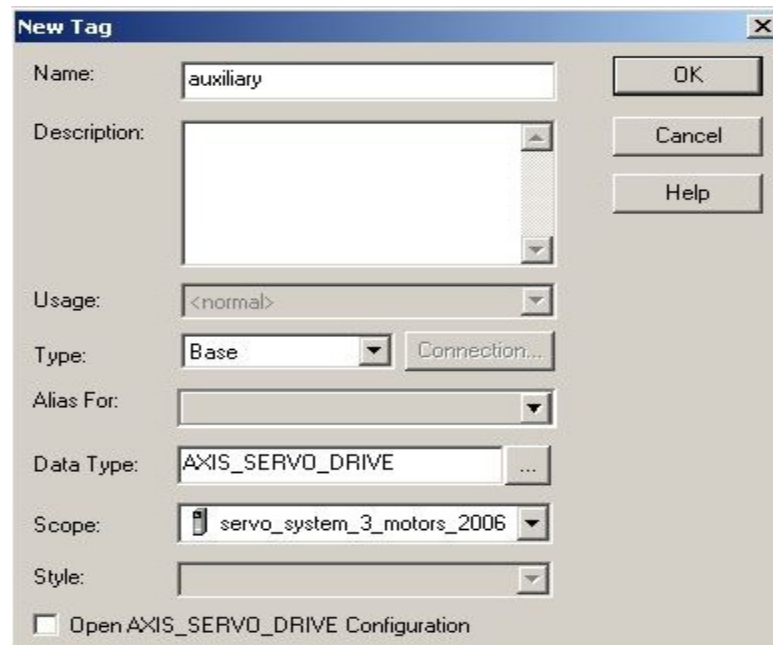
Ve vlastnostech modulu v záložce „Associated Axes“ je přehled přiřazení os modulu (viz obr. 8). Na základní node (node – uzel na síti SERCOS) modulu (zde node 1) se přiřazují osy nakonfigurované jako SERVO – aktivní osy. Tyto slouží k řízení připojeného servomotoru pomocí motion instrukcí na ně aplikovaných. K node *auxiliary axis* se přiřazují osy Feedback only – pasivní osy. Jejich účelem je zpracovávat informace ze zpětnovazebního snímače.



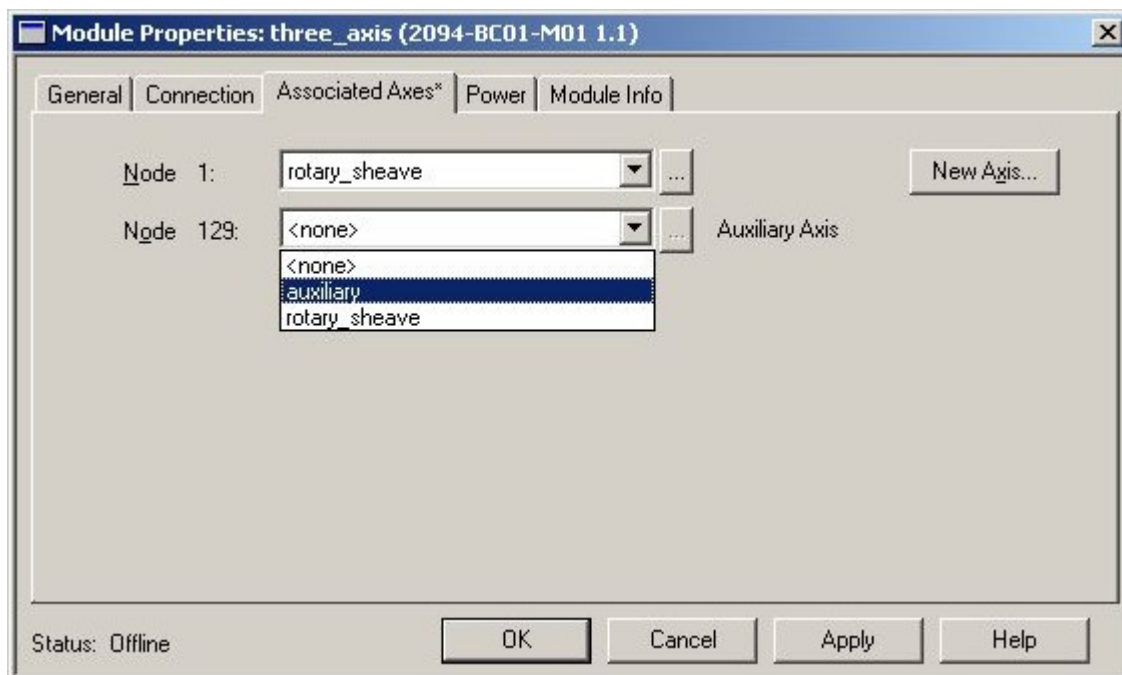
Obr. 8 Přiřazení os modulu

Osa pomocné zpětné vazby má node vždy základní node modulu na SERCOSu + 128. Pro tento modul je to $1+128 = 129$ (pro druhý zesilovač by to bylo $2+128 = 130$). Rozsah node je od 129 do 234.

Vytvořme tedy novou osu klepnutím na tlačítko „New Axis...“ (v tomto případě ji pojmenujeme auxiliary – obr. 9) a přiřadíme ji do pole „node 129 Auxiliary Axis“ (obr. 10).



Obr. 9 Vytvoření nové osy



Obr. 10 Přiřazení vytvořené osy AF modulu zesilovače

3.3.3 Konfigurace osy

Po vytvoření a přiřazení osy modulu je potřeba osu správně nakonfigurovat. V dalším kroku proto vybereme vlastnosti naší nově vytvořené osy auxiliary (axe properties) a v jednotlivých záložkách upravíme její výchozí nastavení.

General zobrazuje hlavní rysy a účel osy.

Axe configuration Základních funkce a účel osy:

Protože jsme osu modulu přiřadili jako *Auxiliary axe*, je zřejmé, že hodláme osu používat pro zpětnovazební účely (Feedback Only) a možnost *Servo* zde ani není k dispozici.

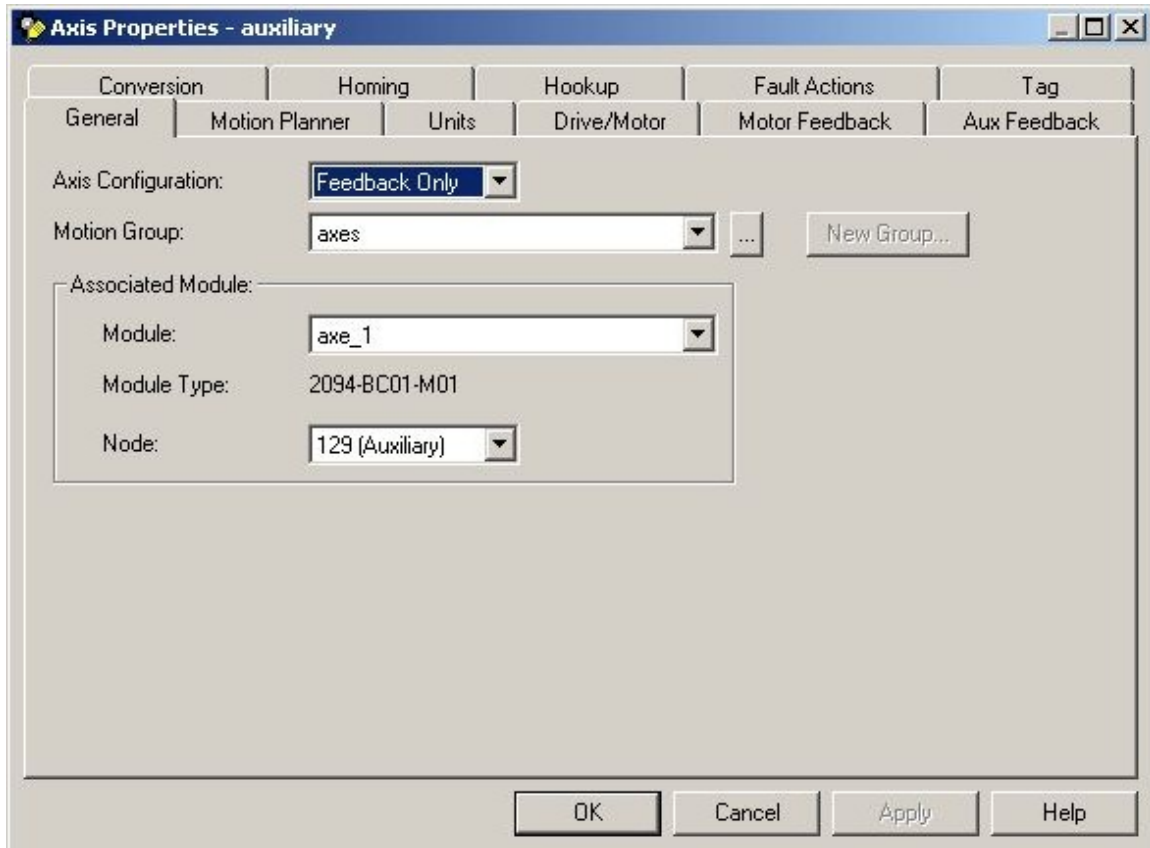
Motion Group Pohybová skupina, do které bude osa patřit

Osu přiřadíme například do již existující skupiny axes, kde se nachází osy rotary_sheave a rotary_varitor.

Module Jméno modulu, kterému osa náleží.

Node Číslo uzlu (adresa) na SERCOS.

Obě výše uvedené jsou již nastaveny, protože osa už náleží požadovanému modulu.



Obr. 11 General properties osy

Motion Planner

Program Stop Action

Způsob, jakým je vybraná osa zastavena.

Fast Stop: Osa je zpomalována až do úplného zastavení za použití aktuálně nastavené hodnoty pro maximální zpomalování.

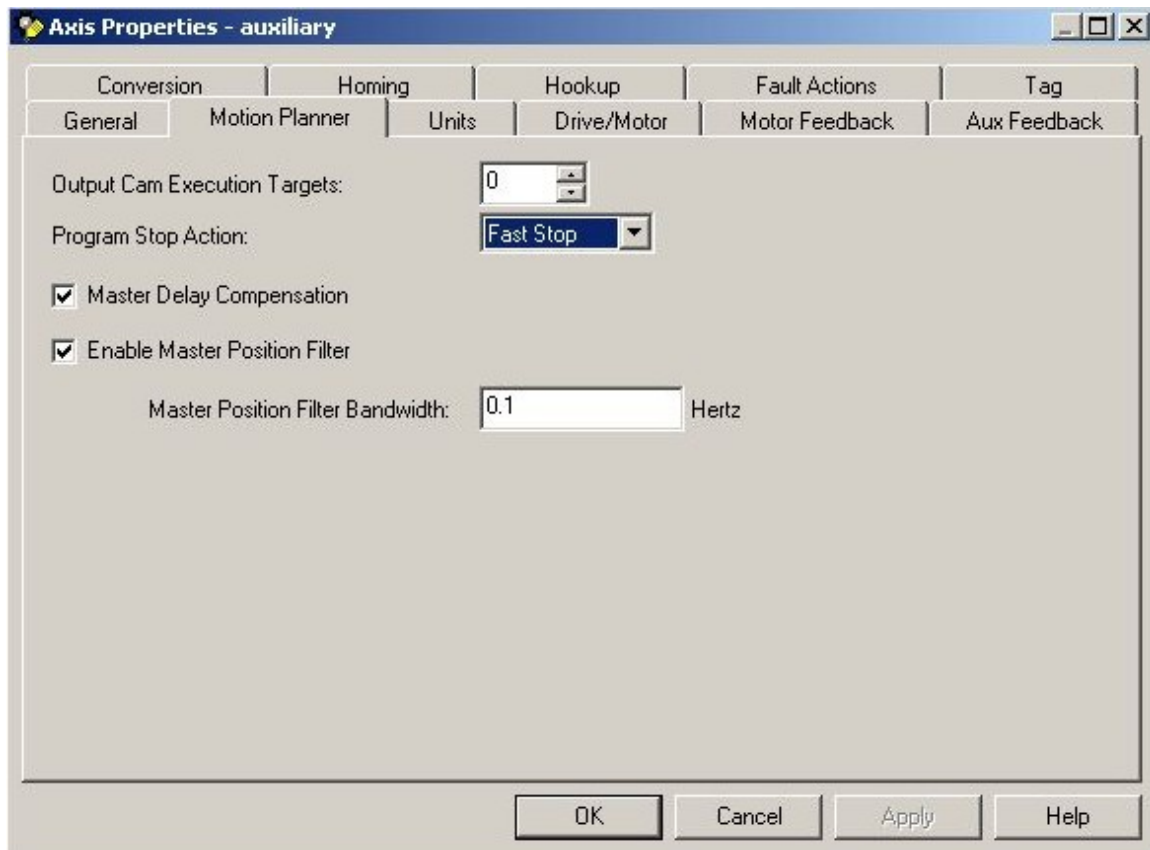
Master Delay Compensation

Kompenzace zpoždění akcí mezi touto a nadřazenou osou.

Enable Master position Filter Filtrace informací o pozici nadřazené osy.

Master Position Filter Bandwidth Šířka pásma filtru.

Master Delay Compensation a Enable Master position Filter slouží spíše pro případy, kdy podřízená osa sleduje pohyb nadřazené osy např. pomocí instrukce MAG (Motion Axis Gear).



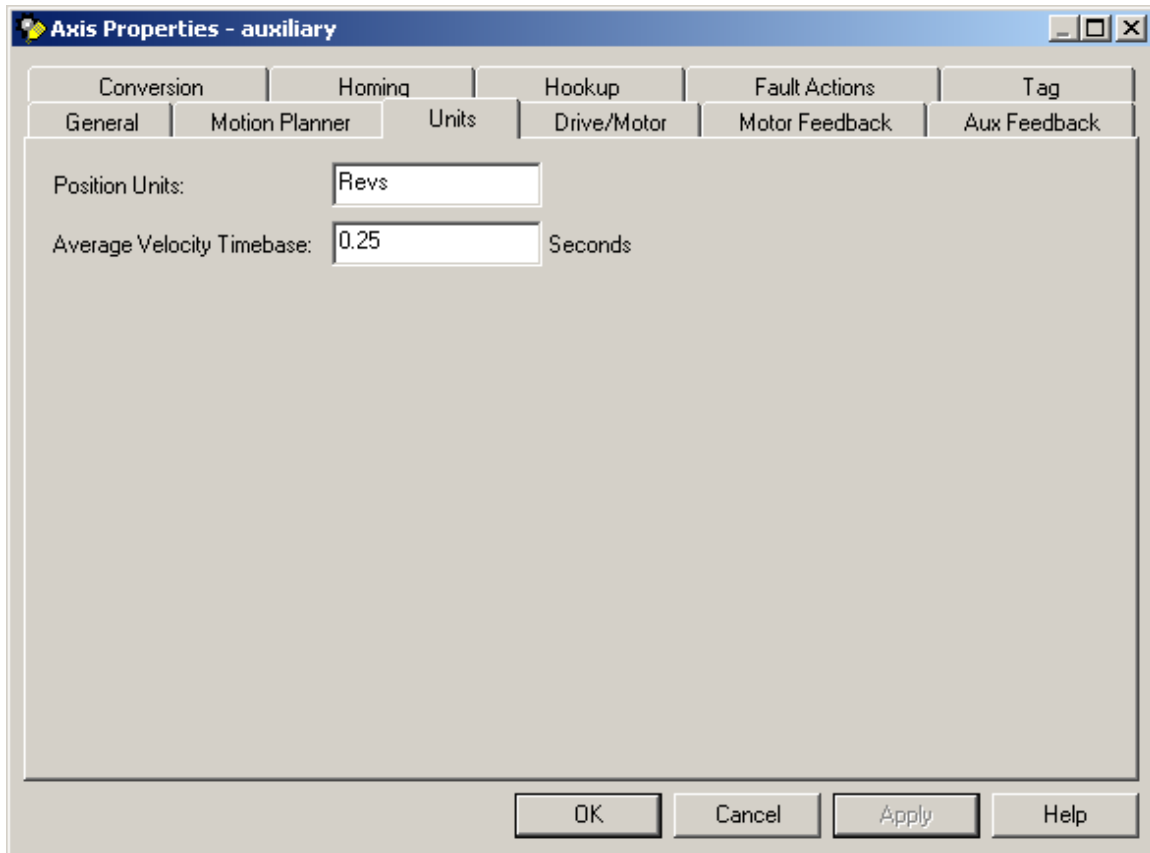
Obr. 12 Motion Planner properties osy

Units Definice jednotek popisující pohyb osy.

Position Units Uživatelsky definované jednotky, ve kterých se bude zobrazovat pohyb osy. (např. pro lineární posun to mohou být mm, pro otáčivý pohyb revs - otáčky)

Average Velocity Timebase Čas (v sekundách), za který se počítá průměrná rychlost osy. Průměrná rychlost se počítá jako celková vzdálenost, kterou osa vykonala za jednotku času, vydělená časovou základnou (Timebase).

Hodnota Timebase by měla být volena dostatečně velká, aby „odfiltrovala“ malé změny v rychlosti, které se mohou projevit, jako rušení.



Obr. 13 Units properties osy

Drive/Motor

Amplifier Catalogue number

Katalogové číslo zesilovače, kterému je osa přiřazena.

Loop Configuration

Konfigurace regulační smyčky.

Aux Feedback only – Tato volba je k dispozici pouze tehdy, je-li osa konfigurována jako Feedback Only a jak už je z jejího názvu patrné, osa s tímto parametrem bude sloužit jako pomocná zpětná vazba.

Drive Resolution

V literatuře je označováno jako číslo, které udává rozlišení pozice otáčky. Přípustné je 1 až $2^{32}-1$.

Drive Enable Input Checking

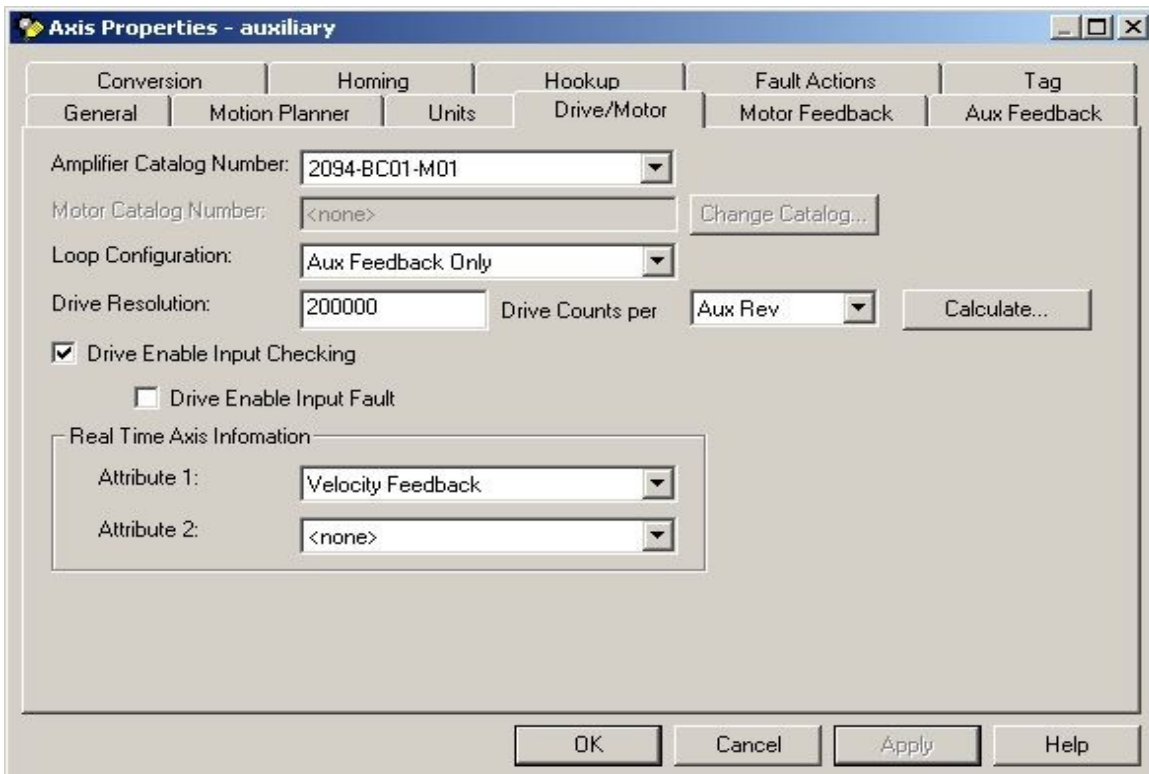
Aktivace jen po hardwarovém povolení enable.

Drive Enable Input Fault

Povolení nastavení chyby při vypnutí hardwarového enable.

Real Time Axis Information

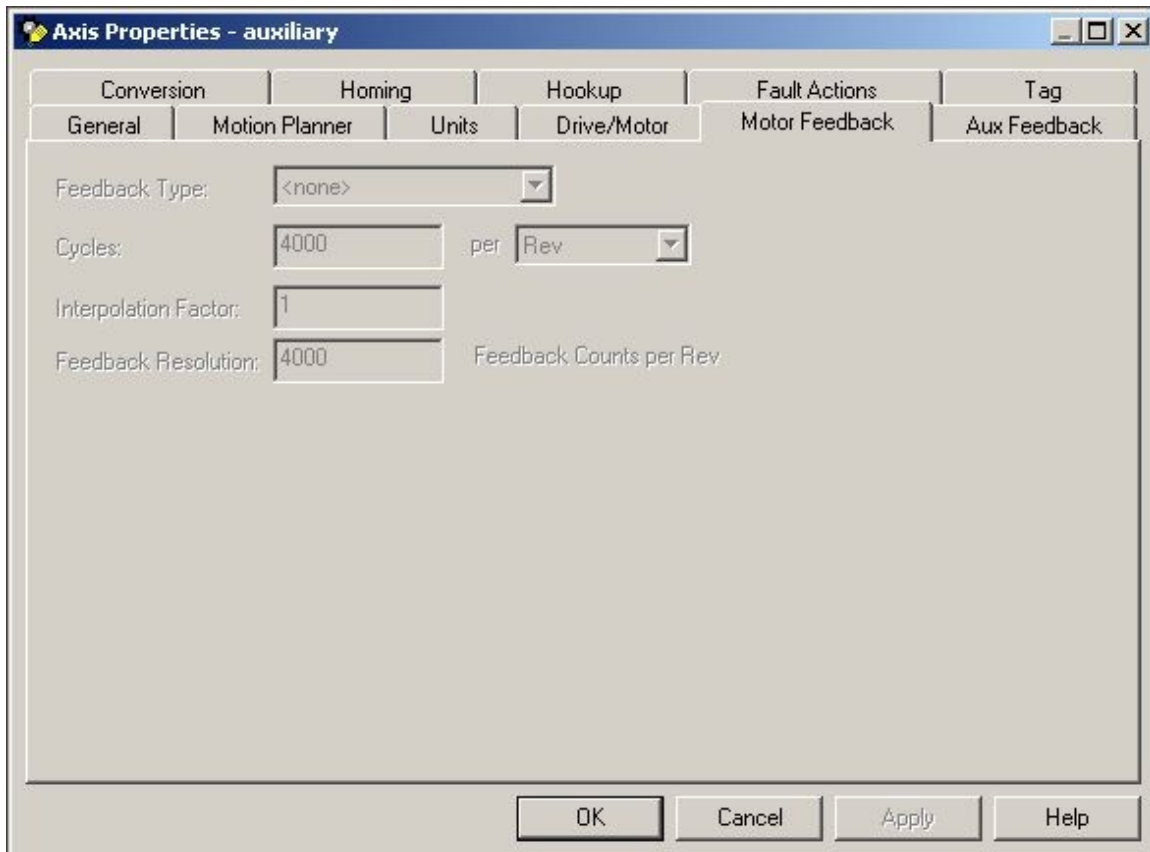
Možnost vybrat až 2 atributy osy, jež jsou realtime posílány Logix procesoru. (žádné takové atributy nepoužívám)



Obr. 14 Drive/Motor properties osy

Motor Feedback

V Motor Feedback nelze změnit žádné nastavení. Motor Feedback je již nastaven dle použitého servomotoru a používán osou *rotary_sheave* pro řízení servomotoru.

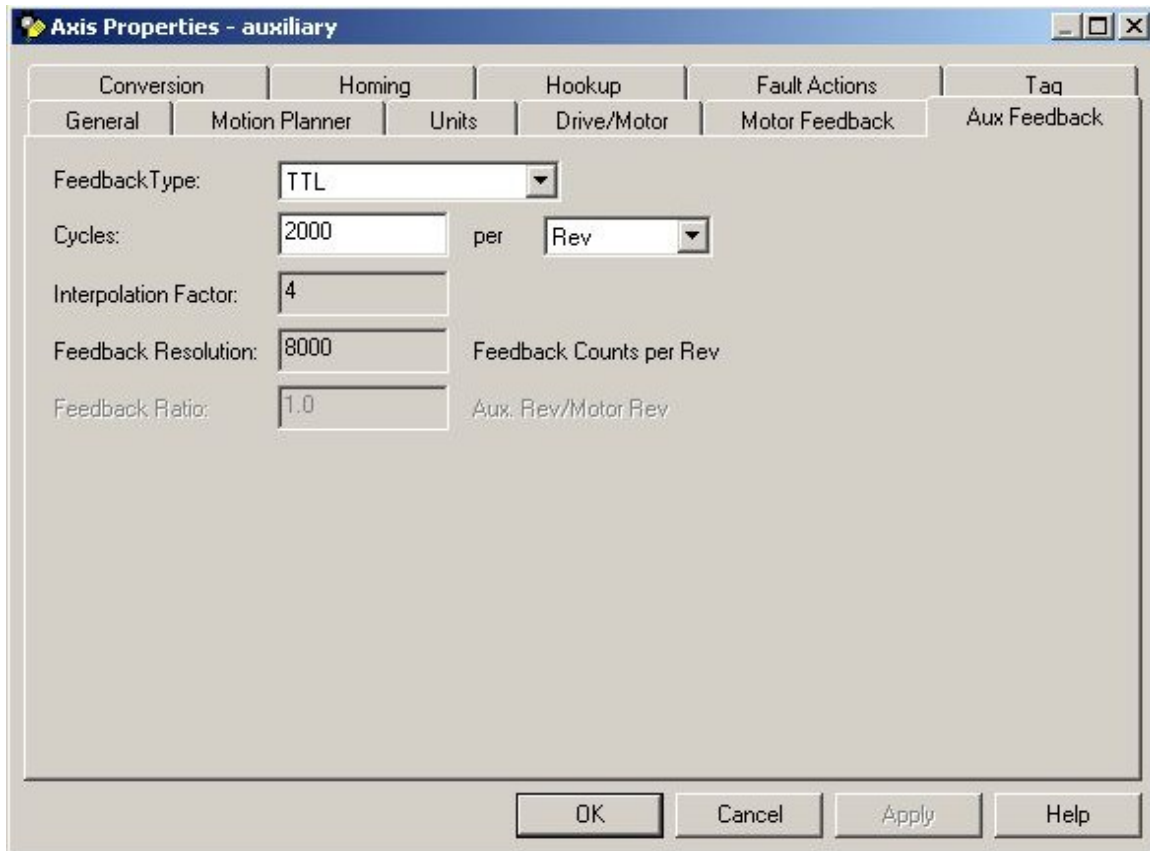


Obr. 15 Motor Feedback properties osy

Aux Feedback Nastavení typu parametrů enkodéru použitého pro AF.

Feedback Type Typ zpětnovazebního snímače. (EI-40 A je TTL)

Cycles (per Rev) Rozlišení enkodéru na otáčku. Snímače EI-40 A 2000 Z 5-28 N 6X6 PR má 2000 cycles per rev (rozlišení 2000 fází na otáčku).



Obr. 16 Auxiliay Feedback properties osy

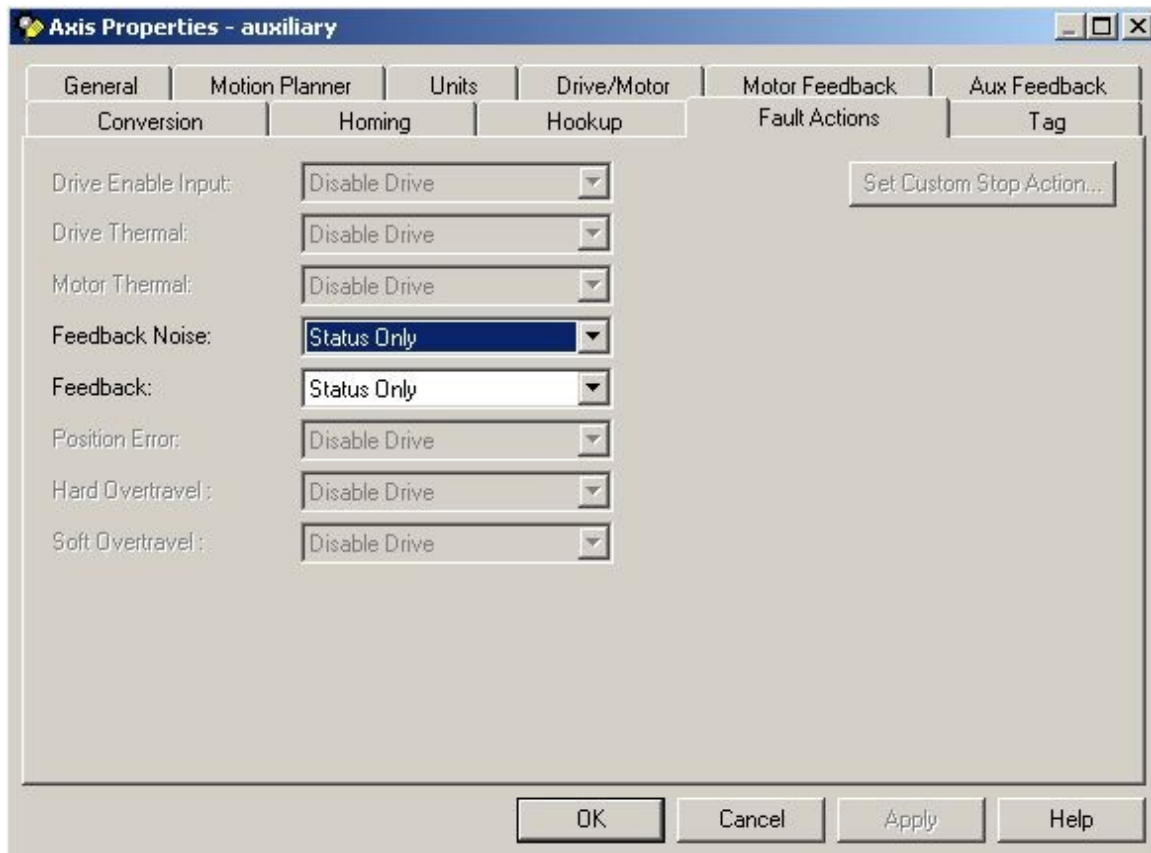
Fault Actions Reakce osy na případně vzniklé chyby.

Feedback noise Přítomnost rušení na zpětné vazbě.

Feedback Chyba zpětné vazby.

Na výběr je u každé položky *Status only* nebo *Disable Drive*.

Jak už bylo zmíněno v kapitole 2.1, se tyto chyby vyskytují při použití výrobcem nepodporovaného inkrementálního snímače. Obě akce musí být nastaveny na *Status only*, jinak by zesilovač hned po otočení snímače o jeden krok zastavil a odpojil servomotry. Takto se jen nastaví v attributech osy příslušný chybový Tag a zesilovač hlásí chybu E62. Chyby osy se sice dají odstranit resetem chyb osy (instrukcí MAFR – Motion Axis Fault Reset), ale po jakémkoliv otočení o jeden krok snímače je chyba hned zpět.



Obr. 17 Fault Actions properties osy

Hookup

Tato záložka slouží pro nastavení smyslu otáčení osy a otestování funkce zpětné vazby.

Test increment

Vzdálenost, na které bude proveden test značky snímače nebo test zpětné vazby.

Test Marker

Spustí test snímače, který se ujistí o správném připojení signálů A, B, I a jejich fázování pro detekci značky snímače. Při testu je nutné ručně otočit hřídeli snímače.

Test Feedback

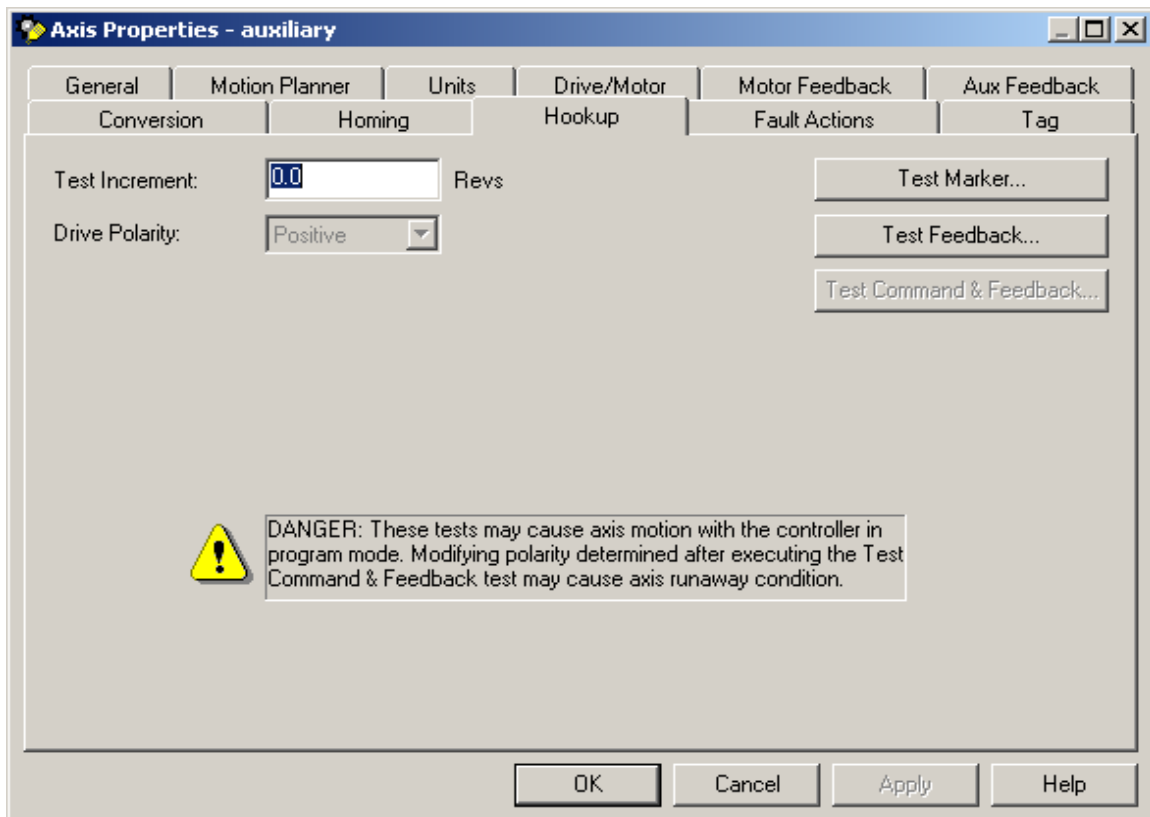
Test, který zkontroluje (případně upraví) nastavení smyslu otáčení osy.

Test Command & Feedback Test, který prověří (případně upraví) nastavení polarity zpětné vazby a polarity otáčení servomotoru.

Drive Polarity

Smysl otáčení osy (positive - kladný, negative - záporný)

Test Command & Feedback zde nelze provést, protože osa slouží jen jako snímač. Funkcí Test Marker a Test Feedback zde bohužel nelze využít. Osa auxiliary je nepřetržitě v chybovém stavu a díky tomu testy neproběhnou.



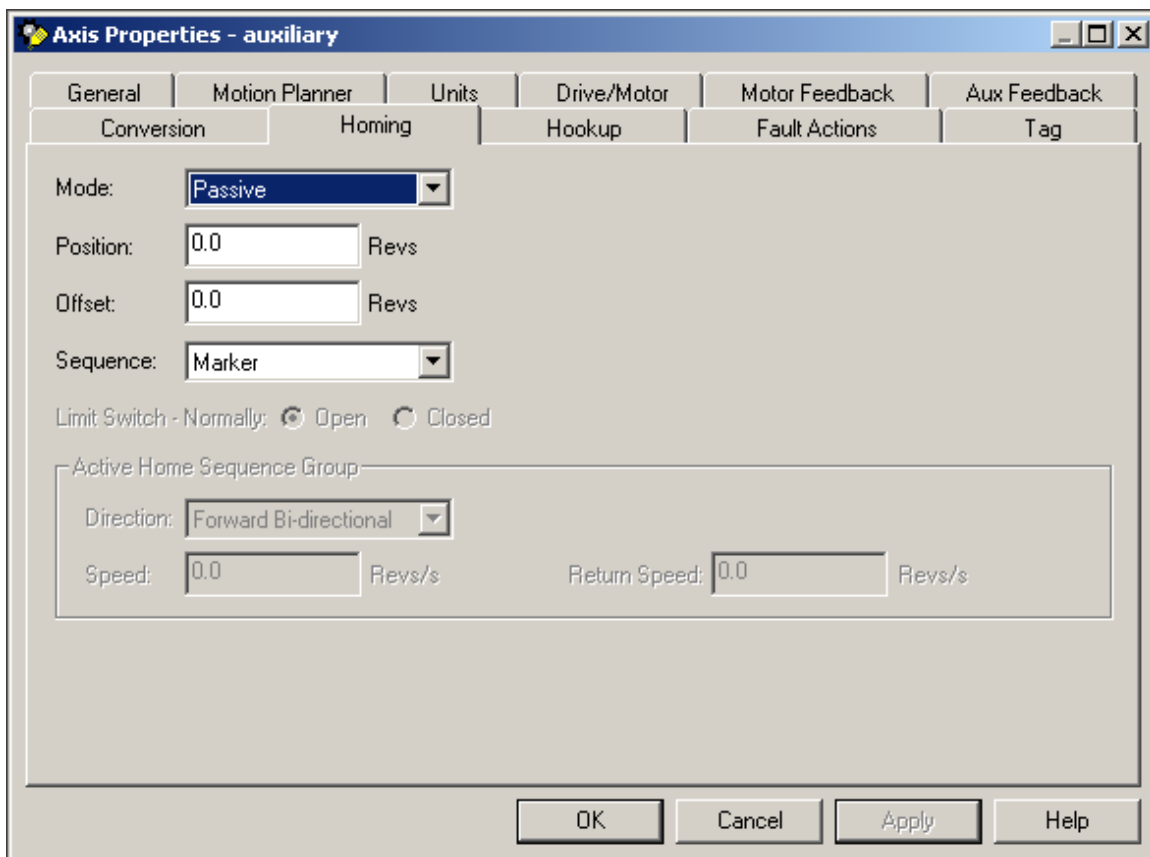
Obr. 18 Hookup properties osy

Homing Nastavení způsobu, kterým se osa dostane do výchozí pozice.

Mode Pro osy typu Feedback Only musí být nastaven na hodnotu *Passive*. Při tomto nastavení Homing definuje výchozí polohu podle výskytu signálu I (signál I dává 1 impuls na otáčku) z enkodéru.

Position Žádaná výchozí poloha osy (enkodéru).

Sequence *Marker* – nastaví výchozí pozici osy na značce enkodéru (impuls I).

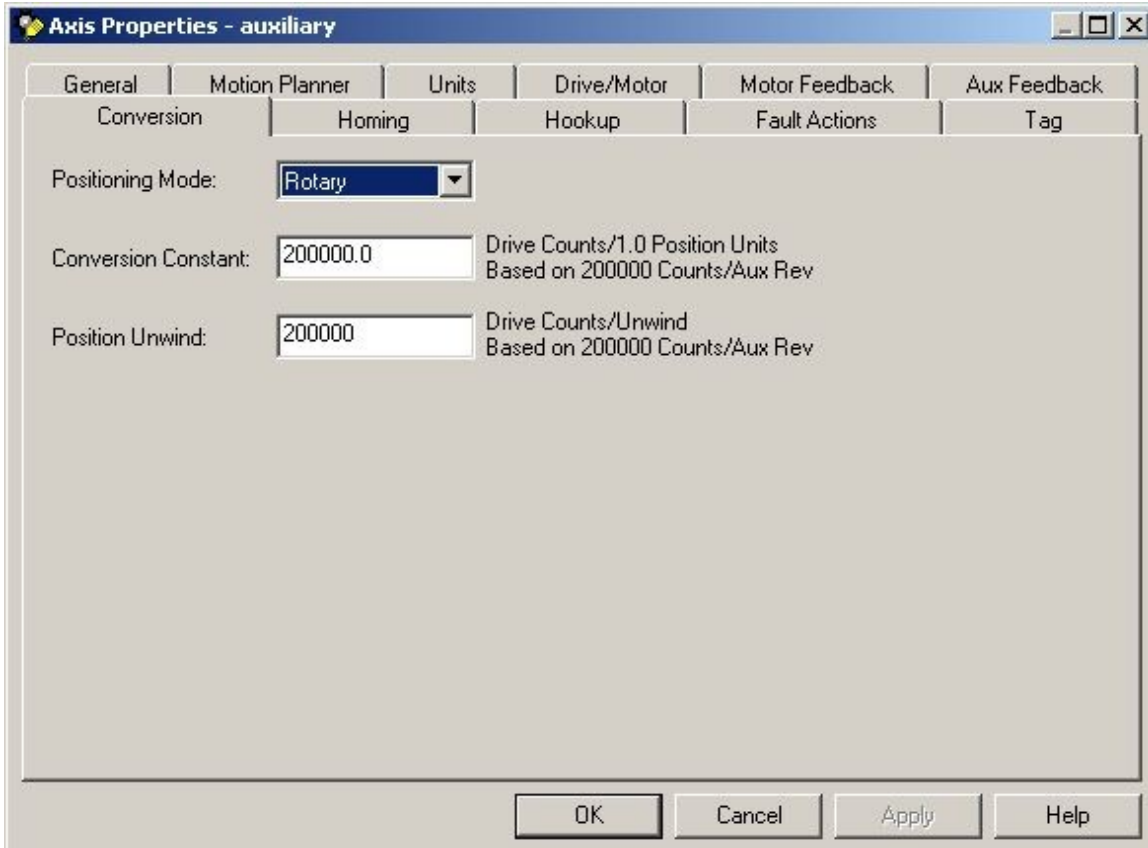


Obr. 19 Homing properties osy

Conversion

Positioning mode Polohovací mód. Pro otáčivý pohyb vybereme *rotary*.

Conversion Constant Konstanta pro převod.



Obr. 20 Conversion properties osy

3.4 Získávání informací z osy AF

Po předchozím nastavení osy už nyní zbývá jen uvést, jak data od osy pomocné zpětné vazby získat.

Všechny informace o ose jsou uloženy v jejích atributech (nachází se v Controller Tags), tedy i námi hledané informace o rychlosti a poloze osy. Na výběr je poměrně velké množství informací o stavu osy, jako např. poloha, rychlost, zrychlení... a u některých z nich i jejich průměrné hodnoty.

K jednotlivým tagům se pro získání jejich obsahu přistupuje buď instrukcí GSV (Get System Value) nebo přímo použitím požadovaného tagu.

V programu pro automat využívám atribut osy AverageVelocity (průměrnou rychlost osy). Zkoušel jsem použít i ActualVelocity, ale s tímto atributem systém nebyl příliš stabilní.

	-auxiliary.StartActualPosition	0.0	Float	REAL
▶	-auxiliary.AverageVelocity	0.0	Float	REAL
	-auxiliary.ActualVelocity	0.0	Float	REAL
	-auxiliary.ActualAcceleration	0.0	Float	REAL

Obr. 21 Používaný atribut osy

3.5 Úprava programu pro řídicí automat

Pro použití pomocné zpětné vazby je potřeba původní program patřičným způsobem upravit.

Nejrozsáhlejší a nejobtížnější úprava programu se týkala odstranění osy lineárního posuvu (linear_screw_thread). Program je poměrně rozsáhlý a tedy najít a ošetřit výskyt všech jejích atributů nebylo jednoduché.

Dále bylo v programu (v rutině system_diagnostics) nutné zajistit přepínání zdrojů (HSC, AF) pro tag *counter speed* podle polohy přepínače. Tento program umí tedy pracovat s oběma typy vazeb. Jeho funkce je však oproti druhému programu omezena o pohyb šroubem lineárního posuvu. Zde lze nastavit pouze otáčky motoru variátoru a (při konstantním převodovém poměru variátoru) regulujeme rychlost motoru s řemenicí, aby se hřídel enkodéru nehýbal. Podle toho jsou upraveny i jednotlivé módy modelu. Pro správnou funkci musí být malé kolo variátoru ve výchozí pozici.

V programu určeného pro původní funkci stroje jsem doplnil do série s klíčkem kontakt přepínače HSC-AUX. Při poloze přepínače v AUX nelze provést enable modelu.

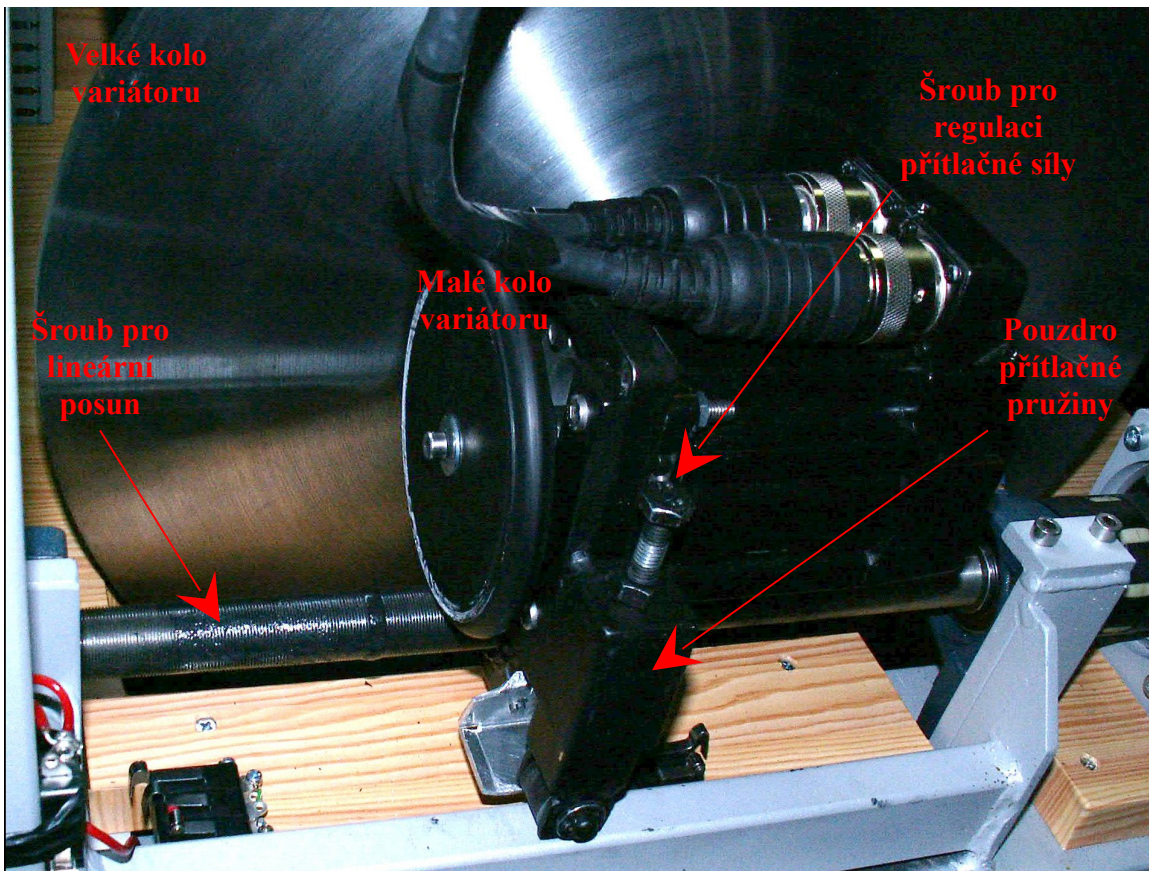
Oba tyto programy jsou obsaženy na přiloženém CD. Program pro původní funkci se jmenuje Servo_system_3_motors_2006_2_19.ACD a program pro využití pomocné zpětné vazby Auxiliary_system.ACD.

4. Kapitola

Řešení přitlaku malého variátorového kolečka

4.1 Úvod

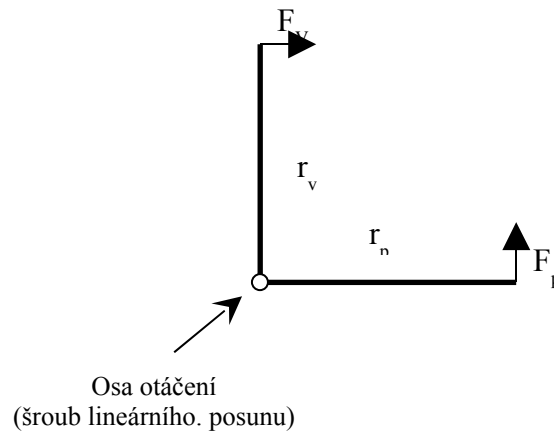
Důležitost tohoto bodu byla zmíněna již dříve, ale bohužel se ho i přes velikou snahu nepodařilo vyřešit. Při jeho teoretickém řešení jsme s vedoucím práce vždy narazili na to, že náš návrh nebylo možné fyzicky realizovat. Přitlačná síla musí být poměrně velká a místa pro přidání našeho řešení je málo. V této kapitole tedy jen popíšeme naše návrhy, které při řešení problému vznikly.



Obr. 22 Provedení variátoru

4.2 Rozbor problému – poměry sil a momentů na mechanismu přítlačku

Přítlačná síla je vyvozována následovně: šroub pro lineární posun zde reprezentuje osu otáčení. Na rameni o délce r_p (vzdálenost regulační šroub – šroub lineárního posunu) působí svou silou F_p pružina. Takto je vytvářen moment síly pružiny M_p . Druhý moment M_V (moment malého variátorového kolečka) je tvořen silou velkého kola variátoru F_V , působící na poloměru r_V (vzdálenost mezi šroubem lineárního posunu a hřídelí servomotoru). Vyjdeme-li ze známé minimální síly, kterou musí působit malé kolo na velké, aby kola mezi sebou neprokluzovala, rovnováhy momentů na ose $F_p \cdot r_p = F_V \cdot r_V \Rightarrow M_p = M_V$ a přibližně stejně dlouhých poloměrů otáčení, dostaneme sílu přibližně $F_p = 80\text{ N}$. To je minimální síla, kterou je nutné v místě regulačního šroubu působit, aby variátor správně pracoval. Tato síla působí při vyšroubovaném regulačním šroubu. Situace je znázorněna na obr. 19 a 20.



Obr. 23 Poměry sil a momentů na mechanismu přítlačku.

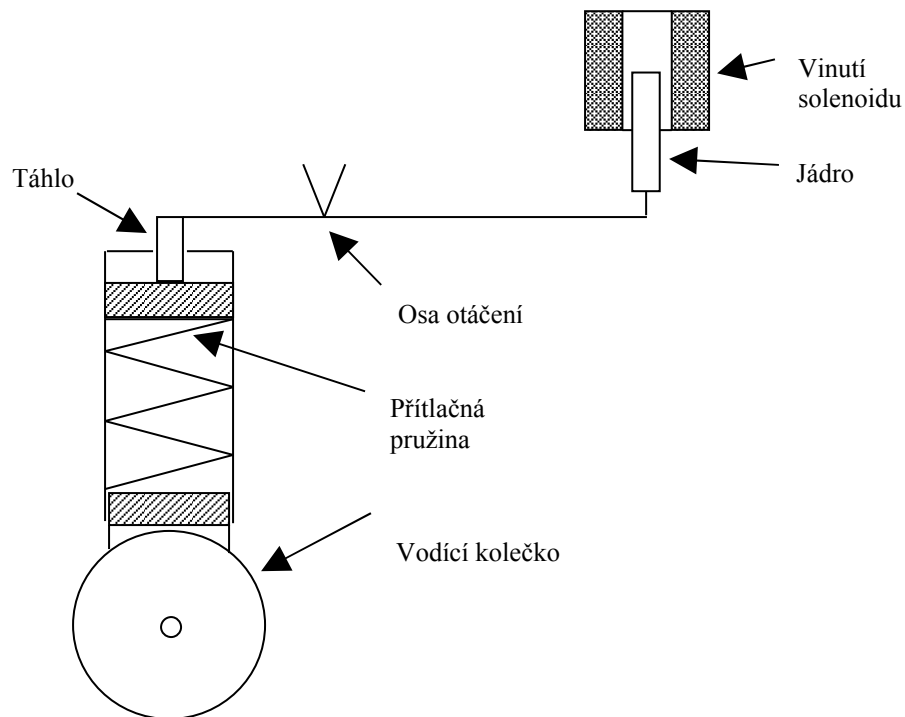
4.3 Možná řešení problému

I přes neúspěch řešení problému zde zařazují varianty, kterými jsme se zabývali.

4.3.1 Použití solenoidu pro vytvoření přitlačné síly

Základní myšlenka byla taková, aby bylo malé kolečko při zapnutém stroji přitlačováno pomocí solenoidu.

Regulační šroub je v tomto případě vyjmut a jeho místo zaujme táhlo, na které přes páku svou silou působí jádro solenoidu. Solenoid by byl připojen na rozvod 24V stroje. Při zapnutí stroje solenoid vtáhne své jádro a tím přitlačí kola variátoru k sobě. Při vypnutí napájení solenoid přestane pružinu stlačovat a sníží přitlačnou sílu na minimum. Délka pružiny musí být samozřejmě přizpůsobena, případně je potřeba pružinu vyměnit za jinou. Vše je zobrazeno na obr. 21.



Obr. 24 Přítlak řešen pomocí solenoidu

Pro realizaci tohoto řešení ovšem nebylo možné nalézt solenoid, který by, na něj kladeným požadavkům, vyhověl. Rozměrově přijatelné solenoidy totiž disponují příliš malou silou nebo mají požadovanou sílu, ale zároveň také malý zdvih jádra a lze je

bez jejich poškození provozovat jen omezenou dobu. Upravit sílu solenoidu vhodnou volbou délek ramen páky je sice možné, ale dostupné solenoidy mají příliš malý zdvih jádra na to, abychom toho mohli využít.

4.3.2 Možnosti stlačení pružiny

Po neúspěchu se solenoidy bylo potřeba najít jiný způsob, jak docílit stlačení pružiny. Zde byly zvažovány dva možné způsoby:

1. Ruční stlačení

Táhlo stlačující pružinu je ovládáno pákou, s osou otáčení umístěnou v zadní stěně stroje. Ve výchozí pozici stroje se jeden konec ramena páky nachází nad táhlem ovládající pružinu. Druhý konec páky pak vyčnívá za zadní stěnu modelu a jeho zdvihnutím bychom docílili stlačení páky. Po stlačení pružiny musí následovat její zajištění ve stlačené poloze. Rameno páky uvnitř stroje je v klidové poloze zdvihlé, aby se mohl mechanismus s pružinou po opuštění výchozí pozice pod páku opět bez problémů vrátit.

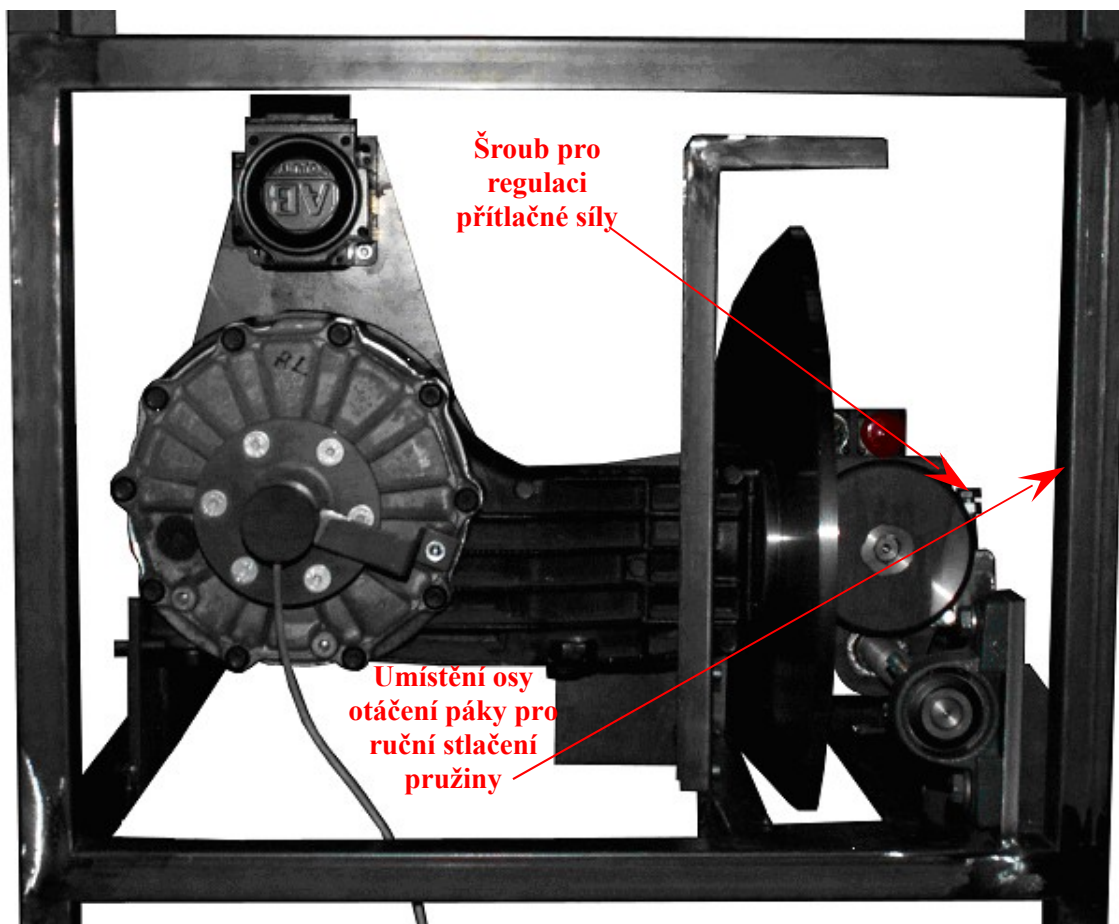
2. Stlačení vačkovým hřídelem

Nad táhlem je umístěn servomotor s převodovkou z níž vystupuje vačkový hřídel. V klidovém stavu vačka na táhlo nepůsobí žádnou (nebo jen velmi malou) silou. Vlivem otáčení začne hřídel postupně stlačovat přes táhlo pružinu.

Kdybychom zastavili hřídel v pozici, kdy je pružina dostatečně stlačena, vyřešilo by to celý problém. Je ovšem žádoucí, aby se po vypnutí napájení stroje přítlačná síla opět snížila na minimum. Zde by však bylo potřeba před ukončením práce s modelem ještě otočit hřídelem do výchozí polohy, aby došlo k uvolnění pružiny.

Je tu ale ještě možnost zajistit pružinu ve stlačené poloze a hřídel pak otočit zpět do výchozí polohy.

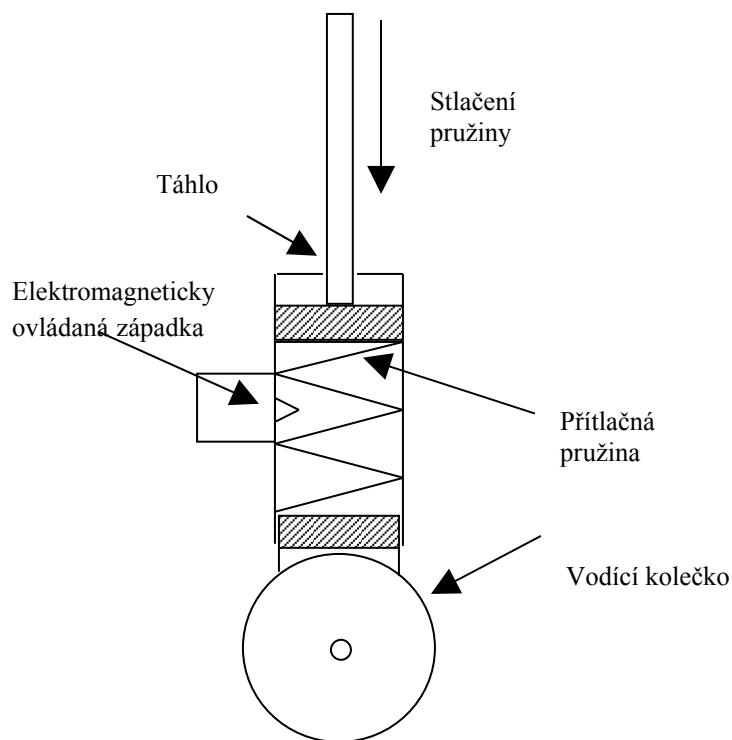
Několik možných způsobů zajištění stlačené pružiny je uvedeno níže.



Obr. 25 Místo připevnění páky na konstrukci modelu

4.3.3 Zajištění pružiny západkou

Ve stěně pouzdra pružiny bude připevněna západka, která po stlačení konec pružiny zajistí a ta zůstane stlačena i po uvolnění táhla. Západka je ovládána elektromagneticky (funkce je podobná jako u elektromagnetického otevírání dveří) a po vypnutí stroje se vinutí odpojí od zdroje, západka se uvolní, pružina roztáhne a přítlačná síla se tak sníží na minimum. Situace je znázorněna na obr. 22.

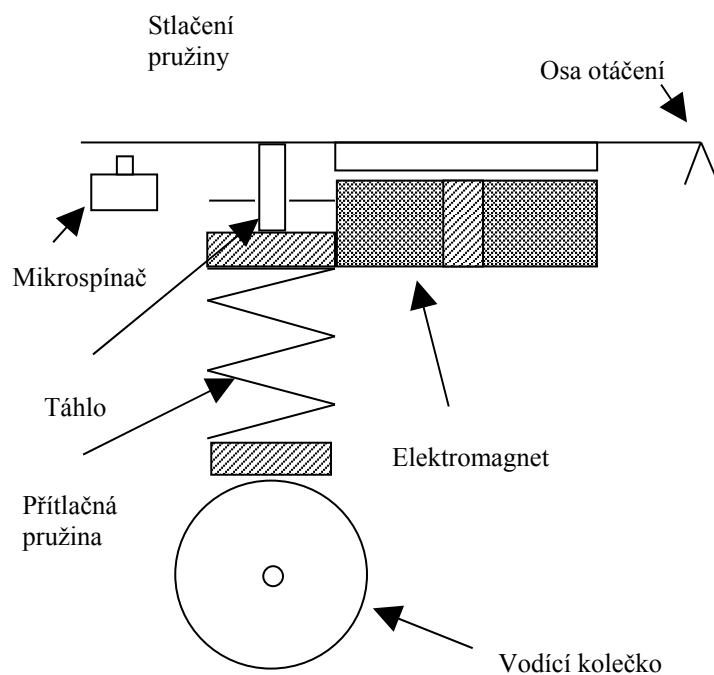


Obr. 26 Použití elektromagnetické západky

Ani zde jsme ovšem nebyli při realizaci úspěšní. Největší problémem zde bylo místo. Mezi motorem malého variátorového kola a stěnou stroje jsou asi jen 3 cm místa, což je velmi málo na použití elektromagnetické dveřní západky, která by byla ideální a podobné malé zařízení se mi nepodařilo obstarat. Další problém by mohl nastat v důsledku umístění západky jen z jedné strany. Ze strany druhé v instalaci jakéhokoli zařízení brání malé variátorové kolo. Přidržování pružiny jen z jedné strany by mohlo způsobit zapříčení bloku nad pružinou. Riziko zapříčení by bylo možno eliminovat použitím dostatečně vysokého bloku. Nejsem si však jistý, jestli by to bylo vzhledem k malé výšce pouzdra dobře možné.

4.3.4 Zajištění pružiny elektromagnetem

Jiné řešení je použití páky a elektromagnetu určeného pro přidržování otevřených dveří. K páce je připevněn protějšek elektromagnetu. Po stlačení páky se k sobě dostatečně přiblíží obě části elektromagnetu. V této poloze páky je zároveň sepnut mikrospínač ovládající vinutí elektromagnetu a ten přidrží páku ve stlačené pozici i po uvolnění vnějšího tlaku na páku. Páka stlačí přes táhlo pružinu, která zajistí patřičnou přítlačnou sílu. Po vypnutí stroje přestane elektromagnet přitahovat páku a ta se vrátí do výchozí polohy a uvolní pružinu. Viz obr. 23.



Obr. 27 Přidrží pružiny pomocí elektromagnetu a páky

Pro toto řešení jsem našel rozměrově (30x60x30) i silově (800 N trvale) přijatelný elektromagnet. Jeho cena je ovšem přes 5 000 Kč. Tento návrh jsem bohužel již nestihl s vedoucím práce včas konzultovat.

5. Kapitola

Závěr

Řídicí systém

Při práci na modelu převíjecího stroje jsem si prohloubil své znalosti o programování a možnostech automatů ControlLogix, s jejichž programováním jsem se setkal v rámci předmětu X35PRA. Nově jsem se seznámil se servozsilovači Kinetix 6000 a zejména pak s použitím jeho Auxiliary Feedback. Díky této práci se ještě více zvýšil můj zájem o tento druh řídicích systémů.

Úpravy na modelu

I přesto, že se nepodařilo přesně splnit všechny body zadání, podařilo se zprovoznit a zdokumentovat novou vlastnost modelu. Na modelu je nyní možné si vyzkoušet použití pomocné zpětné vazby modulu Kinetix 6000, která ve všech směrech předčí vazbu přes modul HSC, i když není použit originální snímač od Rockwell Automation.

Poslední bod (řešení přítlaku) zůstal prakticky nedořešen a jsou zde uvedeny jen některé návrhy, které by mohly být inspirací a poučením pro další případné řešitele.

Porovnání vazeb přes modul HSC a přes AF

Díky změně původního plánu úprav (nahradit zpětnou vazbu přes modul vysokorychlostního čítače pomocnou zpětnou vazbou), máme nyní možnost oba typy zpětných vazeb přímo porovnat jak z hlediska kvality regulačního pochodu, tak z hlediska pohodlí jejich použití.

Použití AF servozsilovače Kinetix 6000 je mnohem jednodušší a komfortnější. Pro získání žádané informace ze snímače stačí jen přistoupit k příslušnému tagu (atributu osy AF), kde je hodnota uložena. Rovněž odpadají výpočty pro zjištění, v tomto případě používaných, průměrných hodnot (průměrná rychlost se pomocí modulu HSC počítá jako průměr z 20 hodnot ukládaných do FIFO registru) a jsou zde k dispozici i údaje, jejichž získání by bylo s použitím HSC podstatně obtížnější (např. zrychlení osy apod.).

Dále jsem zkoumal kvalitu regulačního pochodu. Použil jsem mnou upravený program, který dokáže pracovat s oběma typy vazeb. Bez použití PID regulátoru není mezi oběma způsoby patrný žádný rozdíl, ale při jeho povolení se AF ukázala jako mnohem lepší řešení. V módu HSC systém (řízený servomotor s řemenicí) ztlačně kmitá a toto kmitání je na řemenu spojujícího servomotor a poloosu diferenciálu vidět

a celý stroj nepříjemně vibruje. S použitím AF a atributu osy Actual Velocity (aktuální rychlost) bylo chování stroje ještě horší, než s HSC. Když jsem ale použil atribut AverageVelocity, celý proces se stabilizoval a žádné výrazné kmitání systému není pozorovatelné. Zde se projevila vlastnost odfiltrování rušení malých změn otáček nastavovaná ve vlastnostech osy na záložce *Units* a konkrétně pak hodnota *Average Velocity Timebase*.

Rychlost se pomocí modulu HSC sice také počítá jako průměr, ale AF s Timebase 0,25s dosahuje podstatně lepších výsledků.

6. Použitá literatura a zdroje

- [1] Diplomová práce, Michal Roh: Model převíjení s rychlými servomechanismy, 2007

- [2] Rockwell Automation, Kinetix 6000 Multi-Axis servo drive: installation instructions
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2094-in001_-en-p.pdf

- [3] Rockwell Automation, Kinetix 6000 Multi-Axis servo drive: user manual
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2094-um001_-en-p.pdf

- [4] Rockwell Automation, Motion Modules in Logix5000 Control System
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/logix-um002_-en-p.pdf

- [5] Rockwell Automation, Control Logix High speed counter module 1756-HSC
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1756-in018_-en-p.pdf