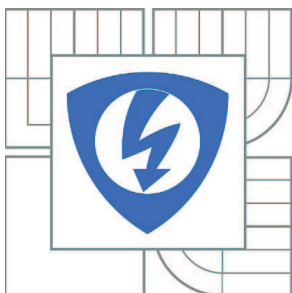


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## VÍCEOSÉ ŘÍZENÍ POHONŮ V INTELIGENTNÍ BUDOVĚ

MULTI-AXIS ENGINE CONTROL IN INTELLIGENT HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

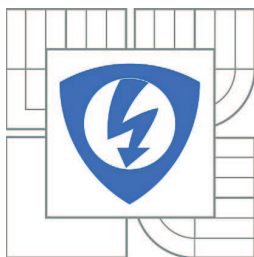
BOHUMIL UHERKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUDĚK CHOMÁT

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií**

**Ústav automatizace a měřicí techniky**

# **Bakalářská práce**

bakalářský studijní obor  
**Automatizační a měřicí technika**

**Student:** Bohumil Uherka

**ID:** 109737

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2009/2010

## **NÁZEV TÉMATU:**

**Víceosé řízení pohonů v inteligentní budově**

## **POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Seznamte se s programovatelným automatem s vestavěným dotykovým panelem a se servozesilovačem ACOPOS od firmy B&R. Prostudujte problematiku řízení pohonů pro ovládání vstupních vrat. Vytvořte víceosé řízení průmyslových pohonů pro otevírání dvou vstupních vrat do garáže a vytvořte vizualizaci tohoto technologického celku. Navrhněte a vytvořte řídicí jednotku pro ovládání modelářských pohonů, které budou znázorňovat otevírání vrat na modelu. Matematický model ověřte pomocí Matlab/Simulink. Výsledkem bakalářské práce je víceosé řízení motorů ovládaných pomocí modelu inteligentního domu a nastavování parametrů pomocí vizualizace. Taktéž bude vytvořen základní manuál pro práci se servozesilovačem ACOPOS.

## **DOPORUČENÁ LITERATURA:**

B&R [www.br-automation.com](http://www.br-automation.com) (Acopos user's manual)

Javůrek, J: Regulace moderních elektrických pohonů. Praha Grada Publishing, a. s., ISBN 80-247-0507-9, 2003.

**Termín zadání:** 8.2.2010

**Termín odevzdání:** 31.5.2010

**Vedoucí práce:** Ing. Luděk Chomát

**prof. Ing. Pavel Jura, CSc.**  
*Předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

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

## **ABSTRAKT:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou víceosého řízení pohonů pomocí elektronické vačky a elektronické převodovky. Výsledkem práce bylo vytvoření modelu vstupních vrat a programu víceosého řízení pohonů.

Tato problematika byla demonstrována na motorech ovládajících vstupní vrata u inteligentního domu. S použitím krokových motorů byl vytvořen model vstupních vrat, který byl propojen pomocí vstupních a výstupních modulů s Power Panelem (programovatelný automat s dotykovým displejem), na němž byla vytvořena vizualizace. Power Panel současně řídí servozesilovače ACOPOS. Tyto servozesilovače se synchronními motory odpovídají motorům ovládající skutečná vrata.

## **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Víceosé řízení pohonů, elektronická vačka, elektronická převodovka, servomotor, servozesilovač, ACOPOS, krokový motor, programovatelný automat, ovládání vstupních vrat.

## **ABSTRACT:**

The bachelor thesis handles with multi-axis drives with electronic cam and electronic gear. Result of this project was to develop a model of entry gates and multi-axis drive control program.

This issue was demonstrated on the entrance gate engines controlling the smart house. The model of entrance gates was constructed using a stepper engines. The model was connected by the input and output modules with Power Panel (programmable logic controller with touch screen), on which the visualization was created. Power Panel at the same time governed servoamplifiers ACOPOS. These servo amplifiers with synchronous engines correspond to engines controlling the actual gates.

## **KEYWORDS:**

Multi-axis engine control, electronic cam, electronic gear, servo- motor, servo amplifiers, ACOPOS, stepper motor, programmable logic controller, entrance gate controlling.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE:

UHERKA, B. *Víceosé řízení pohonů v inteligentní budově*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Luděk Chomát.

## PROHLÁŠENÍ

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Víceosé řízení pohonů v inteligentní budově jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **31. května 2010**

.....  
podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Luděkovi Chomátovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **31. května 2010**

.....  
podpis autora

## **OBSAH**

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ÚVOD .....</b>                                         | <b>10</b> |
| <b>2. POPIS POUŽITÉHO HARDWARU.....</b>                      | <b>11</b> |
| 2.1 Servozesilovač ACOPOS 1010.50-2 .....                    | 11        |
| 2.1 Snímače polohy.....                                      | 12        |
| 2.2 Synchronní motor 8MSA3S.R0-I7 .....                      | 14        |
| 2.3 Krokové motory typ PM35L048 a PM55L048.....              | 15        |
| 2.4 Vstupní a výstupní moduly připojené k Power Panelu ..... | 16        |
| 2.4.1 Modul pro řízení krokových motorů X20SM1426.....       | 16        |
| 2.4.2 Digitální vstupy X20DI9371 a výstupy X20DO9322 .....   | 18        |
| 2.5 Programovatelný automat s dotykovým displejem.....       | 18        |
| <b>3. POUŽITÝ SOFTWARE.....</b>                              | <b>20</b> |
| 3.1 Automation Studio .....                                  | 20        |
| 3.1.1 Programování.....                                      | 20        |
| 3.1.2 Objekty pro pohony .....                               | 21        |
| 3.1.3 Vizualizace .....                                      | 21        |
| 3.1.4 Diagnostika .....                                      | 21        |
| 3.2 Knihovny pro řízení pohonů .....                         | 22        |
| 3.2.1 Řízení pohonů dle PLCopen.....                         | 22        |
| 3.2.2 Knihovna ACP10MC .....                                 | 24        |
| 3.2.3 Knihovna ACP10SDC.....                                 | 25        |
| <b>4. OVLÁDÁNÍ VSTUPNÍCH VRAT .....</b>                      | <b>26</b> |
| 4.1 Typy vstupních bran a garážových vrat .....              | 26        |
| 4.1.1 Typy vstupních bran .....                              | 26        |
| 4.1.2 Typy garážových vrat .....                             | 26        |
| 4.2 Bezpečnostní prvky.....                                  | 27        |
| <b>5. MODEL VSTUPNÍCH VRAT .....</b>                         | <b>29</b> |
| 5.1 Volba pohonů na model .....                              | 29        |
| 5.2 Popis zvoleného řešení.....                              | 30        |
| 5.3 Prvky na modelu .....                                    | 32        |

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.1 Ovládací panel .....                                | 32        |
| 5.3.2 Bezpečnostní prvky .....                            | 33        |
| 5.3.3 Přípravek pro propojení prvků na modelu a PLC ..... | 33        |
| <b>6. PROGRAM PRO VÍCEOSÉ ŘÍZENÍ .....</b>                | <b>36</b> |
| 6.1 Elektronická vačka a elektronická převodovka .....    | 36        |
| 6.2 Programy a datové struktury pro řízení pohonů.....    | 38        |
| 6.3 Program víceosého řízení pohonů.....                  | 40        |
| 6.3.1 Poruchový stav.....                                 | 41        |
| 6.3.2 Stav „vypnuto“ .....                                | 41        |
| 6.3.3 Stav „zapnutí pohonů“ a „zjišťování poloh“ .....    | 41        |
| 6.3.4 Stav „synchronizace s modelem“ .....                | 42        |
| 6.3.5 Stav „připraven“ .....                              | 42        |
| 6.3.6 Stav „otevírání vrat v automatickém režimu“ .....   | 43        |
| <b>7. VIZUALIZACE.....</b>                                | <b>45</b> |
| 7.1 Hlavní vizualizace znázorňující víceosé řízení.....   | 45        |
| 7.2 Nastavování a vyčítání parametrů pohonů.....          | 46        |
| 7.3 Zobrazení chybových hlášení.....                      | 47        |
| 7.4 Vizualizace ovládacího panelu .....                   | 48        |
| 7.5 Grafické závislosti .....                             | 48        |
| <b>8. ZÁVĚR.....</b>                                      | <b>49</b> |
| <b>9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>                 | <b>50</b> |
| <b>10. SEZNAMY ZKRATEK, SYMBOLŮ .....</b>                 | <b>53</b> |
| <b>11. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>                            | <b>54</b> |

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 2.1: Blokové schéma servozesilovače ACOPOS [5].....               | 11 |
| Obrázek 2.2: Regulační smyčka servozesilovače ACOPOS [5].....             | 11 |
| Obrázek 2.3: Schéma resolveru [22].....                                   | 12 |
| Obrázek 2.4: Výstupní napětí resolveru [22] .....                         | 13 |
| Obrázek 2.5: Princip optických snímačů polohy[21].....                    | 13 |
| Obrázek 2.6: Zapojení krokových motorů PM od firmy NMB [17].....          | 15 |
| Obrázek 2.7: Rozdíl mezi jednofázovým a dvoufázovým řízením [11] .....    | 16 |
| Obrázek 2.8: Schéma zapojení výstupu modulu X20SM1426 [26].....           | 17 |
| Obrázek 2.9: Vnitřní zapojení modulů X20DI9371 a X20DO9322 [8].....       | 18 |
| Obrázek 3.1: Stavový diagram dle PCOpen motion control [12].....          | 23 |
| Obrázek 4.1: Graf závislosti momentu servomotoru na čase.....             | 27 |
| Obrázek 5.1: Mechanická realizace modelu vstupních vrat.....              | 30 |
| Obrázek 5.2: Úprava zapojení krokových motorů .....                       | 31 |
| Obrázek 5.3: Ovládací panel umístěný na modelu.....                       | 32 |
| Obrázek 5.4: Přípravek pro propojení prvků na modelu a PLC.....           | 34 |
| Obrázek 6.1: Profil vačky použitý při víceosém řízení.....                | 37 |
| Obrázek 6.2: Stavový digram hlavního programu víceosého řízení .....      | 40 |
| Obrázek 6.3: Závislost polohy os při použití elektronické vačky .....     | 44 |
| Obrázek 6.4: Závislost rychlosti os při použití elektronické vačky .....  | 44 |
| Obrázek 7.1: Vizualizace víceosého řízení pohonů .....                    | 45 |
| Obrázek 7.2: Vizualizace pro nastavování a vyčítání parametrů pohonů..... | 46 |
| Obrázek 7.3: Vizualizace pro zobrazení chybových hlášení .....            | 47 |
| Obrázek 7.4: Vizualizace zobrazení grafických závislostí .....            | 48 |

## 1. ÚVOD

Hlavním cílem bakalářské práce je vytvořit víceosé řízení pohonů pro otevírání brány a garážových vrat. Víceosé řízení bude realizováno pomocí elektronické převodovky a elektronické vačky a pohony budou ovládány z panelu na modelu inteligentního domu.

Práce se bude zabývat servomechanismy tvořenými synchronními motory a servozesilovači ACOPOS. Na model inteligentního domu budou přidány pohony, které budou znázorňovat pohyb brány a garážových vrat. Na tomto modelu bude prostudována problematika ovládání vstupních vrat a budou zde umístěny bezpečnostní prvky, které se v praxi používají pro zajištění bezpečného provozu.

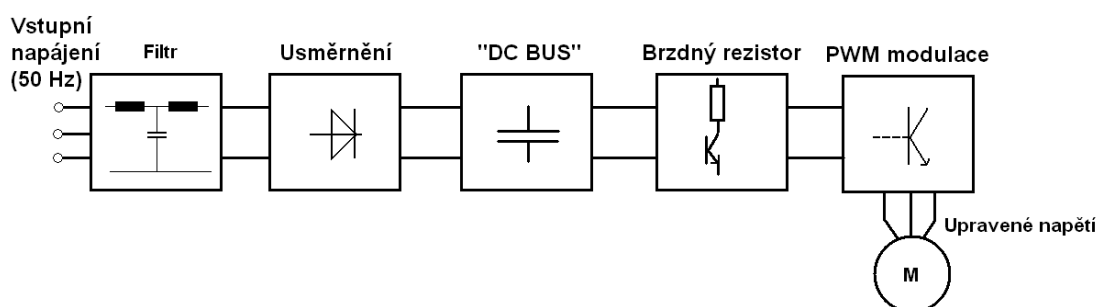
Všechny uvedené pohony budou řízeny pomocí Power Panelu (programovatelný automat s dotykovým displejem), na kterém bude vytvořen program víceosého řízení. Na Power Panelu bude taktéž vytvořena vizualizace uvedeného technologického celku, na níž bude možné nastavovat parametry všech pohonů.

Cílem práce je také vytvoření jednoduchého manuálu pro práci se servozesilovačem ACOPOS, ve kterém bude uveden postup pro vytvoření základního projektu v prostředí Automation Studio. Pomocí tohoto projektu by mělo být možné vytvářet jednoduché programy s využitím tohoto servozesilovače.

## 2. POPIS POUŽITÉHO HARDWARU

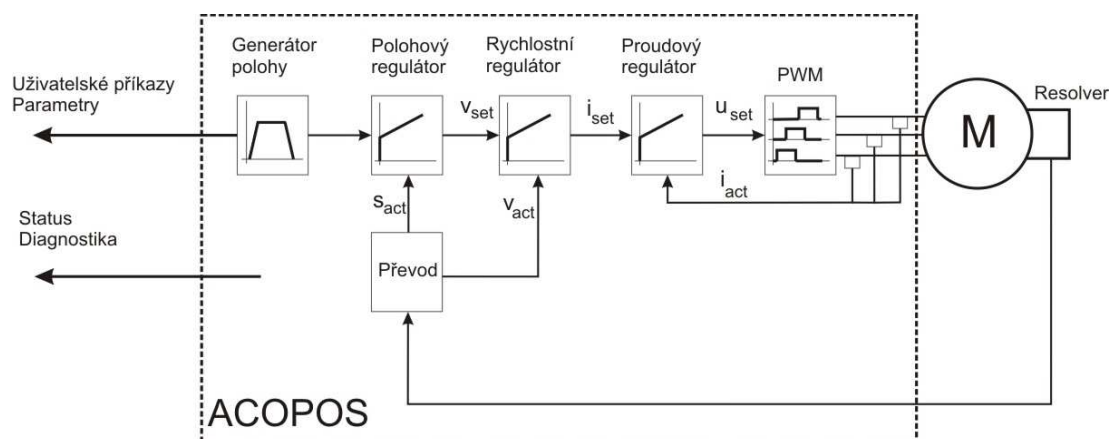
### 2.1 SERVOZESILOVAČ ACOPOS 1010.50-2

Servozesilovač je zařízení, které umožňuje řídit proud vstupující do připojeného motoru a pomocí zpětné vazby vyhodnocovat jeho polohu. Princip je zřejmý z obrázku 2.1.



Obrázek 2.1: Blokové schéma servozesilovače ACOPOS [5]

Vstupní napětí je nejprve usměrněno a filtrováno. Toto usměrněné napětí je potom řízeno výkonovými IGBT tranzistory, které pulzně šířkovou modulací vytvářejí požadovaný výstupní proud. Kvůli vysoké frekvenci spínání tranzistorů je před usměrňovačem použit filtr, který potlačuje vliv rušení. V servozesilovači je použita kaskádní regulační smyčka, která obsahuje regulátor proudu, rychlosti a polohy viz. obrázek 2.2. [5]



Obrázek 2.2: Regulační smyčka servozesilovače ACOPOS [5]

Do ACOPOSu 1010 je možné přidat karty pro komunikaci (např. Ethernet POWERLINK, CAN) a pro zpětný příjem dat o poloze motoru.

Na přední stěně servozesilovače je svorkovnice pro připojení externích spínačů (STOP, koncové spínače, referenční spínač aj.) a kontrolky informující o stavu zařízení (červená=ERROR, zelená=READY, oranžová=RUN). Zařízení může být napájeno střídavým napětím 3x110-230 V / 1 x 110-230V nebo přímo stejnosměrným napětím.[6]

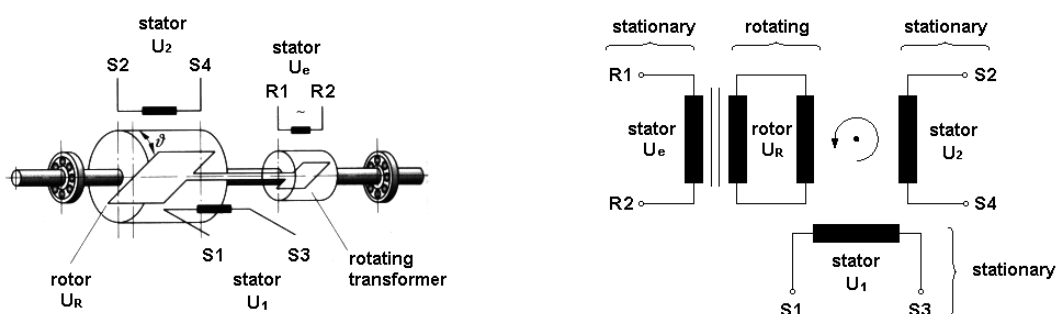
Při použití stejnosměrného napětí je nutné nastavit tuto skutečnost v konfiguraci projektu.[4] Jak provést správné nastavení servozesilovače v prostředí Automation Studio je popsáno v příloze C.

## 2.1 SNÍMAČE POLOHY

Servomechanismus potřebuje k přesnému polohování znát aktuální polohu natočení osy. Tuto informaci využívá regulační smyčka pro určení přesné hodnoty proudu do motoru tak, aby aktuální pozice osy odpovídala požadované. Ke snímání polohy jsou většinou použity tyto základní principy:

- Induktivní fázové senzory (resolver)
- Optické přírůstkové snímače
- Absolutní senzory[24]

Resolver je zařízení, pomocí kterého lze získat v rámci jedné otáčky informaci o absolutní poloze. Princip resolveru je znázorněn na obrázku 2.3.



Obrázek 2.3: Schéma resolveru [22]

Ve statoru resolveru jsou umístěny dvě cívky navzájem posunuté o  $90^\circ$  a v rotoru jedna cívka napájená harmonickým napětím s konstantní amplitudou viz. vzorec 1:

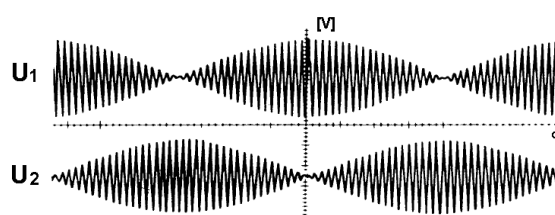
$$U_e(t) = U_s \sin(\omega t) \quad [V] \quad (1)$$

Velikost statorových napětí je závislá na poloze rotoru. Jejich hodnotu lze popsat vztahy 2 a 3:

$$U_1(t) = U_s \cdot \sin(\omega t) \sin(\alpha) \quad [V] \quad (2)$$

$$U_2(t) = U_s \cdot \sin(\omega t) \cos(\alpha) \quad [V] \quad (3)$$

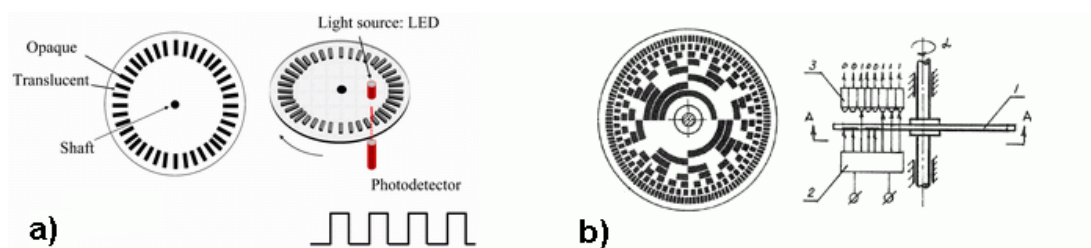
kde  $U_s$  je výstupní špičkové napětí,  $\alpha$  uhel natočení rotoru a  $\omega$  nosná frekvence napětí  $U_e$ . Průběhy napětí  $U_1$  a  $U_2$  jsou vidět na obrázku 2.4.[22]



Obrázek 2.4: Výstupní napětí resolveru [22]

Vyhodnocení polohy resolveru je prováděno modulem 8AC122.60-1, který je zasunut do servozesilovače ACOPOS.

Dále je možné použít optické přírůstkové snímače. Ty fungují na principu snímání impulzů, které vznikají změnou světelného toku mezi dvěma prvky (obvykle infradiodou a fototranzistorem) v závislosti na poloze segmentů viz. obrázek 2.5 a).



Obrázek 2.5: Princip optických snímačů polohy[21]

Vyhodnocování bývá zpravidla prováděno pomocí dvou optických čidel, která jsou vzájemně posunuta o čtvrt periody. Díky tomu se zvýší rozlišení a lze určovat směr otáčení (každý směr má jinou posloupnost signálů). Nevýhodou je to, že tyto snímače nedokážou zjistit absolutní polohu, ale pouze o kolik se poloha změnila. Toto se projeví například při výpadku napájecího napětí, kdy ztratíme informaci o poloze.

Tento problém řeší absolutní snímače polohy, které využívají podobný princip jako snímače přírůstkové. Je pouze využito více optických čidel a více řad segmentů, což umožňuje vhodně zakódovat informaci o absolutní poloze, jak je znázorněno na obrázku 2.5 b). K zakódování se používá přímý binární nebo Grayův kód. Ten je výhodný v tom, že u hodnoty informace se mění vždy jenom jeden bit. Tyto snímače však bývají oproti přírůstkovým méně přesné. Kombinací těchto dvou snímačů lze dosáhnout vyšší přesnosti a získáme tak i absolutní informaci o poloze. Toto zařízení je potom nazýváno Endat. [21] [5]

## **2.2 SYNCHRONNÍ MOTOR 8MSA3S.R0-I7**

Synchronní motor využívá principu magnetického točivého pole, které otáčí s rotorem tvořeným permanentním magnetem nebo elektromagnetem. Toto pole je vytvářeno ve statorových cívkách motoru, které jsou napájeny třífázovým napětím. S využitím servozesilovače, který umožňuje toto napětí měnit na požadovanou hodnotu (jedná se zejména o frekvenci, kterou jsou řízeny otáčky a amplitudu, kterou je řízen moment motoru), lze motor velice přesně polohovat.[5]

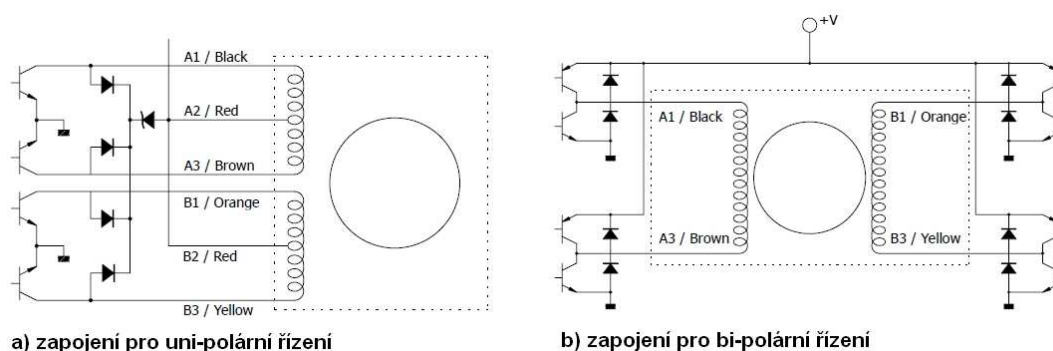
Na rozdíl od asynchronních motorů, kde mezi magnetickým točivým polem a rotorem je určitý skluz, jsou synchronní motory velice vhodné pro přesné polohování. I když lze asynchronní motor poměrně přesně polohovat pomocí vektorového řízení, jsou spíše vhodnější pro řízení na požadovanou rychlost.[2] V tomto případě nehovoříme o servozesilovačích, ale o frekvenčních měničích.

Synchronní motor 8MSA3S.R0-I7 je 6-ti pólový. Jeho jmenovitá rychlost je  $n_N = 6000 \text{ min}^{-1}$  (maximální rychlost  $n_{MAX} 12000 \text{ min}^{-1}$ ) a statický točivý moment  $T_0 = 0,65 \text{ Nm}$ . Tento motor je vybaven čidly teploty a resolverem. Teplota je vyhodnocována servozesilovačem ACOPOS a chrání tak motor před přehřátím. [10]

### 2.3 KROKOVÉ MOTORY TYP PM35L048 A PM55L048

Princip krokového motoru je následující. Pokud vhodným způsobem zapojujeme cívky statoru, vytvoříme otáčivé magnetické pole. To způsobuje otáčení rotoru. Pokud není krokový motor přetížen, stačí při polohování vhodným způsobem počítat kroky, a proto není nutné mít zpětnou vazbu o poloze motoru. Další výhodou je to, že motor je schopen i přes působící síly udržet svojí polohu. Nevýhodou jsou pak velké rozměry vzhledem k dosaženému krouťicímu momentu. Ke krokovým motorům je dále nutné mít vhodnou řídicí jednotku. Lze je řídit unipolárně či bipolárně, jednofázově či dvoufázově. [23]

Krokové motory od firmy NMB typu PM35L048 a PM55L048 s permanentním magnetem v rotoru mají rozlišení 48 kroků na jednu otáčku (jeden krok tedy odpovídá otočení o  $7,5^\circ$ ) a jsou konstruovány na řídicí napětí 24 V. Krokovým motorem typu PM35L048 může při bipolárním řízení téct proud 500 mA a jeho točivý moment se pohybuje v závislosti na otáčkách v rozmezí 20 - 45 mNm. Motorem typu PM55L048 může při bipolárním řízení téct proud 800 mA s točivým momentem 70 - 120 mNm. Způsob zapojení lze vidět na obrázku 2.6. [15][16]



Obrázek 2.6: Zapojení krokových motorů PM od firmy NMB [17]

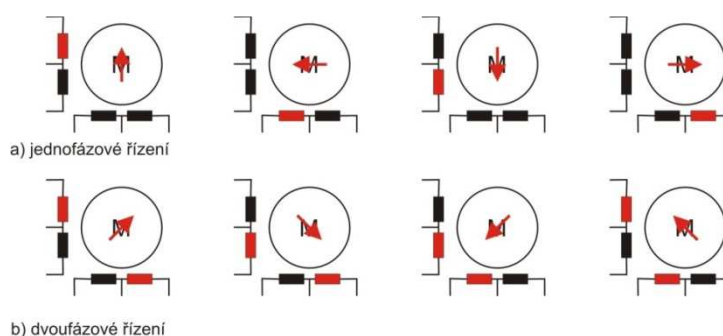
## 2.4 VSTUPNÍ A VÝSTUPNÍ MODULY PŘIPOJENÉ K POWER PANELU

Všechny dále zmíněné moduly lze pomocí komunikace X2X Link propojit s Power Panelem (programovatelný automat s dotykovým displejem). Pro propojení je možné použít modul X20BR9300, který současně může sloužit jako napájení pro uvedené vstupní a výstupní moduly.[8]

### 2.4.1 Modul pro řízení krokových motorů X20SM1426

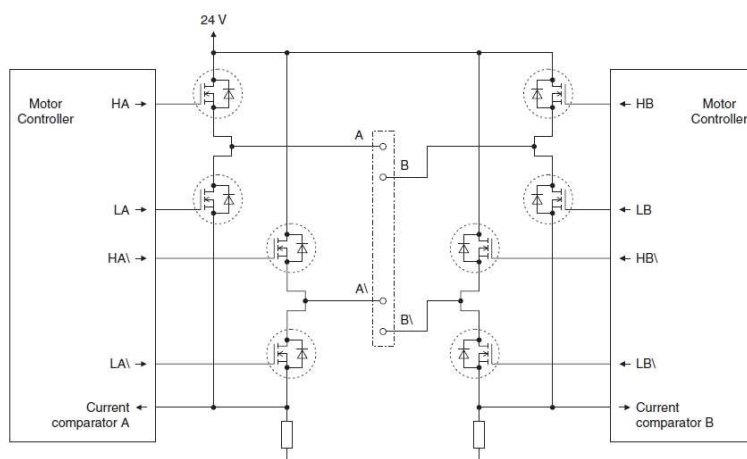
Řízení krokových motorů lze provádět unipolárně či bipolárně. Při unipolárním řízení prochází proud vždy právě jednou cívkou. U bipolárního řízení prochází proud dvěma protilehlými cívkami, které jsou zapojené tak, že mají navzájem opačně orientované magnetické pole. Toto zapojení poskytuje větší krouticí moment (za cenu vyšší spotřeby a složitější řídicí elektroniky) než zapojení unipolární.

Rozdíl mezi jednofázovým a dvoufázovým řízením je patrný z obrázku 2.7. U jednofázového řízení generuje magnetické pole pouze jedna cívka (případně dvojice cívek při bipolárním buzení). Při dvoufázovém řízení generují shodně orientované magnetické pole vždy dvě sousední cívky. U dvoufázového řízení lze opět dosáhnout většího točivého momentu. [23]



Obrázek 2.7: Rozdíl mezi jednofázovým a dvoufázovým řízením [11]

Modul X20SM1426 od firmy B&R se používá pro dvoufázové bipolární řízení jednoho krokového motoru se jmenovitým napětím 24 V a proudem do 1 A (chvilkově lze modul přetížit na proud 1,2 A). Zapojení výstupního obvodu je vidět na obrázku 2.8. První fáze krokového motoru se připojuje na svorky A a A', druhá fáze mezi svorky B a B'.



**Obrázek 2.8: Schéma zapojení výstupu modulu X20SM1426 [26]**

Modul je dále vybaven čtyřmi digitálními vstupy, ke kterým lze připojit například koncové spínače nebo snímač otáček. Pracuje se třemi druhy proudů, které nastavuje nezávisle na hodnotě impedance cívky (až do omezení napájecím napětím):

- Přídržný proud – když motor stojí.
- Jmenovitý proud – když se motor otáčí konstantní rychlostí.
- Maximální proud – když se motor rozjíždí nebo brzdí.

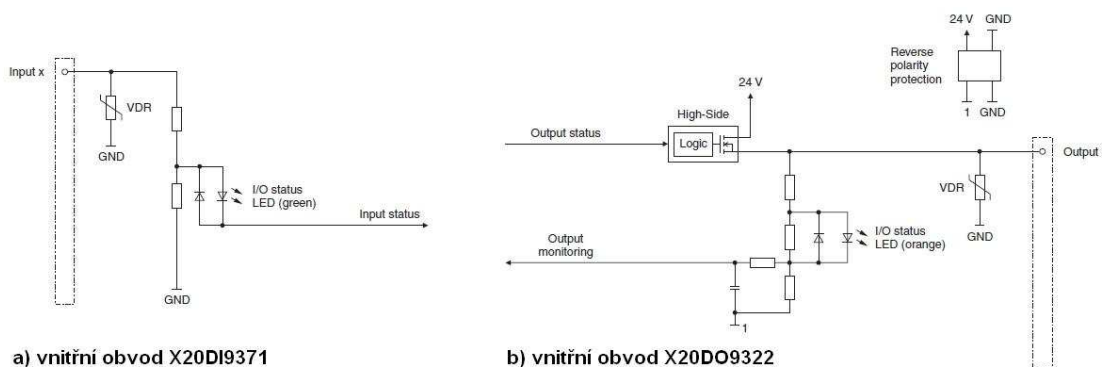
Vhodným nastavením těchto proudů pro konkrétní motor se předchází nadměrnému zahřívání motorů a zbytečné spotřebě energie. Při nastavování proudu modul využívá PWM modulaci s frekvencí cca 38,5 kHz. [26]

Pro řízení tohoto modulu v Automation Studiu lze využít mod „Ramp“, při kterém lze krokovým motorem provádět pohyb z místa na místo či se pohybovat určitou rychlostí. V Automation Studiu verze 3.0.80 nebo vyšší je možné provádět řízení pomocí funkčních bloků z knihovny ACP10MC.

### 2.4.2 Digitální vstupy X20DI9371 a výstupy X20DO9322

Modul X20DI9371 je napájen stejnosměrným napětím 24 V a umožňuje připojit až 12 digitálních vstupů. Vstupy jsou typu „sink“, což znamená, že na vstup přivádíme stejnosměrné napětí 24 V a přes modul je toto napětí uzemněno. Výrobce udává odpor vstupního obvodu 6,4 k $\Omega$ , což při napětí 24 V odpovídá proudu cca 3,75 mA. Na každém vstupu je umístěn filtr, jehož časovou konstantu lze softwarově nastavovat. Zapojení vstupního obvodu je vidět na obrázku 2.9 a)

Modul X20DO9322 zahrnuje 12 digitálních výstupů. Tento modul má výstupy typu „source“, což znamená, že při log. 1 je na výstupu napětí 24 V, které je třeba přes zátěž uzemnit. Zpoždění mezi změnou stavů je rychlejší než 300  $\mu$ s a každý výstup může být zatížen proudem až 0,5 A. Tento modul v sobě zahrnuje tepelnou ochranu proti nadproudu a zkratu, dále ochranu při spínání indukčních zátěží. Zapojení výstupního obvodu lze vidět na obrázku 2.9 b). [8]



Obrázek 2.9: Vnitřní zapojení modulů X20DI9371 a X20DO9322 [8]

## 2.5 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT S DOTYKOVÝM DISPLEJEM

V bakalářské práci je také použito zařízení Power Panel 4PP420.1043-75 od firmy B&R. Jedná se programovatelný automat (PLC), s procesorem Geode LX800 500 MHz (32-bit x86). Programovatelný automat disponuje 128 MB paměti DDR SDRAM.

Součástí Power Panelu je dotykový VGA displej s rozlišením 640 x 480 pixelů, na kterém lze v prostředí Automation Studio vytvářet příslušné vizualizace.

K Power Panelu se dá přistupovat pomocí rozhraní RS 232, Compact Flash nebo Ethernet. Zařízení by mělo být napájeno stejnosměrným napětím v rozmezí 18-30 V, typicky je to 24 V. [9][20]

### 3. POUŽITÝ SOFTWARE

#### 3.1 AUTOMATION STUDIO

B&R Automation Studio kombinuje všechny softwarové součásti nezbytné pro konfiguraci, programování, diagnostiku a řízení všech B&R hardwarových komponent. Projekt vytvořený v tomto prostředí je rozdělen do tří základních pohledů:

- Logického (Logical View), kde lze vytvářet a přidávat proměnné, programy, objekty pro pohony, vizualizace, knihovny a jiné objekty.
- Konfiguračního (Configuraton View), kde je možné vytvářet různé konfigurace a přepínat mezi nimi.
- Fyzického (Physical View), kde může být do projektu přidáván a konfigurován hardware.

##### 3.1.1 Programování

V prostředí Automation Studio lze vytvářet programy, které mohou být rozděleny na inicializační a cyklickou část. Inicializační část proběhne po zapnutí (nebo restartu) procesoru pouze jednou. Cyklická část programu se opakuje s periodou, kterou lze určit tím, do jakého „Cyclic“ je program vložen. V Automation Studiu lze programovat v následujících jazycích:

- Strukturovaný text (Structured text)
- Sekvenční funkční diagram (Sequential Function Chart)
- Ladder diagram
- ANSI C
- Funkční diagram (Function Block Diagram), aj.

Při programování lze použít základních proměnných jako: BOOL, INT, UINT, REAL, TIME, STRING, atd. Je možné využít i datové struktury, což se je při programování pohonů, které mají spoustu parametrů, velice výhodné.

### 3.1.2 Objekty pro pohony

Do projektu lze přidávat objekty, které jsou důležité při řízení pohonů. Pro nastavování parametrů osy slouží inicializační tabulka, v které lze nastavit např. tyto parametry:

- Základní hodnoty zrychlení a rychlosti pohybu aj.
- Konstanty regulátorů polohy a rychlosti a různých filtrů.
- Limitní hodnoty pohybu (například softwarové koncové spínače nebo maximální dovolené regulační odchylky).
- Parametry zpětné vazby motoru – zde lze nastavit např. počet jednotek na jednu otáčku.
- Parametry HW spínačů (pokud nejsou všechny hardwarové spínače zapojené, lze jejich hodnotu nastavit softwarově).

Dále je možné přidat tabulku parametrů servozesilovače ACOPOS, tabulku chybových hlášení (k číslu chyby je přiřazen řetězec popisující charakter chyby), profil vačky, který může být využit při víceosém řízení, aj.

### 3.1.3 Vizualizace

Pomocí Automation Studio je také možné vytvářet vizualizaci. Ta se tvoří na „Page“, které odpovídají displeji na příslušném zařízení. Mezi jednotlivými „Page“ se lze snadno přepínat.

Ve vizualizaci lze použít velké množství komponent, jako jsou například: tlačítko, pole pro zadávání a zobrazení čísel, pole pro zadávání a zobrazení řetězce, obrázky, obrázkové skupiny (každý obrázek má index a jednotlivé obrázky jsou potom zobrazovány podle hodnoty zvolené proměnné) nebo grafy.

### 3.1.4 Diagnostika

Pro ladění programu a diagnostiku lze v Automation Studio využít různé nástroje. Pokud je navázána komunikace mezi programovatelným automatem a Automation Studií (které je spuštěno na osobním počítači), je možné sledovat a měnit hodnoty proměnných, které jsou v programu použity. Pokud nás zajímají

pouze momentální číselné hodnoty proměnných, je vhodný nástroj „Watch“. Pro sledování změny hodnot proměnných v čase je určen nástroj „Trace“.

V režimu „Monitor“ je potom možné sledovat, kterým řádkem program prochází (zda jsou splněny podmínky), krokovat běh programu a vkládat „Breakpointy“. Ty slouží k označení místa, kde se běh programu zastaví, dokud uživatel potřebuje.

V Automation Studiu lze také použít nástroj „Test“. Ten je možné využít pro diagnostiku a nastavování parametrů pohonů. V tomto nástroji je možné vyzkoušet funkčnost pohonu a vykovávat základní úkony jako je zapnutí regulátoru pohonu, nastavení referenční polohy, absolutní pohyb, relativní pohyb, pohyb určitou rychlostí, atd. Můžeme zde také měnit parametry inicializační tabulky osy a pomocí funkce automatického ladění nastavovat regulátory.

### **3.2 KNIHOVNY PRO ŘÍZENÍ POHONŮ**

Pro řízení pohonů v Automation Studiu můžeme využít funkční bloky standardizované PLCopen. Jedná se o celosvětovou nezávislou organizaci působící v průmyslovém řízení, která byla založená v roce 1992 se sídlem v Nizozemsku. Jedna z hlavních činností PLCopen je zaměřena na IEC 61131-3, jediný globální standard pro programování v průmyslové automatizaci.

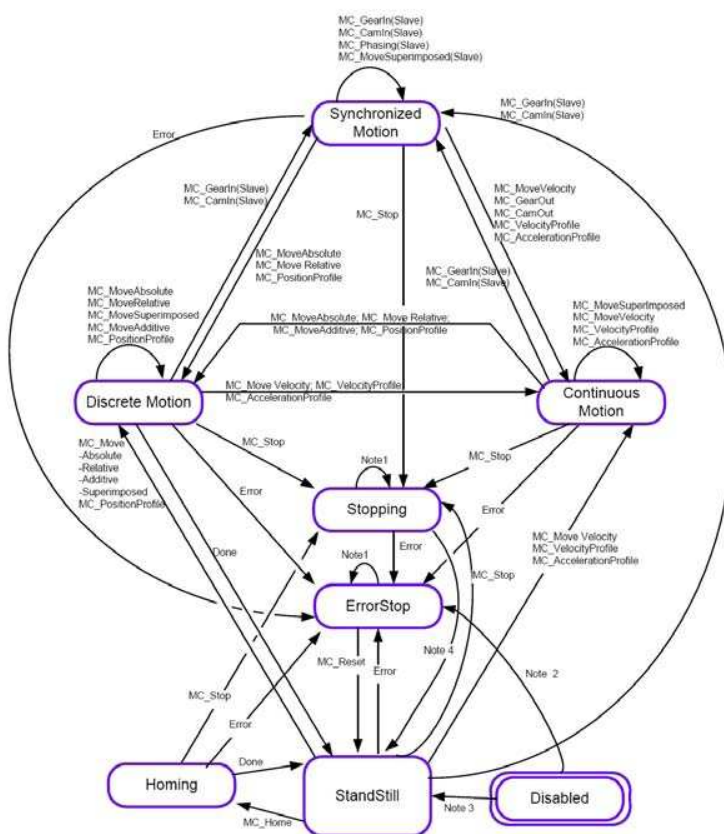
Jak již bylo uvedeno, PLCopen se také zabývá standardizací v řízení pohonů. Vzhledem k tomu že existuje široká škála hardware pro řízení pohonů, bylo v minulosti nezbytné mít vytvořený jedinečný software pro každou aplikaci, i když funkce programů byly stejné. „PLCopen motion standard“ umožňuje použití standardní knihovny, která je opakovatelně použitelná pro více hardwarových platforem. Tento způsob programování je proto méně závislý na hardware a umožňuje znovupoužitelnost aplikačního softwaru. [19]

#### **3.2.1 Řízení pohonů dle PLCopen**

PLCopen motion control definuje osm základních stavů, v kterých se osa může nacházet. Stavový diagram přechodů mezi jednotlivými stavy je vystižen na obrázku 3.1. Jednotlivé stavy jsou definovány jako:

- Disable – pohon je vypnutý (do motoru neteče žádný proud).

- StandStill – pohon je zapnutý, ale nevykonává žádný pohyb.
- Homing – probíhá nastavování referenční polohy.
- ErrorStop – nachází se v chybovém stavu.
- Stopping – zastavování pohybu.
- Discrete Motion – osa vykonává diskretní pohyb (bude sám ukončen).
- Continuous Motion – osa vykonává spojitý pohyb (ukončen až určitou událostí).
- Synchronized Motion – osa vykonává pohyb v závislosti na jiné ose.



Obrázek 3.1: Stavový diagram dle PCLopen motion control [12]

PLCopen definuje velké množství funkčních bloků pro práci s jednou osou. Dále jsou uvedeny alespoň některé základní bloky:

- MC\_Power – zapnutí pohonu.
- MC\_Home – nastavení referenční hodnoty osy.
- MC\_MoveAbsolute – pohyb na určenou polohu.

- MC\_MoveAdittive – pohyb o určitou vzdálenost.
- MC\_Stop – zastavení pohybu motoru.
- MC\_ReadActualPosition – čtení aktuální polohy osy.
- MC\_ReadActualVelocity – čtení aktuální rychlosti osy.
- MC\_ReadActualTorque – čtení aktuálního točivého momentu.
- MC\_ReadAxisError – čtení chybových stavů.
- MC\_ReadStatus – čtení statusu osy (servozesilovače).
- MC\_Reset – resetování chybového stavu.

Také definuje funkční bloky pro víceosé řízení. V práci byly použity tyto bloky:

- CamTableSelect – připravuje tabulku vaček pro použití blokem CamIn.
- CamIn – spojení „master” a „slave“ osy pomocí elektronické vačky.
- CamOut – rozpojení „master” a „slave“ osy.
- GearIn – spojení „master” a „slave“ osy pomocí elektronické převodovky.
- GerOut – rozpojení „master” a „slave“ osy. [19]

Většina funkčních bloků má kromě jiných tyto vstupní a výstupní parametry:

- Axis (vstupní) – odkaz na osu, se kterou funkce pracuje.
- Execute/Enable (vstupní) – zahájení provádění akce.
- Busy (výstupní) – akce je momentálně prováděná.
- Done (výstupní) – úspěšné ukončení akce.
- CommandAdorted (výstupní) – provádění akce bylo přerušeno.
- Error (výstupní) – chyba při funkčním volání bloku.
- ErrorID (výstupní) – číslo chyby. [1]

### 3.2.2 Knihovna ACP10MC

Tato knihovna v sobě zahrnuje standardní funkční bloky pro řízení pohonů PLCopen, ale i speciální B&R funkční bloky. Ty jsou od standardních PLCopen rozlišeny tím, že mají v názvu „BR“ (např. MC\_**BR**\_InitAxisPar).

V bakalářské práci jsou použity pouze funkční bloky definované v standardu PLCopen motion control, které jsou podrobně popsány výše.[1]

### **3.2.3 Knihovna ACP10SDC**

Knihovna ACP10SDC (Smart device control) je v práci použita k tomu, aby se ke krokovým motorům řízeným modulem X20SM1426 dalo přistupovat podobně jako k motorům řízeným servozesilovačem ACOPOS. Tuto knihovnu lze použít pouze v Automation Studiu verze 3.0.80 nebo vyšší.

Při tomto způsobu řízení krokových motorů lze využít zpětnou vazbu od snímače polohy, koncové snímače a lze realizovat stejné úlohy jako u servozesilovače ACOPOS (elektronické vačky, elektronické převodovky, ...). Hlavní řídicí software běží přímo na programovatelném automatu a do modulu X20SM1426 se posílá pouze žádaná poloha. Proto je vyžadován rychlý programovatelný automat generace SG4. [27]

## **4. OVLÁDÁNÍ VSTUPNÍCH VRAT**

U řízení vrat servomechanismem je velkou výhodou to, že známe přesnou polohu ovládaného zařízení a že můžeme zadat s jakým zrychlením, zpomalením a rychlostí se bude servomotor pohybovat. Servomotor je mechanickou vazbou spojen se vstupními vraty, které proto můžeme velice přesně polohovat. Důležité je znát koncové polohy, které odpovídají zavřeným a otevřeným vstupním vratům.

Ovládání vstupních vrat pomocí servomechanismu by bylo v praxi velice nákladné. Proto by bylo vhodnější zvolit pohon s jednoduchou řídicí jednotkou (která umožňuje pohyb v obou směrech) a koncové spínače. Vrata by se potom pohybovala mezi dvěma polohami, které by odpovídaly koncovým spínačům. Cílem této práce však nebylo najít neoptimálnější řešení pro úlohu ovládání vstupních vrat, ale demonstrovat na této úloze problematiku víceosého řízení.

### **4.1 TYPY VSTUPNÍCH BRAN A GARÁŽOVÝCH VRAT**

#### **4.1.1 Typy vstupních bran**

Vstupní brány lze rozdělit na dva základní typy: brány posuvné a brány křídlové. Použití křídlových bran je vhodné tam, kde z důvodu nedostatku prostoru pro odsouvání posuvných bran nelze tento typ použít. Při použití křídlových bran je zase nevýhodou blokování prostoru za výjezdem. Křídlové brány mohou být jednokřídlové a dvoukřídlové. [14]

#### **4.1.2 Typy garážových vrat**

Současný trh nabízí velké množství typů garážových vrat. Dále budou uvedeny alespoň základní typy:

- křídlová vrata,
- kyvná vrata výklopná,
- lamelová vrata (shrnovací do strany, shrnovací nahoru),
- kazetová skládací vrata. [3]

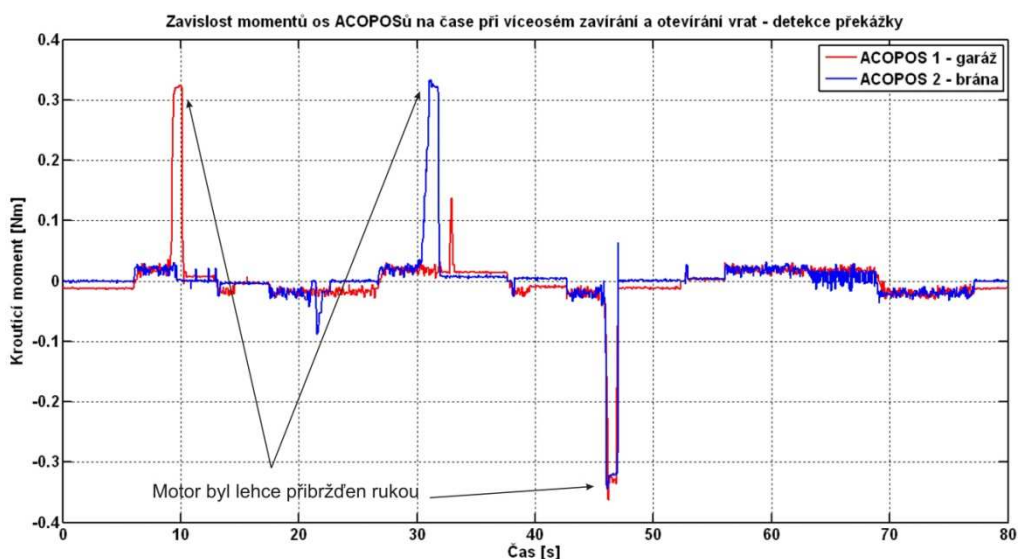
## 4.2 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY

Aby při používání vstupních vrat nedošlo k ohrožení osob nebo škodám na majetku, je důležité je vybavit bezpečnostními prvky. Existuje evropská norma EN 13241-1, která stanovuje bezpečnostní a funkční požadavky pro vrata a závory určené k montáži do oblastí s pohybem osob.[18] U garážových vrat a bran se dají použít bezpečnostní prvky jako například:

- Tlačítko STOP, kterým lze zastavit pohyb v případě nebezpečí.
- Bezpečnostní fotobuňka, která indikuje překážku v prostoru pohybu vrat.
- Světelný maják, který upozorňuje na pohyb vrat. [7]

Protože servomechanismus v laboratoři není spojen se žádnými vstupními vraty, nejsou zde použity uvedené bezpečnostní prvky. Ty jsou instalovány až na modelu vstupních vrat.

Na tomto servomechanismu lze však použít jiný bezpečnostní prvek. Je možné využito toho, že řídicí jednotka (v našem případě programovatelný automat) dokáže ze servozesilovače vyčítat aktuální točivý moment motoru. Pokud je vhodně stanovena mez točivého momentu, která by byla překročena až tím, že motor musí působit na nějakou překážku (čímž musí vyvíjet větší točivý moment), lze tuto mez softwarově hlídat.



Obrázek 4.1: Graf závislosti momentu servomotoru na čase

Jak již bylo uvedeno, servomotory ve skutečnosti nepohybovaly žádným skutečným mechanismem, proto byla výše zmíněná mez určena pouze experimentálně. Způsob určení lze vidět z grafu na obrázku 4.1. Tato hodnota byla stanovena tak, aby byla překročena až při lehkém přibrzdění servomotoru rukou. Jak je vidět z grafu, při normálním provozu nepřekročil točivý moment mez 0,15 Nm. Hodnota v programu byla nastavena na 0,2 Nm a řídicí algoritmus v každém cyklu hlídá, zda nebyla překročena. Pokud ano, přejde program do poruchového stavu a zastaví všechny pohony.

## 5. MODEL VSTUPNÍCH VRAT

Součástí práce bylo vytvoření modelu vstupních vrat, který bude znázorňovat otevírání brány a garážových vrat u inteligentního domu. Na tomto modelu jsou umístěny pohony pohybující s příslušnými vraty, ovládací panel, koncové spínače a bezpečnostní prvky. Tento model je pomocí vstupních a výstupních modulů propojen s Power Panelem, na kterém je vytvořen řídicí algoritmus zajišťující správnou funkci modelu.

### 5.1 VOLBA POHONŮ NA MODEL

Při výběru vhodného pohonu pro ovládání vstupních vrat na modelu inteligentního domu byly brány v úvahu následující kritéria: způsob řízení, nutnost vyhodnocování zpětné vazby o poloze, nutnost převodovky, cena atd. Přehled nejvíce vhodných řešení včetně výhod a nevýhod je uveden v tabulce 1.

| Možné řešení                                                         | Výhody                                                             | Nevýhody                                     |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>STEJNOSMĚRNÝ MOTOR</b><br><br><b>PWM - mikrokontroler</b>         | Cena řídicí jednotky.                                              | Nutný snímač polohy.                         |
|                                                                      |                                                                    | Relativně vysoké otáčky, nutná převodovka.   |
|                                                                      |                                                                    | Nutno řešit propojení mikrokontroleru s PLC. |
| <b>STEJNOSMĚRNÝ MOTOR</b><br><br><b>PWM - výstupní modul B&amp;R</b> | Není nutné řešit propojení mikrokontroleru s PLC.                  | Nutný snímač polohy.                         |
|                                                                      | Stejně programovací prostředí jako u servozeilovačů ACOPOS.        | Relativně vysoké otáčky, nutná převodovka.   |
|                                                                      |                                                                    | Cena řídicí jednotky.                        |
| <b>KROKOVÝ MOTOR</b><br><br><b>Řízení pomocí mikrokontroleru</b>     | Při vhodném zatížení není nutný snímač polohy.                     | Nutno vytvořit řídicí software.              |
|                                                                      | Velký točivý moment i při nízkých otáčkách, není nutná převodovka. | Nutno řešit propojení mikrokontroleru s PLC. |
|                                                                      | Cena řídicí jednotky.                                              |                                              |
| <b>KROKOVÝ MOTOR</b><br><br><b>Řízení výstupním modulem B&amp;R</b>  | Při vhodném zatížení není nutný snímač polohy.                     | Cena řídicí jednotky.                        |
|                                                                      | Velký točivý moment i při nízkých otáčkách, není nutná převodovka. |                                              |
|                                                                      | Není nutné řešit propojení mikrokontroleru s PLC.                  |                                              |
|                                                                      | Stejně programovací prostředí jako u servozeilovačů ACOPOS.        |                                              |
|                                                                      | Možnost řídit stejným způsobem jako servosilovače ACOPOS.          |                                              |

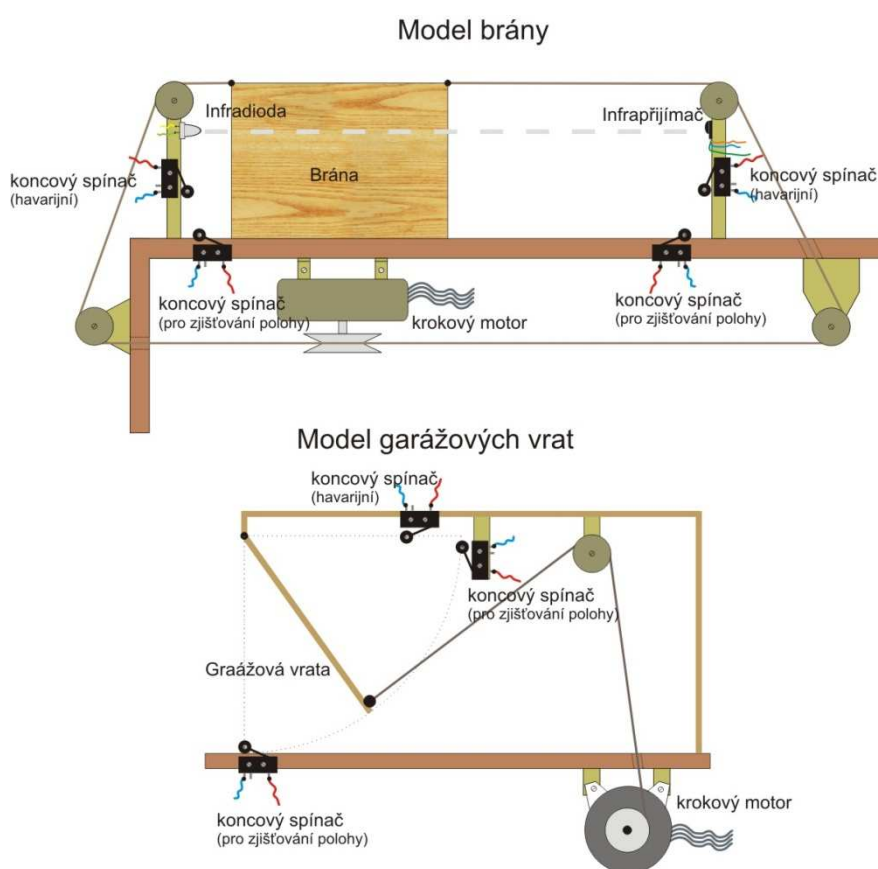
**Tabulka 1: Porovnání jednotlivých řešení při výběru pohonů na model**

Nejvíce vhodným pohonem se ukázal být krokový motor řízený výstupním modulem od firmy B&R. Při malém zatížení nemusí být použit snímač polohy, lze

otáčet velkým momentem i při nízké rychlosti. Pro řízení je možné využít funkčních bloků z knihovny ACP10MC.

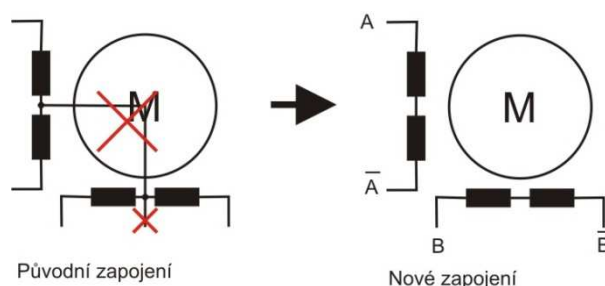
## 5.2 POPIS ZVOLENÉHO ŘEŠENÍ

Model vstupních vrat byl vytvořen tak, aby se vrata skutečně pohybovala a bylo tak možné zjistit krajní polohy pomocí koncových spínačů. Mechanické provedení modelu vystihuje obrázek 5.1.



**Obrázek 5.1: Mechanická realizace modelu vstupních vrat**

Protože krokové motory PM35L048 a PM55L048 byly vzhledem k současným cenám získány z nefunkční tiskárny, nebylo možné vybírat jejich parametry ani způsob zapojení. Při realizaci modelu se ukázal jejich točivý moment jako dostatečný. Problém byl však v tom, že motory byly zapojeny pro unipolární řízení a řídicí modul X20SM1426 je určen pro dvoufázové bipolární řízení. Bylo tedy nutné upravit svorkovnice krokových motoru tak, aby je bylo možné řídit bipolárně. Provedená úprava je znázorněna na obrázku 5.2.



**Obrázek 5.2: Úprava zapojení krokových motorů**

Pro každý krokový motor byl použitý řídicí modul X20SM1426. Moduly byly umístěny současně s digitálními vstupy a výstupy v rámu u Power Panelu. Protože pracují s poměrně vysokými proudy (až 1,2 A), byly z důvodu přehřívání umístěny tak, aby nebyly vedle sebe (byl mezi ně vložen modul digitálních vstupů).

U modulů X20SM1426 bylo dále nutné nastavit vhodné proudy, aby se motory zbytečně nepřehřívaly. Jak již bylo popsáno, modul pracuje se třemi proudy (přidržený, jmenovitý a maximální). Ty se nastavují v rozsahu 0-120 % (což v našem případě odpovídá 0- 1,2 A). Přidržený proud byl nastaven na co nejnižší hodnotu, při které si garážová vrata a brána ještě zachovávají svojí polohu (u brány by mohl být tento proud nulový, byla ale nastavena alespoň minimální hodnota, aby nezhasínala kontrolka na modulu X20SM1426 informující o tom, jestli je motor řízen). Jmenovitý proud byl zvolen tak, aby se zmíněné prvky dokázaly bez problémů v celém rozsahu pohybovat. Maximální proud byl nastaven tak, aby nepřekračoval jmenovitou hodnotu proudu motoru. Hodnoty zvolených proudů jsou uvedeny v tabulce 2.

| Proud     | PM55L048<br>Brána |        | PM35L048<br>Graráž |        |
|-----------|-------------------|--------|--------------------|--------|
|           | I [%]             | I [mA] | I [%]              | I [mA] |
| Přidržený | 5                 | 50     | 10                 | 100    |
| Jmenovitý | 60                | 600    | 30                 | 300    |
| Maximální | 80                | 800    | 40                 | 400    |

**Tabulka 2: Nastavení proudů pro krokové motory**

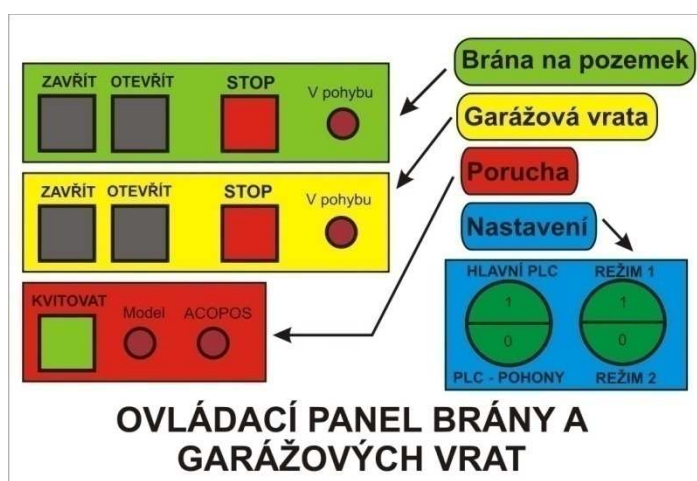
Aby se krokové motory s modulem X20SM1426 daly řídit stejně jako synchronní motory pomocí servozesilovače ACOPOS, byla použita knihovna

ACP10SDC a program vytvořený firmou B&R (ten byl vytvořen pouze pro řízení jednoho motoru, proto bylo nutné provést malou úpravu, aby se daly řídit motory dva). Některé proměnné z tohoto programu byly navázány na modul X20SM1426. Pomocí nich je modul informován, jak má pohybovat s krokovými motory. Těmito proměnnými jsou také předávány informace o poloze motoru a stavu modulu. Nakonec byl vytvořen odkaz na osu, s kterou se potom pracovalo podobně jako při použití servozesilovače ACOPOS.

### 5.3 PRVKY NA MODELU

#### 5.3.1 Ovládací panel

Na modelu byl vytvořen ovládací panel, na kterém byla umístěna tlačítka a kontrolky informující o stavu modelu. Konkrétně to byly tlačítka pro zavření a otevření brány a garážových vrat, tlačítka STOP, tlačítko pro kvitování poruchy (současně slouží i pro zapnutí modelu), kontrolky informující o pohybu brány a garážových vrat a kontrolky signalizující poruchu na modelu a na servozesilovači ACOPOS. Také zde byly umístěny přepínače pro volbu režimu pohybu pohonů a pro výběr řídicího programovatelného automatu (toto přepínání zatím nebylo realizováno, tlačítko je pouze připraveno pro další práci). Uspořádání těchto prvků je vidět na obrázku 5.3.



Obrázek 5.3: Ovládací panel umístěný na modelu

### **5.3.2 Bezpečnostní prvky**

Na modelu vstupních vrat byly umístěny komponenty, které simulují bezpečnostní prvky používané v praxi. Jedním z nejdůležitějších prvků je tlačítko STOP, kterým lze v případě ohrožení okamžitě vypnout pohyb brány a garážových vrat. Dále se jedná o světelný maják, který je na modelu představován blikající červenou diodou. Ten informuje o tom, že jsou vrata v pohybu. Tlačítka STOP i světelné majáky jsou umístěny na ovládacím panelu viz. obrázek 5.3. V prostoru otevírání brány a garážových vrat byly instalovány optické závory, které jsou tvořeny na jedné straně infradiodou a na straně druhé infrapřijímačem (umístění těchto prvků na bráně je znázorněno na obrázku 5.1). Pomocí této optické závory je hlídáno, jestli při pohybu vrat není přerušen paprsek, což by signalizovalo potenciální překážku.

Na krajních polohách, kam až se můžou pohybovat garážová vrata a brána, jsou umístěny havarijní koncové spínače, jak je znázorněno na obrázku 5.1. Při sepnutí těchto spínačů je okamžitě zastaven pohyb, čímž je model chráněn před poškozením. U garážových vrat nakonec nebyl spodní koncový spínač umístěn, protože při pohybu dolů byla vrata táhnuta pouze gravitační silou, která nebyla schopna sepnout dva spínače. Nepřítomností tohoto spínače nemůže dojít k výraznému poškození modelu (pouze lanko by se mohlo neustále odvíjet, a tím vyskočit z horní kladky).

### **5.3.3 Přípravek pro propojení prvků na modelu a PLC**

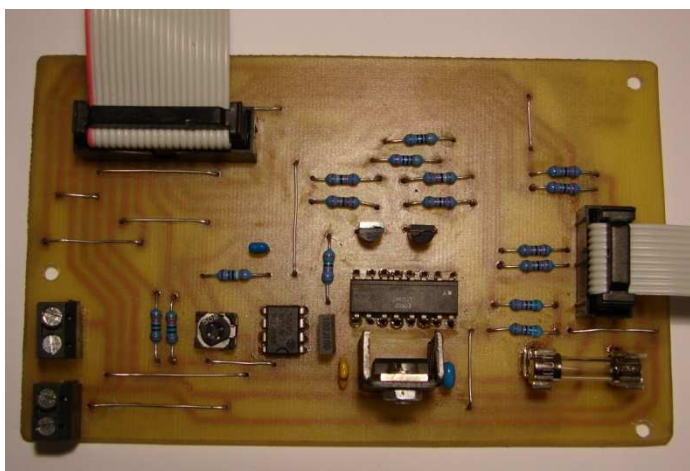
Některé prvky umístěné na modelu při propojení s digitálními vstupy X20DI9371 a výstupy X20DO9322 vyžadují určitou úpravu signálu. Proto bylo nutné pro tento účel navrhnout, vyrobit, otestovat a implementovat přípravek, který je popsán dále. Ten byl vytvořen na desce plošných spojů, která je osazená příslušnými součástkami, jak je vidět na obrázku 5.4. Schéma zapojení a návrh plošného spoje je uveden v příloze B. Na přípravku jsou dva konektory. První je určen pro propojení s programovatelným automatem a druhý pro připojení prvků na modelu. Přípravek je napájen stejnosměrným napětím ze stejného zdroje jako programovatelný automat.

Protože jsou na modelu použity svítivé diody (ve funkci kontrolky), bylo nutné použít předřadné odpory, které omezují proudy těmito diodami. Předřadný odpor diody se vypočítá podle následujícího vztahu 4:

$$R = \frac{U_{ZD} - U_D}{I_D} [\Omega] \quad (4)$$

kde  $U_{ZD}$  je napětí zdroje,  $U_D$  je úbytek napětí na diodě a  $I_D$  je proud diodou.[25]

Přípravek dále upravoval signál pro optickou závorku. Inspirace pro návrh této závorky byl převzat ze zdroje [13]. Bylo však nutné provést několik uprav, které jsou zřejmé ze schématu uvedeného v příloze A. Jako infrapřijímač byla použita součástka SFH 5110, která snímá infračervený paprsek namodulovaný na nosnou frekvenci 38 kHz. Proto byla infradioda připojena na časovací obvod NE 555, který zajišťuje, že paprsek infradiody bude vyzařován s touto frekvencí. Pro doladění této frekvence byl použit odporový trimr.



**Obrázek 5.4: Přípravek pro propojení prvků na modelu a PLC**

Protože byl přípravek napájen stejnosměrným napětím 24 V a součástka SFH 5110 je konstruována na stejnosměrné napětí 5V, byl použit stabilizátor 7805, na jehož výstupu dostaneme stabilizované napětí 5V. Toto napětí bylo použito i jako napájení pro časovač NE 555.

Výstup infrapřijímače SFH 5110 pracuje s napěťovými úrovněmi 0 V a 5 V. Tyto úrovně byly pomocí tranzistorů a optočlenu PC847 převedeny na úroveň 0 a 24 V, aby mohly být zpracovány digitálními vstupy programovatelného

automatu. Při prvotním návrhu se počítalo s tím, že napájení stejnosměrným napětím 5 V bude realizováno zvláštním zdrojem, a proto byl zakoupen optočlen PC847 kvůli galvanickému oddělení zdrojů. Návrh plošného spoje byl dále upravován a místo externího zdroje je napětí 5 V získáváno ze stabilizátoru. Optočlen byl v návrhu z důvodu nedostatku součástek zachován, ale již neplní funkci galvanického oddělení (společná zem).

Na přípravku jsou dále svorky se stejnosměrným napětím 24 V a 5 V pro případné použití v modelu inteligentního domu.

Pro tlačítka a koncové spínače nebylo třeba signály upravovat. Ty byly pouze připojeny mezi stejnosměrné napětí 24 V a digitální vstupy. U koncových spínačů a optických závor (použitá tlačítka stop mají pouze spínací kontakt) bylo dbáno na to, aby ve stavu bez poruchy byla na jejich výstupu log. 1 a při poruše log. 0. Tím lze detekovat i případné přerušení vodiče.

## 6. PROGRAM PRO VÍCEOSÉ ŘÍZENÍ

Mezi víceosé řízení patří elektronická převodovka, elektronická vačka, vačkový automat, řízení pohonů CNC stroje, řízení pohonů robotického manipulátoru atd. Víceosé řízení znamená, že nějaká osa (motor) se otáčí v závislosti na ose jiné (ta může být i virtuální).

V této práci byla použita elektronická převodovka a elektronická vačka. Elektronická převodovka byla využita pro spřažení pohybů synchronních motorů řízených servozesilovači ACOPOS a krokových motorů na modelu. Elektronická vačka byla aplikována pro vytvoření závislosti mezi dvěma synchronními motory.

### 6.1 ELEKTRONICKÁ VAČKA A ELEKTRONICKÁ PŘEVODOVKA

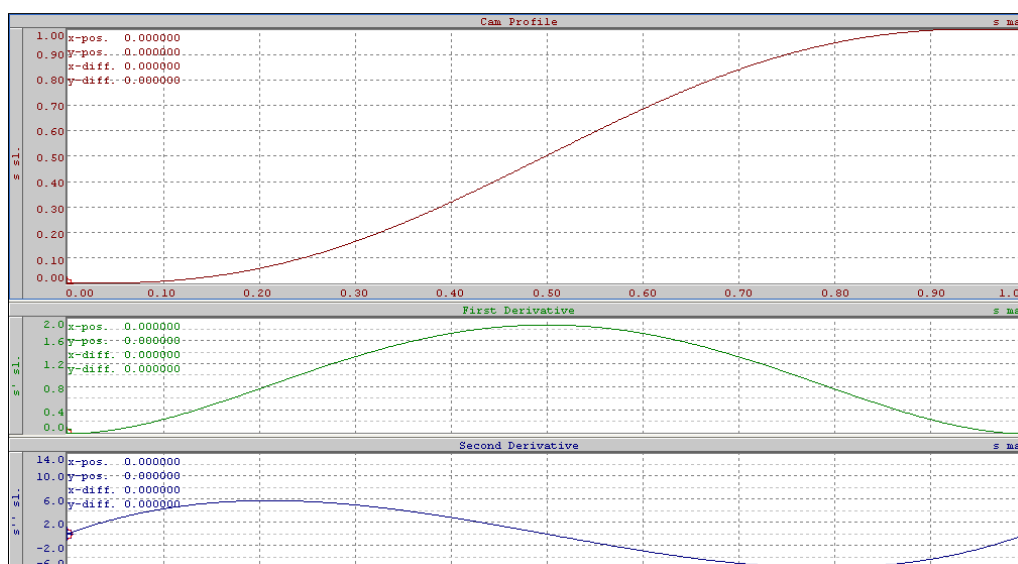
Při použití elektronické převodovky nebo elektronické vačky se vytvoří určitá závislost (u elektronické převodovky je tato závislost lineární, u elektronické vačky nelineární) mezi dvěma osami. Mluvíme potom o osách „master“ a „slave“. Osa „master“ se pohybuje nezávisle na ose „slave“. Ta však vykonává pohyb v předem definované závislosti na ose „master“. Znamená to tedy, že každé poloze osy „master“ přesně odpovídá určitá poloha osy „slave“.

Při použití elektronické převodovky osa „slave“ vykonává naprosto stejný pohyb, pouze v jiném převodovém poměru (tento poměr může být i 1:1, potom by tento pohyb byl skutečně naprosto shodný) stejně jako u převodovky mechanické. V této práci bylo použito elektronické převodovky k tomu, aby pohyb krokových motorů na modelu skutečně odpovídal pohybu synchronním motorů, které představují ovládání brány a garážových vrat.

Při realizaci elektronické převodovky byly použity funkční bloky MC\_GearIn a MC\_GearOut z knihovny ACP10MC. Funkční blok MC\_GearIn slouží k vytvoření elektronické převodovky mezi dvěma osami. Důležitými vstupními parametry tohoto bloku jsou odkazy na „master“ a „slave“ osy. Pokud je mezi těmito dvěma osami vytvořená závislost, přechází osa „slave“ do stavu „Synchronized Motion“ (dle standardu PLCopen motion control viz. obrázek 3.1). Funkční blok MC\_GearOut je

určen pro zrušení výše uvedené závislosti. Je důležité si uvědomit, že osa „slave“ potom nepřechází do stavu „Standstill“, ale do stavu „Continuous Motion“. Pokud by bylo požadováno přejít do stavu „Standstill“, je nutné použít funkci pro zastavení pohybu MC\_Stop, jak je znázorněno na obrázku 3.1.

U elektronické vačky je závislost mezi osami „master“ a „slave“ také přesně definována, ale již není lineární (pokud ovšem není vytvořen lineární profil vačky). Tuto závislost definujeme v Automation Studiu pomocí editoru vaček. Při vytváření profilu vačky určujeme, jaká poloha osy „slave“ bude odpovídat poloze osy „master“. Při tvorbě vačky lze vkládat přesné hodnoty bodů profilu, upravovat tento profil přetahováním myši, vkládat lineární části apod. Velikou výhodou je, že pod profilem vačky je zobrazena i její první a druhá derivace. Pomocí první derivace lze odhadnout, jaká bude závislost rychlostí, pomocí druhé derivace závislost zrychlení. V této práci byla elektronická vačka použita k vytvoření vazby mezi dvěma synchronními motory řízenými servozesilovači ACOPOS. Bylo nutné nastavit vhodné měřítko osy „master“ ku ose „slave“ tak, aby při otevření (zavření) brány a garážových byla vykonána právě jedna vačka. Použitý profil lze vidět na obrázku 6.1.



**Obrázek 6.1: Profil vačky použitý při víceosém řízení**

Z tohoto profilu vačky lze vyčíst, že pokud se osa „master“ bude pohybovat konstantní rychlostí z bodu 0 do bodu 1, osa „slave“ bude zhruba do poloviny dráhy

postupně zvyšovat rychlost. Poté bude postupně zpomalovat a v bodě 1 bude mít rychlost nulovou.

Při využití elektronické vačky byly použity funkční bloky MC\_CamTableSelect, MC\_CamIn a MC\_CamOut. Funkční blok MC\_CamTableSelect slouží k přípravě vačky pro blok MC\_CamIn. Funkční bloky MC\_CamIn a MC\_CamOut slouží k vytvoření a zrušení vazby podobně jako u elektronické převodovky.

## **6.2 PROGRAMY A DATOVÉ STRUKTURY PRO ŘÍZENÍ POHONŮ**

Pro řízení pohonů byly použity programy od firmy B&R, které je možné nalézt ve složce s nainstalovaným Automation Studiem. V těchto programech je používán stavový automat, který umožňuje vykonávání základních funkcí z knihovny ACP10MC. Firma B&R vytvořila programy pro řízení jedné osy, pro použití elektronické převodovky, elektronické vačky, a vačkového automatu.

Všechny uvedené programy umožňují vykovávat mimo jiné i základní funkční bloky uvedené v kapitole 3.2.1. V každém z uvedených programu je nutné nadefinovat odkaz na osu (v případě víceosého řízení na osu „master“ a „slave“).

K programům patří také řídicí struktura, která obsahuje proměnné, pomocí nichž se přistupuje k jednotlivým funkčním blokům z knihovny ACP10MC. Je dobré mít tuto strukturu mezi globálními proměnnými, aby se k řízení pohonů dalo přistupovat i z jiných programů. Při tvorbě práce byly používány proměnné, které jsou uvedeny v tabulce 3.

| Název proměnné                | Vstupní/výstupní | Datový typ | Popis                                     |
|-------------------------------|------------------|------------|-------------------------------------------|
| Power                         | vstupní          | BOOL       | Zapnutí regulátoru pohonu                 |
| Home                          | vstupní          | BOOL       | Zjištění referenční polohy                |
| MoveAbsolute                  | vstupní          | BOOL       | Pohyb na absolutní polohu                 |
| Stop                          | vstupní          | BOOL       | Zastavení pohybu                          |
| MoveJogPos                    | vstupní          | BOOL       | Pohy pozitivním směrem (pokud je log. 1)  |
| MoveJogNeg                    | vstupní          | BOOL       | Pohyb negativním směrem (pokud je log. 1) |
| StartSlave                    | vstupní          | BOOL       | Vytvoření osy "slave" (vačka, převodovka) |
| StopSlave                     | vstupní          | BOOL       | Ukončení provázání osy                    |
| ErrorAcknowledge              | vstupní          | BOOL       | Potvrzení chybového stavu                 |
| ParaPosition                  | vstupní          | REAL       | Nastavení pozice, kam se ma osa přesunout |
| ParaVelocity                  | vstupní          | REAL       | Rychlost osy                              |
| ParaAcceleration              | vstupní          | REAL       | Zrychlení osy                             |
| ParaDeceleration              | vstupní          | REAL       | Zpomalení osy                             |
| ParaJogVelocity               | vstupní          | REAL       | Rychlost při použití MoveJog....          |
| ErrorID                       | výstupní         | UINT       | Číslo chyby                               |
| ErrorText                     | výstupní         | STRING     | Odpovídající chybová hláška               |
| ActPosition                   | výstupní         | REAL       | Aktuální pozice                           |
| ActVelocity                   | výstupní         | REAL       | Aktuální rychlost                         |
| StatusDisable                 | výstupní         | BOOL       | Status- vypnuto                           |
| StatusStandstill              | výstupní         | BOOL       | Status- zapnuto, ale bez pohybu           |
| StatusStopping                | výstupní         | BOOL       | Status- zastavování pohybu                |
| StatusHoming                  | výstupní         | BOOL       | Status- nastavování ref. Polohy           |
| StatusMotionDiscrete          | výstupní         | BOOL       | Status- diskritní pohyb                   |
| StatusMotionContinuous        | výstupní         | BOOL       | Status- spojitý pohyb                     |
| StatusMotionSynchronized      | výstupní         | BOOL       | Status- osa je "slave"                    |
| StatusErrorstop               | výstupní         | BOOL       | Status- chyba                             |
| Parametry, které byly přidány |                  |            |                                           |
| ActTorque                     | výstupní         |            | Aktuální točivý moment                    |
| DoneAbsolute                  | výstupní         |            | Absolutní pohyb proveden                  |

**Tabulka 3: Popis řídicí struktury**

Protože byly použity celkem čtyři programy (2x elektronická vačka pro ACOPOS a 2x elektronická převodovka pro krokový motor), bylo nutné vytvořit čtyři řídicí struktury s jiným názvem. Proto bylo také nutné přepsat názvy řídicích struktur v jednotlivých programech tak, aby korespondovali s určenými názvy, které jsou uvedeny tabulce 4.

| Nazev struktury       | Řízený pohon         | Možnost vytvořit "slave" pomocí: |
|-----------------------|----------------------|----------------------------------|
| <b>STRUK_ACOPOS_1</b> | ACOPOS - garáž       | elektronické vačky               |
| <b>STRUK_ACOPOS_2</b> | ACOPOS - brána       | elektronické vačky               |
| <b>STRUK_GARAZ</b>    | krokový motor- garaž | elektronické převodovky          |
| <b>STRUK_BRANA</b>    | krokový motor- brána | elektronické převodovky          |

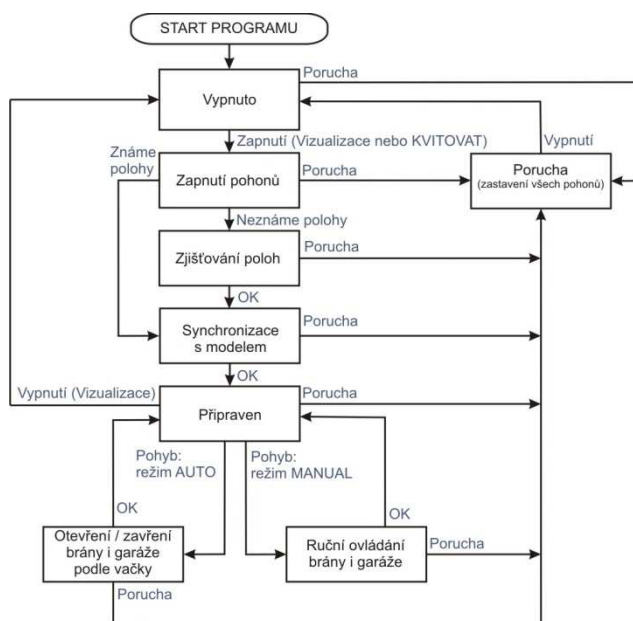
**Tabulka 4: Popis použitých řídicích datových struktur**

U výše uvedených programů byly provedeny některé úpravy. Například byl přidán funkční blok na vyčítání točivého momentu. Dále byla do řídicí struktury vložena proměnná, která se nastavuje do log.1 při vykování absolutního pohybu, což potom velice usnadnilo vytváření vlastního programu víceosého řízení. U funkčního bloku MC\_CamTableSelect byl změněn vstupní parametr „Periodic“ na „mcNON\_PERIODIC“ a u bloku MC\_CamIn byly nastaveny vstupní parametry „MasterScaling“ a „SlaveScaling“ tak, aby při otevírání vstupních vrat byla použita právě jedna celá vačka.

### 6.3 PROGRAM VÍCEOSÉHO ŘÍZENÍ POHONŮ

Vytvořený program se dá rozdělit do dvou logických celků. První část programu je tvořena stavovým automatem, v němž probíhá hlavní řízení pohonů. Druhá část programu probíhá v každém cyklu. V této části programu je prováděno hlídání poruchových stavů a také se zde pracuje s pomocnými proměnnými, které se využívají v první části programu a ve vizualizaci.

První část programu je tvořena stavovým automatem, který je znázorněn na obrázku 6.2.



Obrázek 6.2: Stavový digram hlavního programu víceosého řízení

### 6.3.1 Poruchový stav

Z uvedeného stavového diagramu je zřejmé, že pokud nastane v jakémkoliv okamžiku porucha, je v dalším cyklu programu již prováděn stav „porucha“. Ten může být vyvolán stiskem tlačítka STOP, přerušením optické závory v okamžiku pohybu vrat, sepnutím havarijního koncového spínače, nebo pokud některý z pohonů na modelu bude mít číslo chyby (ErrorID) jiné než nulu (to znamená, že se nachází v chybovém stavu). O těchto událostech nás informuje kontrolka na ovládacím panelu PORUCHA MODEL.

Jestliže některý servozesilovač ACOPOS bude mít číslo chyby jiné než nulu, nebo bude překročena stanovená mez točivého momentu, bude taktéž nastaven stav „porucha“. Tyto události jsou indikovány kontrolkou PORUCHA ACOPOS.

Jakmile nastane stav „porucha“, všechny pohony jsou okamžitě zastaveny pomocí funkčního bloku MC\_Stop. Při stisku tlačítka KVITOVAT se program nejdříve pokusí odstranit poruchové stavy pohonů. Tento stav lze opustit pomocí stejného tlačítka, ale pouze pokud odezněly všechny poruchové události.

### 6.3.2 Stav „vypnuto“

Program stavem „vypnuto“ začíná. Do tohoto stavu se lze dostat také z poruchového stavu nebo ze stavu „připraven“ stisknutím tlačítka „Vypni“ na příslušné vizualizaci (viz. obrázek 7.1). Z tohoto stavu lze přejít tlačítkem „Zapni“ na uvedenou vizualizaci nebo tlačítkem KVITOVAT na stav „zapnutí pohonů“.

Pouze v tomto stavu lze změnit (pokud byl změněn dříve, bude přepočítán až v tomto kroku) převodový poměr mezi krokovým motorem na modelu a asynchronním motorem, protože po této změně je nutné provést inicializaci (inicializací se myslí zapnutí pohonu, zjišťování poloh a synchronizace s modelem).

### 6.3.3 Stav „zapnutí pohonů“ a „zjišťování poloh“

Program se ve stavu „zapnutí pohonů“ pokusí zapnout (změnit status „Disable“ na „Standstill“) všechny pohony. Pokud se toto povede, následuje stav „zjišťování poloh“.

Zjišťování poloh probíhá následujícím způsobem. Brána i garážová vrata na modelu jsou nejdříve definovanou rychlostí pomocí funkčního bloku MC\_JogNeg

přesunuty do zavřené polohy (ta je zjištěna pomocí koncových spínačů). Zde je provedena funkce MC\_Home (ta byla dříve již jednou provedena, protože bez nastavení referenční polohy nelze s motory pohybovat). Tím je nastavena nulová poloha krokových motorů. Potom jsou garážová vrata i brána přesunuty pomocí funkčního bloku MC\_JogPos do polohy otevřeno, kde jsou přečteny aktuální polohy obou krokových motorů. V tento okamžik jsou již známy všechny krajní polohy pohonů, a jestliže je celý tento proces úspěšně proveden, přechází program do stavu „synchronizace s modelem“.

Pokud tento proces proběhl již dříve a nebyl uživatelem znovu požadován (tento požadavek lze zadat na panelu vizualizace tlačítkem „Zjistí polohy“ viz obrázek 7.1), bude stav přeskočen.

#### **6.3.4 Stav „synchronizace s modelem“**

V tomto stavu je poprvé použit prvek víceosého řízení. Ze všeho nejdříve jsou synchronní motory řízené servozesilovačem ACOPOS nastaveny na polohu, která odpovídá poloze krokových motorů na modelu vynásobené převodovým poměrem. Pokud jsou oba synchronní motory na určené poloze, je použita funkce pro vytvoření elektronické převodovky a krokové motory na modelu jsou s těmito motory provázány. Od této chvíle bude veškerý pohyb motorů, které by ovládaly skutečná vrata, vykonáván i na modelu (pouze v jiném převodovém poměru). Proto jsou všechny další pohyby aplikovány pouze na synchronní motory. Program je dále přesunut do stavu „připraven“

#### **6.3.5 Stav „připraven“**

Předchozí tři stavy odpovídaly inicializaci. Jestliže se program nachází ve stavu „připraven“, lze konečně s bránou či garážovými vraty pomocí ovládacího panelu pohybovat. Přepínačem REŽIM lze zvolit, jakým způsobem se bude pohyb brány a garážových vrat provádět.

Jestliže je zvolen REŽIM 1 (přepínač v této poloze nesvítí), tak se brána nebo garážová vrata otevírají pouze pokud je stisknuto tlačítko OTEVŘÍ (a pokud ještě není sepnut koncový spínač). Stejným způsobem lze vykonávat i zavírání. Tyto pohyby jsou realizovány pomocí funkčního bloku MC\_JogNeg a MC\_JogPos.

Pokud je zvolen REŽIM 2 a je stisknuto tlačítko OTEVŘI nebo ZAVŘI, přechází program do stavu „otevírání v automatickém režimu“, kde je demonstrován pohyb pomocí elektronické vačky.

### **6.3.6 Stav „otevírání vrat v automatickém režimu“**

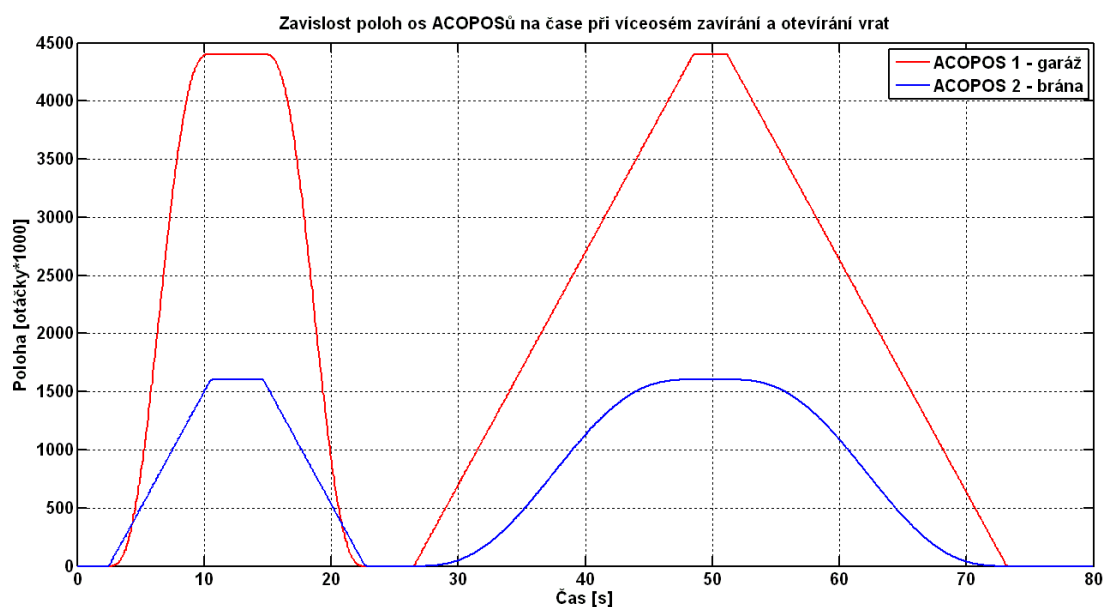
V programu je tato část rozdělena na čtyři stavy, které se liší pouze nepatrně. Podle toho, jaké tlačítko pro vykonání pohybu bylo v předchozím stavu stisknuto, je nastaven jeden ze čtyř stavů.

Pokud stiskneme tlačítko OTEVŘI u brány, je při použití elektronické vačky „master“ brána a garáž „slave“. Jestliže stiskneme tlačítko OTEVŘI u garáže, je „master“ garáž a brána „slave“. Podobné je to i u tlačítka ZAVŘI. Dále bude popsán pouze jeden způsob, protože u ostatních třech stavů probíhá vše analogicky.

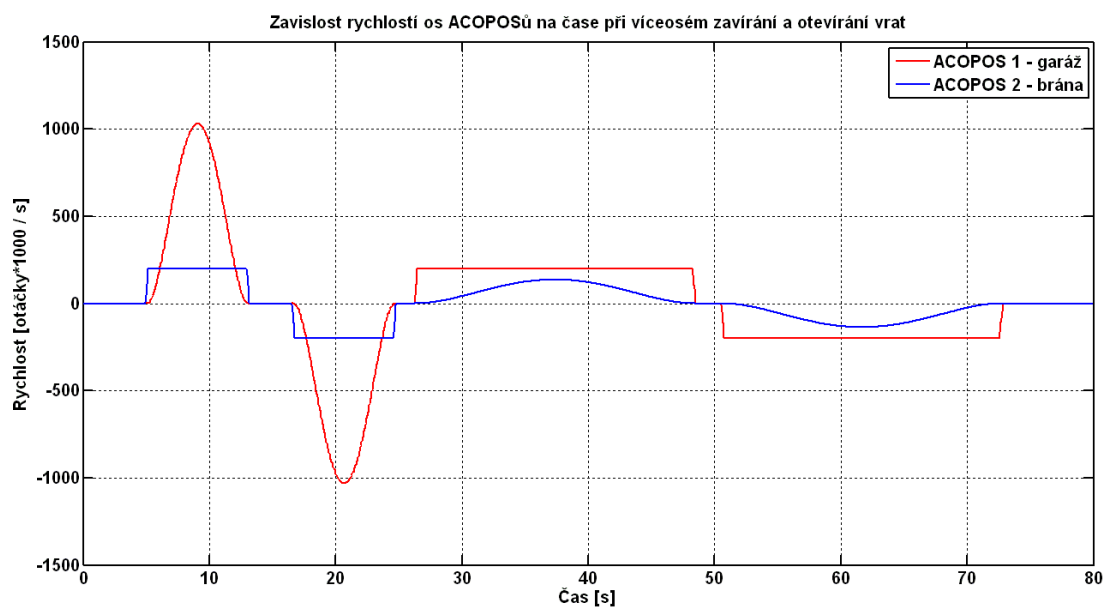
Protože brána a vrata se mohou nacházet v jakékoliv poloze, je nejdříve nutné při stisku tlačítka OTEVŘI přesunout oba objekty do poloh odpovídající zavřeným garážovým vratům a zavřené bráně (toto se nebude provádět, jestliže jsou vrata i brána zcela otevřeny). Tím je zajištěno, že následně bude korektně proveden pohyb přes celý profil vačky. Pokud je toto provedeno, je pomocí funkčních bloků vytvořena elektronická vačka mezi dvěma synchronními motory. Jakmile vznikne tato vazba, osa „master“ vyková pomocí funkčního bloku MC\_MoveAbsolute pohyb do polohy odpovídající otevřeným vratům. Nakonec je tato vazba zrušena pomocí bloku MC\_Stop. Následně se program vrací do stavu „připraven“.

Na obrázku 6.3 je graf poloh a na obrázku 6.4 graf rychlostí obou pohonů v závislosti na čase při vykovávání pohybů svázaných vačkou uvedenou na obrázku 6.1. Tyto grafy byly vytvořeny pomocí Matlab/Simulink. V první části grafu je vždy prvně proveden pohyb, kdy „master“ je servozesilovač označen jako ACOPOS 2 (brána). V druhé části grafu je „master“ naopak ACOPOS 1, který by odpovídal pohonu ovládající garáž.

Z uvedených grafů je zřejmé, že pohyb brány a garážových vrat trvá stejnou dobu. Na grafu rychlostí je vidět, že předpokládaný průběh rychlostí uvedený v kapitole 6.1 skutečně odpovídá realitě.



Obrázek 6.3: Závislost polohy os při použití elektronické vačky



Obrázek 6.4: Závislost rychlosti os při použití elektronické vačky

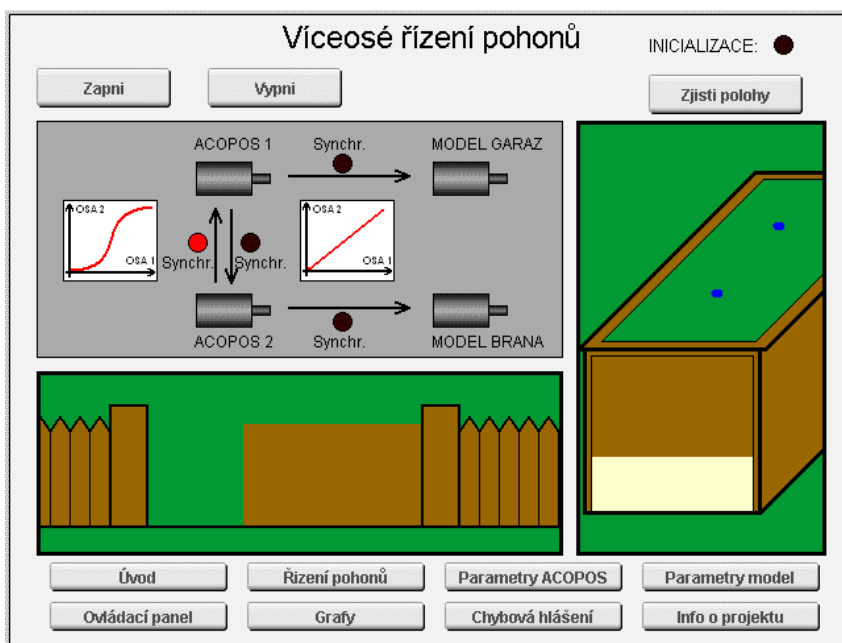
## 7. VIZUALIZACE

Vizualizace byla vytvořena na Power Panelu na 10 „Page“, mezi kterými se lze přepínat tlačítky umístěnými ve spodní části. Ve vizualizaci byly vytvořeny následující položky:

- úvodní strana,
- hlavní vizualizace znázorňující víceosé řízení a pohyb vrat,
- nastavování a vyčítání parametrů servozesilovačů ACOPOS,
- nastavování a vyčítání parametrů krokových motorů na modelu,
- zobrazení všech chybových hlášení,
- ovládací panel,
- grafy polohy, rychlosti a točivého momentu (3 „Page“) a
- informace o projektu.

### 7.1 HLAVNÍ VIZUALIZACE ZNÁZORŇUJÍCÍ VÍCEOSÉ ŘÍZENÍ

Ve této části vizualizace byl vytvořen prvek, pomocí něhož má uživatel přehled o tom, jaké pohony jsou ve funkci „slave“. Toto lze vidět na obrázku 7.1.



Obrázek 7.1: Vizualizace víceosého řízení pohonů

Uvedené události jsou indikovány pomocí kontrolky, které jsou tvořeny skupinou obrázků (podle indexu se zobrazuje rozsvícená nebo zhasnutá kontrolka). Na této vizualizaci je znázorněn i pohyb brány a garážových vrat. Ten je realizován pomocí komponenty „BarGraph“, která je barevně sladěná s okolním obrázkem. Celý rozsah (mezi zavřenou a otevřenou bránou) odpovídá hodnotě 100 %. Aktuální poloha musí být tedy přepočítávána na hodnotu v procentech (s využitím proměnné informující o maximální poloze odpovídající otevřeným vratům).

Dále se zde nachází tlačítka „Vypni“, „Zapni“ a „Zjisti polohy“, která jsou popsána v předchozím textu a kontrolka indikující inicializaci programu.

## 7.2 NASTAVOVÁNÍ A VYČÍTÁNÍ PARAMETRŮ POHONŮ

Ve vizualizaci byly vytvořeny dvě „Page“, pomocí kterých je možné měnit a zadávat nejdůležitější parametry pohonů. První „Page“ slouží pro práci s parametry servozesilovačů ACOPOS a druhá je určena pro nastavování a vyčítání parametrů krokových motorů.

**Obrázek 7.2: Vizualizace pro nastavování a vyčítání parametrů pohonů**

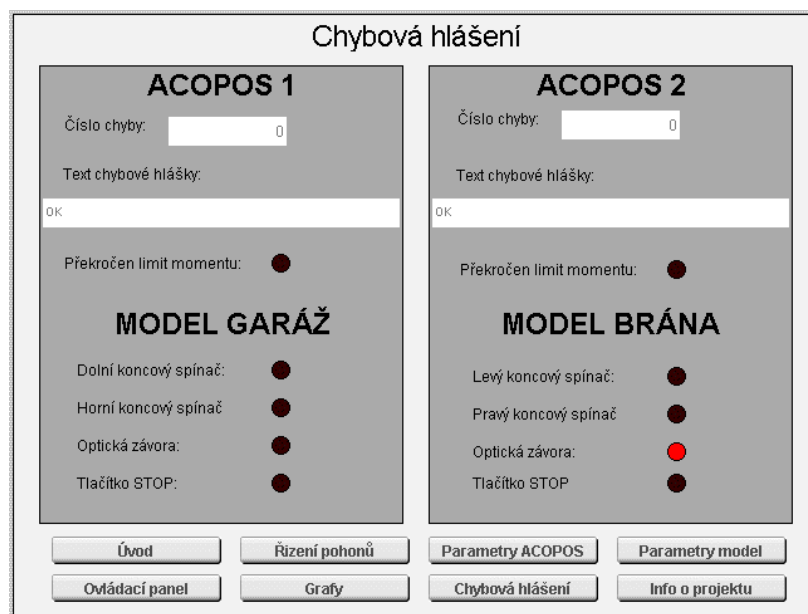
Uvedený obrázek 7.2 znázorňuje vizualizaci pro nastavování a vyčítání parametrů u servozesilovačů ACOPOS, které řídí synchronní motory. Zde se dají nastavovat parametry: rychlost motoru při manuálním režimu, rychlost při automatickém

režimu, zrychlení a zpomalení. Protože jsou krokové motory na modelu svázány pomocí elektronické převodovky se synchronními motory, jsou i uvedené parametry pro krokové motory nastavovány touto vazbou. U krokových motorů na modelu lze tedy nastavovat pouze převodový poměr.

Na vizualizaci jsou dále zobrazeny: aktuální poloha, aktuální rychlost, aktuální točivý moment (pouze u servozesilovačů ACOPOS), informace o zapnutí pohonu a informace o tom, zda je osa v režimu „slave“.

### 7.3 ZOBRAZENÍ CHYBOVÝCH HLÁŠENÍ

Protože v celé úloze víceosého řízení vstupních vrat může nastat velké množství poruchových stavů, byla vytvořena tato část vizualizace, na které je možné indikovat všechny možné poruchové stavy. Způsob vytvoření této části vizualizace je vidět na obrázku 7.3.



**Obrázek 7.3: Vizualizace pro zobrazení chybových hlášení**

Číslo chyby odpovídá položce „ErrorID“ v řídicí datové struktuře pro pohony. Stejně tak i text chybové hlášky je převzat z této datové struktury (z chybové tabulky, z které si řídicí program chybovou hlášku vyčítá).

Aby bylo možné chybové stavy zjistit i po jejich odeznění, svítí tyto kontrolky až do stisku tlačítka KVITOVAT.

## 7.4 VIZUALIZACE OVLÁDACÍHO PANELU

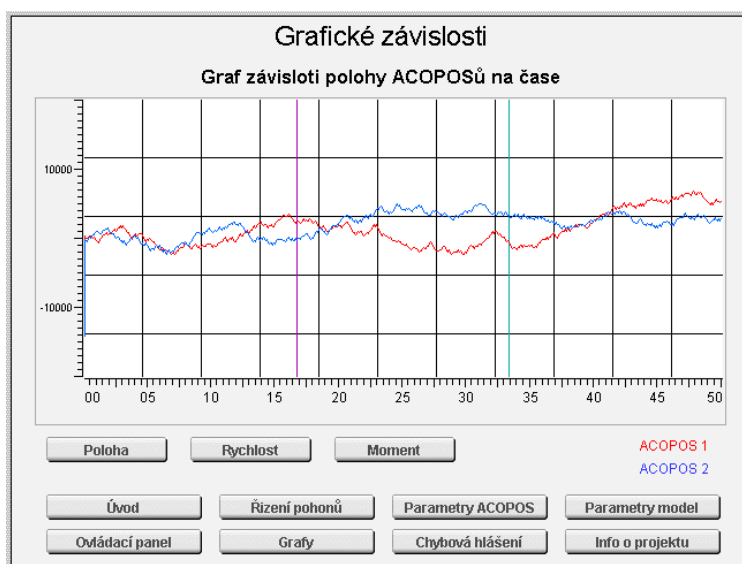
Jelikož vizualizace ovládacího panelu obsahuje stejné prvky jako skutečný panel popsáný v kapitole 5.1.3, nebude již tak podrobně popsán. Tato vizualizace byla vytvořena proto, aby bylo možné model ovládat i z Power Panelu.

U přepínačů REŽIM a VOLBA PLC bylo vytvořeno tlačítko pomocí klíče s akcí „ToggleDatapoint“ (výstupní hodnota je přepínána mezi stavy log. 1 a log. 0 stejně jako u skutečného přepínače). Proto bylo nutné přidat další tlačítko, které určovalo, zda program vyčítal hodnoty z panelu na vizualizaci nebo z panelu na modelu.

Ostatní tlačítka byla vytvořena pomocí klíče s akcí „MomentaryDatapoint“ (nastavování určité hodnoty proměnné pouze v okamžiku, kdy je tlačítko stisknuto).

## 7.5 GRAFICKÉ ZÁVISLOSTI

Následující část vizualizace byla vytvořena z důvodu, aby bylo možné přehledně zobrazit polohy, rychlosti a momenty os řízených servozesilovači ACOPOS v závislosti na čase. Na následujícím obrázku 7.4 je uveden graf poloh. Ostatní grafy jsou téměř shodné, liší se pouze v zobrazovaných veličinách.



Obrázek 7.4: Vizualizace zobrazení grafických závislostí

## 8. ZÁVĚR

V bakalářské práci byly nejprve představeny servozesilovač ACOPOS, Power Panel a také prostředí Automation Studio verze 3.80.25. Dále byly popsány funkční bloky z knihovny ACP10MC, které byly využity při tvorbě programu víceosého řízení.

Součástí práce bylo vytvoření víceosého řízení průmyslových pohonu pro otevírání dvou vstupních vrat. To bylo realizováno pomocí dvou synchronních motorů řízených zmíněnými servozesilovači ACOPOS, mezi nimiž byla vytvořena vazba pomocí elektronické vačky.

V rámci bakalářské práce byl vytvořen model vstupních vrat u inteligentního domu, který znázorňoval pohyb brány a garážových vrat. Byly zvoleny pohony s krokovými motory řízené výstupními moduly X20SM1426. Na modelu inteligentního domu byly umístěny také bezpečnostní prvky, které se v praxi používají pro zajištění bezpečného provozu. Dále byla popsána problematika ovládání vstupních vrat. Mezi těmito pohony na modelu a synchronními motory byla použita vazba elektronické převodovky, což je další prvek víceosého řízení

Všechny uvedené pohony byly řízeny pomocí Power Panelu, na kterém byla vytvořena vizualizace uvedeného technologického celku. Na ní je možné mimo jiného nastavovat parametry všech uvedených pohonů.

Jako praktický výstup bakalářské práce byl vytvořen manuál pro práci se servozesilovačem ACOPOS. V něm je uveden postup pro vytvoření základního projektu v prostředí Automation Studio, pomocí kterého lze vytvářet jednoduché programy s využitím tohoto servozesilovače.

## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *ASiM Basis Function: TM440*. BRNO: B&R Automation, 2007. 60 s.
- [2] JAVŮREK, Jiří. *Regulace moderních elektrických pohonů*. Praha : Grada Publishing, a. s., 2003. 264 s. ISBN 80-247-0507-9.
- [3] MACH, J. R. *Garáž a vybavení garáže*. Praha : Grada, 1998. 112 s. ISBN 80-7169-741-9.
- [4] SCHMIED, M. *Servomotor s elektronickou komutací, jeho řízení a nastavování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 86 s.
- [5] *The basics of Motion Control: TM400*. BRNO: B&R Automation, 2007. 56 s.
- [6] *Acopos User's manual* [online]. 2009 [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.br-automation.com/downloads\\_br\\_productcatalogue/BRP44400000000000000099532/MAACP2-ENG\\_V141\\_02\\_2009.pdf](http://www.br-automation.com/downloads_br_productcatalogue/BRP44400000000000000099532/MAACP2-ENG_V141_02_2009.pdf)>.
- [7] *Brány, ploty, závory* [online]. 2007-2009 [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.brany.net/index.php?id=9>>.
- [8] *B&R Automation* [online]. 2009 [cit. 2010-05-06]. X20 System User's Manual. Dostupné z WWW: <[http://www.br-automation.co.uk/downloads\\_br\\_productcatalogue/BRP444000000000000000104522/MAX20-ENG\\_V210\\_05\\_2009.pdf](http://www.br-automation.co.uk/downloads_br_productcatalogue/BRP444000000000000000104522/MAX20-ENG_V210_05_2009.pdf)>.
- [9] *B&R - 4PP481.1043-75* [online]. 2009 [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.br-automation.com/cps/rde/xchg/br-productcatalogue/hs.xml/products\\_90954\\_DEU\\_HTML.htm](http://www.br-automation.com/cps/rde/xchg/br-productcatalogue/hs.xml/products_90954_DEU_HTML.htm)>.
- [10] *Datasheet 8MSA3* [online]. 2009 [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.br-automation.com/downloads\\_br\\_productcatalogue/BRP44400000000000000021259/Datasheet\\_8MSA3.pdf](http://www.br-automation.com/downloads_br_productcatalogue/BRP44400000000000000021259/Datasheet_8MSA3.pdf)>.
- [11] DUŠEK, Michal. *MDP* [online]. 2006 [cit. 2010-03-21]. Jak dobře zapojit krokový motor?. Dostupné z WWW: <[http://www.mdp.cz/download/zapojeni\\_KM.pdf](http://www.mdp.cz/download/zapojeni_KM.pdf)>.
- [12] *E-Drive* [online]. 2007 [cit. 2010-05-21]. PLCopen Motion Control. Dostupné z WWW: <<http://www.e-driveonline.com/whitepapers/B&R2.pdf>>.
- [13] *Elektronika* [online]. [cit. 2010-04-15]. Optická závora. Dostupné z WWW: <<http://www.elektronikacz.ic.cz/Data/infrazavora.html>>.

- [14] *Garážová vrata, brány, závory* [online]. 2007 [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW: <[http://www.dluhos.cz/st/brany\\_kridlove.html](http://www.dluhos.cz/st/brany_kridlove.html)>.
- [15] *Minebea Motor Manufacturing Corporation* [online]. 2004 [cit. 2010-04-01]. PM35L-048. Dostupné z WWW: <<http://www.nmbtc.com/pdf/motors/PM35L048.pdf>>.
- [16] *Minebea Motor Manufacturing Corporation* [online]. 2004 [cit. 2010-04-01]. PM55L-048. Dostupné z WWW: <<http://www.nmbtc.com/pdf/motors/PM55L048.pdf>>.
- [17] *Minebea Motor Manufacturing Corporation* [online]. 2004 [cit. 2010-04-01]. Selection of PM Motors. Dostupné z WWW: <[http://www.nmbtc.com/pm-step-motors/engineering/pdf/pm\\_select.pdf](http://www.nmbtc.com/pm-step-motors/engineering/pdf/pm_select.pdf)>.
- [18] *Normy a nařízení* [online]. [2009] [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://minirol.hu/partner-oldal/187-normy-a-narizeni/>>.
- [19] *PLCopen* [online]. 2008 [cit. 2010-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.plcopen.org/>>.
- [20] *Power Panel 300/400 User's Manual V 1.60* [online]. 1999 [cit. 2010-03-16]. Dostupný z WWW: <[http://www.br-automation.com/downloads\\_br\\_product\\_catalogue/BRP44400000000000000095344/4PP481.1043-75-ENG.pdf](http://www.br-automation.com/downloads_br_product_catalogue/BRP44400000000000000095344/4PP481.1043-75-ENG.pdf)>.
- [21] *Princip optických enkodérů polohy pro řízení motorů* [online]. [cit. 2010-05-17]. Optické enkodery. Dostupné z WWW: <[http://jonatan.spse.pilsedu.cz/~mazanec/opticke\\_ekodery.htm](http://jonatan.spse.pilsedu.cz/~mazanec/opticke_ekodery.htm)>.
- [22] *Rotational measurements using a resolver* [online]. 2001 [cit. 2010-05-17]. Resolver. Dostupné z WWW: <<http://data.bolton.ac.uk/mind/paderborn/sensors/resolver/resolver.html>>.
- [23] ŘEZÁČ, Kamil. *Robotika.cz* [online]. 2002-10-28 [cit. 2010-02-13]. Krokové motory. Dostupné z WWW: <<http://robotika.cz/articles/steppers/cs>>.
- [24] ŠMEJKAL, Ladislav. Měření polohy a úhlového natočení – přehled trhu. *Automatizace* [online]. 2005, 48, 12, [cit. 2010-05-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=988>>.
- [25] *Technika* [online]. 2009 [cit. 2010-03-11]. Předřadný odpor pro LED diodu. Dostupné z WWW: <<http://www.technika.estranky.cz/clanky/elektronika/predradny-odpor-pro-led-diodu>>.



## **10. SEZNAMY ZKRATEK, SYMBOLŮ**

ACOPOS – název servozesilovače od firmy B&R.

B&R – Bernecker + Rainer, firma.

DDR SDRAM – typ paměti.

PLC – programovatelný logický automat.

Power Panel – programovatelný automat s dotykovým displejem (B&R).

PWM – pulzně šířková modulace.

## **11. SEZNAM PŘÍLOH**

- A) Schéma a návrh plošného spoje přípravku pro propojení modelu a PLC
- B) Fotografie
- C) Manuál k servozesilovači ACOPOS
- D) DVD obsahující:
  - bakalářskou práci v elektronické podobě
  - vytvořený projekt v Automation Studiu
  - manuál k servozesilovači ACOPOS
  - fotografie