



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií ■

# NÁVRH SOFTWARE PRO ŘÍDICÍ SYSTÉM ŘEZACÍHO STROJE

## Diplomová práce

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika  
Studijní obor: 3906T001 – Mechatronika  
Autor práce: **Bc. Ondřej Mazura**  
Vedoucí práce: Ing. Martin Diblík, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechatronics, Informatics  
and Interdisciplinary Studies ■

# DESIGN OF CUTTING MACHINE CONTROL SOFTWARE

**Diploma thesis**

Study programme: N2612 – Electrical Engineering and Informatics

Study branch: 3906T001 – Mechatronics

Author: **Bc. Ondřej Mazura**

Supervisor: Ing. Martin Diblík, Ph.D.



**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej Mazura**  
Osobní číslo: **M12000256**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Mechatronika**  
Název tématu: **Návrh software pro řídicí systém řezacího stroje**  
Zadávající katedra: **Ústav mechatroniky a technické informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Na základě informací a požadavků od zadavatele a vlastního sledování definujte vlastnosti řídicího systému řezacího stroje s ohledem na požadovaný technologický postup a způsob ovládání.
2. Navrhněte architekturu software a vhodné datové struktury dle požadavků z předcházejícího bodu.
3. Navrhněte algoritmus řídicího systému pro požadované pracovní režimy stroje.
4. Navrhněte a vytvořte vzhled a vlastnosti operátorského rozhraní ve formě vizualizace na dotykovém panelu. Naprogramujte nezbytný software pro funkcionalitu vizualizace.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**  
Rozsah pracovní zprávy: **40–50 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


- [1] **JOHN, Karl-Heinz; TIEGELKAMP, Michael. IEC 61131-3: programming industrial automation systems: Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-Making Aids. 2nd ed. New York: Springer, 2010. 390 s. ISBN 978-3-642-12014-5.**
- [2] **Dostupná technická dokumentace stroje Hydrosag.**
- [3] **B+R Automatizace. Automation Training Materials, 2009.**
- [4] **MAZURA, O. Analýza řídicího systému stroje Hydrosag, semestrální projekt, TU Liberec, 2013.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Diblík, Ph.D.**  
Ústav mechatroniky a technické informatiky  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Josef Černožorský, Ph.D.**  
Ústav mechatroniky a technické informatiky  
Ostatní konzultanti: **Ing. Jana Hörbová**  
LIGRANIT a.s., Liberec

Datum zadání diplomové práce: **10. října 2014**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2015**

  
prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.  
děkan



  
doc. Ing. Milan Kolář, CSc.  
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. října 2014

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 13. 5. 2015

Podpis: 

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Martinu Diblíkovi, Ph.D. a Ing. Josefu Černoorskému, Ph.D. za účinné a metodické vedení celé práce, za cenné rady, připomínky a ochotu při konzultacích.

Dále bych rád poděkoval svojí rodině, za podporu při psaní diplomové práce a za podporu při studiu.

## **Abstrakt**

Hlavním úkolem této práce je definovat potřebné vlastnosti stroje HYDRO-SAG dle požadavků od zadavatele a vlastního pozorování. Na základě zjištěných technologických postupů a způsobů ovládání byly vytvořeny potřebné datové struktury a algoritmy pro požadované režimy stroje. V poslední části práce byla navržena a vytvořena vizualizace pro dotykový panel stroje.

První část práce je věnována definici funkce stroje, která byla převážně zachována. Je zde popsán samotný stroj a jeho možnosti pohybu v zavedeném souřadném systému. Ovládání stroje je řízeno pomocí pohyblivého ovládacího panelu, který je v této kapitole též popsán.

V druhé části byly popsány úlohové třídy a datové struktury nezbytné pro vytvoření řídicího algoritmu pro stroj HYDRO-SAG.

Třetí část popisuje vytvoření řídicího algoritmu pro požadované pracovní režimy stroje, které jsou: manuální režim, automatický režim, který má 4 možnosti chodu, ale využívají se pouze dva, z důvodu absence čidel na pracovní desce stroje.

Čtvrtá a poslední kapitola popisuje vytvořenou vizualizaci pro dotykový panel stroje, který byl v rámci inovace implementován do ovládacího panelu. Vizualizace obsahuje několik obrazovek, které umožňují zadávání parametrů řezů, parametrů stroje a další. Hlavní obrazovka byla z důvodu požadavků od obsluhy vytvořena co nejjednodušší a poskytuje základní informace o chodu stroje.

### **Klíčová slova:**

Řídicí systém, PLC, stavový diagram, Automation Studio, strukturovaný text, vizualizace.

## **Abstract**

The main goal of this work is to define the necessary properties machines HYDRO-SAG according to the requirements of the contracting authority and its own observations. On the basis of established processes and control methods of creating the necessary data structures and algorithms required for modes of the machine. The last part was designed and created renderings for a touch panel of the machine.

The first part is devoted to the definition of the function of the machine, which was largely maintained. Here is described the machine itself and its possibilities for movement in a given coordinate system. Operation of the machine is controlled by moving the control panel, which is also described in this chapter.

The second part was creating the task classes and data structure necessary for the creation of a management algorithm for the machine HYDRO-SAG.

The third section describes the creation of the control algorithm for the desired operating modes machines, which are: manual mode, error status and automatic mode, which has 4 options running, but they are only two, because of the absence of sensors on the countertop machine.

The fourth and final chapter describes how to create visualization for touch panel machine, which was within the innovations implemented in the control panel. Visualization contains several screens that allow you to enter the parameters of cuts, machine parameters and more. The main screen was due to requirements from the operator made as simple as possible and provides basic information about the operation of the machine.

### **Key words:**

Control system, PLC, status diagram, Automation Studio, structured text, visualization.



## Obsah

1	Úvod .....	14
2	Stroj HYDRO-SAG.....	15
2.1	Popis stroje HYDRO-SAG .....	15
2.2	Osy pohybu stroje .....	17
2.3	Rozvodná skříň .....	20
2.3.1	Rozvodná skříň před inovací .....	20
2.3.2	Rozvodná skříň po inovaci .....	25
2.4	Prvky PLC.....	25
2.4.1	Centrální výpočetní jednotka .....	25
2.4.2	Digitální vstupy a výstupy .....	26
2.4.3	Analogové vstupy a výstupy .....	26
2.4.4	Komunikační moduly .....	26
2.4.5	Čítačové moduly .....	26
2.5	Ovládání stroje a ovládací panel před inovací .....	27
2.6	Ovládací panel po inovaci.....	31
2.6.1	PLC 4PP065.0571-P74F.....	32
2.7	Dílčí závěr.....	33
3	Datové typy projektu .....	34
3.1	Norma IEC 61 131 .....	34
3.2	Datové typy.....	35
3.3	Úlohové třídy projektu.....	35
4	Globální proměnné projektu.....	37
4.1	Datový typ <code>tStroj</code> .....	38
4.1.1	Struktury a elementy první úrovně .....	39
4.1.2	Struktury a elementy druhé úrovně.....	41
4.1.2.1	Struktury obsažené v datovém typu <code>tHW</code> .....	41
4.1.2.2	Struktury obsažené v datovém typu <code>tStrojStatus</code> .....	43
4.1.2.3	Struktury obsažené v datovém typu <code>tProgVar</code> .....	43
4.1.3	Struktury a elementy třetí úrovně .....	44
4.1.3.1	Struktury obsažené v datovém typu <code>tOsy</code> .....	44
4.1.3.2	Struktury obsažené v datovém typu <code>tOP</code> .....	46
4.1.3.3	Struktury obsažené v datovém typu <code>tProgVar</code> .....	48
4.1.4	Struktury a elementy čtvrté úrovně.....	48
4.1.4.1	Struktury obsažené v datových typech <code>tX</code> , <code>tY</code> , <code>tZ1</code> a <code>tRz</code> .....	48

4.1.4.2	Struktury obsažené v datovém typu tOPOut.....	53
4.1.4.3	Struktury obsažené v datovém typu tOPIn.....	54
4.1.5	Struktury a elementy čtvrté úrovně.....	55
4.1.5.1	Struktura obsažená v datových typech tDriveStatusHydraulic a tDriveStatusElectric .....	55
<b>5</b>	<b>Řídicí algoritmus .....</b>	<b>56</b>
5.1	Program číslo 1 .....	57
5.1.1	Stavový automat programu číslo jedna.....	59
5.2	Program číslo 3 .....	65
5.2.1	Stavový automat programu číslo tři.....	65
<b>6</b>	<b>Vizualizace .....</b>	<b>68</b>
6.1	Hlavní strana .....	68
6.2	Programové nastavení.....	69
6.3	Parametry stroje .....	70
6.4	Chybová hlášení.....	71
6.5	Servisní obrazovky .....	71
6.5.1	Servisní obrazovky os .....	72
6.5.2	Vstupy a výstupy hlavního rozvaděče .....	75
6.5.3	Vstupy a výstupy operátorského panelu .....	75
6.5.4	Parametry os .....	76
6.6	Nastavení .....	77
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>78</b>
	Seznam použité literatury .....	79
	Přílohy.....	82
	Příloha A – čidla a motorové části stroje .....	83
	Příloha B – kusovník rozvodné skříně .....	90
	Příloha C – řídicí systém rozvodné skříně .....	91
	Příloha D – datové typy dle normy IEC 61 161-3 .....	95
	Příloha E – datové struktury projektu .....	96
	Příloha F – Stavové automaty projektu.....	99

## Seznam použitých obrázků

Obr. 2.1: Stroj HYDRO–SAG .....	16
Obr. 2.2: Schéma os stroje HYDRO-SAG .....	17
Obr. 2.3: Rozvodná skříň před inovací .....	20
Obr. 2.4: Rozvodná skříň po inovaci .....	25
Obr. 2.5: Ovládací panel stroje HYDRO-SAG před inovací.....	27
Obr. 2.6: Inovovaný ovládací panel.....	31
Obr. 2.7: PLC 4PP065.0571-P74F.....	32
Obr. 3.1: Vykonávání úloh [2].....	36
Obr. 3.2: Úlohové třídy projektu .....	37
Obr. 4.1: Struktura [3].....	38
Obr. 4.2: Zpomalení osy X .....	51
Obr. 4.3: Zpomalení os Z1 a Z2.....	52
Obr. 5.1: Zjednodušený stavový automat stroje HYDRO-SAG.....	56
Obr. 5.2: Program reset.....	57
Obr. 5.3: Přejít do chybového stavu .....	58
Obr. 5.4: Signalizace – program připraven.....	58
Obr. 5.5: Stavový automat – program číslo 1 .....	61
Obr. 5.6: Stavový automat – program číslo 1 .....	61
Obr. 5.7: Stavový automat – program číslo 3 .....	67
Obr. 5.8: Stavové automaty - legenda.....	67
Obr. 6.1: Hlavní strana – vizualizace.....	68
Obr. 6.2: Programové nastavení - vizualizace .....	69
Obr. 6.3: Řezné pozice – vizualizace.....	69
Obr. 6.4: Parametry stroje – vizualizace .....	70
Obr. 6.5: Referenční poloha os – vizualizace .....	70
Obr. 6.6: Chybové hlášení – vizualizace .....	71
Obr. 6.7: Servisní obrazovky – vizualizace .....	72
Obr. 6.8: Servisní obrazovka: Osa X – vizualizace .....	72
Obr. 6.9: Servisní obrazovka: Osa Y – vizualizace .....	73
Obr. 6.10: Servisní obrazovka: Osa Z1 – vizualizace.....	73
Obr. 6.11: Servisní obrazovka: Osa Z2 – vizualizace.....	74
Obr. 6.12: Servisní obrazovka: Osa Ry – vizualizace .....	74

Obr. 6.13: Servisní obrazovka: Osa Rz – vizualizace.....	75
Obr. 6.14: Vstupy hlavního rozvaděče – vizualizace .....	75
Obr. 6.15: Vstupy a výstupy operátorského panelu – vizualizace.....	76
Obr. 6.16: Parametry os – vizualizace .....	76
Obr. 6.17: : Parametry os, legenda – vizualizace.....	77
Obr. 6.18: Nastavení – vizualizace .....	77

## Seznam použitých tabulek

Tab. 2.2.1: Osy stroje HYDRO-SAG .....	17
Tab. 2.3.1: Prvky rozvodné skříně před inovací .....	21
Tab. 2.3.2: Rozvodná skřín – stykače .....	21
Tab. 2.3.3: Rozvodná skřín – relé .....	22
Tab. 2.3.4: Rozvodná skřín – motorové jističe .....	23
Tab. 2.3.5: Rozvodná skřín – stykače .....	23
Tab. 2.3.6: Rozvodná skřín – časové relé .....	23
Tab. 2.3.7: Rozvodná skřín – tepelná relé .....	24
Tab. 2.5.1: Ovládací prvky stroje HYDRO-SAG před inovací .....	28
Tab. 4.1.1: Struktura <i>tStroj</i> .....	39
Tab. 4.1.2: Struktura <i>gStroj.HW</i> .....	39
Tab. 4.1.3: Struktura <i>gStroj.HMI</i> .....	39
Tab. 4.1.4: Struktura <i>gStroj.Status</i> .....	40
Tab. 4.1.6: Struktura <i>gStroj.ProgVar</i> .....	40
Tab. 4.1.5: Struktura <i>gStroj.Mode</i> .....	41
Tab. 4.1.7: Struktura <i>gStroj.HW.Osa</i> .....	41
Tab. 4.1.8 Struktura <i>gStroj.HW.OP</i> .....	41
Tab. 4.1.9: Struktura <i>gStroj.HW.OutOsy</i> .....	42
Tab. 4.1.10: Struktura <i>gStroj.HW.OutDO</i> .....	43
Tab. 4.1.11: Struktura <i>gStroj.Status.Faults</i> .....	43
Tab. 4.1.12: Struktura <i>gStroj.ProgVar.Prog</i> .....	44
Tab. 4.1.13: Struktura <i>gStroj.ProgVar.Xprog</i> .....	44
Tab. 4.1.14: Struktury <i>gStroj.HW.Osa.X/Z1/RZ</i> .....	44
Tab. 4.1.15: Struktury <i>gStroj.HW.Osa.Y</i> .....	45
Tab. 4.1.16: Struktura <i>gStroj.HW.Osa.Ry/K</i> .....	45
Tab. 4.1.17: Struktura <i>gStroj.HW.Osa.Z2</i> .....	45
Tab. 4.1.18: Struktura <i>gStroj.HW.OP.Out</i> .....	46
Tab. 4.1.19: Struktura <i>gStroj.HW.OP.In</i> .....	47
Tab. 4.1.20: Struktura <i>gStroj.ProgVar.Prog.ProgEnt</i> .....	48
Tab. 4.1.21: Struktura <i>gStroj.ProgVar.Prog.Deska</i> .....	48
Tab. 4.1.22: Struktura <i>gStroj.HW.Osa.X.Encoder</i> .....	49

Tab. 4.1.23: Struktura gStroj.HW.Osa.X.Status .....	49
Tab. 4.1.24: Struktura gStroj.HW.Osa.X.Command.....	50
Tab. 4.1.25: Struktura gStroj.HW.Osa.X.Parameter .....	50
Tab. 4.1.26: Struktura gStroj.HW.Osa.RZ.Command.....	51
Tab. 4.1.27: Struktura gStroj.HW.Osa.RZ.Parameter.....	52
Tab. 4.1.28: Struktura gStroj.HW.Osa.RZ.Parameter.....	52
Tab. 4.1.29: Struktura gStroj.HW.Osa.RZ.Status .....	53
Tab. 4.1.30: Struktura gStroj.HW.OP.Out.Majak .....	53
Tab. 4.1.31: Struktura gStroj.HW.OP.In.Selector.....	54
Tab. 4.1.32: Struktura gStroj.HW.OP.In.Xjoy .....	54
Tab. 4.1.33: Struktura gStroj.HW.OP.In.Yjoy .....	55
Tab. 4.1.34: Struktura gStroj.HW.OP.In.Zjoy .....	55
Tab. 4.1.35: Struktura gStroj.HW.Osa.X.Status.LimitSwitches.....	55

# 1 Úvod

Účelem práce byla pomoc při inovaci stroje HYDRO-SAG, který je určen na řezání kamene ve firmě Ligranit a.s., která se zabývá kamenickou prací. Hlavním důvodem inovace byla špatná provozní spolehlivost stroje. Inovace stroje byla řešena výměnou programovatelného automatu, kde stávající PLC od firmy Siemens bylo vyměněno za novější od firmy B&R Automation a též byl inovován i ovládací panel stroje. Inovace ovládacího panelu byla vyřešena pomocí kombo PLC, které obsahuje PLC a dotykový TFT display, který je integrován do ovládacího panelu. Staré ovládací prvky byly z velké míry zachovány.

Celý proces inovace s sebou přináší řadu technických problémů, které jsou postupně řešeny v této práci. Jedním z počátečních kroků byla analýza stroje a definování řídicího systému stroje. Definování těchto vlastností vycházelo z pozorování chodu stroje a z konzultací s obsluhou stroje. Na základě definování vlastností stroje a pozorování chodu došlo k vytvoření stavových automatů pro jednotlivé režimy stroje a k návrhu vhodných datových struktur potřebných pro naprogramování stroje. Vytvoření programu pro jednotlivé části stroje bylo provedeno vedoucími této práce, neboť já sám bych nebyl schopen bez jakýchkoli zkušeností naprogramovat celý stroj s tak velkou spolehlivostí v takto krátkém čase. V poslední části práce byla vytvořena vizualizace pro dotykový panel. Vizualizace a programování stroje probíhalo ve vývojovém prostředí Automation Studio od firmy B&R Automation, ve kterém jsem se musel v rámci této práce naučit pracovat.

Výsledkem celé práce je podrobná analýza stroje, ze které vnikly vhodné datové struktury a stavové automaty popisující pracovní režimy stroje. Závěr práce je věnován vizualizaci dotykového panelu.

## 2 Stroj HYDRO-SAG

Modernizace stroje HYDRO-SAG byla jedním z hlavních důvodů, proč byla tato diplomová práce napsána. Před modernizací stroje byly definovány vlastnosti řídicího systému s ohledem na požadovaný technologický postup a způsob ovládání. Analýza stroje byla obtížnější, protože technická dokumentace ke stroji nebyla kompletní, neboť za více jak 20 let užívání stroje došlo k její postupné ztrátě či znehodnocení. Z tohoto důvodu k analýze stroje došlo na základě měření, pozorování a odečtení štítkových hodnot z motorů a snímačů, některé hodnoty nebylo možné bohužel odečíst, neboť štítky s hodnotami byly dosti poškozeny.

### 2.1 Popis stroje HYDRO-SAG

Stroj HYDRO-SAG je určen k řezání kamene o délkových rozměrech několika metrů a nachází se ve firmě Ligranit a.s. Kameny o rozměrech několika metrů jsou ke stroji dopravovány pomocí portálového jeřábu, který umožňuje přepravu i z venkovních prostor. Manipulaci s kamenem na pracovním stole si obsluha stroje provádí sama, pomocí vlastních sil nebo s pomocí portálového jeřábu.

Stroj byl vyroben v roce 1994 a můžeme ho rozdělit na dvě části. První částí je ústrojí pily, které zajišťuje provedení řezu pomocí řezného kotouče a umožňuje nám několik druhů pohybů, včetně rotace okolo jedné z os. Druhou částí je pracovní deska stroje, která slouží k umístění kamene pro řezání a též umožňuje několik druhů pohybů, včetně rotace. Jak celý stroj vypadá, můžeme vidět na Obr. 2.1 na následující stránce.

Pohyb po jednotlivých osách je řízen pomocí ovládacího panelu, který je umístěn na pohyblivé konstrukci, tak aby s ním obsluha mohla pohodlně manipulovat při práci v okolí stroje. Ovládací panel je podrobně popsán v kapitole 2.5. Ovládací prvky z tohoto panelu jsou propojeny s hlavním rozvaděčem stroje, který se nachází v pravé části Obr. 2.1. Detailnější pohled hlavního rozvaděče můžeme vidět na Obr. 2.3, který zobrazuje rozvodnou skříň před inovací, a na Obr. 2.4, který zobrazuje rozvodnou skříň po inovaci.





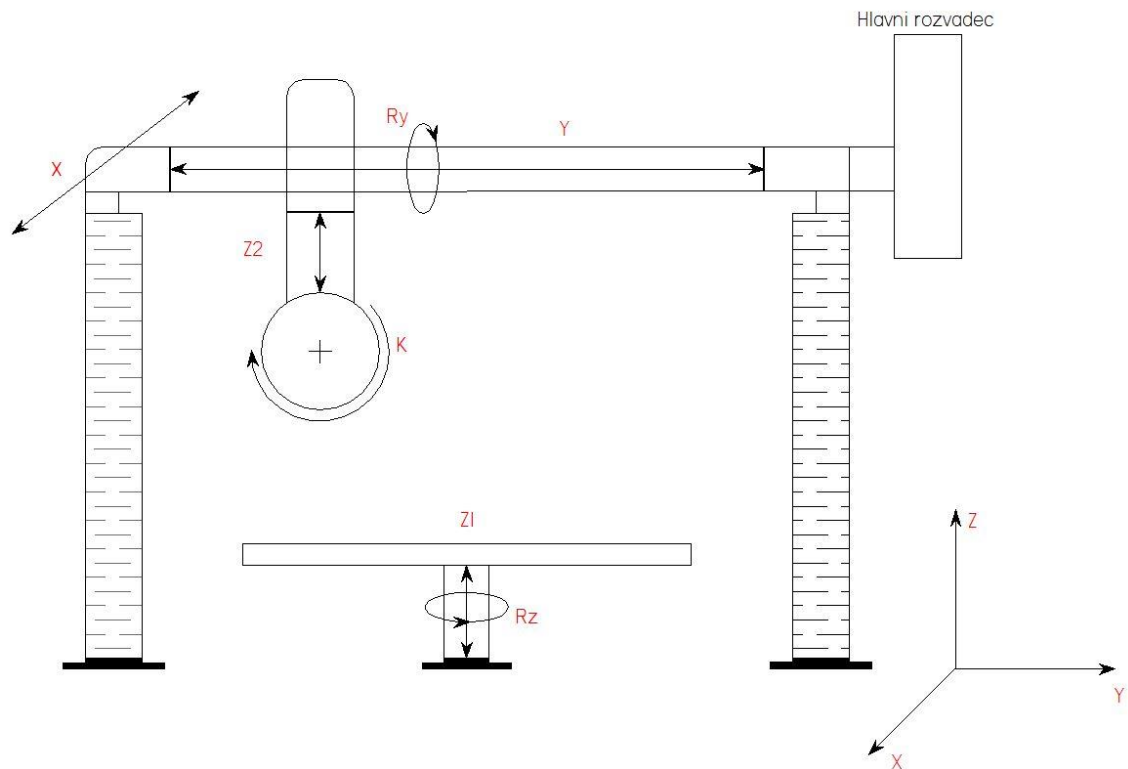
**Obr. 2.1: Stroj HYDRO-SAG**

Osy pohybu stroje jsou situovány ve třech směrech kartézského systému, viz Obr. 2.2. Osa Z je vertikální osa, která slouží k nastavení výšky kotouče pily a určení třísky řezu. Osa Y je horizontální osa, která slouží k pohybu mezi nosnou konstrukcí stroje, a osa X slouží k horizontálnímu pohybu po nosné konstrukci.

Pohyb pracovní desky stroje je realizován pomocí hydraulických pohonů. Ústrojí pily je poháněno částečně hydraulicky a částečně elektricky. Přehled os a jejich druh pohonu je zobrazen v Tab. 2.2.1. Všechny pohyby může obsluha řídit z ovládacího panelu stroje. Rotace v ose  $R_y$  se může řídit z ovládacího panelu a z ústrojí pily, kde jsou umístěna 2 tlačítka pro rotaci. Před uskutečněním rotace musí obsluha vyjmout pojistný kolík, který je umístěn na ústrojí pily vedle tlačítek rotace. Pro zjištění úhlu natočení je na ústrojí pily umístěna analogová stupnice. Obsluha pro rotaci v ose  $R_y$  využívá pouze tlačítka umístěná na ústrojí pily, protože musí osu odjistit a následně zajistit, a na ústrojí pily vidí úhel natočení osy, na ovládacím panelu tuto možnost nemá.

## 2.2 Osy pohybu stroje

Stroj umožňuje celkem 7 druhů pohybu, proto byl každý pohyb pojmenován podle zavedeného kartézského systému. Z obrázku je vidět možnost pohybu každé osy. Každá osa má svůj omezený pracovní rozsah a svoji rychlost pohybu. Parametry pohybu jednotlivých os jsou popsány na následující straně.



Obr. 2.2: Schéma os stroje HYDRO-SAG

Pro přehlednost byla vytvořena tabulka s přehledem pohonů os a druhem vykonávaných pohybů.

Tab. 2.2.1: Osy stroje HYDRO-SAG

Osa	Druh pohybu	Pohon os
X	Horizontální pohyb ve směru osy X	Hydraulický
Y	Horizontální pohyb ve směru osy Y	Hydraulický
Ry	Rotační pohyb okolo osy Y	Elektrický
Z2	Vertikální pohyb ve směru osy Z	Elektrický
K	Rotační pohyb, řez kotoučem	Elektrický
Z1	Vertikální pohyb ve směru osy Z	Hydraulický
Rz	Rotační pohyb okolo osy Z	Hydraulický

## **Osa X**

Osa X slouží k pohybu v horizontálním směru. Pracovní rozsah v tomto směru je přibližně 5,5 metru, pohyb v této ose je realizován pomocí hydraulických pohonů a umožňuje dvě rychlosti pohybu. Moment síly je přenášen na ozubené kolo, které se pohybuje po ozubeném hřebenu, umístěném na každé straně. Údaj o poloze na této ose je snímán pomocí inkrementálního čidla. Na ústrojí pily v této ose jsou umístěny koncové spínače, které zabraňují přejetí mimo pracovní rozsah a jsou ještě jištěny pomocí bezpečnostních mechanických zakončení ozubených hřebenů.

## **Osa Y**

Pohyb v této ose je hlavní pohyb pro řezání kamene, kdy ústrojí pily přejíždí nad pracovní deskou a uskutečňuje řez. Pracovní rozsah v tomto směru je opět přibližně 5,5 metrů a pohyb v této ose je realizován pomocí hydraulických pohonů, rychlost si obsluha volí podle tvrdosti kamene. Pracovní rozsah si může obsluha řídit pomocí elektromagnetů, kterými může posunout koncové dorazy do požadovaného rozsahu a určí tak stroji v jakém pracovním rozsahu má pracovat. Informaci o najetí na koncový doraz nám poskytuje indukční senzor, který je umístěn pod elektromagnetem. Často jsem viděl obsluhu upravovat pracovní rozsah ručně pomocí klacku. Jakým způsobem obsluha sepne elektromagnety určené k posuvu koncových dorazů, je popsáno v kapitole o ovládacím panelu.

Pokud dochází k řezu, tak je na tuto osu kladen požadavek, že poslední řez musí být uskutečněn z levé strany směrem do pravé strany podle Obr. 2.1, aby nedošlo k odlomení kamene, protože osa K rotuje po směru hodinových ručiček. Toto muselo být ošetřeno v programu pro automatický režim, v manuálním režimu si to obsluha hlídá sama.

## **Osa Ry**

Rotační pohyb okolo osy Y je zajišťován pomocí elektromotoru umístěného na ústrojí pily. Parametry motoru se bohužel nepodařilo zjistit, neboť štítek umístěný na motoru je již značně poškozen a parametry nebylo možno identifikovat a zachovány nebyly ani v elektrodokumentaci. Umístění motoru zajišťujícího rotaci můžeme vidět v příloze práce, kde je motor vyfocen.

## **Osa Z2**

Vertikální pohyb pily je realizován pomocí elektromotoru, který je umístěn na ústrojí pily. Pracovní rozsah v této ose je přibližně 70 cm. Hloubka posledního řezu je odlišná od hloubky počátečních řezů a nastavuje se ve vytvořené vizualizaci.

## **Osa K**

Osa K je osa kotouče pily. Pohyb je realizován pomocí elektromotoru, který je též umístěn na ústrojí pily. Štítkové hodnoty motoru nebyly bohužel opět zachovány. Moment síly elektromotoru je přenášen přes klínové řemeny na ústrojí kotouče a roztáčí řezný kotouč. Obsluha si může zvolit ze dvou rychlostí otáček kotouče pomocí tlačítka 16 a 18 na ovládacím panelu.

## **Osa Z1**

Pohyb v této ose je realizován pomocí hydraulických pohonů. Pracovní rozsah mezi ústrojím pily a pracovní deskou stroje je přibližně 1,3 metru, závisí na velikosti řezného kotouče. Na této ose není umístěno žádné čidlo, které by poskytovalo informace o poloze.

## **Osa Rz**

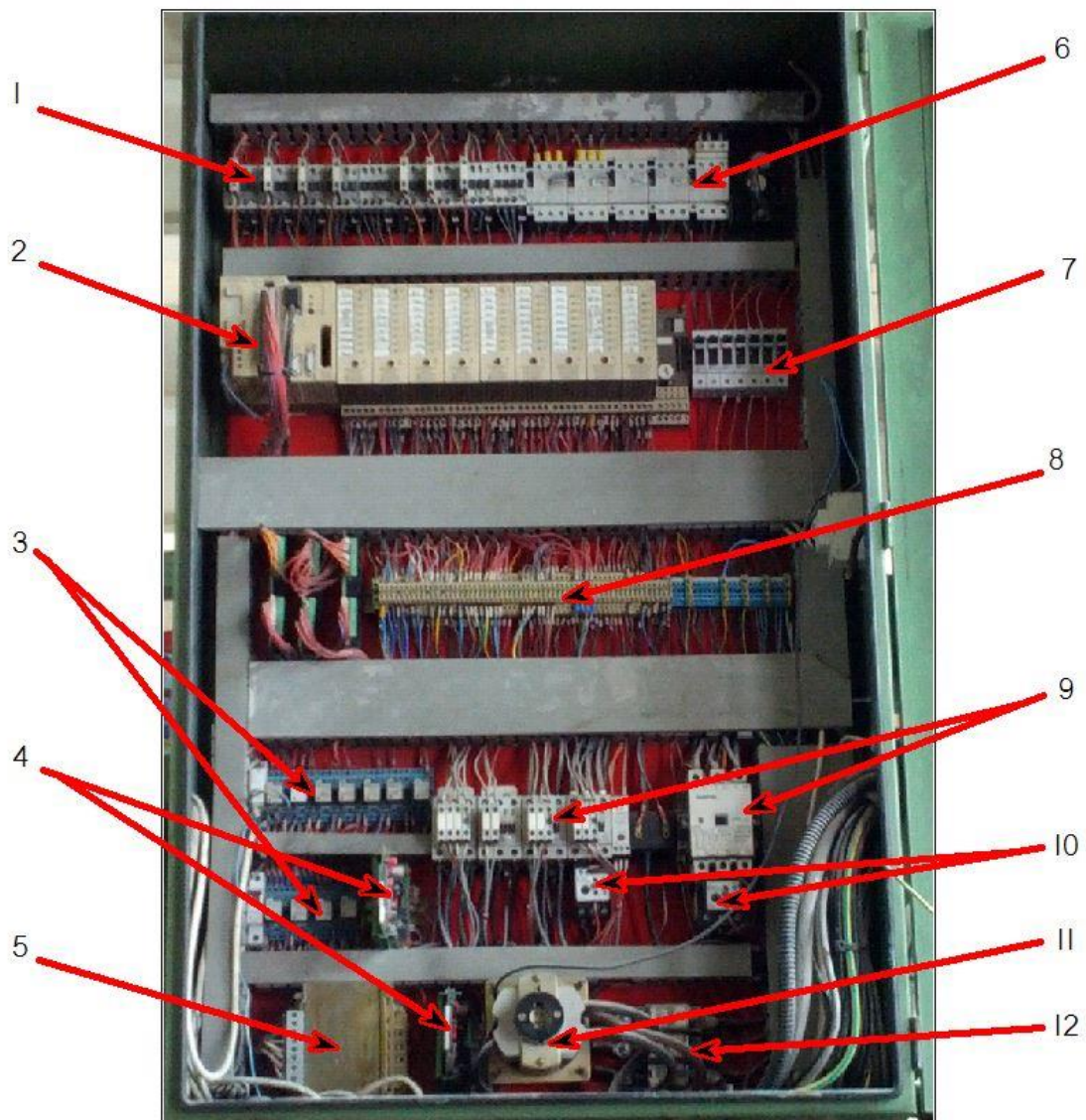
Rotační pohyb pracovní desky stroje okolo osy Z je opět realizován pomocí hydraulického pohonu. Obsluha tak může natočit kámen na pracovní desce do ideální polohy pro uskutečnění řezu. Tato osa také neobsahuje žádné čidlo, které by poskytovalo informaci o natočení osy.

## 2.3 Rozvodná skříň

Rozvodná skříň se skládá z několika pojistných a ovládacích prvků. Elektrodokumentace, která byla k přístroji k dispozici, není bohužel kompletní a mnoho věcí nelze přesně určit, neboť je přes 20 let stará a neobsahuje všechny údaje. Z toho důvodu byla vedoucím práce vytvořena nová, která zahrnuje inovaci stroje.

### 2.3.1 Rozvodná skříň před inovací

Hlavním cílem inovace byla výměna stávajícího PLC od firmy Siemens za novější PLC od firmy B&R. Jednotlivé prvky, které byly použity pro inovaci stroje, jsou popsány v příloze práce.



Obr. 2.3: Rozvodná skříň před inovací

**Tab. 2.3.1: Prvky rozvodné skříně před inovací**

Označení prvku	Prvek
1	Stykače
2	PLC Siemens
3	Relé
4	Karty SLITTA a BANCO
5	Transformátor
6	Motorové jističe
7	Jističe
8	Svorkovnice
9	Stykače
10	Tepelná relé
11	Hlavní vypínač
12	Nožové pojistky

### 1) Stykače

V levé horní části se nacházejí stykače od firmy Siemens, jak můžeme vidět v následující tabulce, kde jsou vypsána jednotlivá označení stykačů a popsány jejich funkce.

**Tab. 2.3.2: Rozvodná skříň – stykače**

Označení na stroji	Označení výrobce	Funkce
MC	Siemens 3TF30	Motor hydraulické centrály
MC2	Siemens 3TF31	Motor hydraulické centrály – kopie
MH2S	Siemens 3TF30	Pohon kopírování zařízení – nahoru
MH2D	Siemens 3TF30	Pohon kopírování zařízení – dolů
MHS	Siemens 3TF30	Osa Z2 – nahoru
MHD	Siemens 3TF30	OsaZ2 – dolů
FMD	Siemens 3TF30	Konec pohybu v ose Z2 – dolů
FMH	Siemens 3TF30	Konec pohybu v ose Z2 – nahoru
MRSI	Siemens 3TF30	Rotace osy Ry – doleva
MRSE	Siemens 3TF30	Rotace osy Ry – doprava

### 2) PLC

V druhé řadě rozvodné skříně se nacházelo PLC od firmy Siemens, které bylo nahrazeno novějším modelem od firmy B&R. PLC od firmy Siemens bylo typu Simatic S5-95U a bylo doplněno několika I/O moduly.

### 3) Relé

Relé se nacházejí v levé spodní části nad transformátorem a mají následující označení a funkci.

**Tab. 2.3.3: Rozvodná skříň – relé**

Označení na stroji	Označení výrobce	Funkce
MDL	FINDER 55.34	Relé voda – pomalu
RDEB	FINDER 55.34	Rotace vlevo
RSIB	FINDER 55.34	Rotace vpravo
RSIS	FINDER 55.34	Osa Y – vlevo
RDES	FINDER 55.34	Osa Y – vpravo
REN2	FINDER 55.34	Encodér 2
REN4	FINDER 55.34	Encodér 4
REN3	FINDER 55.34	Encodér 3
E	FINDER 55.34	Nouzový stav
RL-V	FINDER 55.34	Rychle levá/ pravá
MDV	FINDER 55.34.8110.0040	Relé voda – rychle

### 4) Proporcionální karty ventilů

Karta s označením SLITTA se ovládá pomocí prvků číslo 24 a 25. Funkce těchto prvků je popsána v další kapitole a slouží k pohybu v ose Y. Karta s označením BANCO je ovládána pomocí prvku číslo 29, které slouží k regulaci rychlosti otáčení v ose Rz.

### 5) Transformátor

V dolní levé části se nachází transformátor, který zajišťuje transformaci ze síťového napětí 230 V/AC na hodnotu napětí 110 V/AC, které je zapotřebí pro ovládání stykačů.

- Výrobce: CIRCI ANTONI & C.

### 6) Motorové jističe

V horní části vpravo vedle stykačů se nacházejí motorové jističe. Funkce a označení je opět popsáno v tabulce, kterou najdete na následující stránce.

**Tab. 2.3.4: Rozvodná skříň – motorové jističe**

Označení na stroji	Označení výrobce	Funkce
KC	Siemens3VU1300-1ML00	Motor hydraulické centrály (MC)
KC2	Siemens3VU1300-1ML00	Motor hydraulické centrály č. 2 (MC2)
KH	Siemens3VU1300-1MH00	Osa Z2 (MHS, MHD)
KH2	Siemens3VU1300-1MG00	Pohon kopírování zařízení (MH2S, MH2D)
KR	Siemens3VU1300-1MG00	Osa rotace Ry (K8, K9)

## 7) Jističe

Vedle PLC se nachází ještě řada sedmi jističů, každý pro jmenovitý proud 32 A a jmenovité střídavé napětí 380 V.

## 9) Stykače

Stykače umístěné v pravé části vedle relé jsou určeny k pohonu kotouče pily. Označení L značí pomalejší rychlost z italského slova lenta a V značí rychlejší rychlost z italského slova veloce. Motor pro pohon kotouče pily obsahuje 2 vinutí. Rychlost otáček se mění přepnutím počtu pólů a rychlost se tak mění skokově. V obou dvou případech se uplatňuje přepnutí hvězda – trojúhelník, kvůli omezení záběrného proudu.

**Tab. 2.3.5: Rozvodná skříň – stykače**

Označení na stroji	Označení výrobce	Funkce
MDL1	3TF3500	Kotouč pomalu
MDL2	3TF48	Kotouč rychle
MDD1	3TF3500	Pohon kotouče – pomalu
MDY1	3TF3500	Pohon kotouče – rychle
MDY2	3TF3500	Pomocný pro aktivaci MDY1

Mezi těmito stykači se nachází časové relé TD od firmy Siemens, které slouží ke zpožděnému sepnutí. Aktivací TD se odpojí MDY1 a zároveň aktivuje MDD1. Čas pro zpožděné sepnutí je nastaven přibližně na 5 sekund.

**Tab. 2.3.6: Rozvodná skříň – časové relé**

Označení na stroji	Označení výrobce
TD	Siemens 7PU6020



## 10) Tepelná relé

Pod těmito stykači jsou umístěna dvě tepelná relé.

Tab. 2.3.7: Rozvodná skříň – tepelná relé

Označení na stroji	Označení výrobce	Funkce
KMDV	Siemens 3UA58-00-2U	Kotouč rychle
KMDL	Siemens 3TF55-00-2Q	Kotouč pomalu

## 11) Hlavní vypínač

Vedle transformátoru vpravo se nachází hlavní vypínač, kterým se vypíná celá rozvodná skříň. Uvedený model se již nevyrábí a odkaz, který je literatuře, se vztahuje pouze na současné výrobky firmy Brema. Hlavní vypínač má následující parametry.

- Výrobce: Brema
- Série: A100.03

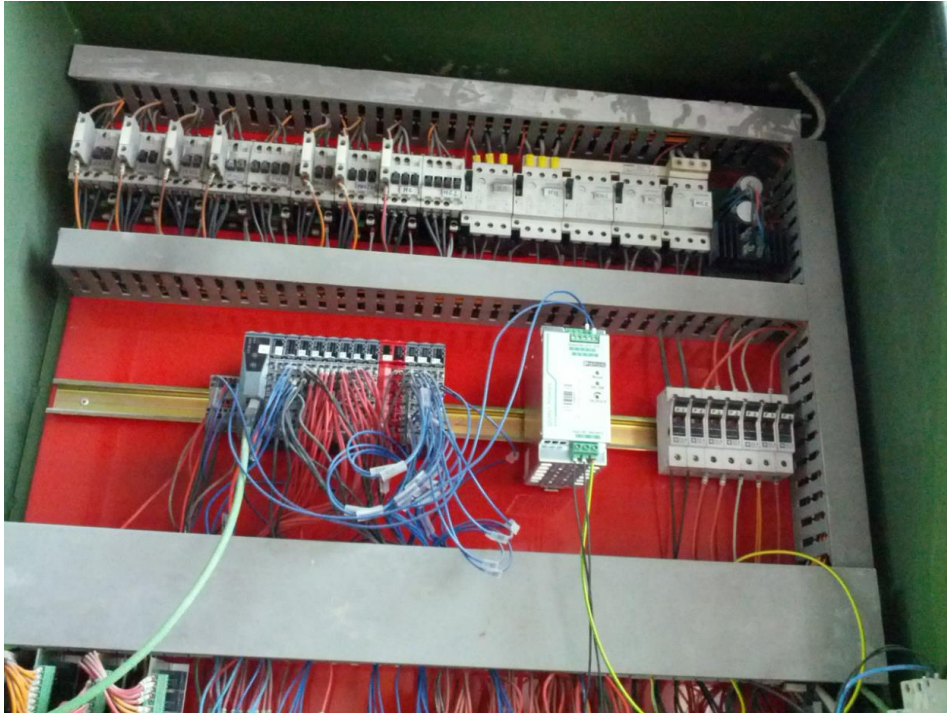
## 12) Nožové pojistky

Úplně poslední částí jsou nožové pojistky, umístěné v pravé spodní části, s následujícími parametry.

- Výrobce: Weber
- Jmenovitý proud: 80 A
- Jmenovité napětí: 660 V

### 2.3.2 Rozvodná skříň po inovaci

Jak jsem již psal výše, hlavní inovace v rozvodné skříni se týkala výměny PLC, kde stávající PLC od firmy Siemens bylo nahrazeno PLC od firmy B&R. To se nachází v ovládacím panelu a jedná se o tzv. kombo PLC, kdy PLC obsahuje i dotykový panel.



Obr. 2.4: Rozvodná skříň po inovaci

## 2.4 Prvky PLC

Vnitřní uspořádání PLC se skládá z centrální výpočetní jednotky (CPU), systémové paměti (RAM), uživatelské paměti (ROM), binárních vstupů a výstupů, analogových vstupů a výstupů a dalších přídatných modulů.

### 2.4.1 Centrální výpočetní jednotka

CPU je základním prvkem PLC a udává nám parametry o jeho výkonnosti. Realizuje soubor instrukcí, systémových služeb a zajišťuje komunikaci s vlastními nebo vzdálenými moduly. Některé dnešní moderní CPU automaty obsahují také www server. Součástí jsou dva druhy operační paměti. První část typu RAM slouží pro uložení uživatelského programu a hodnot vstupních a výstupních pomocných proměnných. Druhá část typu ROM obsahuje systémové programy pro činnost automatu, do kterých uživatel nemůže zasahovat.[1].

### ***2.4.2 Digitální vstupy a výstupy***

Vstupy slouží k připojení tlačítek, koncových spínačů a dalších prvků, které mají dvouhodnotový charakter (např. stav 0 pro vypnuto a stav 1 pro zapnuto). Výstupy slouží k buzení cívek, relé, stykačů, elektromagnetických spojek, pneumatických a hydraulických převodníků, k ovládání signálek, ale i ke stupňovitému řízení pohonů a frekvenčních měničů [1].

### ***2.4.3 Analogové vstupy a výstupy***

Analogové vstupní a výstupní moduly zprostředkují kontakt programovatelného automatu se spojitým prostředím. Analogové vstupy slouží k připojení snímačů teploty (obvykle odporové, polovodičové nebo termočlánky), snímačů tlaku, vlhkosti, výšky hladiny, ale i většiny inteligentních přístrojů s analogovými výstupy. Pomocí analogových výstupů lze ovládat spojitě servomotory a frekvenční měniče, ale třeba i ručkové měřicí přístroje a jiné spojitě ovládané akční členy [1].

### ***2.4.4 Komunikační moduly***

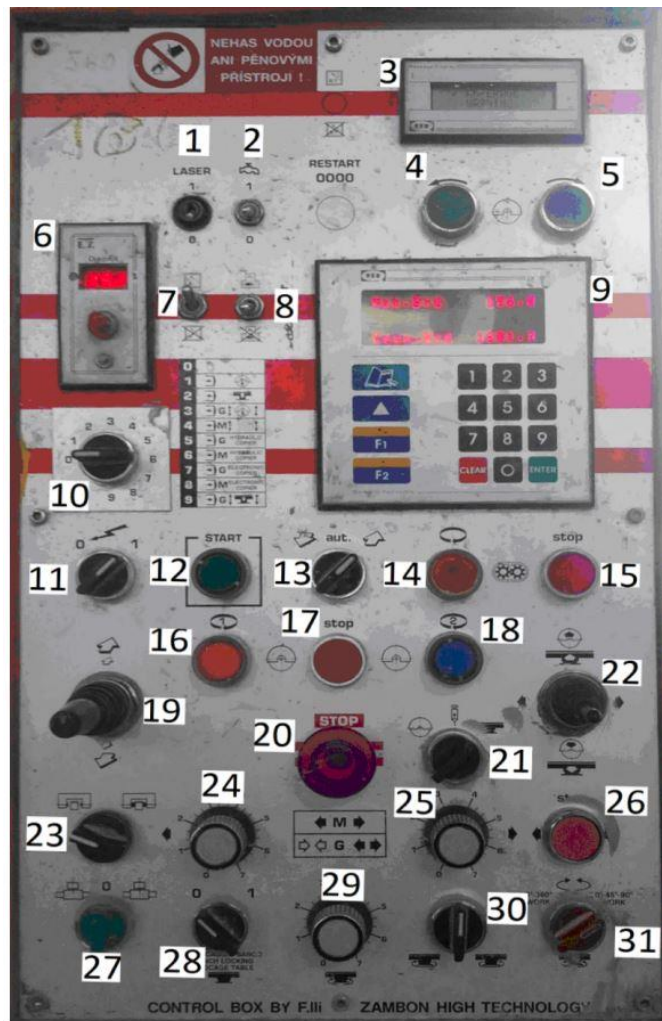
Nejvíce využívané komunikační protokoly jsou dnes Ethernet, Powerlink a RS 232. Komunikační moduly využívají komunikaci po této sběrnici se vzdálenými moduly a umožňují komunikaci s operátorským panelem, se vstupy a výstupy, se souřadnými i nadřazenými systémy [2].

### ***2.4.5 Čítačové moduly***

Slouží k čítání pulsů o periodě kratší nebo podobné, jako je smyčka programu v PLC. Slouží pro připojení univerzálních signálů, inkrementálních nebo absolutních snímačů, ovládají se binárním signálem. V případech, kdy není zapotřebí použít čítačový modul, lze využít softwarový čítač, který obsahují všechny programovatelné automaty [3].

## 2.5 Ovládání stroje a ovládací panel před inovací

Ovládací panel stroje můžeme vidět na Obr. 2.5. Z obrázku vidíme, že ovládací panel obsahuje množství ovládacích prvků a každý ovládací prvek je očíslovaný. V Tab. 2.5.1 je uvedena funkce jednotlivých prvků. Prvky, které mají složitější funkci a nestačí pouze jejich stručné uvedení v tabulce, jsou vysvětleny v textu pod tabulkou.



Obr. 2.5: Ovládací panel stroje HYDRO-SAG před inovací

Tab. 2.5.1: Ovládací prvky stroje HYDRO-SAG před inovací

Číslo	Funkce	Označení ve staré elektrodokumentaci
1	Zapnutí laseru	S1
2	Zapnutí chlazení – nefunkční	
3	Message display	
4	Rotace ústrojí pily okolo osy Ry	PRSI
5	Rotace ústrojí pily okolo osy Ry	PRDE
6	Dispot – proudová kontrola (funguje, pouze pokud je aktivní tlačítko č. 7)	
7	Aktivace proudové kontroly	
8	Neznámá funkce tlačítka – po aktivaci dojde k vypnutí celého stroje	
9	Ovládací panel k PLC – nastavení automatických režimů	
10	Volba režimu chodu – popsáno níže	PR
11	Hlavní vypínač panelu	
12	Tlačítko START – funkce popsána níže	PI
13	Volba směru pojezdu v ose X v automatickém režimu	SPA/0/SPI
14	Zapnutí hydraulického čerpadla	PMC
15	Vypnutí hydraulického čerpadla	PAC
16	Start kotouče pomalu	PMLD
17	Stop kotouče	PE
18	Start kotouče rychle	PAD
19	Joystick osy X	MAL/MAV/O/MIL/MIV
20	Total Stop	PE
21	Výběr pohybu os pro joystick 22, levá poloha – osa Z2, pravá poloha – osa Z1	SS/0/SB
22	Joystick pro osy Z1, Z2 a Y	MSA/MDI, MSI/MDE
23	Odblokování osy X	SSBP/SBP
24	Regulace rychlosti pojezdu v ose Y, každé tlačítko je	
25	pro jeden příslušný směr	
26	Zastavení pohybů ústrojí pily (osa Y)	PS
27	Aktivace elektromagnetů – slouží k pohybu s koncovými dorazy na ose Y	S3
28	Blokace pohybu pracovní desky stroje v ose Z1	SBB
29	Regulace rychlosti rotace pracovní desky stroje (osa Rz)	
30	Rotace pracovní desky stroje (osa Z1)	SRSB/SRDB
31	Blokace rotace pohybu pracovní desky stroje	SB

Tlačítko číslo 1 zapíná laser, který vytváří přímkou osy myšleného řezu ve směru osy Y. Laser je umístěný nad kotoučem pily u rozvodné skříně a korekce se provádí ručně. Tlačítko číslo 2 původně zapínalo chlazení kotouče pily. V době před inovací je nefunkční a chlazení se zapíná pomocí ručního ventilu, který je umístěn v blízkosti kotouče pily. Prvek číslo 3 je „message display“, který zobrazuje, v jakém stavu se stroj nachází a signalizuje případné chyby. Například pokud dojde k překročení stanoveného limitu odběru proudu, než byl zadaný maximální odběr, tak se na display objeví varovná zpráva. Tlačítka číslo 4 a 5 umožňují rotaci kolem osy Y, nutno dodat, že tlačítka se stejnou funkcí se nacházejí i na ústrojí pily, kde je umístěna i stupnice udávající úhel natočení. Ovládací panel k PLC pod číslem 9 slouží k zadávání hodnot v automatickém režimu. Zadávají se zde parametry, jako je hloubka třísky řezu (osa Z2), počet řezů (pohybů v ose Y) se má provést s tím, že poslední řez je veden odlišnou rychlostí než předchozí a musí být veden z levé části do pravé.

Tlačítko 12 je tlačítko START, slouží k nastavení referenční polohy osy X a zahájí pohyb v této ose. Jakým směrem se provede pohyb v automatickém režimu v ose X se určuje pomocí tlačítka 13.

Tlačítka číslo 24 a 25 slouží k regulaci rychlosti pohybu v ose Y. Regulátor číslo 24 slouží k regulaci pohybu z levé strany do pravé. Regulátor 25 slouží k regulaci v opačném směru pohybu, tedy k pohybu zprava doleva. V automatickém režimu regulátor 24 určuje rychlost pojezdu všech řezů kromě posledního. Rychlost posledního řezu se určuje regulátorem 25 a poslední řez musí být veden zprava doleva.

Hlavním bodem práce byl automatický režim, který musel být naprogramován. Funkce automatického režimu se odvíjí od polohy přepínače číslo 10, kde obsluha využívá pouze polohy 0 až 4. Funkci zbylých poloh (6 až 9) se mi nepodařilo od obsluhy zjistit a sama obsluha tyto funkce nevyužívá. Pokud je přepínač v poloze číslo 0, obsluha si funkci stroje řídí sama a stroj je v manuálním režimu. Tuto polohu obsluha využívá pro časově méně náročné procesy řezání kamene nebo pro nastavení přesné polohy před přechodem do automatického režimu, kdy kotouč pily musí být v potřebné poloze, aby byly dodrženy výrobní přesnosti.

Automatický režim obsluha využívá, pokud provádí více řezů, které jsou časově náročnější. Než obsluha přejde do automatického režimu, najede v manuálním režimu do požadované polohy a provede kontrolu. Možnosti, které automatický režim stroje umožňuje, jsou:

#### **Poloha 0**

Přepínač v poloze 0 znamená manuální režim stroje, kdy si chod stroje řídí obsluha.

#### **Poloha 1**

Pokud je přepínač v poloze číslo 1, tak se stroj pohybuje v ose Y, Z2 a je roztočený řezný kotouč (osa K). Obsluha zadává počet řezů v ose Y a o kolik se má osa Z2 snížit na dotykovém panelu PLC.

#### **Poloha 2**

Pokud je přepínač ve 2. poloze, je funkce automatického režimu podobná jako v režimu, kdy je přepínač v 1. poloze. Aktivní jsou osy Y, Z1 a také osa K. Pohyb v ose Z je realizován pracovní deskou stroje, a nikoliv ústrojím pily. Tento režim není z důvodu absence čidel na ose Z1 využíván. V minulosti byl využíván, ale vlivem neustálého působení vody došlo k rychlému zničení čidel.

#### **Poloha 3**

Poloha přepínače v poloze 3 aktivuje osy Y, Z2, K a X. Rozdíl a výhoda tohoto režimu spočívá v aktivaci osy X, která se aktivuje po dokončení pohybu v ose Y a Z2 a přejede o požadovanou vzdálenost a opět se aktivují osy Y a Z2. Osa K se během tohoto pohybu nevypíná. Tato poloha umožňuje řez několika plátků kamene, bez dohledu obsluhy, která zadá požadované hodnoty na dotykovém panelu PLC.

#### **Poloha 4**

Funkce stroje, pokud je přepínač v poloze číslo 4, je podobná funkci, jako když je přepínač v poloze číslo 3, pouze není aktivována osa Z2, ale osa Z1. Pohyb v ose Z tedy vykonává pracovní deska stroje, na které není žádné čidlo, které by poskytovalo informaci o poloze, a proto tento režim není stejně jako režim dva využíván.

## 2.6 Ovládací panel po inovaci

Ovládací panel po inovaci zobrazuje Obr. 2.6. Z ovládacího panelu byl odstraněn „messenger display“ a „Dispot“ (proudová kontrola), tyto funkce nyní zastupuje kombo PLC. Zrušena byla tlačítka číslo 6 a 7, kde tlačítko 6 zapínalo kontrolu proudu a tlačítko číslo 7 nemělo žádnou funkci. Tlačítko číslo 2 pro zapínání chlazení bylo opraveno.



Obr. 2.6: Inovovaný ovládací panel



### **2.6.1 PLC 4PP065.0571-P74F**

Jedná se o tzv. kombo, kdy PLC obsahuje i dotykový TFT display. Dotykový QVGA displejem má úhlopříčku 5.7" a rozlišení 320 × 240 px. PLC má procesor s taktem 500 MHz a 128 MB RAM paměti Pro komunikaci je možné využít 2x USB, 1x Ethernet nebo POWERLINK. Přední plocha obsahuje krytí IP 65 a 10 tlačítek [4].



**Obr. 2.7: PLC 4PP065.0571-P74F**

Výhoda komunikace po POWERLINKU je v tom, že vychází ze standardu Ethernet a využívá komunikaci producent/konzument. POWERLINK nepotřebuje žádný dodatečný hardware a lze využít všechny čipy a systémy vytvořené po Ethernet. POWERLINK je cyklický protokol a lze pro něj nastavit dobu cyklu. Stanice na síti mohou vysílat dlouhé rámce dat a v každém cyklu sběrnice je místo i pro asynchronní datový rámeček B&R Automation Net (a tedy i TCP/IP). Všichni účastníci, kteří jsou připojeni k této síti, mohou být synchronizováni. Velkou výhodou protokolu Ethernet Powerlink je možnost nastavovat parametry komunikace tak, že si je uživatel může přizpůsobit svým požadavkům [4] [5] [6].

## 2.7 Dílčí závěr

V rámci inovace došlo k některým úpravám na základě mého pozorování a doporučení. Byla odstraněna nebo opravena některá tlačítka, která neměla žádnou funkci nebo byla rozbitá. Problémem stále zůstává řezání pod určitým úhlem, pokud má dojít k rotaci ústrojí pily v ose  $R_y$ , kdy obsluha musí pracovat z pracovní desky stolu, aby viděla na analogovou stupnici a mohla vyjmout pojistný kolík, který aretuje ústrojí. V rámci inovace bohužel nebylo možné tento menší nedostatek opravit. Nejlepším řešením tohoto nedostatku by bylo přidání inkrementálního rotačního čidla, které by zobrazovalo na ovládacím panelu úhel natočení okolo osy  $Y$ . Pokud by se měl stroj ještě někdy v budoucnu dále inovovat, tak další věc, která by mohla pomoci při práci, by bylo umístění laseru na ústrojí pily, tak aby se laser natáčel s ústrojím pily v ose  $R_y$  a vytvářel tak osu myšleného řezu, i pokud by došlo k rotaci. Nyní to bohužel není možné.

Další věcí, která v rámci inovace nebyla možná, bylo umístění inkrementálního čidla na osy  $Z_1$  a  $R_z$ . Obsluha tak může využívat pouze automatické režimy číslo 1 a 3. Umístění čidel na osy  $Z_1$  a  $R_z$  bylo v minulosti několikrát zkoušeno, vždy ale byla čidla po relativně krátké době zničena neustálým působením vody.

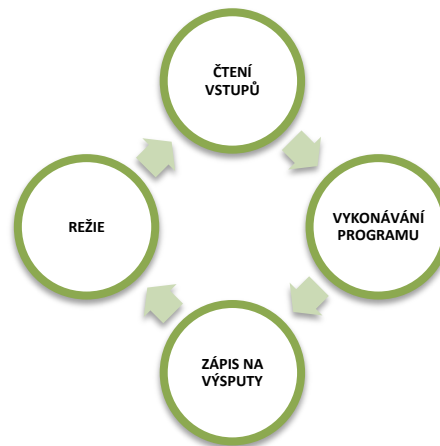
Z celé této kapitoly vidíme, v jakém stavu se stroj nacházel dříve a v jakém stavu se nachází po inovaci, a vidíme, jaké prvky byly nahrazeny nebo odstraněny. Celá tato kapitola byla poměrně obtížná na dohledání příslušných informací k jednotlivým součástkám a identifikování parametrů stroje. Součástky daný výrobce z velké části již nevyráběl nebo vyráběl inovované součástky pod jiným názvem. Na přiloženém CD se nacházejí dohledané katalogové listy jednotlivých prvků stroje.

### 3 Datové typy projektu

Na základě definování vlastností stroje mohlo dojít k vytvoření potřebných datových typů, které jsou potřebné k vytvoření programu stroje. Na úvod kapitoly jsem uvedl malé množství teorie a následně jsem se věnoval dané problematice této kapitoly.

#### 3.1 Norma IEC 61 131

Norma IEC 61 131 pro programovatelné řídicí systémy má sedm základních částí a představuje souhrn požadavků na moderní řídicí systémy. Je nezávislá na konkrétní organizaci či firmě a má širokou mezinárodní podporu. Jednotlivé části normy jsou věnovány jak technickému, tak programovému vybavení těchto systémů.



Obr. 3.1.1: Činnost PLC

V ČR byly přijaty jednotlivé části této normy pod následujícími čísly a názvy:

- ČSN EN 61 131-1 Programovatelné řídicí jednotky – Část 1: Všeobecné informace
- ČSN EN 61 131-2 Programovatelné řídicí jednotky – Část 2: Požadavky na zařízení a zkoušky
- ČSN EN 61 131-3 Programovatelné řídicí jednotky – Část 3: Programovací jazyky
- ČSN EN 61 131-4 Programovatelné řídicí jednotky – Část 4: Podpora uživatelů
- ČSN EN 61 131-5 Programovatelné řídicí jednotky – Část 5: Komunikace
- ČSN EN 61 131-7 Programovatelné řídicí jednotky – Část 7: Programování fuzzy řízení

V Evropské unii jsou tyto normy přijaty pod číslem EN IEC 61 131 [7]

## 3.2 Datové typy

Pro programování v některém z jazyků podle normy IEC 61 131-3 jsou definovány tzv. *elementární*, předdefinované datové typy, dále jsou definovány *rodové* datové typy pro příbuzné skupiny datových typů. A konečně je k dispozici mechanismus, kterým může uživatel vytvářet vlastní odvozené (uživatelské) datové typy. Přehled *elementárních* datových typů je v příloze práce [8].

Podle oblastí použití rozlišujeme dva typy proměnných, a to globální a lokální. Globální proměnné působí v celém projektu, jejich deklarace není součástí žádné programové organizační jednotky, neboť se deklarují samostatně. Lokální proměnné jsou omezeny pouze na tu programovou organizační jednotku, kde byla deklarována. Proměnné mohou být přiřazeny explicitně k hardwarovým adresám (např. vstupům, výstupům) pouze v konfiguracích, zdrojích nebo programech (viz struktura programu). Tímto způsobem je dosaženo vysokého stupně hardwarové nezávislosti a možnosti opakovaného využití softwaru na různých hardwarových platformách.[7].

## 3.3 Úlohové třídy projektu

Úlohová třída je plánovací nástroj, který se spouští periodicky v daném intervalu nebo podle změny stavu nějaké proměnné. Úlohy jsou asociovány s určitým zdrojem, který řídí vykonávání a dovoluje přiřadit označené funkční bloky a programy určité úloze. Obvykle mohou být vykonávány v intervalech závislých na požadované odezvě systému a na potřebě optimalizovat využití výpočetní kapacity PLC.

Programy pro ovládání jednotlivých os, odečet polohy a další nezbytné části byly rozděleny do několika úlohových tříd, jak můžeme vidět na Obr. 3.2. Automation Studio nabízí 8 základních úlohových tříd, které se liší svou rychlostí cyklu (rychlejší úlohové třídy jsou náročnější na procesor). Do úlohové třídy s intervalem spouštění 10 ms byl přiřazen program pro určování polohy. Program s označením Encoders zpracovává signály z encodérů umístěných na osách.

Do druhé úlohové třídy s intervalem 20 ms byly umístěny programy pro chod jednotlivých os včetně programu Faults, který monitoruje jednotlivé chyby, které mohou nastat během chodu stroje. V třetí úlohové třídě s intervalem spouštění 50 ms se nachází program s názvem PrgEVAL, který slouží k výpočtu poloh ve všech osách pro automatický režim. Třetí úlohová třída obsahuje program pro chod automatického režimu s označením číslo 1, kdy je přepínač číslo 10 v poloze číslo 1 a

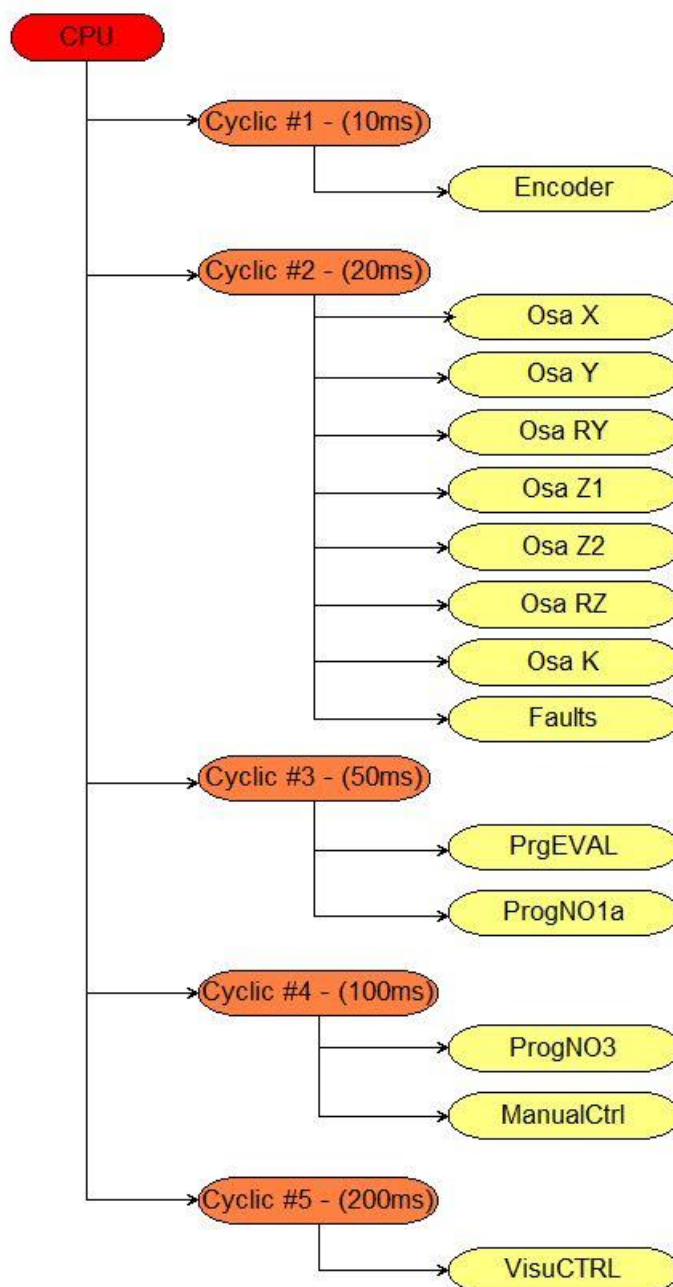
stroj vykonává automatický chod v osách Y, Z2 a K. Čtvrtá úlohová třída s intervalem obnovení 100 ms obsahuje program pro automatický režim s číslem 3, kdy je přepínač číslo 10 v poloze 3. Stroj vykonává pohyb v osách X, Y, Z2 a K. Složka ManualCTRL obsahuje program pro chod stroje v manuálním režimu. Poslední využívaná úlohová třída s intervalem obnovení 200 ms obsahuje program pro vizualizaci.

Rozložení programů do jednotlivých úlohových tříd je rozdělené dle důležitosti chodu programu. Z logiky věci je jasné, že údaj o poloze na jednotlivých osách bude nejdůležitější a program pro vizualizaci nebude potřebovat takovou obnovovací frekvenci.

Každá úlohová třída má nějaký cyklus volání – „cycle time“. Podmínkou je to, aby se úlohy „Task1 a Task2“ vykonaly v době označované jako „cycle time“. Z Obr. 3.1 je vidět, že úlohy by neměly vyplňovat veškerý čas „cycle time“ a měl by zde zůstat ideálně i nějaký zbytkový čas označovaný jako „Idle time“. V tomto čase probíhá např. komunikace s PC apod. Tento čas by neměl být úlohami „Task1 a Task2“ překročen. Proto ještě existuje za „cycle time“ jistá tolerance, avšak jestli úlohy překročí i tuto toleranci, automat přejde do stopu a bude v režimu DIAGNOSTIC [4].



**Obr. 3.1: Vykonávání úloh [2]**

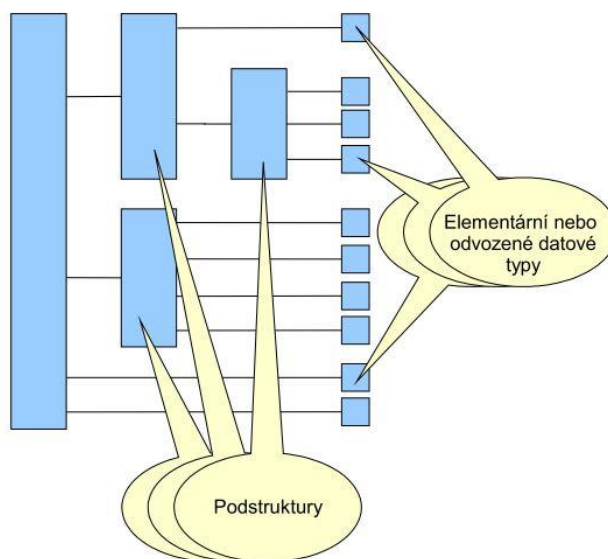


Obr. 3.2: Úlohové třídy projektu

## 4 Globální proměnné projektu

Globální proměnné projektu byly rozděleny do jednotlivých struktur, protože to usnadňuje přehlednost projektu. Struktury jsou datové typy, které obsahují podobně jako pole více prvků (položek). Avšak na rozdíl od polí nemusí být všechny prvky ve struktuře stejného datového typu. Strukturu lze odvodit jak z elementárních, tak z odvozených datových typů. Struktura může být vybudovaná hierarchicky,

což znamená, že prvkem struktury může být již definovaná struktura. Situaci popisuje následující obrázek.



Obr. 4.1: Struktura [3]

V příloze se nachází grafická struktura zobrazující datové typy struktury **tStroj**, která stroj rozdělila na jednotlivé úrovně, podle kterých jsou číslovány tyto kapitoly. Tato kapitola slouží k popsání účelu vytvořených struktur a jejich datových typů, které jsou rozděleny do jednotlivých úrovní. V popisu dané struktury nebo u jednotlivých proměnných je popsána jejich funkce, zda se jedná o parametr nebo stavovou informaci nebo povel či příznak, někdy je význam patrný z názvu proměnné nebo dané struktury.

Některé elementy datových typů nebyly nakonec ve vytvořeném programu použity, protože jich nebylo potřeba, ale zůstaly zachovány pro budoucí využití. Například struktura **gStroj.Status.HydOn** nebyla použita, ale zůstala zachována, pokud by v budoucnu bylo potřeba zobrazovat informaci o stavu hydraulického pohonu stroje. Elementy, které nebyly použity, jsou v popisu funkce označeny jako nepoužité.

## 4.1 Datový typ **tStroj**

Stroj HYDRO-SAG byl postupně rozdělen do několika na sebe navazujících struktur. Nejvýše v této hierarchii je datový typ **tStroj (STRUCT)**, který v sobě obsahuje veškeré globální datové typy projektu.

**Tab. 4.1.1: Struktura tStroj**

Datový typ	Elementy	Datový typ	Popis
<b>tStroj (STRUCT)</b>	HW	tHW (Struct)	Obsahuje veškeré informace ze senzorů a akčních členů stroje
	Mode	tMachineMode (Struct)	Mód stroje: Manuální, nebo typ automatického módu
	Status	tStrojStatus (Struct)	Informuje o stavu stroje
	HMI	tHMI (Struct)	Data vizualizace
	ProgVar	tPogVar (Struct)	Proměnné potřebné pro chod programu

### 4.1.1 Struktury a elementy první úrovně

#### Struktura tHW

Struktura **gStroj.HW** obsahuje elementy, které jsou vidět v Tab. 4.1.2. Obsahuje všechny hardwarové části stroje, které jsou rozděleny do čtyř dalších struktur.

**Tab. 4.1.2: Struktura gStroj.HW**

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tHW</b>	Osa	tOsy (Struct)	Slouží k práci s jednotlivými osami, obsahuje stavové informace i parametry
	OP	tOP (Struct)	Zastupuje vstupy a výstupy ovládacího panelu stroje
	OutOsy	tOutOsy (Struct)	Obsahuje příkazy k pohybu jednotlivých os – ovládání relé a stykačů
	OutDO	tOutDO (Struct)	Představuje výstupy z řídicího systému

#### Struktura tHMI

Strukturu **gStroj.HMI** představuje pouze elementární datové typy, které slouží k práci s vizualizací.

**Tab. 4.1.3: Struktura gStroj.HMI**

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tHMI</b>	ManulMode	BOOL	Manuální režim (nepoužito)
	AutomatMode	BOOL	Automatický režim (nepoužito)
	PrgRestart	BOOL	Zotavení z chyby (povel)
	FaultAck	BOOL	Chyba akceptována (povel)
	Keyboardpower	BOOL	Aktivace klávesnice (povel)

#### Struktura tStrojStatus

Struktura **gStroj.Status** obsahuje 3 elementární datové typy a jeden odvozený datový typ **tFaults (STRUCT)**, který obsahuje elementární datové typy, které slouží pro uložení jednotlivých chyb. Struktura **tFaults** je popsána v druhé úrovni projektu.



Tab. 4.1.4: Struktura gStroj.Status

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tStrojStatus</b>	TotalStopActiv	BOOL	Aktivní total stop (stavová informace)
	HydOn	BOOL	Hydraulika zapnuta (nepoužito)
	Faults	tFaults (Struct)	Chyby os a technických prvků
	GenFault	BOOL	Hlavní ukazatel chyby (stavová informace)

### Struktura tProgVar

Struktura **gStroj.ProgVar** obsahuje datové typy, které jsou z velké části elementárního datového typu, kromě dvou odvozených datových typů **tProg (STRUCT)** a **tXProgParams (STRUCT)**. Elementy ve struktuře **tProgVar** nepředstavují fyzické prvky stroje, ale byly vytvořeny pro naprogramování stroje, žádná z proměnných nemá fyzickou adresu. Hodnotu těchto proměnných určuje programátor.

Tab. 4.1.5: Struktura gStroj.ProgVar

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tProgVar</b>	Zdir	SINT	Logika přírůstku v ose Z, Z1=1, Z2=-1
	Zstep	USINT	Aktuální řez v ose Z
	Xstep	USINT	Aktuální řez v ose X
	Zstop	REAL	Maximální hodnota v ose Z
	ZstopHMI	REAL	Poslední hodnoty v Z bez záporného znaménka
	Zstart	REAL	Hodnota, odkud vyjíždí osa Z
	dZn	REAL	Přírůstek osy Z1 nebo osy Z2
	dZnDoleva	REAL	Rotace osy Z doleva
	dZnDoprava	REAL	Rotace osy Z doprava
	dZnPoslední	REAL	Tloušťka posledního plátku
	dZnCnt	UINT	Počet přírůstků v ose Z
	Xdir	SINT	Směr pohybu osy X dle tlačítka 12
	dX	REAL	Přírůstek v ose X
	tloustka_kotouce	REAL	Tloušťka kotouče pily
	pocet_platku	USINT	Počet řezů v ose Y
	tloustka_platku	REAL	Šířka plátku kamen v ose X v mm
	calc	BOOL	Žádost o výpočet řezné pozice
	ZcutPos	REAL	Řezné pozice v ose Z od aktuální
	XcutPos	REAL	Řezné pozice v ose X od aktuální
	Prog	tProg (Struct)	Ovládání a stav programu
Xprog	tXProgParams (Struct)	Parametry osy X	
ProgReset	BOOL	Vynulování všech čítačů programu	

## Struktura `tMachineMode`

Struktura `gStroj.Mode` obsahuje elementární datové typy. Proměnné, které tabulka obsahuje a jejich funkci vidíme v následující tabulce.

Tab. 4.1.6: Struktura `gStroj.Mode`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tMaschineMode</b>	automat	BOOL	Automatický režim (povel)
	manula	BOOL	Manuální režim (povel)
	ProgNO	USINT	Číslo programu (stavová informace)

## 4.1.2 Struktury a elementy druhé úrovně

### 4.1.2.1 Struktury obsažené v datovém typu `tHW`

#### Struktura `tOsy`

Struktura `gStroj.HW.Osa` je datového typu `tOsy` (**STRUCT**) a představuje proměnné pro jednotlivé osy stroje. Obsahuje v sobě další odvozené datové typy, které můžeme vidět v následující tabulce.

Tab. 4.1.7: Struktura `gStroj.HW.Osa`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tOsy</b>	X	tX (Struct)	Osa X
	Y	tY (Struct)	Osa Y
	Z1	tZ1 (Struct)	Osa Z1
	Z2	tZ2 (Struct)	Osa Z2
	Ry	tRy (Struct)	Osa Ry
	Rz	tRz (Struct)	Osa Rz
	K	tK (Struct)	Osa K

#### Struktura `tOP`

Struktura `gStroj.HW.OP` datového typu `tOP` (**STRUCT**) obsahuje další odvozené datové typy, dle Tab. 4.1.8, které představují vstupy a výstupy ovládacího panelu stroje.

Tab. 4.1.8 Struktura `gStroj.HW.OP`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tOP</b>	OUT	tOPOUT (Struct)	Výstupy operátorského panelu a maják stroje
	IN	tOPIN (Struct)	Vstupy operátorského panelu

## Struktura tOutOsy

Struktura `gStroj.HW.OutOsy` obsahuje pouze elementární datové typy, které slouží k zápisu hodnot pro ovládání relé a stykačů. Těmto proměnným jsou přiřazeny fyzické adresy v modulu X20DO8322, který slouží pouze pro digitální signály.

Pro ovládání rychlosti se využívá analogový signál, a proto proměnné `Yvel1`, `Yvel2` a `Rzvel1` mají své fyzické adresy v analogovém modulu X20AO4622.

Tab. 4.1.9: Struktura `gStroj.HW.OutOsy`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tOutOsy</b>	Kfast	BOOL	Kotouč rychle (povel)
	Kslow	BOOL	Kotouč pomalu (povel)
	Ryneg	BOOL	Rotace roviny řezu – záporný směr (povel)
	Rypos	BOOL	Rotace roviny řezu – kladný směr (povel)
	Z2down	BOOL	Osa Z2 dolů (povel)
	Z2up	BOOL	Osa Z2 nahoru (povel)
	Z2lock	BOOL	Brzda osy Z2 (povel)
	Z1lock	BOOL	Ventil blokace pracovního stolu (povel)
	RZccw	BOOL	Rotace osy Z vlevo (povel)
	RZcw	BOOL	Rotace osy Z vpravo (povel)
	RZlockGen	BOOL	Blokace v obecné poloze pracovního stolu (povel)
	RZlockOct	BOOL	Blokace v 0-45-90 atd. (povel)
	Yneg	BOOL	Pohyb osy Y vlevo (povel)
	Ypos	BOOL	Pohyb osy Y vpravo (povel)
	Yslow_fast	BOOL	Osa Y pomalu nebo rychle (povel)
	Z1down	BOOL	Osa Z1 dolů (povel)
	Z1up	BOOL	Osa Z1 nahoru (povel)
	Xlock	BOOL	Blokace osy X, 1=blokace, 0=odblokováno (povel)
	XposFast	BOOL	Osa X pozitivním směrem rychle (povel)
	XposSlow	BOOL	Osa X pozitivním směrem pomalu (povel)
	XnegFast	BOOL	Osa X záporným směrem rychle (povel)
	XnegSlow	BOOL	Osa X záporným směrem pomalu (povel)
	Yvel2	INT	Rychlost ve směru 2 – výstupní (parametr)
	Yvel1	INT	Rychlost ve směru 1 – výstupní (parametr)
	Rzvel	INT	Rychlost rotace osy Z – výstupní (parametr)
	Xhomereg	BOOL	Žádost o referenční polohu osy X (povel)

## Struktura `tOutDO`

Struktura `gStroj.HW.OutDO` obsahuje elementární datové typy `BOOL`. Ty představují výstupy z řídicího systému, funkce proměnných je popsána v Tab. 4.1.10. Proměnná `HydOnKopie` nebyla z hardwarových důvodů využita, protože motor a čidla sloužící jako hydraulická kopírka nejsou funkční.

Tab. 4.1.10: Struktura `gStroj.HW.OutDO`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<code>tOutDO</code>	Emergency	BOOL	Nouzové relé, 1=OK, 0=totalstop aktivní (povel)
	HydOn	BOOL	Hydraulická centrála zapnutá (povel)
	HydOnKopie	BOOL	Kopie hydraulické centrály (nepoužito)

## 4.1.2.2 Struktury obsažené v datovém typu `tStrojStatus`

### Struktura `tFaults`

Struktura `gStroj.Status.Faults` slouží k zápisu chyby na jednotlivých osách. Pokud je proměnná hodnoty `True`, znamená to chybu. Proměnné s popisem funkcí jsou vidět v Tab. 4.1.11.

Tab. 4.1.11: Struktura `gStroj.Status.Faults`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<code>tFaults</code>	OsaK	BOOL	Nadproud (příznak)
	OsaRy	BOOL	Chyba osy Ry – příčina dle ErrorID ve struktuře Osa (příznak)
	OsaRz	BOOL	Chyba osy Rz – příčina dle ErrorID ve struktuře Osa (příznak)
	OsaZ2	BOOL	Chyba osy Z2 – příčina dle ErrorID ve struktuře Osa (příznak)
	OsaZ1	BOOL	Chyba osy Z1 – příčina dle ErrorID ve struktuře Osa (příznak)
	OsaY	BOOL	Chyba osy Y – příčina dle ErrorID ve struktuře Osa (příznak)
	OsaX	BOOL	Chyba osy X – příčina dle ErrorID ve struktuře Osa (příznak)
	FaultImage	BOOL	Zobrazení chyby (příznak)

## 4.1.2.3 Struktury obsažené v datovém typu `tProgVar`

### Struktura `tProg`

Struktura `gStroj.ProgVar.Prog` byla vytvořena pro jednotlivé automatické režimy stroje, jak je vidět z Tab. 4.1.12.

Tab. 4.1.12: Struktura `gStroj.ProgVar.Prog`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tProg</b>	Prog1	tProgEnt (Struct)	Program číslo 1
	Prog2	tProgEnt (Struct)	Program číslo 2
	Prog3	tProgEnt (Struct)	Program číslo 3
	Prog4	tProgEnt (Struct)	Program číslo 4

### Struktura `tXProgParams`

Struktura `gStroj.ProgVar.Xprog` obsahuje další odvozený datový typ typu `tDeska (STRUCT)`, který slouží pro práci s pracovní deskou stroje.

Tab. 4.1.13: Struktura `gStroj.ProgVar.Xprog`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tXProgParams</b>	Prog	tDeska (Struct)	Hodnota selektoru (tlačítko číslo 10)

## 4.1.3 Struktury a elementy třetí úrovně

### 4.1.3.1 Struktury obsažené v datovém typu `tOsy`

Osy stroje jsou ovládány pomocí hydrauliky, nebo elektřiny, z toho důvodu obsahují hydraulicky poháněné osy jiné elementy datových proměnných než osy, které jsou poháněny elektricky. Osy se od sebe liší v přítomnosti encoderu, z toho důvodu jsou struktury některých os stejné, a proto je zde již neuvádím.

### Struktura `tX`, `tZ1` a `tRZ`

Struktura `gStroj.HW.Osa.X` slouží pro uložení informací o poloze, stavu, parametrech a příkazech dané osy. Struktura `tZ1 (STRUCT)` a `tRZ (STRUCT)` je totožná, proto je Tab. 4.1.14. společná pro všechny 3 struktury.

Tab. 4.1.14: Struktury `gStroj.HW.Osa.X/Z1/RZ`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tX</b>	Encoder	tEncoderCard (Struct)	Informace o poloze
	Status	tDriveStatusHydraulic (Struct)	Informace o stavu osy
	Command	tCommandHydraulic (Struct)	Řídící příkazy pro hydraulickou osu
	Parametr	tParametrHydraulic (Struct)	Parametry osy

## Struktura tY

Struktura `gStroj.HW.Osa.Y` obsahuje strukturované datové typy, stejně jako struktura `tX (STRUCT)`, ale neobsahuje strukturu `tEncoderCard (STRUCT)`, která slouží pro uložení informací o poloze příslušné osy. Osa Y encoder neobsahuje a pohybuje se mezi koncovými spínači.

Tab. 4.1.15: Struktury `gStroj.HW.Osa.Y`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tY</b>	Status	<code>tDriveStatusHydraulic (Struct)</code>	Informace o stavu osy
	Command	<code>tCommandHydraulic (Struct)</code>	Řídící příkazy pro hydraulickou osu
	Parametr	<code>tParametrHydraulic (Struct)</code>	Parametry osy

## Struktura tRy a tK

Struktura `gStroj.HW.Osa.RY` obsahuje strukturované datové typy pro elektricky poháněné osy, které nemají encoder, stejně jako osa `tK (STRUCT)`.

Tab. 4.1.16: Struktura `gStroj.HW.Osa.Ry/K`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tRy</b>	Status	<code>tDriveStatusElectric (Struct)</code>	Informace o stavu osy
	Command	<code>tCommandElectric (Struct)</code>	Řídící příkazy pro elektrickou osu
	Parametr	<code>tParametrElectric (Struct)</code>	Parametry osy

## Struktura tZ2

Struktura `gStroj.HW.Osa.Z2` obsahuje strukturované datové typy pro elektrickou osu Z2, včetně datového typu pro encoder, jak je vidět v Tab. 4.1.17.

Tab. 4.1.17: Struktura `gStroj.HW.Osa.Z2`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tZ2</b>	Encoder	<code>tEncoderCard (Struct)</code>	Informace o poloze
	Status	<code>tDriveStatusElectric (Struct)</code>	Informace o stavu osy
	Command	<code>tCommandElectric (Struct)</code>	Řídící příkazy pro elektrickou osu
	Parametr	<code>tParametrElectric (Struct)</code>	Parametry osy

### 4.1.3.2 Struktury obsažené v datovém typu tOP

#### Struktura tOPOut

Struktura `gStroj.HW.OP.Out` obsahuje jeden strukturovaný datový typ a zbytek jsou elementární datové typy, které slouží jako příkazy k signalizaci různých režimů stroje na operátorském panelu. Všechny tyto proměnné jsou fyzicky adresovány v modulu X20DO8322.

Tab. 4.1.18: Struktura `gStroj.HW.OP.Out`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tOPOut</b>	majak	tMajak (Struct)	Proměnné pro světelný maják
	CyklusStart	BOOL	Zelená signalizace na panelu (příznak)
	RZLock	BOOL	Oranžová signalizace na panelu (příznak)
	HydRunning	BOOL	Žlutá signalizace na panelu (příznak)
	EStopActiv	BOOL	Červená signalizace na panelu (příznak)
	KSlowRunning	BOOL	Žlutá signalizace na panelu (příznak)
	KFastRunning	BOOL	Modrá signalizace na panelu (příznak)

#### Struktura tOPIn

Struktura `gStroj.HW.OP.In` obsahuje převážně elementární datové typy, které představují všechny vstupy z ovládacího panelu stroje. Všechny tyto vstupní prvky jsou fyzicky adresovány v modulech X20DI9371. Všechny proměnné datového typu `tOPIn (STRUCT)` jsou uvedeny v Tab. 4.1.19.

Tab. 4.1.19: Struktura gStroj . HW . OP . In

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
tOPIn	Rypos	BOOL	Rotace osy Y kladný směr (povel)
	Ryneg	BOOL	Rotace osy Y záporný směr (povel)
	RyposHead	BOOL	Rotace osy Y kladný směr (povel)
	RynegHEad	BOOL	Rotace osy Y záporný směr (povel)
	currentOK	BOOL	kontrola proudu – OK (příznak)
	currentAct	USINT	Aktuální proud (stavová informace)
	currentTresh	USINT	Proudový limit (parametr)
	Krun	BOOL	Chod kotouče (povel)
	ProgNO	tProgramSelector (Struct)	Výběr druhu chodu Man/Aut
	Xmode	USINT	Mód osy X (1 – pohyb mostu vzad; 2 – pohyb mostu vpřed; 0 nic; 3 – zkrat
	XAutoPos	BOOL	Osa X automaticky kladně (povel)
	YAutoNeg	BOOL	Osa X automaticky záporně (povel)
	start	BOOL	Referencování osy X (povel)
	hydStop	BOOL	Stop hydrauliky (povel)
	hydStart	BOOL	Start hydrauliky (povel)
	KStartSlow	BOOL	Osa K pomalu (povel)
	KStartFast	BOOL	Osa K rychle (povel)
	Kstop	BOOL	Zastavení osy K (povel)
	TotalStop	BOOL	Total Stop (povel)
	Xjoy	tXjoy	Joystick osy X (povel)
	Zmode	USINT	Mód osy Z (1 – pohyb stolem; 2 – pohyb diskem; 0 nezvolen; 3 – zkrat
	ZjoyZ1	BOOL	Joystick v ose Z1 (povel)
	ZjoyZ2	BOOL	Joystick v ose Z2 (povel)
	Yjoy	tYjoy	Joystick v ose Y (povel)
	Zjoy	tZjoy	Joystick v ose Z (povel)
	Xunlock	BOOL	Odemčení osy X (povel)
	Xlock	BOOL	Zamčení osy X (povel)
	Yvel2	INT	Rychlost osy Y ve směru 2 (parametr)
	Yvel1	INT	Rychlost osy Y ve směru 1 (parametr)
	YStop	BOOL	Zastavení osy Y (povel)
	Z1lock	BOOL	Zamčení osy Z1 (povel)
	RZvel	INT	Rychlost rotace osy Z (parametr)
	RZccw	BOOL	Rotace protisměru hod. ručiček (povel)
	RZcw	BOOL	Po směru (povel)
	RZlockOut	BOOL	Blokace v 0-45-90 (povel)
	RZlockGen	BOOL	Blokace stolu v obecné poloze (povel)
	EIProtection	BOOL	Vybavení ochrany (příznak)
	Z1PositionEnd	BOOL	Osa Z1 na konci (nepoužito)



### 4.1.3.3 Struktury obsažené v datovém typu `tProgVar`

#### Struktura `tProgEnt`

Struktura `gStroj.ProgVar.Prog.ProgEnt` obsahuje elementární datové typy, které slouží pro zápis hodnot o spouštění programu a dalších informací, které jsou popsány v Tab. 4.1.20.

Tab. 4.1.20: Struktura `gStroj.ProgVar.Prog.ProgEnt`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tProgEnt</b>	Execute	BOOL	Spuštění programu (stavová informace)
	Running	BOOL	Chod programu (stavová informace)
	Done	BOOL	Program dokončen (stavová informace)
	Error	BOOL	Chyba (stavová informace)
	ErrorNo	SINT	Číslo chyby (stavová informace)
	FaultAck	BOOL	Akceptace chyby (stavová informace)

#### Struktura `tDeska`

Struktura `gStroj.ProgVar.Prog.Deska` obsahuje elementární datové typy, které slouží pro obsluhu pohybu pracovní desky stroje, dle Tab. 4.1.21.

Tab. 4.1.21: Struktura `gStroj.ProgVar.Prog.Deska`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tDeska</b>	sirka	REAL	Šířka desky v mm (parametr)
	počet	USINT	Počet řezů (parametr)

### 4.1.4 Struktury a elementy čtvrté úrovně

#### 4.1.4.1 Struktury obsažené v datových typech `tX`, `tY`, `tZ1` a `tRz`

##### Struktura `tEncoderCard`

Struktura `gStroj.HW.Osa.X.Encoder` slouží k obsluze encoderu na osách X, Rz, Z1 a Z2. Výčet a popis funkcí jednotlivých proměnných obsažených v datovém typu `tEncoderCard` (**STRUCT**) je vidět v Tab. 4.1.22. Aktuální poloha v milimetrech se provádí výpočtem, dle vzorce (1). Hodnoty `GearNom` a `GearDenom` byly zjištěny na základě předchozího programu a zkušebního provozu. Hodnota těchto proměnných se pro každou osu liší. Tyto hodnoty jsou uloženy v programu `Encoders`.

$$ValueMM = Value - RefPos \times \frac{GearNom}{GearDenom} \quad (1)$$

Tab. 4.1.22: Struktura gStroj.HW.Osa.X.Encoder

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tEncoderCard</b>	HomeReq	BOOL	Digitální vstup z encoderu
	ValueMM	REAL	Vypočtená hodnota encoderu v mm
	Value	DINT	Aktuální počet pulzů (inkrementů) encoderu
	HomingOK	USINT	Informace o průběhu referencování (nepoužito)
	HomingMode	USINT	Referenční mód (nepoužito)
	RefPosMM	REAL	Referenční pozice v mm (nepoužito)
	Refpos	DINT	Referenční pozice v inkrementech encoderu
	GearNom	REAL	Čítatel převodového poměru (parametr)
	GearDenom	REAL	Jmenovatel převodového poměru (parametr)

### Struktura tDriveStatusHydraulic

Struktura **gStroj.HW.Osa.X.Status** sdružuje proměnné, které slouží k zápisu informací o stavu příslušných os. Většina proměnných je elementárního typu, kromě **tLimitSwitches (STRUCT)**. Struktura **tLimitSwitches** je zobrazena v páté, poslední úrovni. Tab. 4.1.23 popisuje funkce jednotlivých proměnných obsažených v datovém typu **tDriveStatusHydraulic (STRUCT)**.

Tab. 4.1.23: Struktura gStroj.HW.Osa.X.Status

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tDriveStatusHydraulic</b>	LimitSwitches	tLimitSwitches (Struct)	Limity osa
	Homed	BOOL	Referenční poloha (stavová informace)
	InPos	BOOL	V zadané poloze (stavová informace)
	Enabled	BOOL	Zámky osy nejsou aktivní (stavová informace)
	Standstill	BOOL	Rychlost nižší než klidová (stavová informace)
	Running	BOOL	Chod (stavová informace)
	MotionDone	BOOL	Pohyb dokončen (Stavová informace)
	Eroror	BOOL	Příkaz chyby (stavová informace)
	ErrorId	INT	Číslo chyby
	Homing	BOOL	Probíhá referencování (stavová informace)

## Struktura `tCommandHydraulic`

Struktura `gStroj.HW.Osa.X.Command` obsahuje proměnné typu `BOOL`, které slouží jako příkazy pro osy, které jsou poháněny hydraulickými pohony, jak můžeme vidět z Tab. 4.1.24.

Tab. 4.1.24: Struktura `gStroj.HW.Osa.X.Command`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tCommandHydraulic</b>	Power	BOOL	Zapnutí hydrauliky (povel)
	Home	BOOL	Referenční poloha (povel)
	MoveRef	BOOL	Relativní polohování (povel)
	MoveAbs	BOOL	Absolutní polohování (povel)
	Ack	BOOL	Potvrzení chyby (povel)
	Stop	BOOL	Stop (povel)
	JogNeg	BOOL	Joystick negativně (povel)
	JogPos	BOOL	Joystick pozitivně (povel)

## Struktura `tParametrHydraulic`

Struktura `gStroj.HW.Osa.X.Parameter` obsahuje proměnné typu `REAL`. Tato struktura slouží k zadávání parametrů pohybu os, které jsou poháněny hydraulickými pohony.

Tab. 4.1.25: Struktura `gStroj.HW.Osa.X.Parameter`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tParametrHydraulic</b>	Pos	REAL	Poloha v mm
	Dist	REAL	Poloha v mm (nepoužito)
	Vel	REAL	Rychlost v mm
	SWlimNeg	REAL	Hodnota SW limitu v záporném směru
	SWlimPos	REAL	Hodnota SW limitu v kladném směru
	SwitchDisNeg	REAL	Přepnutí z rychlého chodu do pomalého v záporném směru
	SwitchDisPos	REAL	Přepnutí z rychlého chodu do pomalého v kladném směru
	OffDisNeg	REAL	Předstih vynutí osy v záporném směru
	OffDisPos	REAL	Předstih vynutí osy v kladném směru

Přesné vysvětlení funkce proměnných pro osu X, z předcházející tabulky je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obr. 4.2: Zpomalení osy X

### Struktura `tCommandElectric`

Struktura `gStroj.HW.Osa.RZ.Command` obsahuje proměnné typu `BOOL`, které slouží jako příkazy pro osy, které jsou poháněny elektrickými pohony, jak můžeme vidět z Tab. 4.1.26.

Tab. 4.1.26: Struktura `gStroj.HW.Osa.RZ.Command`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tCommandElectric</b>	Power	BOOL	Zapnutí elektřiny (povel)
	Home	BOOL	Referenční poloha (povel)
	MoveRel	BOOL	Relativní polohování (povel)
	MoveAbs	BOOL	Absolutní polohování (povel)
	Ack	BOOL	Potvrzení chyby (povel)
	Stop	BOOL	Stop (povel)
	MoveVel	BOOL	Řízení rychlosti (povel)
	JogNeg	BOOL	Joystick záporným směrem (povel)
	JogPos	BOOL	Joystick kladným směrem (povel)

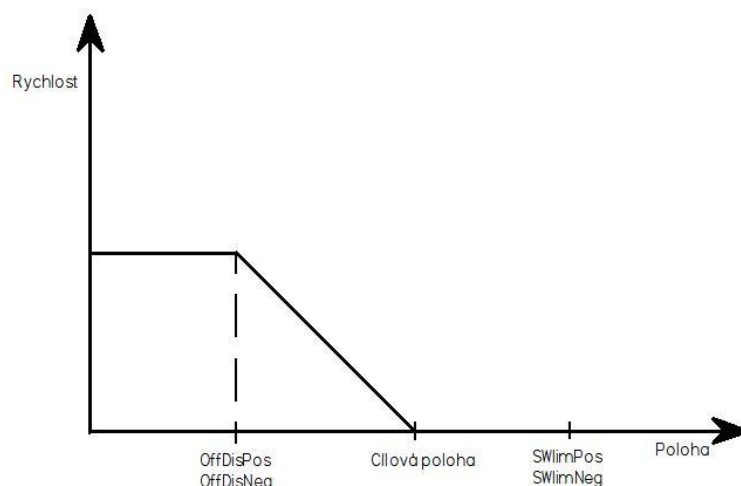
### Struktura `tParametrElectric`

Struktura `gStroj.HW.Osa.RZ.Parameter` obsahuje proměnné typu `REAL`. Tato struktura slouží k zadávání parametrů pohybu os, které jsou poháněny elektrickými pohony. Proměnné této struktury jsou zobrazeny v Tab. 4.1.27.

Tab. 4.1.27: Struktura gStroj.HW.Osa.RZ.Parameter

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tParametr Electric</b>	Pos	REAL	Poloha v mm
	Dist	REAL	Poloha v mm, Nepoužito
	Vel	REAL	Rychlost v mm/s
	SWlimNeg	REAL	Hodnota SW limitu v záporném směru
	SWlimPos	REAL	Hodnota SW limitu v kladném směru
	OffDisNeg	REAL	Předstih vinutí osy v záporném směru
	OffDisPos	REAL	Předstih vinutí osy v kladném směru

Pracovní cyklus os Z1 a Z2 se liší od osy X, protože osy Z1 a Z2 umožňují pouze jednu rychlost pohybu. Zobrazení zastavení pohybu v osách Z1 a Z2 je vidět na následujícím obrázku.



Obr. 4.3: Zpomalení os Z1 a Z2

### Struktura tParametrLimited

Struktura gStroj.HW.Osa.RZ.Parameter obsahuje elementární datové typy typu **BOOL**, které slouží k uložení parametrů o pohybu daných os.

Tab. 4.1.28: Struktura gStroj.HW.Osa.RZ.Parameter

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tParametr Limited</b>	Dir	BOOL	0 – pozitivně, 1 – negativně (povel)
	Spd	BOOL	0 – pomalý chod, 1 – rychlý chod (povel)

## Struktura `tDriveStatusElectric`

Struktura `gStroj.HW.Osa.RZ.Status` sdružuje proměnné, které slouží k zápisu informací o stavu příslušných os. Většina proměnných je elementárního typu, kromě proměnné `LimitSwitches` (**STRUCT**). Struktura `tLimitSwitches` je zobrazena v páté, poslední úrovni.

Tab. 4.1.29: Struktura `gStroj.HW.Osa.RZ.Status`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tDriveStatusElectric</b>	LimitSwitches	tLimitSwitches	Limity osy
	Homed	BOOL	Osa je v počáteční poloze (stavová informace)
	InPos	BOOL	V zadané poloze. Nepoužito
	Enabled	BOOL	Zámky osy nejsou aktivní. Nepoužito
	Standstill	BOOL	Rychlost nižší než klidová (stavová informace)
	Running	BOOL	Chod (stavová informace)
	MotionDone	BOOL	Pohyb dokončen (stavová informace)
	Eroror	BOOL	Chybový stav (stavová informace)
	ErrorId	INT	Číslo chyby
	Homing	BOOL	Osa jede do počáteční polohy (stavová informace)

### 4.1.4.2 Struktury obsažené v datovém typu `tOPOut`

#### Struktura `tMajak`

Struktura `gStroj.HW.OP.Out.Majak` obsahuje elementární datové typy typu **BOOL**, které slouží k signalizaci provozu stroje. Každá barva majáku má svůj význam, podle Tab. 4.1.30.

Tab. 4.1.30: Struktura `gStroj.HW.OP.Out.Majak`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tMajak</b>	green	BOOL	Program připraven, kotouč v klidu (povel)
	red	BOOL	Chyba, nouzový stop aktivní (povel)
	yellow	BOOL	Program v chodu, kotouč v chodu (povel)
	white	BOOL	Zapnuté napájení (povel)

### 4.1.4.3 Struktury obsažené v datovém typu `tOPIn`

#### Podstruktura `tProgramSelector`

Struktura `gStroj.HW.OP.In.Selector` obsahuje elementární datové typy, které slouží k určení čísla programu dle polohy selektoru z ovládacího panelu.

Tab. 4.1.31: Struktura `gStroj.HW.OP.In.Selector`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tProgramSelector</b>	in0	BOOL	Manuální režim (příznak)
	in1	BOOL	Automaticky režim – Prog1. Aktivní osy Z2, K a Y (příznak)
	in2	BOOL	Automatický režim – Prog2. Aktivní osy Z1, K a Y (příznak)
	in3	BOOL	Automatický režim – Prog3. Aktivní osy Z2, K, Y a X (příznak)

#### Struktury `tXjoy`, `tYjoy` a `tZjoy`

Struktury `gStroj.HW.OP.In.Xjoy`, `gStroj.HW.OP.In.Yjoy` a `gStroj.HW.OP.In.Zjoy` obsahují proměnné, které slouží pro uložení informací o poloze joysticků. Joystick s označením 19 na ovládacím panelu slouží k pohybu v ose X, proto datový typ `tXjoy` (**STRUCT**). Osa X umožňuje dvě rychlosti pohybu, z toho důvodu byly vytvořené proměnné pro pomalý a rychlý chod v kladném, nebo záporném směru.

Joystick s označením 22 umožňuje pohyb v ose Y a ose Z, ale pouze jednou rychlostí, proto datové typy `tZjoy` (**STRUCT**) a `tYjoy` (**STRUCT**). Obsahují pouze dvě proměnné, které jsou pro kladný, nebo záporný směr pohybu. Tabulky s popisem funkcí jednotlivých proměnných jsou zobrazeny níže.

Tab. 4.1.32: Struktura `gStroj.HW.OP.In.Xjoy`

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tXjoy</b>	posFast	BOOL	Osa X kladný směr rychle (povel)
	posSlow	BOOL	Osa X kladný směr pomalu (povel)
	negFast	BOOL	Osa X záporný směr rychle (povel)
	negSlow	BOOL	Osa X záporný směr pomalu (povel)

**Tab. 4.1.33: Struktura gStroj.HW.OP.In.Yjoy**

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tYjoy</b>	Yneg	BOOL	Osa Y záporný směr (povel)
	Ypos	BOOL	Osa Y kladný směr (povel)

**Tab. 4.1.34: Struktura gStroj.HW.OP.In.Zjoy**

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tZjoy</b>	ZnNeg	BOOL	Osa Z záporný směr (povel)
	ZnPos	BOOL	Osa Z kladný směr (povel)

## 4.1.5 Struktury a elementy čtvrté úrovně

### 4.1.5.1 Struktura obsažená v datových typech tDriveStatusHydraulic a tDriveStatusElectric

#### Struktura tLimitSwitches

Struktura **gStroj.HW.Osa.X.Status.LimitSwitches** obsahuje elementární datové typy, které slouží pro uložení informací o programových a fyzických limitech, stroje.

**Tab. 4.1.35: Struktura gStroj.HW.Osa.X.Status.LimitSwitches**

Datový typ	Elementy	Typ	Popis
<b>tLimitSwitches</b>	NegSWLimit	BOOL	Softwarový limit v záporném směru (nepoužito)
	PosSWLimit	BOOL	Softwarový limit v kladném směru (nepoužito)
	NegSwitch	BOOL	Provozní koncový spínač v záporném směru (stavová informace)
	PosSwitch	BOOL	Provozní koncový spínač v kladném směru (stavová informace)
	NegHWSwitch	BOOL	Havarijní koncový spínač v záporném směru (stavová informace)
	PosHWSwitch	BOOL	Havarijní koncový spínač v kladném směru (stavová informace)

Zjednodušené grafické znázornění vytvořených datových struktur je umístěné v příloze práce. Zobrazuje pouze základní datové struktury a slouží pouze pro zpřehlednění vytvořených datových struktur a jejich elementů. Kompletní seznam proměnných je ve vytvořeném projektu v Automation Studio.



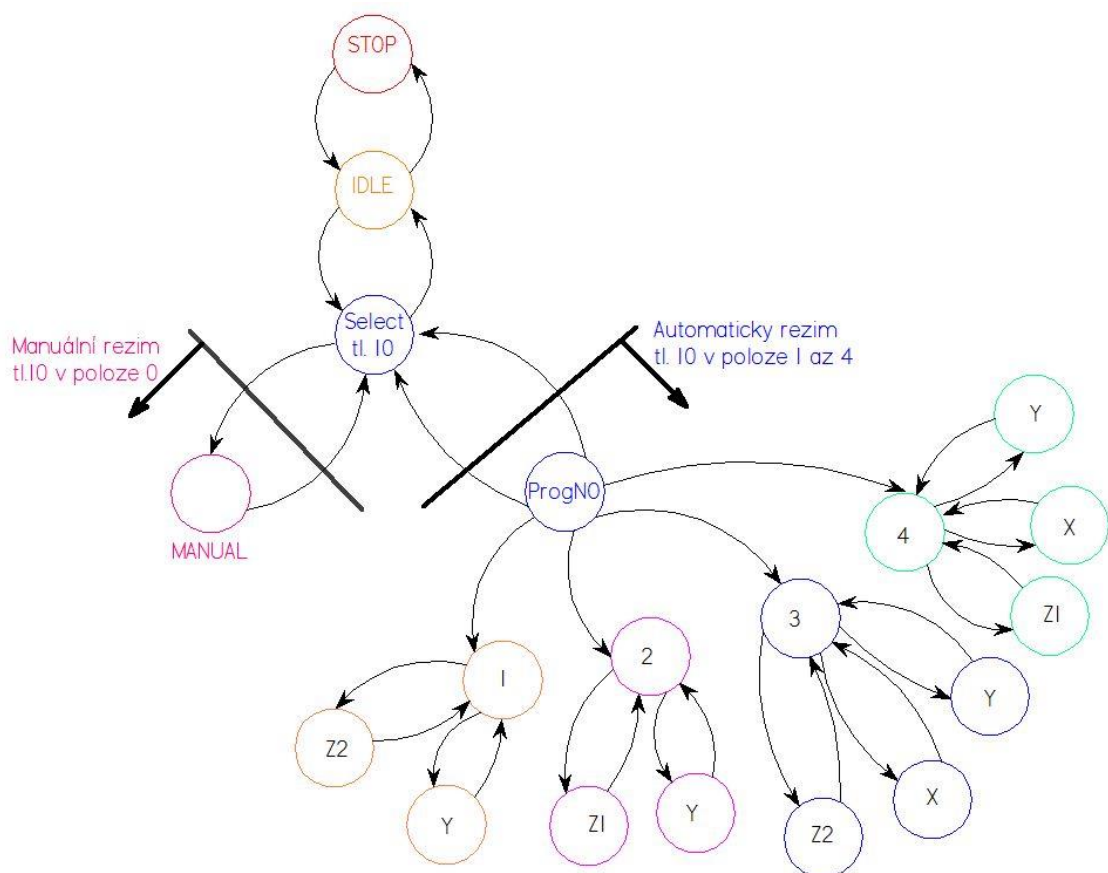
## 5 Řídicí algoritmus

Obrázek 5.1 znázorňuje zjednodušený systém algoritmu řízení celého stroje.

Po spuštění hlavního vypínače se stavový automat nachází v režimu STOP. Jakmile je PLC ve stavu RUN, přechází automat do IDLE. Uživatel může zvolit režim MANUAL nebo AUTOMATIC pomocí tlačítka č. 10 na ovládacím panelu.

Pro větší přehlednost jsou jednotlivé části rozděleny do menších a podrobně popsány. Programy, které byly vytvořeny, jsou založeny na stavových automatech, ale to neodpovídá přesné definici, protože některé programy se vykonávají paralelně a to odporuje definici stavových automatů, které mohou být pokaždé v jednom stavu. Toto je kompromis mezi přehledností a programovou funkčností.

Níže jsou uvedeny stavové automaty pro automatické režimy. Stavové automaty pro jednotlivé osy jsou uvedeny v příloze práce, včetně stavového automatu pro manuální chod stroje.



Obr. 5.1: Zjednodušený stavový automat stroje HYDRO-SAG

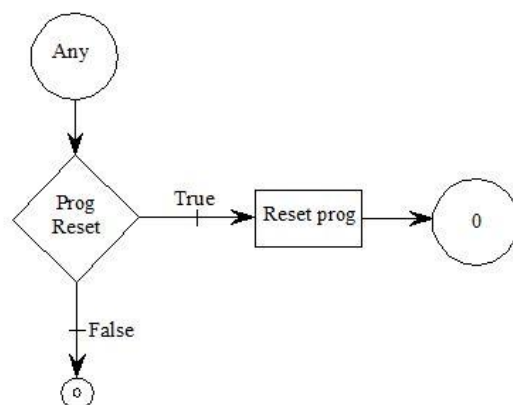
V manuálním režimu uživatel ovládá libovolně jednotlivé osy. V automatickém režimu se podle čísla zvoleného programu volají vytvořené programy pro jednotlivé osy stroje. Osa K je v každém automatickém režimu aktivní a roztáčí se jako první, proto jsem ji nezakresloval jako další osu do Obr. 5.1. Programy číslo 2 a 4 nebyly vytvořeny z důvodu absence inkrementálního čidla na ose Z1.

## 5.1 Program číslo 1

Program číslo jedna odpovídá poloze tlačítka číslo 10 v poloze 1. Tento program přistupuje k osám Y, Z2 a K. Při aktivaci programu se musí vynulovat programové proměnné, které slouží pro uložení aktuálních stavů cyklické části programu. Proměnná

- **ActStep** slouží pro uložení informací o aktuálním kroku programu.
- **NextStep** slouží pro uložení informací o následujícím kroku programu. Obě proměnné jsou nastaveny v počátku nastaveny na hodnotu **0**.
- **BufferPos** slouží pro ukládání aktuálních stavů do polena. Shromažďují se zde informace o tom, v jakém stavu jsem do daného stavu vstoupil a v jaké stavu jsem z něj vystoupil. Tyto informace jsou důležité pro ladění funkce programu. Proměnná je v počátku nastavena na hodnotu **1**.

Prvním krokem programu je vyhodnocení aktivace programového resetu. Pokud je programový reset aktivní, nastaví se proměnné **Done**, **Error**, **Running**, **FaulAck**, **Execute** na hodnotu **FALSE** a program přejde do stavu číslo 0, jak popisuje následující obrázek.

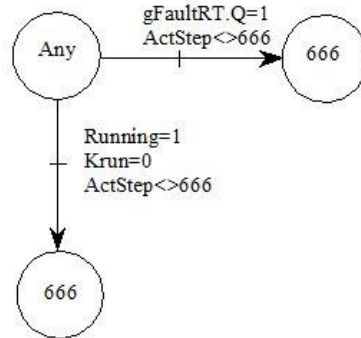


Obr. 5.2: Program reset

Pokud není program na začátku resetován, pokračuje dále a nepřejde do stavu 0. Další krok vyhodnocuje aktivitu chyby. Pokud je chyba aktivní a program není ve stavu

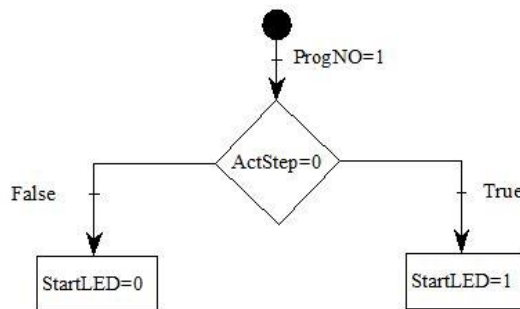
číslo 666, přechází program do stavu 666. Proměnná **gFaultRT.Q** má v případě detekce náběžné hrany chybového hlášení chybu udržet aktivní. Pro odstranění chyby se program přesouvá do stavu 667, který slouží k zotavení programu z chybového stavu.

Pokud je program aktivní, není aktivní osa K a program není ve stavu číslo 666, pak program okamžitě přechází do stavu 666, protože program nemůže být aktivní bez roztočeného řezného kotouče. Tento stav zobrazuje následující obrázek.



Obr. 5.3: Přejchod do chybového stavu

Indikaci aktivity stroje zobrazuje světelný maják, který je umístěn nad rozvodnou skříní stroje. Zelená signalizační dioda se rozsvítí, pokud je aktuální stav programu roven 0 (**ActStep=0**), jak popisuje Obr. 5.4.



Obr. 5.4: Signalizace – program připraven

### 5.1.1 Stavový automat programu číslo jedna

Obrázky zobrazující stavy programu číslo jedna je zobrazeny na Obr. 5.5 a Obr. 5.6. Stavy jsou rozděleny do stavů, kdy se čeká na dokončení pohybu, a stavů, které dávají příkaz k pohybu stroje.

#### 1) Stav 0

Nastavuje `gStroj.ProgVar.Prog.Prog1.Running:=FALSE` a zastavuje chod programu číslo 1. Pokud je `ProgNo = 1`, dotykový panel zobrazuje „**Program 1 připraven**“. Proměnná `ExecuteRT.Q`, slouží k detekci náběžné hrany proměnné `Execute`. Proměnná `Execute` je typu `R_TRIG`, proto aby program zůstal spuštěn po žádanou dobu a nedošlo k jeho neočekávanému vypnutí. Program poté přechází do stavu 70 a nastavuje `Running:=True`, `Done:=False` a krok v ose Z na 0 (`Zstep:=0`). Na dotykovém panelu se zobrazí „**Program v chodu**“.

#### 2) Stav 10

Startuje pozitivní pohyb v ose Y. V prvním kroku ověřím aktivitu `gStroj.HW.Osa.Y.Status.Standstill`. Pokud je aktivní, nastavuji `gStroj.HW.Osa.Y.Command.MoveAbs:=TRUE`, `gStroj.HW.Osa.Y.Parameter.Dir:=0` a `gStroj.HW.Osa.Y.Parameter.Spd := 0`. Přecházím do stavu 20.

#### 3) Stav 20

Zde se čeká na dokončení pohybu ze stavu 10. Pokud je pohyb dokončen a `Standstill` a `MotionDone` osy Y aktivní, přecházím do stavu 30.

#### 4) Stav 30

Provádí se výpočet hloubky řezu v ose Z2, nebo se provede poslední řez. Pokud tedy je:

- `gStroj.HW.Osa.Z2.Encoder.ValueMM` -  
`gStroj.ProgVar.dZnPosledni` \* `Z_CUT_EXTENT` <=  
`gStroj.ProgVar.Zstop` zastavuji osu a jdu do stavu 40.

Pokud není splněna předchozí podmínka, nastavuje se `gStroj.HW.Osa.Z2.Parameter.Pos:=gStroj.HW.Osa.Z2.Encoder.ValueMM` - `gStroj.ProgVar.dZnDoleva` a přecházím také do stavu 40.

### 5) Stav 40

Čekám na dokončení pohybu ze stavu 30, pokud je **Standstill** a **MotionDone** osy Z2 aktivní, přecházím do stavu 50 a nastavuji **gStroj.ProgVar.Zstep := gStroj.ProgVar.Zstep + 1**.

### 6) Stav 50

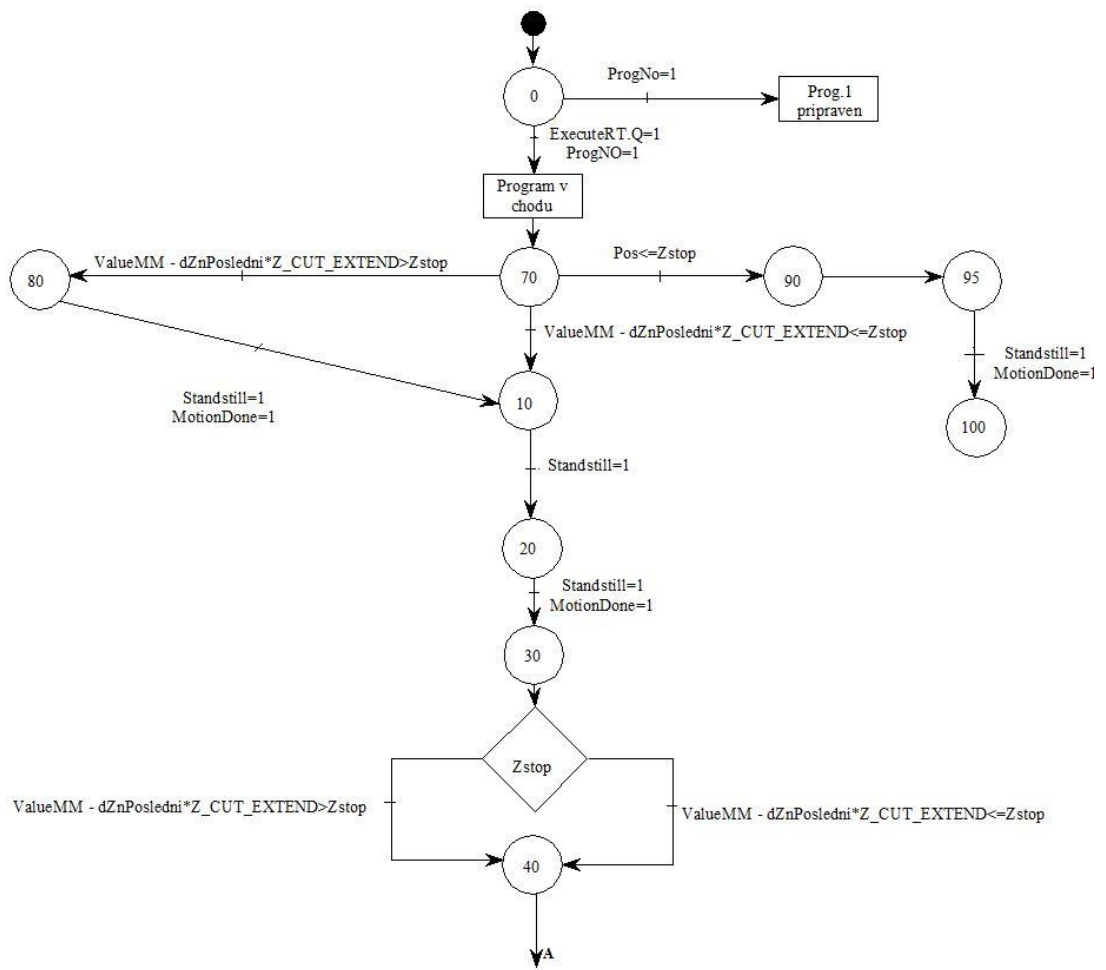
Výpočet polohy v ose Y a negativní start osy Y. V prvním bodu ověřím, zda je osa Y **Standstill** a pak nastavím **MoveAbs:=TRUE** a **Dir:=1**. Parametr **Dir** určuje směr pohybu v ose Y, pokud je **Dir=1**, osa se pohybuje negativně, pokud je **Dir=0**, osa se pohybuje pozitivně. Pokud je:

- **gStroj.HW.Osa.Z2.Encoder.ValueMM-(gStroj.ProgVar.dZnPosledni-gStroj.ProgVar.dZnDoleva)<=gStroj.ProgVar.Zstop** nastaví se parametr rychlosti osy Y **Spd=1**. Rychlost rovna jedné znamená vyšší rychlost pohybu na této ose.

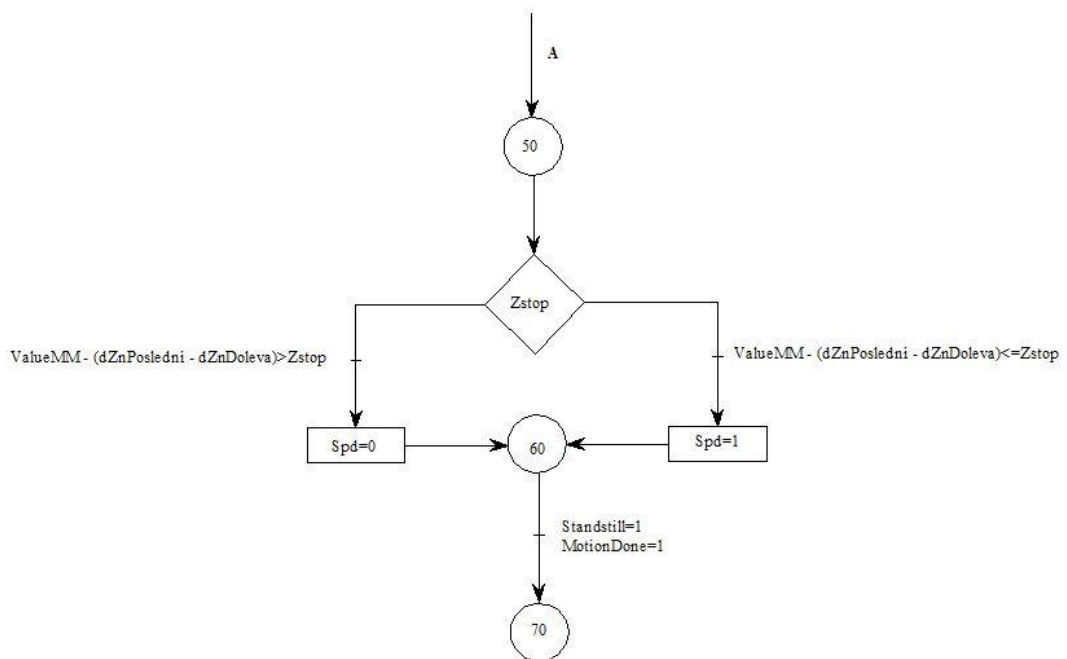
Pokud není tato podmínka splněna, nastaví se parametr **Spd=0** a pohyb v této ose je pomalejší a přecházím do stavu 60.

### 7) Stav 60

Čekám na dokončení pohybu ze stavu 50, pokud je **Standstill** a **MotionDone** osy Y aktivní, přecházím do stavu 70.



Obr. 5.5: Stavový automat – program číslo 1



Obr. 5.6: Stavový automat – program číslo 1

### 8) Stav 70

Kotouč je vlevo od kamene a počítám pohyb dolů v ose Z2. Před pohybem v ose Z2 musím zadat na dotykovém panelu hodnotu Z2Stop, která slouží k výpočtu řezů a tloušťky řezů. Hodnotu Z2Stop reprezentuje programová proměnná ZStop. Pokud je:

- `gStroj.HW.Osa.Z2.Encoder.ValueMM - gStroj.ProgVar.dZnPosledni * Z_CUT_EXTENT <= gStroj.ProgVar.Zstop`, přecházím do stavu 10.
- `gStroj.HW.Osa.Z2.Encoder.ValueMM - gStroj.ProgVar.dZnPosledni * Z_CUT_EXTENT > gStroj.ProgVar.Zstop`, přecházím do stavu 80.
- `gStroj.HW.Osa.Z2.Parameter.Pos <= gStroj.ProgVar.Zstop`, přecházím do stavu 90.

Konstanta `Z_CUT_EXTENT` představuje kladnou toleranci v ose Z2. Tato tolerance je nastavována z důvodu požadavků v kamenictví, protože při dokončování řezu nesmí zůstat malý nedoříznutý kousek kamene, protože by došlo k odštípnutí. Pokud je tedy zbytek kamene menší než tolerance, tak se při posledním řezu zvýší hloubka řezu a odřízne se celý zbytek při jednom řezu, který musí být veden zleva doprava.

### 9) Stav 80

Ve stavu 80 se čeká na dokončení pohybu v ose Z2, který je indikován příznaky `gStroj.HW.Osa.Z2.Status.Standstill` a `gStroj.HW.Osa.Z2.Status.MotionDone`. Po dokončení se ke kroku `Zstep` přičítá jednička a přecházím do stavu 10.

### 10) Stav 90

V tomto stavu odjíždím s kotoučem od kamene, protože je řez již dokončen. Nastavuji tedy polohu osy na `gStroj.HW.Osa.Z2.Parameter.Pos := gStroj.ProgVar.Zstart` a dávám příkaz k absolutnímu polohování `gStroj.HW.Osa.Z2.Command.MoveAbs := TRUE`. Přecházím do stavu 95.

### 11) Stav 95

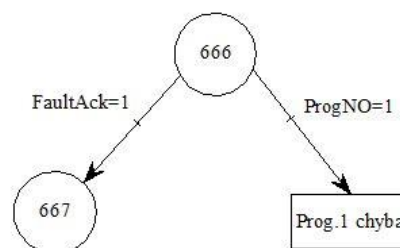
Čekám na dokončení pohybu, a pokud je `gStroj.HW.Osa.Z2.Status.Standstill` a `gStroj.HW.Osa.Z2.Status.MotionDone` aktivní, přecházím do stavu 100.

### 12) Stav 100

Pohyb je dokončený a na dotykovém panelu se zobrazí „Prog. 1 dokončen“ a nastaví se proměnné **Execute** a **Running** programu 1 na **FALSE** a proměnná **Done** na **TRUE**. Z tohoto stavu přecházím do stavu 0.

### 13) Stav 666

Pokud se program dostane do chybového stavu 666, musí obsluha na dotykovém panelu potvrdit vzniklou chybu. Po akceptování chyby program přejde do stavu 667. V tomto stavu se zastavuje program a chod stroje dokud nedojde k odstranění vzniklé chyby.



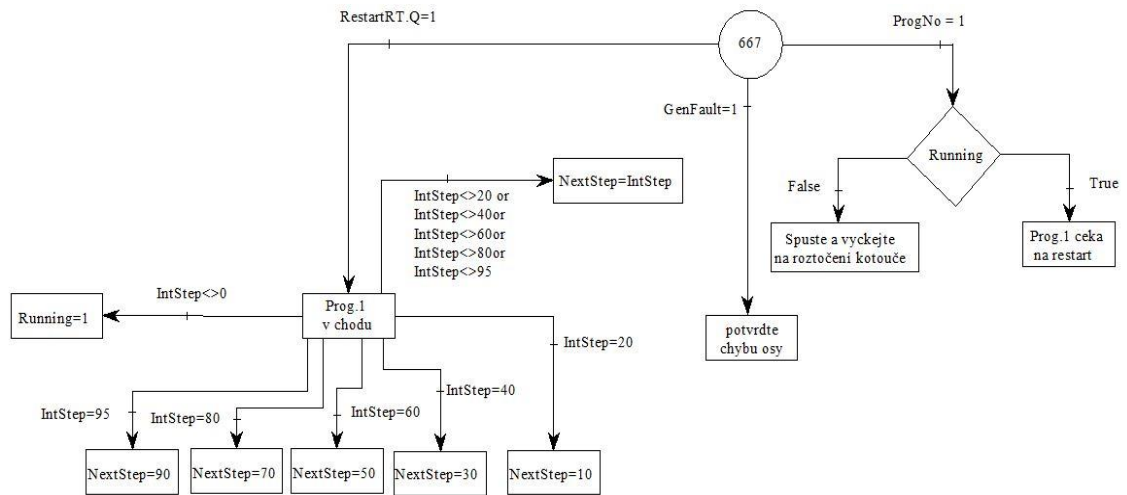
Obr. 5.4: Stav 666

### 14) Stav 667

Ve stavu 667 se dle aktivních proměnných rozhoduje, do jaké části programu se dostaneme. Pokud je aktivní proměnná **ProgNO1=1**, rozhoduje se, zda je osa K v chodu. Pokud není, dotykový panel zobrazí hlášku „Spuste a vyckejte na roztoceni kotouce“. Pokud je osa K v chodu, program 1 čeká na restart a zobrazí „Prog 1 ceka na restart“. Pokud je aktivní proměnná **GenFault**, je potřeba potvrdit chybu na dotykovém panelu.



Proměnná **RestartRT.Q** čeká na náběžnou hranu proměnné **ProgReset**, která slouží k potvrzení chyby. Potvrzení chyby obsluha provádí pomocí tlačítka **Pokračování v programu**, které je na hlavní stránce vizualizace. Z názvu tlačítka je patrná i funkce proměnné **ProgReset**.



Obr. 5.5: Stav 667

## 5.2 Program číslo 3

Program číslo tři odpovídá poloze tlačítka číslo 10 v poloze 3. Tento program přistupuje k osám X, Y, Z2 a K. Počáteční kroky jsou stejné jako u programu číslo jedna, též jsou stejně řešeny nastalé chyby (stav 666) a zotavení se z nich pomocí stavu 667, proto je zde uvedena pouze část stavových automatů, která je odlišná od programu číslo jedna. Odlišná od programu číslo jedna je pouze část, kde jsou uvedeny stavy cyklické části. Program číslo tři volá části programu číslo jedna, protože se od programu číslo jedna liší pouze pohybem v ose X. Kompletní stavový automat programu číslo 3 je součástí přílohy práce.

### 5.2.1 Stavový automat programu číslo tři

Obrázek zobrazující stavy programu číslo tři je zobrazen na Obr. 5.7. Stavy jsou opět rozděleny do stavů, kdy se čeká na dokončení pohybu, a stavů, které dávají příkaz k pohybu stroje.

#### 1) Stav 0

Nastavuje `gStroj.ProgVar.Prog.Prog3.Running:=FALSE` a zastavuje chod programu číslo 3. Pokud je `ProgNo = 3`, dotykový panel zobrazuje „**Program 3 připraven**“. Proměnná `ExecuteRT.Q`, slouží k detekci náběžné hrany proměnné `Execute` podobně jako v programu číslo jedna. V programu číslo tři má stejnou funkci jako v programu číslo jedna a zajišťuje aktivní proměnnou `Execute` po celou dobu cyklu. Program poté přechází do stavu 10 a nastavuje `Running:=True`, `Done:=False` a krok v ose Z a X na 0 (`Zstep:=0`, `Xstep:=0`). Na dotykovém panelu se zobrazí „**Program 3 rez c.1**“.

#### 2) Stav 10

Je nastaven povel ke spuštění programu číslo 1, pokud tedy není aktivní `gStroj.ProgVar.Prog.Prog1.Running` a `gStroj.ProgVar.Prog.Prog1.Error` a není aktivní `gStroj.ProgVar.Prog.Prog1.Execute`, nastavují proměnnou `Execute=TRUE` a `Done=FALSE` a přecházím do kroku 20. Pokud není ani jedna z předchozích podmínek splněna, nastavuje se `Execute=FALSE`.

### 3) Stav 20

Zde se čeká na dokončení pohybu ze stavu 10. Pokud je pohyb dokončen, přecházím do kroku 50.

### 4) Stav 50

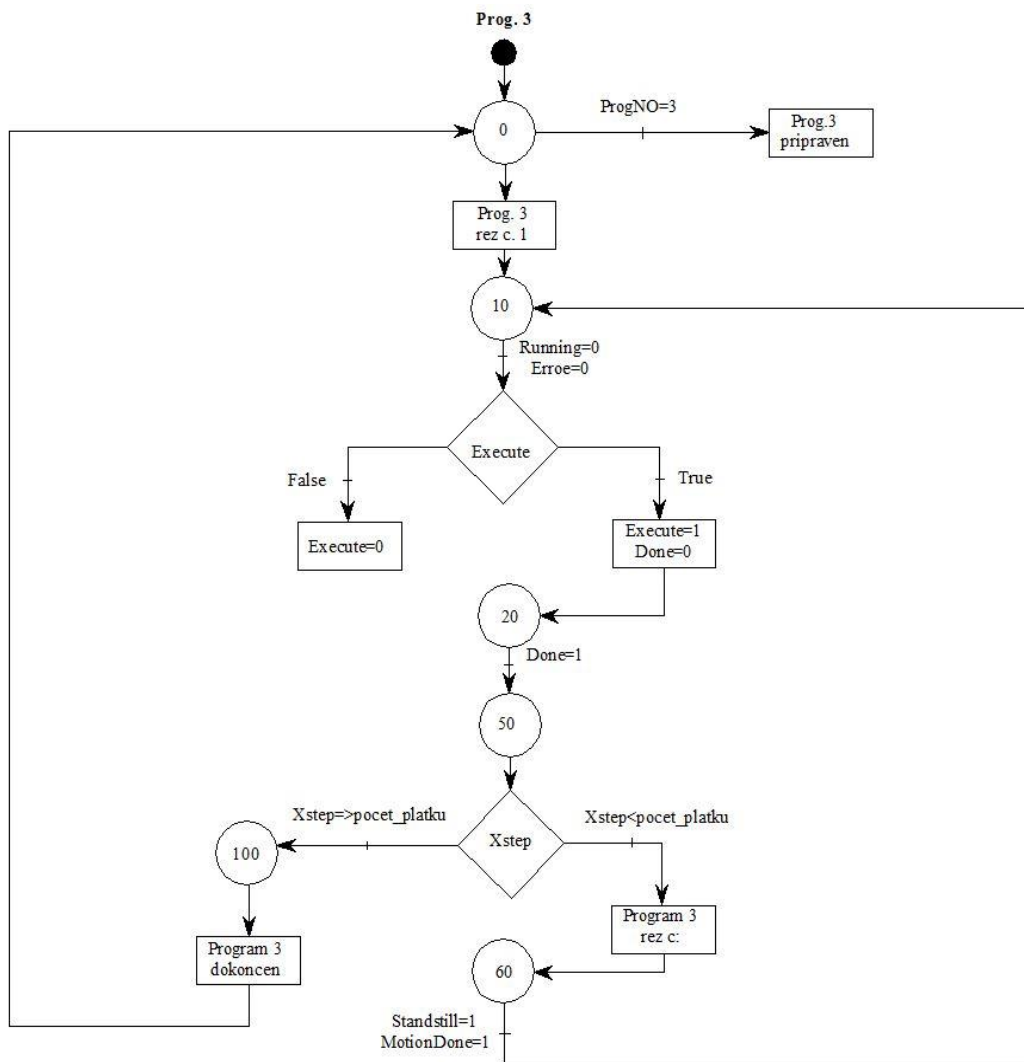
V tomto stavu dochází k polohování v ose X a dochází k výpočtu polohy v ose X. Pokud je  $xstep < pocet\_platku$ , dochází k pohybu v ose X, a pokud je proměnná **MoveAbs=TRUE**, program zobrazí na dotykovém panelu aktuální číslo řezu a přechází se do kroku 60. Pokud je  $xstep \geq pocet\_platku$ , program přechází do stavu číslo 100.

### 5) Stav 60

V tomto stavu program čeká na dokončení pohybu v ose X. Pokud je aktivní **gStroj.HW.Osa.X.Status.Standstill** a **gStroj.HW.Osa.X.Status.MotionDone**, program přechází do stavu číslo 10 a celý cyklus se vyhodnocuje znovu, dokud není  $xstep \geq pocet\_platku$ , poté je cyklus vyhodnocen jako dokončený a přechází do stavu 100.

### 6) Stav 100

Pohyb je dokončený a na dotykovém panelu se zobrazí „Prog. 3 dokončen“ a nastaví se proměnné **Execute** a **Running** programu 3 na **FALSE** a proměnná **Done** na **TRUE**. Z tohoto stavu přecházím do stavu 0.



Obr. 5.7: Stavový automat – program číslo 3

Legenda ke stavovým automatům:



Obr. 5.8: Stavové automaty - legenda

## 6 Vizualizace

Vizualizace byla vytvořena ve vývojovém prostředí Automation studio. Požadavek od obsluhy stroje byl, aby dotykový panel byl co nejjednodušší a tomu i odpovídají jednotlivé obrazovky. Vizualizace je rozdělená do vrstev, kde na základní vrstvu bylo umístěno celkem 6 tlačítek pro přepínání mezi jednotlivými obrazovkami. Tato vrstva je pro všechny obrazovky jednotná.

### 6.1 Hlavní strana

Jedná se o hlavní stranu, která zobrazuje základní informace o vykonávaném programu. Vidíme zde polohu v ose X, směr pohybu osy Y, hodnotu aktuálního řezu, jaký druh řezného kotouče je zvolen, informaci o stavu osy a E-Stop. V dolní části vizualizace se nachází prvek **String**, ve kterém se zobrazují informace o aktuálním režimu a stavu stroje. Tlačítko **Pokračování v programu** slouží pro zotavení z chyby, pokud nastane. Tlačítko **Nuluj X**, vynuluje hodnotu osy X, protože byl kladen požadavek na relativní polohování, kdy si obsluha najede na požadované místo a zde si osu vynuluje a provádí řez.



Obr. 6.1: Hlavní strana – vizualizace

## 6.2 Programové nastavení

Tato stránka slouží k zadání parametrů jednotlivých programů. Do prvního sloupce se zadávají informace o síle řezu v ose X v milimetrech. Do druhého sloupce se zadává počet řezů v ose X. Políčko **Z2 Stop** musí odpovídat výšce kamene, který se bude řezat, aby se osa Z2 neustále nesnižovala a nepoškodila pracovní desku stolu nebo řezný kotouč.

Zadaní parametrů	Počet	Deska [mm]	Počet		
01	0.0	00	06	0.0	00
02	0.0	00	07	0.0	00
03	0.0	00	08	0.0	00
04	0.0	00	09	0.0	00
05	0.0	00	10	0.0	00

Z2 Stop 0000.0 mm    Výpočet pozic    Řezné pozice >

Přehled   Prog   Param   Alarm   Service   Nastav

Obr. 6.2: Programové nastavení - vizualizace

Po zadání parametrů určujících sílu řezu v ose X, počtu řezů a hodnoty osy Z2 Stop je potřeba vypočítat řezné pozice, k tomuto účelu slouží tlačítko **Vypočet pozic**, které pozice vypočte, pro kontrolu výpočtu slouží tlačítko **Řezné pozice**, které zobrazí pozice jednotlivých řezů, jak je vidět na následujícím obrázku.

00	0.0	10	0.0
01	0.0	11	0.0
02	0.0	12	0.0
03	0.0	13	0.0
04	0.0	14	0.0
05	0.0	15	0.0
06	0.0	16	0.0
07	0.0	17	0.0
08	0.0	18	0.0
09	0.0	19	0.0

Pozice od: 0    Obnovit

Přehled   Prog   Param   Alarm   Service   Nastav

Obr. 6.3: Řezné pozice – vizualizace

## 6.3 Parametry stroje

Tato strana slouží k zadání tloušťky řezného kotouče, hloubky posledního řezu, proudového limitu a dalších parametrů, které zobrazuje obrazovka 6.4. Tlačítko **Prog. RESET** slouží k resetování stavových automatů a uvede stroj do počátečního stavu. Tlačítko **Referencování os** zobrazí obrazovku, která je vidět na Obr. 6.5.



Obr. 6.4: Parametry stroje – vizualizace

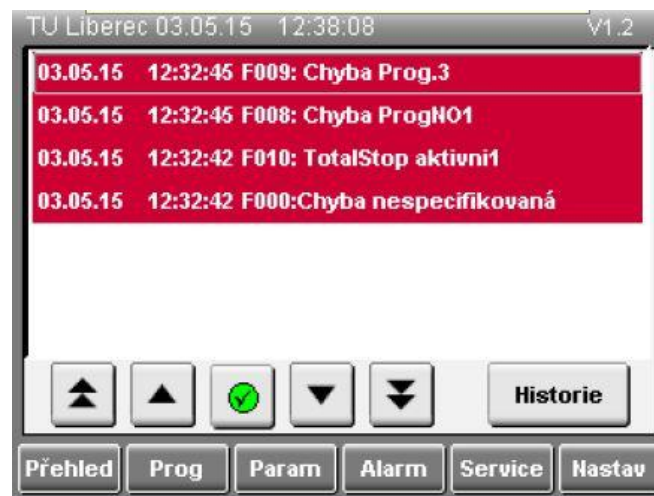
Tato obrazovka slouží k uvedení jednotlivých os do referenční polohy. Pro větší přehlednost jsem tuto obrazovku uvedl samostatně. Tlačítko **Prog. RESET** má stejnou funkci, jako na Obr. 6.4.



Obr. 6.5: Referenční poloha os – vizualizace

## 6.4 Chybová hlášení

Tato strana slouží k výpisu nastalých chyb. Pokud nastane chyba, obsluha musí chybu odstranit a potvrdit její odstranění zeleným tlačítkem ve vizualizaci nebo pravý spodním tlačítkem na kombo PLC. K pohybu mezi jednotlivými chybami slouží 4 tlačítka, dvě pro pohyb nahoru a dvě pro pohyb dolů. Při stisknutí tlačítka **Historie** se zobrazí historie chyb a zmizí zelené tlačítko. Obrazovka historie chyb, zde není uvedena, protože je podobná obrazovce zobrazené na Obr. 6.6.



Obr. 6.6: Chybové hlášení – vizualizace

## 6.5 Servisní obrazovky

Servisní obrazovka je rozdělena do 6 skupin poskytujících informace o osách stroje, jak můžeme vidět na obrázcích 6.8 až 6.13, kde jsou jednotlivé parametry os zobrazeny. Tlačítko **IO hlavní rozvaděč** zobrazuje vstupy a výstupy hlavního rozvaděče, obdobnou funkci má i tlačítko **IO operátorský panel**, které ale zobrazuje informace o vstupech a výstupech operátorského panelu. Tlačítko **Parametry os** slouží k nastavení parametrů os X, Z1 a Z2.





Obr. 6.7: Servisní obrazovky – vizualizace

### 6.5.1 Servisní obrazovky os

Pro každou osu stroje byla vytvořená samostatná servisní obrazovka. Obrazovky zobrazují aktivní prvky jednotlivých osy, poskytují informace o poloze dané osy a umožňují zadání příkazu dle typu pohybu dané osy.

#### 1) Servisní obrazovka osy X

Zobrazuje žádanou a aktuální polohu osy X. Tlačítko **Nuluj**, slouží pro nastavení referenční polohy osy X. Tlačítko **Absolutní Polohování** dává příkaz k absolutnímu pohybu v ose X. Další prvky, které se na obrazovce nacházejí, mají informativní charakter a jejich funkce je patrná z názvu.



Obr. 6.8: Servisní obrazovka: Osa X – vizualizace

## 2) Servisní obrazovka osy Y

Tlačítko **Pohyb mezi koncovými spínači** uvádí osu Y do provozu. Název tlačítka je odlišný od ostatních, protože osa Y se pohybuje pouze mezi koncovými spínači a tlačítko **Směr**, slouží k určení směru pohybu v této ose. Informaci o zvoleném směru pohybu osy se zobrazuje vlevo od tlačítka **Směr** a také na hlavní obrazovce.



Obr. 6.9: Servisní obrazovka: Osa Y – vizualizace

## 3) Servisní obrazovky os Z1 a Z2

Tyto obrazovky jsou totožné s obrazovkou osy X jen s rozdílem, že slouží k obsluze osy Z1 nebo osy Z2.



Obr. 6.10: Servisní obrazovka: Osa Z1 – vizualizace



Obr. 6.11: Servisní obrazovka: Osa Z2 – vizualizace

#### 4) Servisní obrazovka osy Ry

Tato obrazovka zobrazuje pouze informace o stavu osy Ry, protože na ose Ry nejsou žádná čidla, která by umožnila snímání polohy.



Obr. 6.12: Servisní obrazovka: Osa Ry – vizualizace

#### 3) Servisní obrazovka osy Rz

Tato obrazovka je opět podobná obrazovce osy X, jen představuje servisní obrazovku pro osu Rz. Osa neobsahuje žádný snímač polohy, tak jsou tato políčka neaktivní a jsou připravena pro budoucí použití.



Obr. 6.13: Servisní obrazovka: Osa Rz – vizualizace

### 6.5.2 Vstupy a výstupy hlavního rozvaděče

Tato obrazovka poskytuje informace o aktivitě jednotlivých vstupů hlavního rozvaděče. Horní část představuje číslo modulu, kde A3 představuje modul X20DI 9371.

Prvek rezerva není zapojen, ale je zde uveden, aby bylo vidět, že binární vstup číslo 10 modulu X20DI 9371 není zapojen. Informace o jednotlivých modulech a jejich označení v rozvodné skříni jsou uvedeny v příloze práce.



Obr. 6.14: Vstupy hlavního rozvaděče – vizualizace

### 6.5.3 Vstupy a výstupy operátorského panelu

Tato obrazovka je obdobná předcházející obrazovce s rozdílem, že zobrazuje informace o aktivitě vstupů operátorského panelu.



Obr. 6.15: Vstupy a výstupy operátorského panelu – vizualizace

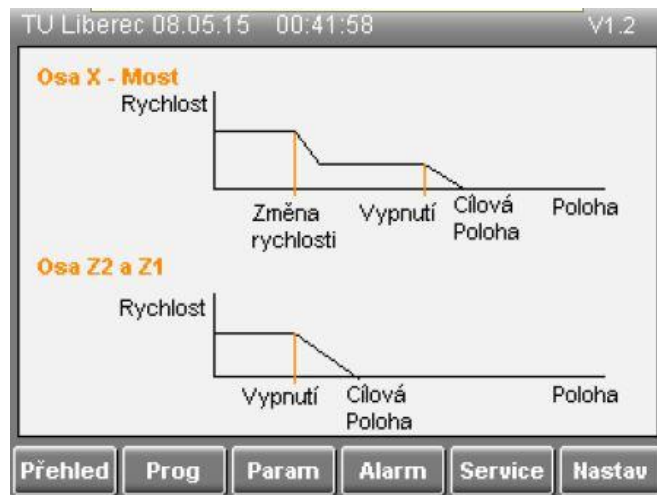
Obrazovky pro zbývající vstupní a výstupní moduly X20, byly také vytvořeny a jsou součástí vytvořeného projektu v Automation Studio, který je součástí přiloženého CD – ROM. Zobrazování těchto obrazovek není v současné době potřebné, a proto nejsou ve vytvořené vizualizaci zobrazovány.

#### 6.5.4 Parametry os

Tato strana slouží k zadávání parametrů pro osy X, Z2 a Z1. Pro vysvětlení principu funkce, byla do vizualizace implementována další stránka, která tuto funkce vysvětluje. Tlačítko **Legenda** na tuto stránku odkazuje a obrazovka s legendou je zobrazena na Obr. 6.17.



Obr. 6.16: Parametry os – vizualizace



Obr. 6.17: : Parametry os, legenda – vizualizace

## 6.6 Nastavení

Na této stránce lze měnit datum, čas, kontrast, jas a jazyk a kalibrovat dotykový panel. Pokud by bylo PLC někdy v budoucnu připojeno do sítě, je možnost zde nastavit IP adresu.



Obr. 6.18: Nastavení – vizualizace

## 7 Závěr

Na základě požadavků obsluhy a pozorování byly definovány vlastnosti stroje HYDRO-SAG. Podrobně byly popsány jednotlivé ovládací prvky stroje a možnosti pohybu, včetně příslušných čidel na osách. Velkým problémem byla identifikace parametrů jednotlivých čidel a motorů, protože vlivem působení vody byly štítky na jednotlivých prvcích dosti zničeny a některé se mi nepodařilo přečíst vůbec. Tyto prvky jsou podrobně popsány v příloze práce.

Na základě definovaných vlastností řídicího systému stroje byly vytvořené jednotlivé datové struktury, které byly využity pro vytvoření řídicího programu stroje. Navržené datové struktury, které představují rozhraní mezi systémovými funkcemi stroje a mezi aplikačním programem, jsou rozděleny do pěti hlavních struktur.

Vytvořený řídicí algoritmus pro jednotlivé pracovní režimy stroje byl vytvořen a popsán pomocí stavových automatů, které byly kompromisem tohoto řešení. Stavové automaty umožňují snadnou implementaci dalších stavů nebo požadavků výroby, pokud by v budoucnu došlo k další inovaci stroje. Řídicí algoritmy popisující automatické režimy stroje jsou popsány v textu práce, zbylé řídicí algoritmy popisující jednotlivé osy stroje jsou součástí příloh práce.

Posledním krokem bylo vytvoření vizualizace, která měla být na přání obsluhy stroje co nejjednodušší. Po dokončení inovace jsem nějakou dobu opět pozoroval stav stroje a zjišťoval zpětnou vazbu od obsluhy, zda je spokojená. Obsluze nějaký čas trvalo, než si zvykla na dotykový panel, ale inovaci považuje za krok vpřed. Během pozorování nenastala žádná chyba v programu a stroj pracuje bez jakýchkoliv problémů.

Díky této práci jsem se seznámil s provozním prostředím firmy, naučil jsem se pracovat v Automation studiu a prošel jsem si všechny fáze inovace stroje.

## Seznam použité literatury

- [1] Řídicí systémy: PLC. *E-automatizace* [online]. 2009-08-07 [cit. 2014-09-14].  
Dostupné z:  
[http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici\\_systemy\\_akcni\\_cleny/R\\_PLC.html](http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/R_PLC.html).
- [2] *PROMOTIC* [online]. 1991 [cit. 2014-09-15]. Dostupné z:  
<http://www.promotic.eu/cz/index.htm>
- [3] *Čítačové moduly TC700* [online]. 6. vydání. 2009-02[cit. 2015-03-07]. Dostupné z:  
[http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00422\\_01\\_TC700\\_PerifCounters\\_cz.pdf](http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00422_01_TC700_PerifCounters_cz.pdf)
- [4] BERNECKER + RAINER INDUSTRIE ELEKTRONIK GMBH. *B&R-Automation* [online]. 2012 [cit. 2014-11-18]. Dostupné z: <http://www.br-automation.com/cs/perfection-in-automation/>.
- [5] BÍLEK, Karel. *Ethernet, internetové technologie a systémy B&R*. ODBORNÉ ČASOPISY [online]. 2015 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z:  
<http://www.odbornecasopisy.cz/ethernet-internetove-technologie-a-systemy-b-r-28429.html>.
- [6] BÍLEK, Karel. *Komunikace není jen otázkou spojení*. ODBORNÉ ČASOPISY [online]. 2001-11-1 [cit. 2014-08-15]. Dostupné z:  
<http://www.odbornecasopisy.cz/komunikace-neni-jen-otazkou-spojeni-33719.html>.
- [7] Průmyslový Ethernet. ELEKTROPRŮMYSL [online]. 2014-01-14 [cit. 2014-09-14]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/automatizace-rizeni-a-regulace/prumyslovy-ethernet>.
- [8] KOVÁŘ, Josef, Zuzana PROKOPOVÁ a Ladislav ŠMEJKA. *Programování podle normy IEC 61 131* [online]. 2010-08-10[cit. 2015-03-04]. Dostupné z:  
[http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani\\_dle\\_normy\\_iec61131.pdf](http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_dle_normy_iec61131.pdf).



- [9] KOHOUT, Luděk. *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic* [online]. 2007-11[cit. 2015-03-04]. Dostupné z: [http://www.edumat.cz/texty/Programovani\\_IEC61131-3.pdf](http://www.edumat.cz/texty/Programovani_IEC61131-3.pdf).
- [10] *TM-MOTORI* [online]. 1984 [cit. 2014-08-14]. Dostupné z: [www.tmmotori.it](http://www.tmmotori.it)
- [11] *Inkrementální encoder: I65 a IT65* [online]. 2013-8-10[cit. 2014-10-14]. Dostupné z: [http://www.lika.it/ita/file7.php?id\\_file=53](http://www.lika.it/ita/file7.php?id_file=53).
- [12] *Polohové spínače* [online]. 2010-11-22[cit. 2014-08-14]. Dostupné z: [http://www.euchner.cz/data/pdf/produkty/automatizace/koncove-spinace/kat\\_Euchner\\_N10,N11.pdf](http://www.euchner.cz/data/pdf/produkty/automatizace/koncove-spinace/kat_Euchner_N10,N11.pdf).
- [13] *Polohové spínače* [online]. 2009-1-12[cit. 2014-08-14]. Dostupné z: [http://www.pizzato.com/PizzatoWeb/UserFiles/File/pdf/C20A/ZE\\_CTL20A09-ENG\\_02\\_3-12.pdf](http://www.pizzato.com/PizzatoWeb/UserFiles/File/pdf/C20A/ZE_CTL20A09-ENG_02_3-12.pdf)
- [14] *Laser* [online]. 2013-5-22[cit. 2014-08-14]. Dostupné z: <http://www.scitec.uk.com/lasers/z-lasers/pdf/zr-runner.pdf>
- [15] *Regulační ventil* [online]. 2013-9-10[cit. 2014-08-10]. Dostupné z: <http://www.duplomatic.com/assets/SchedeTecniche/GB/65250.pdf>.
- [16] *Omezovač průtoku* [online]. 2012-05-04[cit. 2014-10-12]. Dostupné z: <http://www.duplomatic.com/assets/SchedeTecniche/GB/64200.pdf>.
- [17] *Elektromagnetické servo ventily* [online]. 2005-02-16[cit. 2014-10-12]. Dostupné z: [http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r\\_29022/rf29022\\_2005-01.pdf](http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r_29022/rf29022_2005-01.pdf).
- [18] *Ventil s elektrohydraulickým ovládním* [online]. 2003-03-17[cit. 2014-10-12]. Dostupné z: [http://www.groupes.com/hes/Duplomatic/pdf\\_eng/41200.pdf](http://www.groupes.com/hes/Duplomatic/pdf_eng/41200.pdf).
- [19] *Ventil s elektrohydraulickým ovládním* [online]. 2003-03-17[cit. 2014-10-12]. Dostupné z: [http://www.groupes.com/hes/Duplomatic/pdf\\_eng/41250.pdf](http://www.groupes.com/hes/Duplomatic/pdf_eng/41250.pdf).

- [20] *Ventil s elektrohydraulickým ovládaním DD44*. [online] 2003-03-17 [cit. 2014-10-12]. Dostupné z: <http://www.duplomatic.com/assets/SchedeTecniche/GB/41350.pdf>.
- [21] DUDLEY, Darle W. Gear motor handbook. *BONFIGLIOLI RIDUTTORI* [online]. 2012-05-08 [cit. 2014-09-07]. Dostupné z: <http://www.bonfiglioli.com/en/industrial/products/gearmotors-gearboxes/worm-gear-motors/product/vfw-universal-worm-gear-motor/>
- [22] *Zdroj: QUINT-PS/ 1AC/24DC/10* [online]. 2013-8-10 [cit. 2014-10-14]. Dostupné z: [http://select.phoenixcontact.com/phoenix/dwld/db\\_en\\_quint\\_ps\\_1ac\\_24dc\\_10\\_103128\\_en\\_03.pdf?cp=y&asid2=4589710683300](http://select.phoenixcontact.com/phoenix/dwld/db_en_quint_ps_1ac_24dc_10_103128_en_03.pdf?cp=y&asid2=4589710683300).

## Přílohy

Příloha práce obsahuje CD umístěné na zadních deskách práce. CD obsahuje:

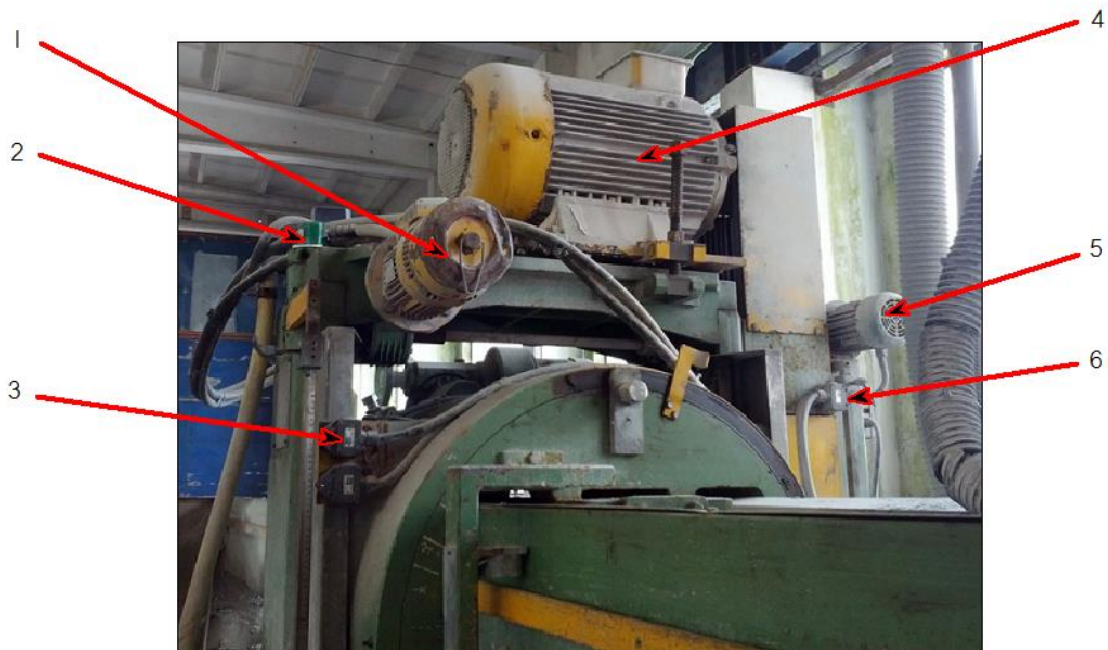
- text diplomové práce
  - Diplomová\_práce\_Ondřej\_Mazura\_2015.pdf
- starou elektrodokumentaci stroje
  - umístěnou ve složce: Stará\_elektrodokumentace (formát .jpg)
- zdrojový kód programu
  - vytvořený v Automation Studio (formát .zip)
- fotografie stroje
  - umístěné ve složce: Fotografie\_stroje (formát .jpg)
- katalogové listy součástí stroje
  - umístěné ve složce: Katalogové\_listy (formát .pdf)
- Stavové automaty
  - umístěné ve složce: Stavove\_automaty (formát .jpg)

## Příloha A – čidla a motorové části stroje

Jednotlivé prvky, které umožňují pohyb stroje, řez pilou a udávají nám polohu jednotlivých částí stroje, jsem identifikoval v této kapitole. Bohužel u některých prvků se mi vlivem neustále vlhkého prostředí a také vlivem času nepodařilo přečíst přesné štítkové hodnoty.

Popis jsem rozdělil do několika částí, každou část jsem očísloval a následně popsal. Stroj je chlazen vodou a všechny prvky jsou vystavovány vlhkému prostředí a všechny snímače jsou opatřeny stupněm krytí IP s ochranou proti vlhkosti nebo přímému působení vody.

### *Motory a čidla na ústrojí pily*



Obr. 1: Motory a čidla na ústrojí pily

## 1 – motor osy Z2

Tento motor je umístěn na pojízdném ústrojí pily (mostu) a zajišťuje pohyb na ose Z2 a má následující parametry. Tento typ motoru už bohužel firma nevyrábí. Firma vyrábí už jen modely B3 a B5 [10].

- Výrobce: TM Motori
- Typ: 80B-6
- Otáčky: 920 ot/min
- Příkon 0,55 Kw
- IP: 54
- Účinnost: 68%
- $\text{Cos } \phi = 0,68$

## 2 – inkrementální čidlo

Inkrementální čidlo umístěné měří přesnou polohu v ose Z2. Toto čidlo je důležité, pokud chceme zadat hloubku třísky řezu [11].

- Výrobce: LIKA
- Model: IT65-Y-100BND2CRQ/S14
- 100 pulzů na otáčku
- Stupeň krytí IP66
- Maximální otáčky 6000 ot/min
- Rozlišovací schopnost:  $\varphi = \frac{360}{100} = 3,6^\circ$

## 3, 6 – polohové spínače

Spínače jsou určeny ke kontrole pohybu v ose Z2. Spínače pod číslem 6 se nevyužívají a sloužily jako hydraulická kopírka osy Z2, stejně jako motor s označením 5 [12].

- Výrobce: Euchner
- Typ: N10D-M
- IP: 67

## 4 – motor osy K

Roztáčí kotouč pily a zajišťuje pohyb osy K, bohužel štítkové hodnoty nebyly zachovány. Síla rotoru je přenášena přes klínové řemeny na ústrojí řezného kotouče a roztáčí řezný kotouč. Obsluha si může volit ze dvou rychlostí otáček kotouče.

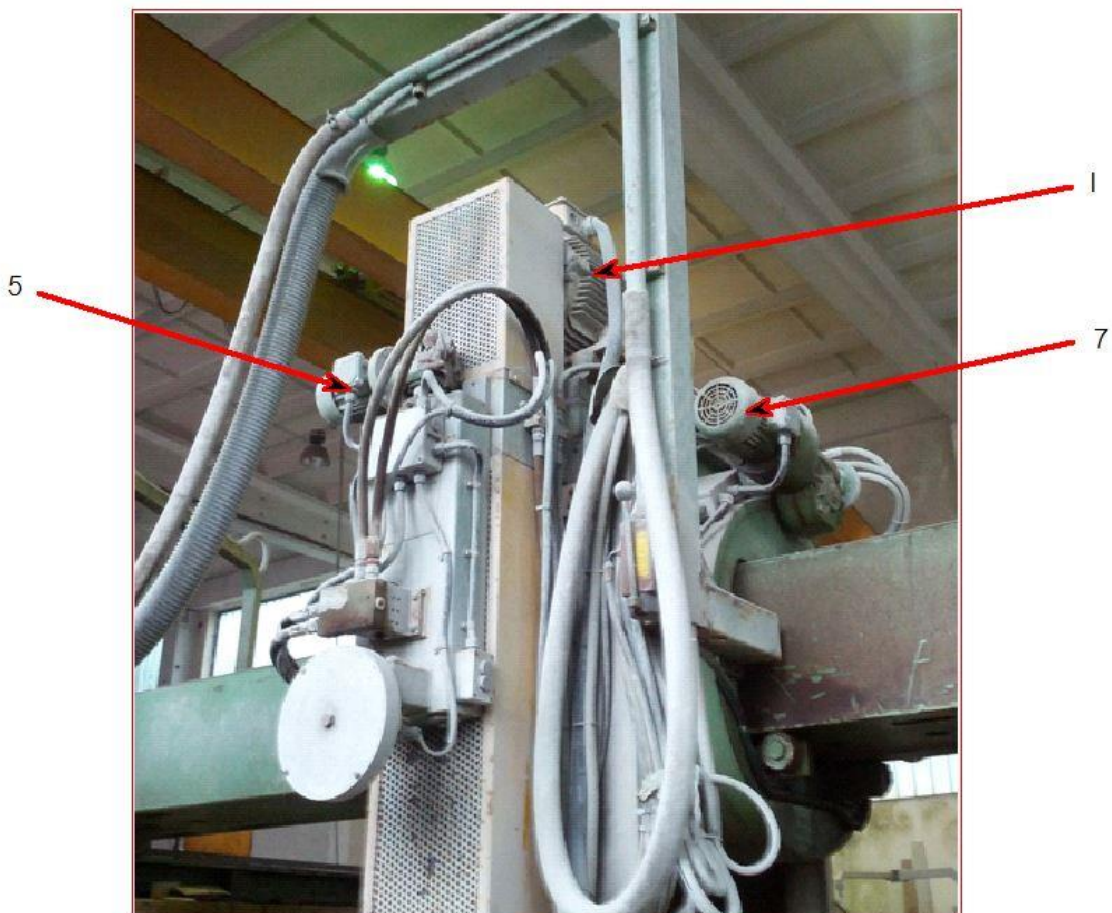
## 5 – motor kopírky osy Z2

Těž bez zachovaných štítkových hodnot, funkce motoru není využívána, ale dřív byl využíván jako hydraulická kopírka na ose Z2.

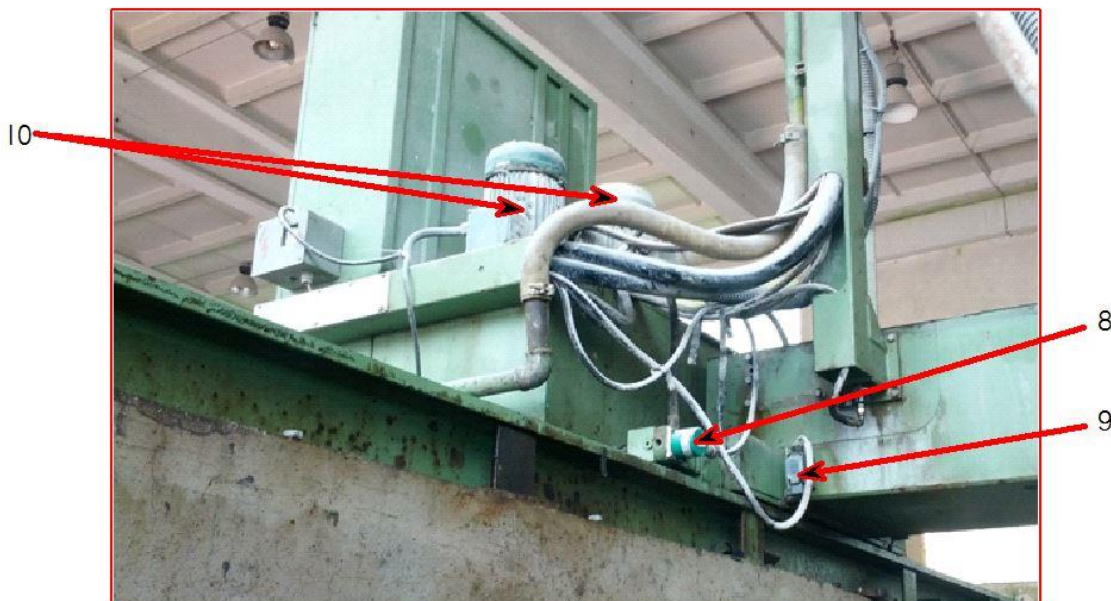
## 7 – motor osy Ry

Zajišťuje pohon na ose Ry. Přesné parametry motoru se bohužel nezachovaly. Rotaci v této ose obsluha může řídit buď z ovládacího panelu stroje, nebo přímo na ústrojí pily, kde jsou k tomuto účelu určena dvě tlačítka. Úhel natočení obsluha vidí na analogové stupnici, umístěné v blízkosti těchto dvou tlačítek na ústrojí pily. Z tohoto důvodu obsluha musí vylézt na pracovní stůl, aby byla schopna určit přesný uhel natočení.

S tímto motorem je spojena převodovka, která zajišťuje pomalý převod, ale bohužel převodový poměr ani další hodnoty jsem nebyl schopen odečíst.



Obr. 2: Motory ústrojí pily



Obr. 3: Inkrementální čidlo a koncový spínač na ose X

### 8 – inkrementální čidlo

Čidlo je důležité pro automatické režimy, kdy v automatickém režimu číslo 3 ústrojí pily popojíždí v ose X, proto musíme znát polohu ústrojí pily na této ose. Čidlo je stejného typu, jako bylo použito pro měření polohy na ose Z2 [11].

- Výrobce: LIKA
- Model: IT65-Y-100BND2CRQ/S14
- 100 pulzů na otáčku
- Stupeň krytí IP66
- Maximální otáčky 6000 ot/min
- Rozlišovací schopnost:  $\varphi = \frac{360}{100} = 3,6^\circ$

### 9 – koncový spínač

V případě, že by došlo k selhání těchto koncových dorazů, tak jsou ještě jištěny pomocí bezpečnostních mechanických zakončení ozubených hřebenů, po kterých se tato osa pohybuje. Přesnější informace bohužel nešly přečíst, ale i tak jsem byl schopen najít inovovaný typ tohoto spínače. Novější modely už splňují i stupeň krytí IP 67 a jsou schopny odolávat přímému ponoření do vody na 30 minut do hloubky jednoho metru [13].

- Tip: FD            VDE 0660
- IP: 66

## 10 – motory hydraulické centrály

Tyto motory slouží k vytváření hydraulického tlaku pro příslušné osy. Bohužel se mi též nepodařilo odečíst jejich štítkové hodnoty.

## 11 – laser

Tento laser vytváří imaginární osu řezu ve směru osy Y. Laser je umístěn v pravé části stroje u rozvodné skříně, odkud má obsluha vyvýšený pohled a vidí tak na vytvořenou imaginární osu řezu. Korekce laseru se provádí ručně posunutím po hřídeli, na které je laser umístěn. Umístění můžeme vidět na následujícím obrázku 4. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Firma nyní vyrábí pouze novější model laseru, ale tento novější model má téměř stejné parametry jako model, který byl použit u stroje [14].

- Výrobce: Z-laser
- Typ: Z15R-635-Ig90
- Výstupní výkon 15 mW
- Dosah: 4–6 metrů



Obr. 4: Laser



## 12, 14 – hydraulické ventily

Nacházejí se pod rozvodnou skříní u převodovky. Hydraulické ventily se využívají v hydraulických obvodech pro nejrůznější funkce. Usměrnění toku hydraulické kapaliny, omezení či pojištění maximálního tlaku v obvodu, brzdění břemen, redukce tlaku v sekundárním obvodu a další. Ventily se vyrábí v nejrůznějších formách podle druhu montáže v obvodu (montáž do potrubí, na panel, vestavné do bloků). Pro tento stroj byly vybrány ventily od firmy Duplomatic a Bosch s následujícím označením [15] [16] [17] [18] [19] [20].

Ventily pod číslem 12 jsou umístěny pod rozvodnou skříní. Ventily s číslem 14 jsou též pod rozvodnou skříní, asi 80 cm pod její úrovní, a upravují tlak pro práci s pracovní deskou stroje.

Tab. 1: Kusovník hydraulických prvků

Výrobce	Označení	Funkce
Duplomatic	MVPP-SA/50	Nepřímo řízený regulační ventil
Duplomatic	MERS D/50	Omezovač průtoku
Bosch	4WRP-6-W-28S-1XG24Z4M	Elektromagnetické servo ventily s pozitivním přesahem a zpětnou vazbou od polohy
Duplomatic	MD1D-S/50	Ventil s elektrohydraulickým ovládáním
Duplomatic	MD1D-TA/50	Ventil s elektrohydraulickým ovládáním
Duplomatic	MDD44-S/50	Ventil s elektrohydraulickým ovládáním

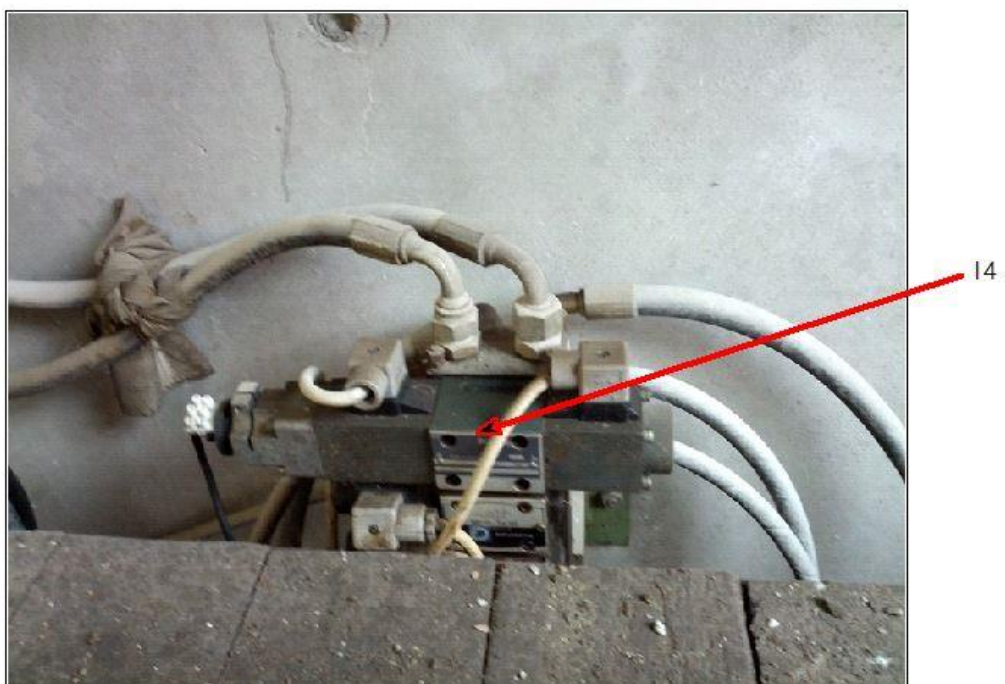
## 13 – převodovka

Umístění převodovky je vidět na Obr. 5 a nachází se pod číslem 13. Přebodovka je samosvorná s převodem do pomala. Pro obsluhu to má výhodu v tom, že může přesněji a pomaleji najíždět do požadované polohy. Jedná se o samosvornou převodovku, proto není možné výstupem otočit vstupní hřídeli. Obsluha může řídit pohyb v ose X ručně pomocí této převodovky. Přebodovka má následující označení [21].

- Typ: MVF 63/P



Obr. 5: Hydraulické ventily a převodovka



Obr. 6: Hydraulické ventily

## Příloha B – kusovník rozvodné skříně

Stykače		Moduly X20	
Označení na stroji	Označení výrobce	Označení výrobce	Označení na stroji
MC	Siemens 3TF30	X20BC 0083	A1
MC2	Siemens 3TF31	X20PS 9402	A2
MH2S	Siemens 3TF30	X20DI 9371	A3
MH2D	Siemens 3TF30	X20DI 9371	A4
MHS	Siemens 3TF30	X20D0 8322	A5
MHD	Siemens 3TF30	X20D0 8322	A6
FMD	Siemens 3TF30	X20D0 8322	A7
FMH	Siemens 3TF30	X20D0 8322	A8
MRSI	Siemens 3TF30	X20D0 8322	A9
MRSE	Siemens 3TF30	X20AP 3131	A10
MDL 1	Siemens 3TF3500	X20DC 2396	A11
MDL2	Siemens 3TF48	X20DC 2396	A12
MDΔ1	Siemens 3TF3500	X20AO 4622	A13
MDD1	Siemens 3TF3500	<b>Nožové pojistky</b>	
MDY2	Siemens 3TF3500	WEBER NH00 660V 80A	
<b>Relé</b>			
MDL	FINDER 55.34		
RDEB	FINDER 55.34		
RSIB	FINDER 55.34		
RSIS	FINDER 55.34		
RDES	FINDER 55.34		
REN2	FINDER 55.34		
REN4	FINDER 55.34		
REN3	FINDER 55.34		
E	FINDER 55.34		
RL-V	FINDER 55.34		
MDV	FINDER 55.34.8110.0040		
<b>Tepelné relé</b>			
KMDV	Siemens 3UA58-00-2U		
KMDL	Siemens 3TF55-00-2Q		
<b>Motorové jističe</b>			
KC	Siemens3VU1300-1ML00		
KC2	Siemens3VU1300-1ML00		
KH	Siemens3VU1300-1MH00		
KH2	Siemens3VU1300-1MG00		
KR	Siemens3VU1300-1MG00		
<b>Časové relé</b>			
TD	Siemens 7PU6020		
<b>Hlavní vypínač</b>			
BREMBAS SERIES A100.00			
<b>Jističe</b>			
7x32A 380V			

## Příloha C – řídicí systém rozvodné skříně

V této kapitole jsou uvedeny použité moduly od firmy B&R a napájecí zdroj od firmy Phoenix Contact, který jednotlivé moduly napájí. Tabulka číslo 8: Moduly X20 obsahuje seznam modulů, které byly použity.

Kusovník modulů X20

Označení výrobce	Označení na stroji
X20BC 0083	A1
X20PS 9402	A2
X20DI 9371	A3
X20DI 9371	A4
X20DO 8322	A5
X20DO 8322	A6
X20DO 8322	A7
X20DO 8322	A8
X20DO 8322	A9
X20AP 3131	A10
X20DC 2396	A11
X20DC 2396	A12
X20AO 4622	A13

Všechny moduly X20 jsou mezi sebou spojeny sběrníci X2X Link. Standart X2X Link spojuje moduly vedle sebe, nebo umožňuje spojení dvou modulů vzdálených až 100 m od sebe. Každý modul má přijímač X2X a vysílač X2X. Všechna data, která dorazí na přijímač, jsou okamžitě předána na vysílač. X2X protokol definuje pevnou délku cyklu, ve kterém se opětovně odesílají čtyři základní části (SyncOut, SyncIn, AsynOut, AsynIn). Nejrychlejší možný časový cyklus je 100  $\mu$ s. Časové cykly se konstantně opakují.

Všechny použité moduly jsou v programu vidět v záložce Physical View. Do této záložky se moduly přiřazují liniově, tak jak jsou zapojeny hardwarově. Jednotlivé proměnné se přiřazují na moduly pomocí I/O mapping v záložce Physical View [4].

### **Bus controller – X20BC0083**

Tento modul propojuje Power Panel s dalšími přídatnými moduly pomocí rozhraní POWERLINK. POWERLINK je sběrnice založená na bázi Ethernetu, původně vyvinutá společností B&R. Nyní ji dále rozvíjí nezávislá společnost Ethernet Powerlink Standardization Group (EPSG). Specifikace protokolu je otevřená a volně přístupná [4].

### **Zdroj 24VDC – X20PS9402**

Zdroj stejnosměrného napětí 24 V se využívá k napájení sběrnice, přídatných modulů a Power Panelu. Modul je určen pro napájení menších systémů X20 [4].

### **I/O modul – X20DI9371**

Modul obsahující digitální vstupy slouží k připojení senzorů [4].

- 12 digitálních vstupů
- Typ zapojení Sink
- 1-wire připojení
- Softwarový vstupní filtr může být konfigurován pro celý modul

### **I/O modul – X20D08322**

Moduly obsahující digitální výstupy slouží k ovládání pohybu po jednotlivých osách [4].

- 8 digitálních výstupů
- Zdroj připojení
- 1-wire připojení
- Integrovaná ochrana výstupu

### **I/O modul – X20AP3131**

Modul sloužící k měření činného, jalového a zdánlivého výkonu pro každou fázi samostatně i společně. Pro každou fázi zaznamená celkový příkon. Umožňuje výpočet efektivní hodnoty (RMS) proudu a napětí, měření a detekci proudu přes neutrální osy, měření síťového kmitočtu a fázového úhlu ze tří fází a poskytuje kompletní údaje o měření výkonu. Schopnost měření proudu a napětí až do 31. harmonické umožňuje přesný výpočet hodnoty RMS a moduly se tak mohou snadno vyrovnat s nepravidelnými sinusovými křivkami. Umožňuje přesné měření frekvence

s rozlišením 0,01 Hz pro frekvence 45 až 65 Hz a je vhodný pro použití v 1–fázové, 2–fázové nebo 3–fázové elektrické síti [4].

- 3 analogové vstupy 480 VAC, 50/60 Hz
- 4 analogové výstupy 5 A AC

### **Zdroj QUINT-PS/1AC/24DC/10**

Jako napájecí zdroj byl zvolen zdroj od firmy Phoenix Contact s následujícími parametry [22].

- Rozsah vstupního nominálního napětí: 100–240 V AC
- Rozsah vstupního střídavého napětí 85–264 V AC
- Krátkodobá vstupní napětí 300 V AC
- Frekvenční rozsah 45–65 Hz
- Jmenovité výstupní napětí 24 V DC  $\pm$  1%
- Rozsah nastavení výstupního napětí 18–29,5 V DC
- Výstupní proud 10 A (-25°C až 70°C)
- Ztrátový výkon jmenovité zatížení max. 18 W
- Účinnost > 92,5% (pro 230 V AC a jmenovité hodnoty)

### **I/O modul – X20DC2396**

Tyto moduly složí pro připojení inkrementálních čidel, která jsou na stroji umístěna [4].

- Dva 24 V inkrementální enkodéry
- další vstupy

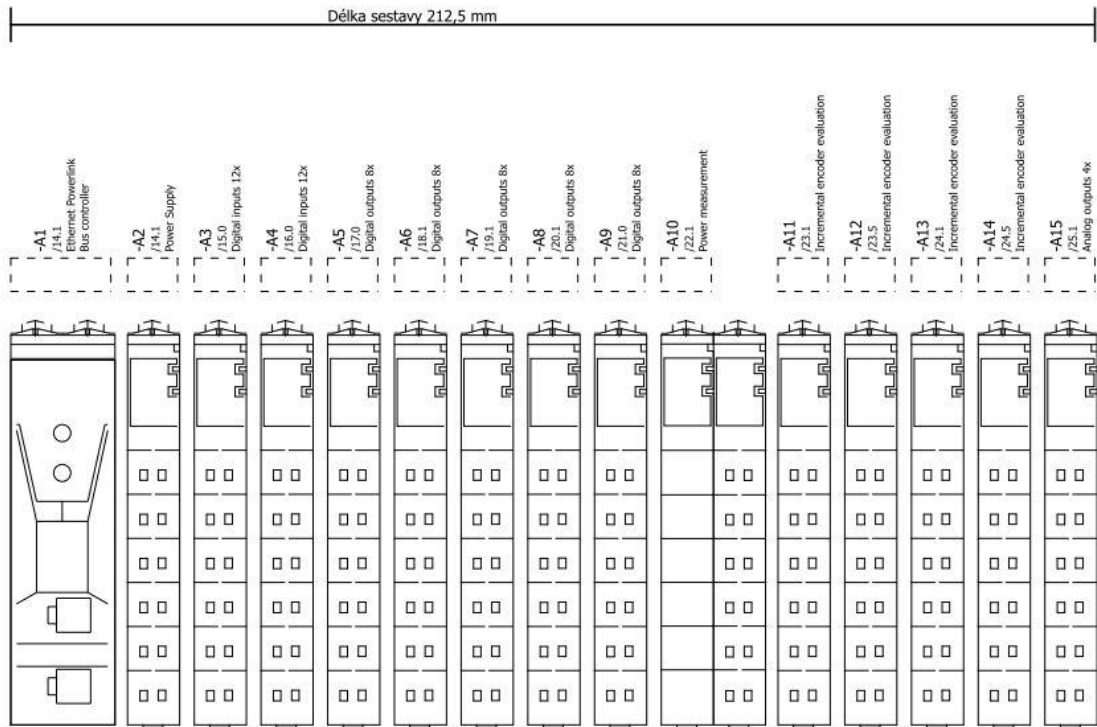
### **I/O modul AO4622**

Modul je vybaven čtyřmi výstupy s 12 bitovým rozlišením digitálního převodníku.

Používá se pro různá připojení v koncových bodech [4].

- 4 analogové výstupy
- Buď proud, nebo napětí signálu je to možné
- 13-bitové rozlišení digitální převodník

# Fyzické uspořádání modulů X20

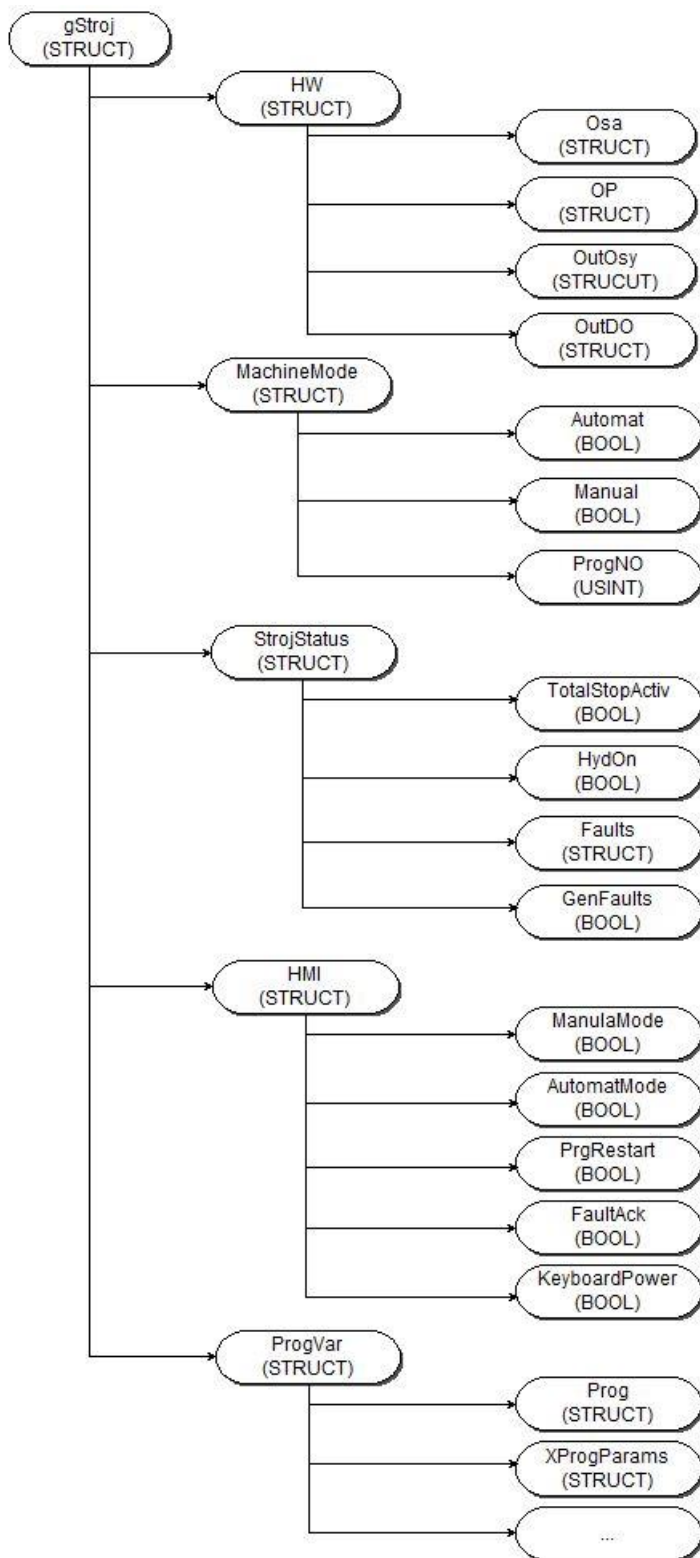


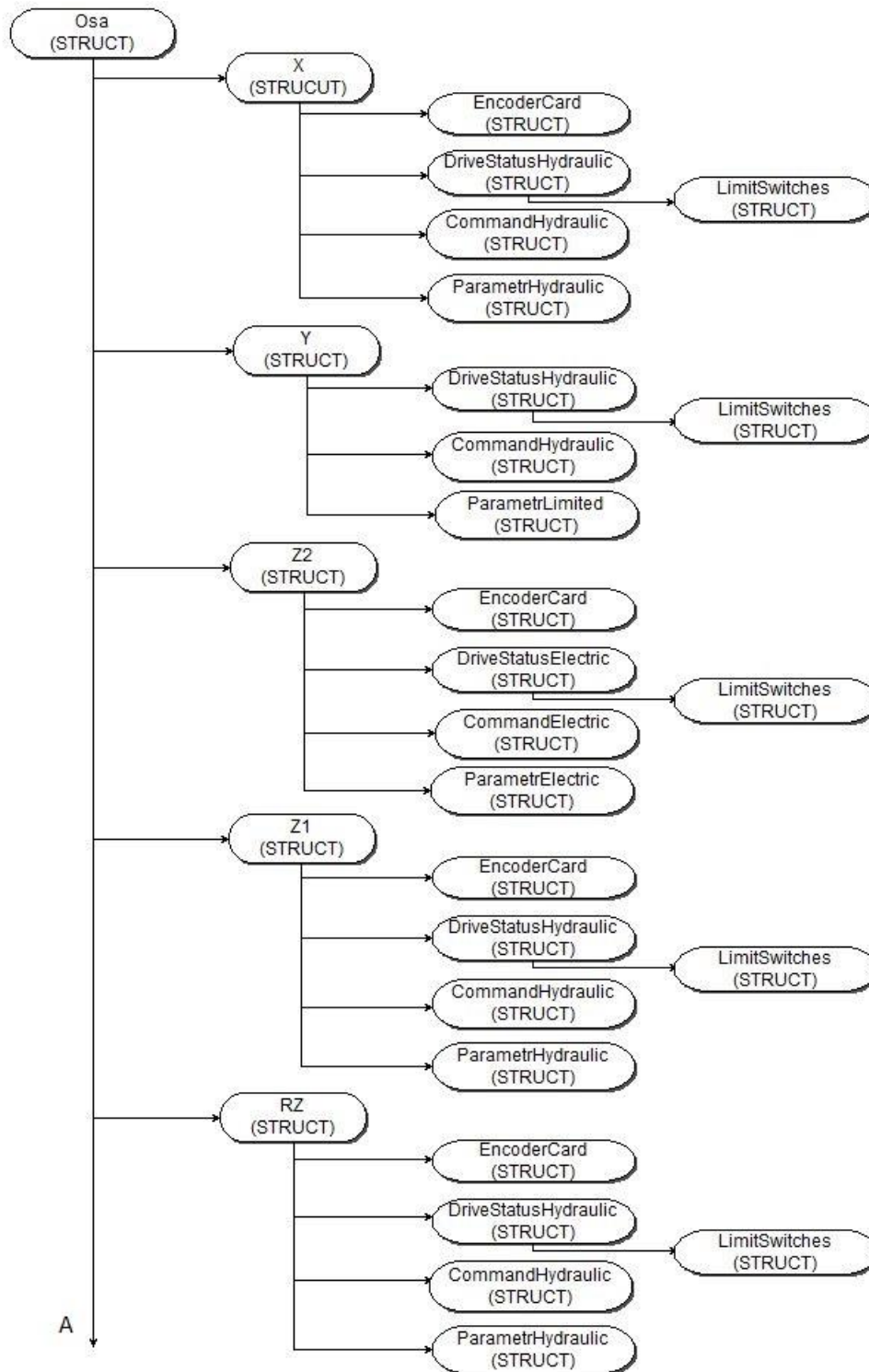
## Příloha D – datové typy dle normy IEC 61 161-3

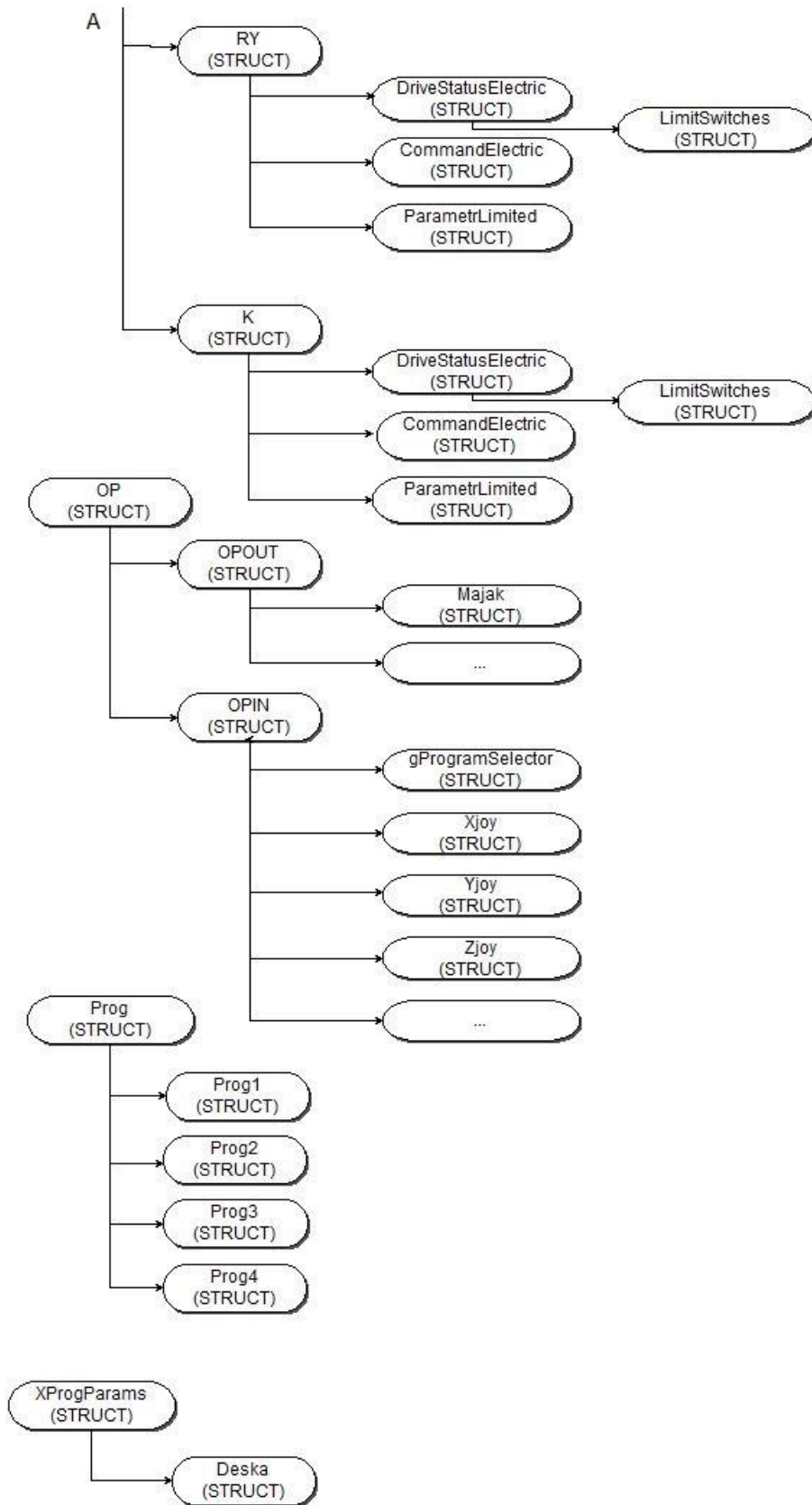
Klíčové slovo	Datový typ	Počet bitů	Rozsah hodnot
BOOL	Boolovské číslo	1	0,1
SINT	Krátké celé číslo	8	-128 až +127
INT	Celé číslo	16	-32768 až +32767
DINT	Celé číslo, dvojnásobná hodnota	32	-2147483 až +2147483647
USINT	Krátké celé číslo bez znaménka	8	0 až 255
UINT	Celé číslo bez znaménka	16	0 až 65 635
UDINT	Celé číslo bez znaménka, dvojnásobná hodnota	32	0 až 4294967295
REAL	Číslo s pohyblivou řádovou čárkou (jednoduchá přesnost)	32	$\pm 2.9e^{-39}$ až $\pm 3.4e^{+38}$ Podle IEC 559
LREAL	Číslo v pohyblivé řádové čárce (dvojnásobná přesnost)	64	Podle IEC 559
TIME	Trvání času	24d 20:31:23:647	24d 20:21:23,647
DATE	Datum	Od 1. 1. 1970 00:00:00	Od 1. 1. 1970 00:00:00
TIME_OF_DAY	Denní čas	24d 20:31:23:647	24d 20:31:23,647
DATE_AND TIME	„Absolutní čas“	Od 1. 1. 1970	Od 1. 1. 1970 00:00:00
STRING	Řetězec	Max. 255 znaků	Max. 255 znaků
BYTE	Sekvence 8 bitů	8	Není deklarován rozsah
WORD	Sekvence 16 bitů	16	Není deklarován rozsah
DWORD	Sekvence 32 bitů	32	Není deklarován rozsah



## Příloha E – datové struktury projektu

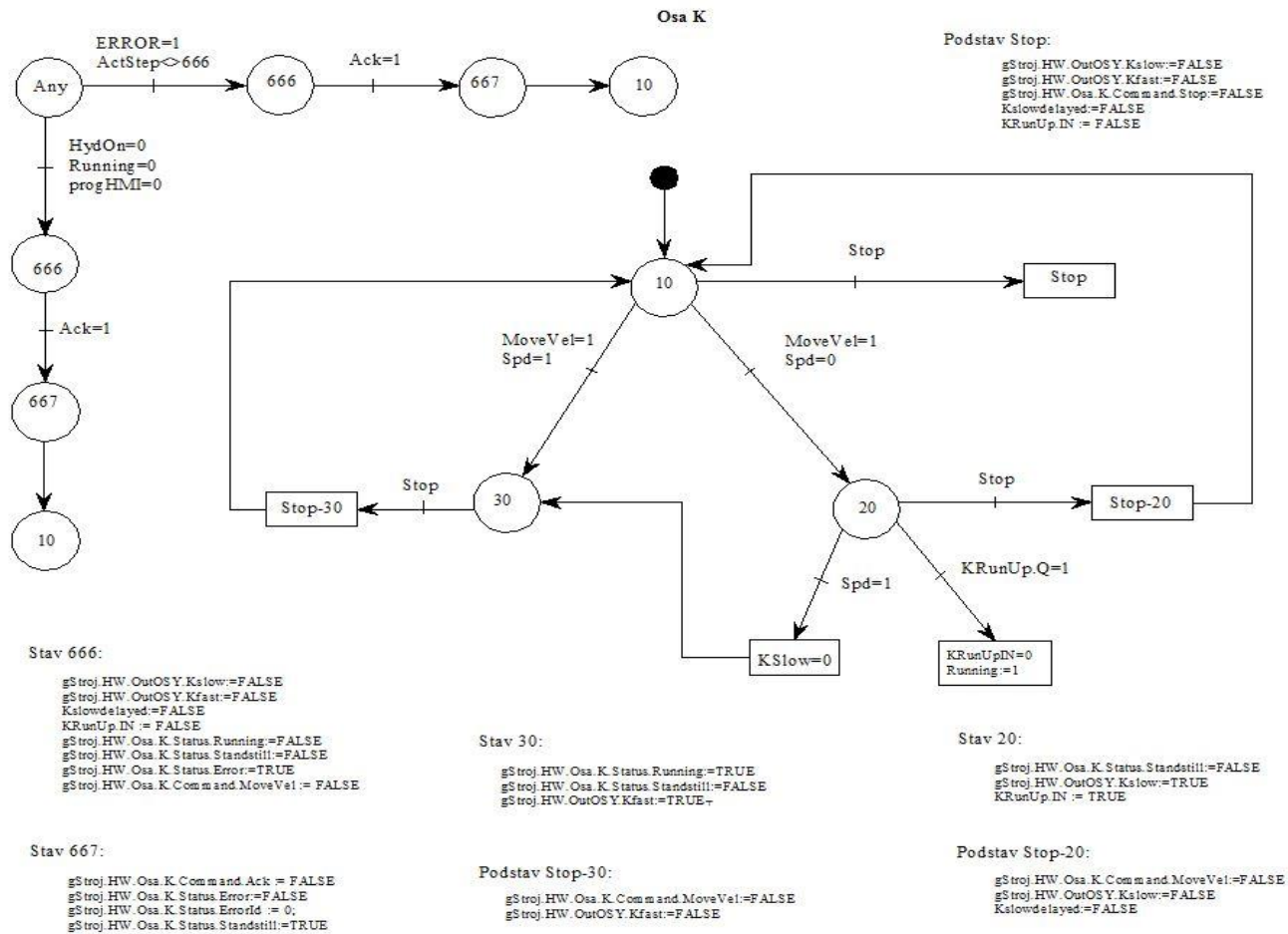




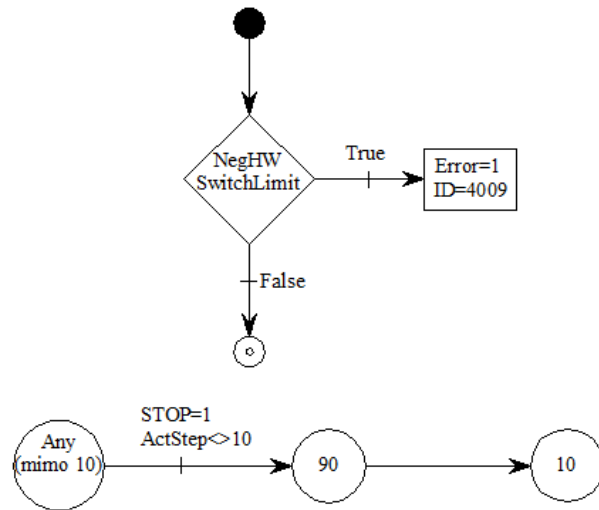


# Příloha F – Stavové automaty projektu

## Osa K



# Osa X



STAV 90:

```

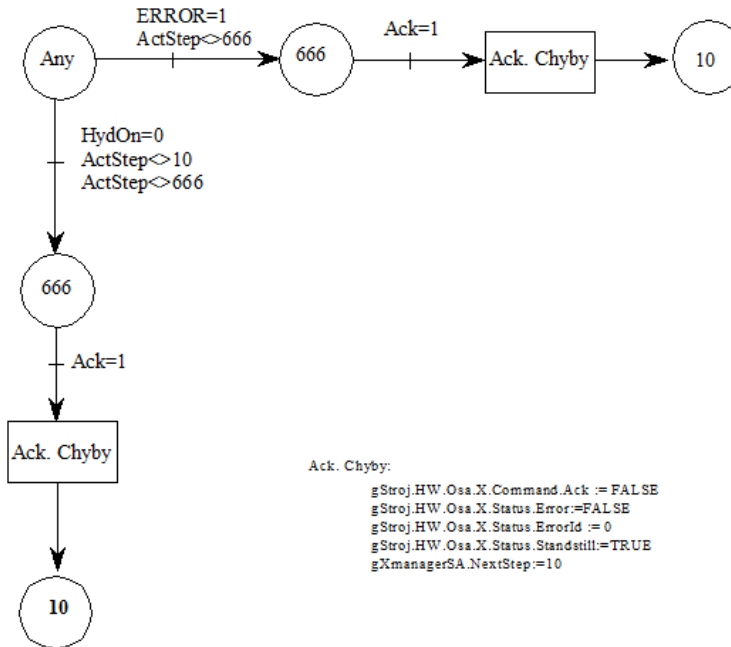
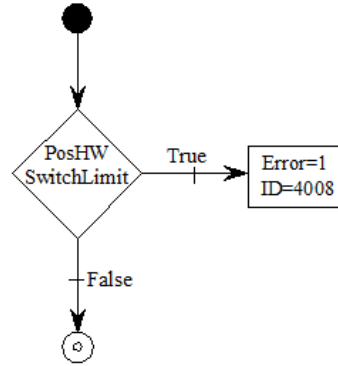
gStroj.HW.OutOSY.XnegFast:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.XnegSlow:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.Xlock := FALSE
gStroj.HW.OutOSY.XposFast:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.XposSlow:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Status.Running:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Status.Standstill:=TRUE
gStroj.HW.Osa.X.Command.MoveAbs:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Command.Stop:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Command.JogPos := FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Command.JogNeg := FALSE
  
```

STAV 666:

```

gStroj.HW.OutOSY.XnegFast:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.XnegSlow:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.Xlock := FALSE
gStroj.HW.OutOSY.XposFast:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.XposSlow:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Status.Running:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Status.Standstill:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Command.MoveAbs:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Command.JogPos := FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Command.JogNeg := FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Status.Error:=TRUE
  
```

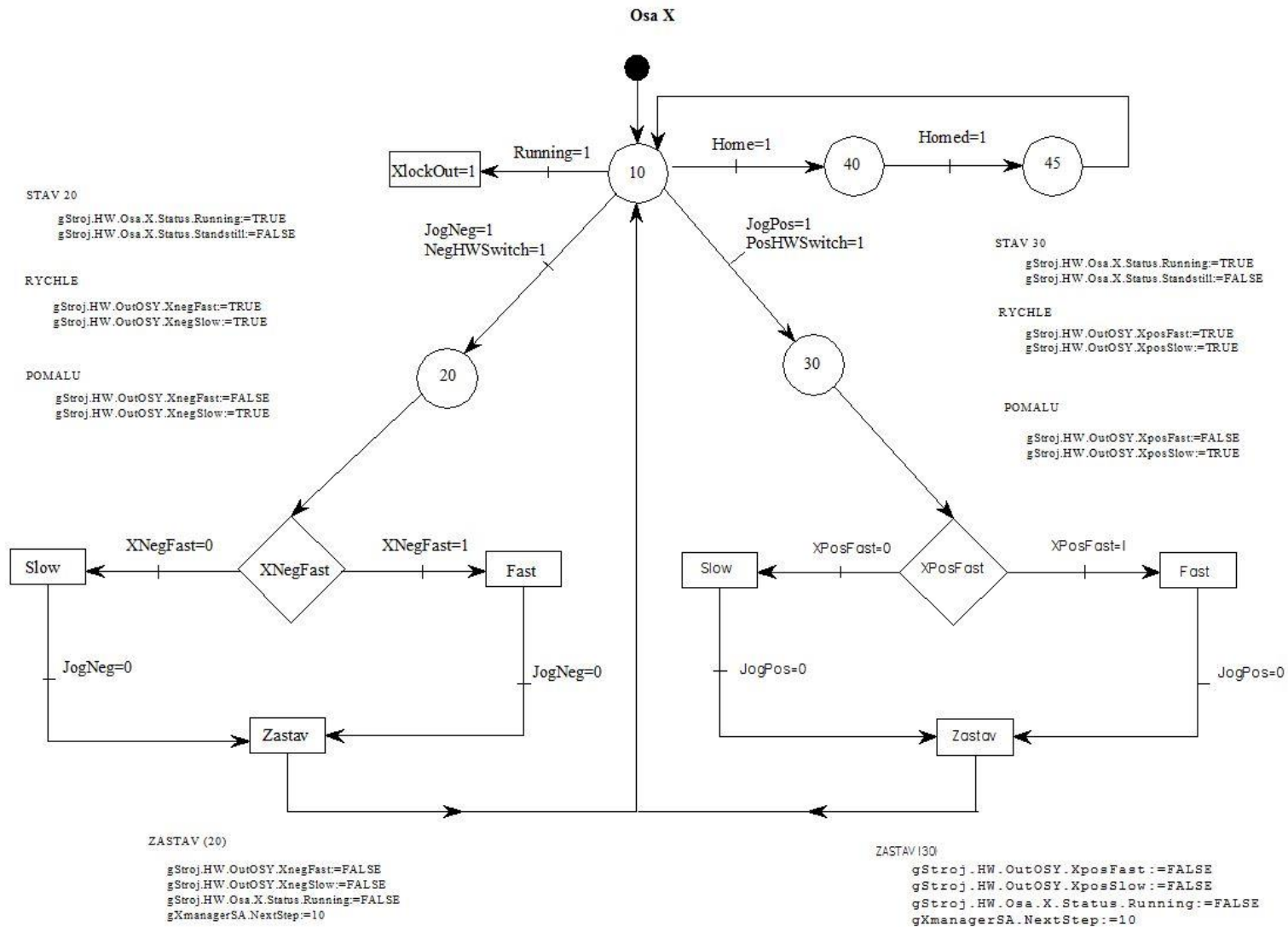
# Osa X

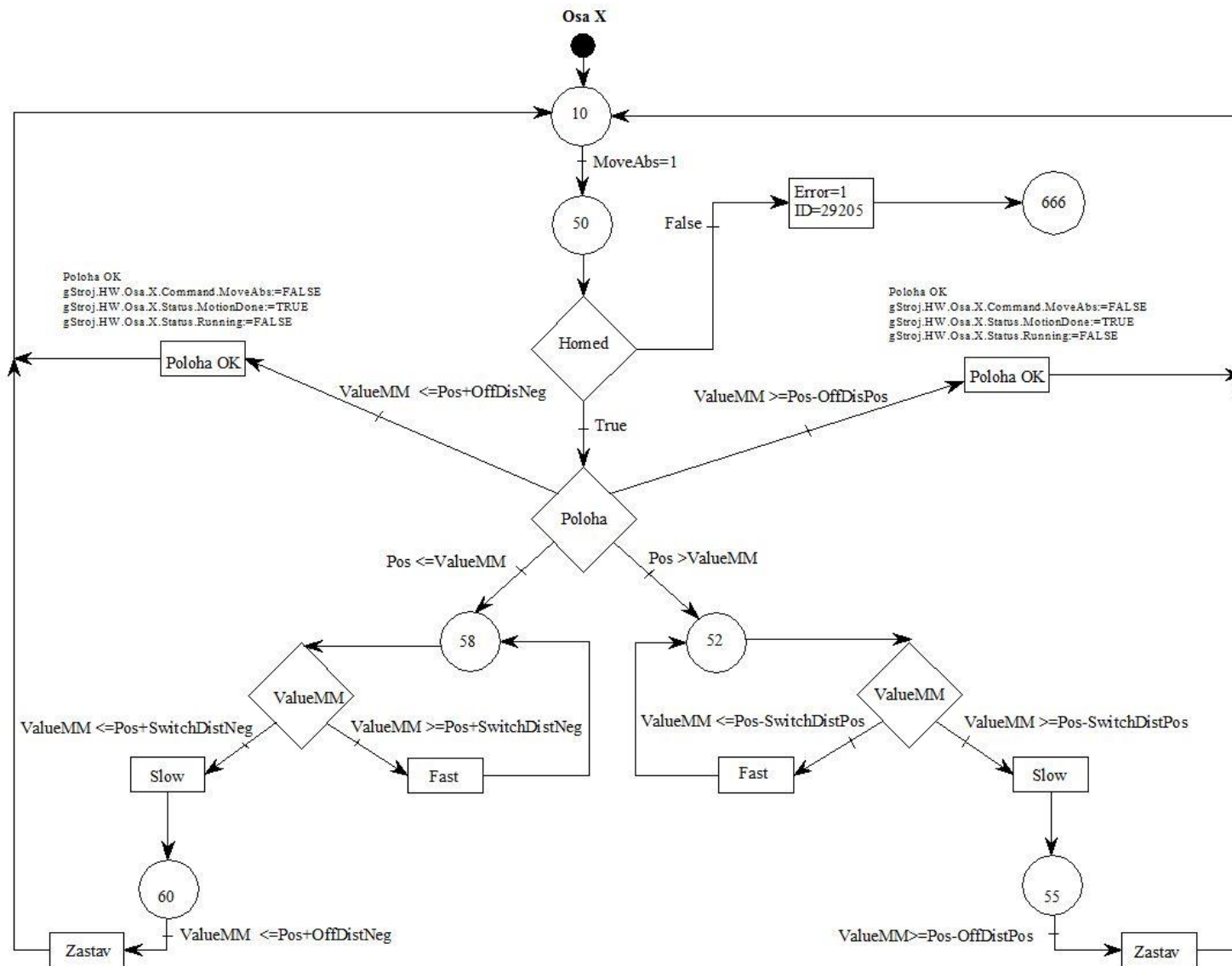


Ack. Chyby:

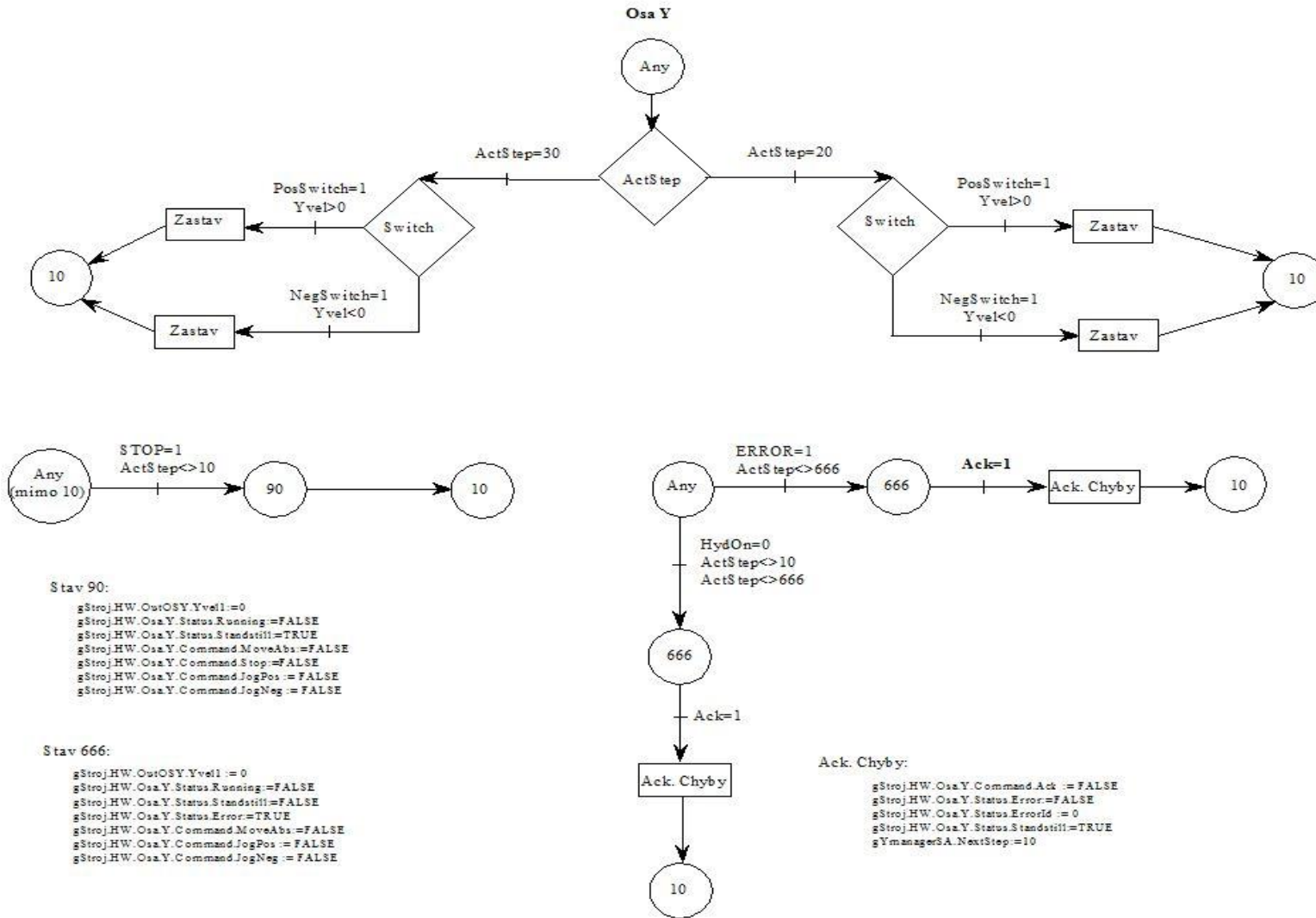
```

gStroj.HW.Osa.X.Command.Ack := FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Status.Error:=FALSE
gStroj.HW.Osa.X.Status.ErrorId := 0
gStroj.HW.Osa.X.Status.Standstill:=TRUE
gXmanagerSA.NextStep:=10
  
```

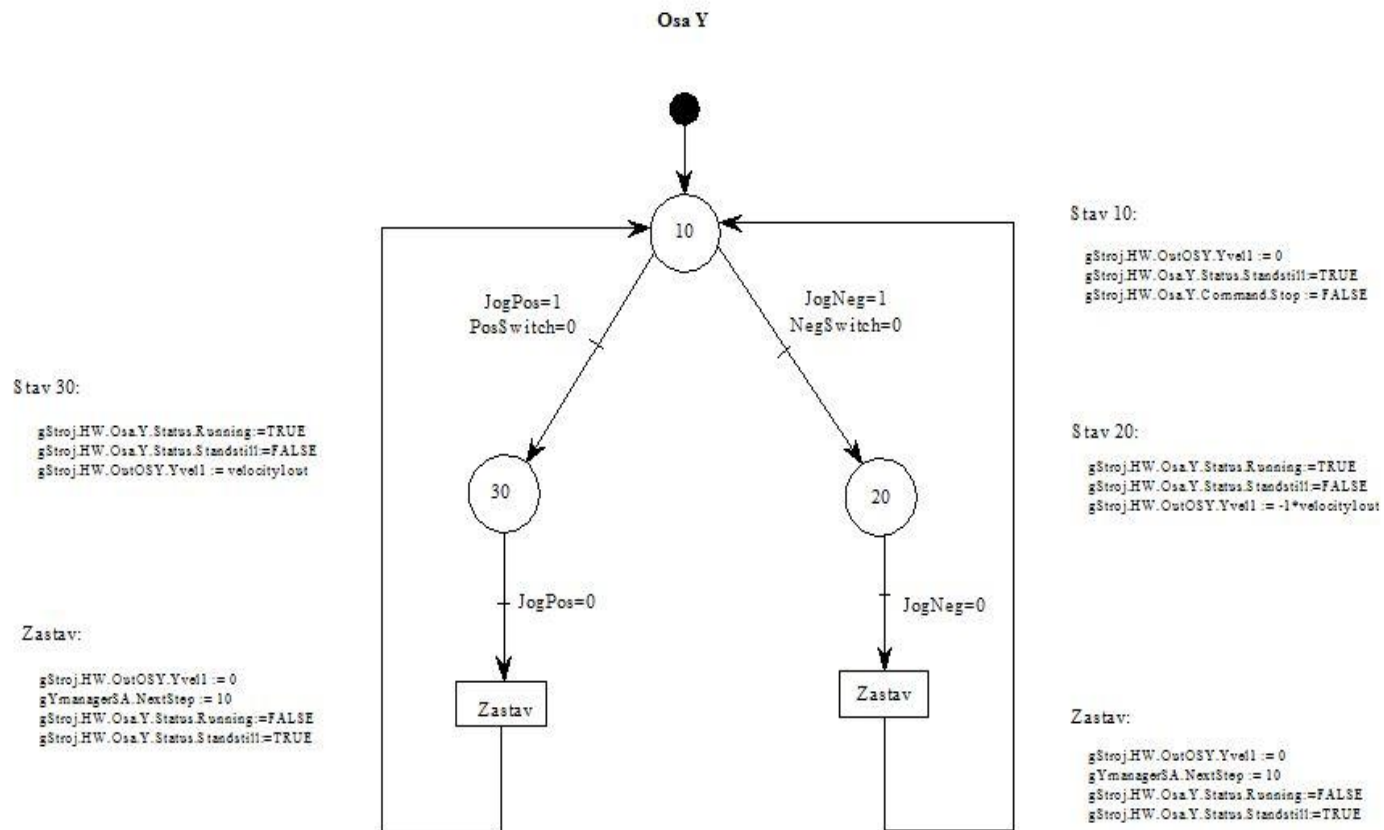


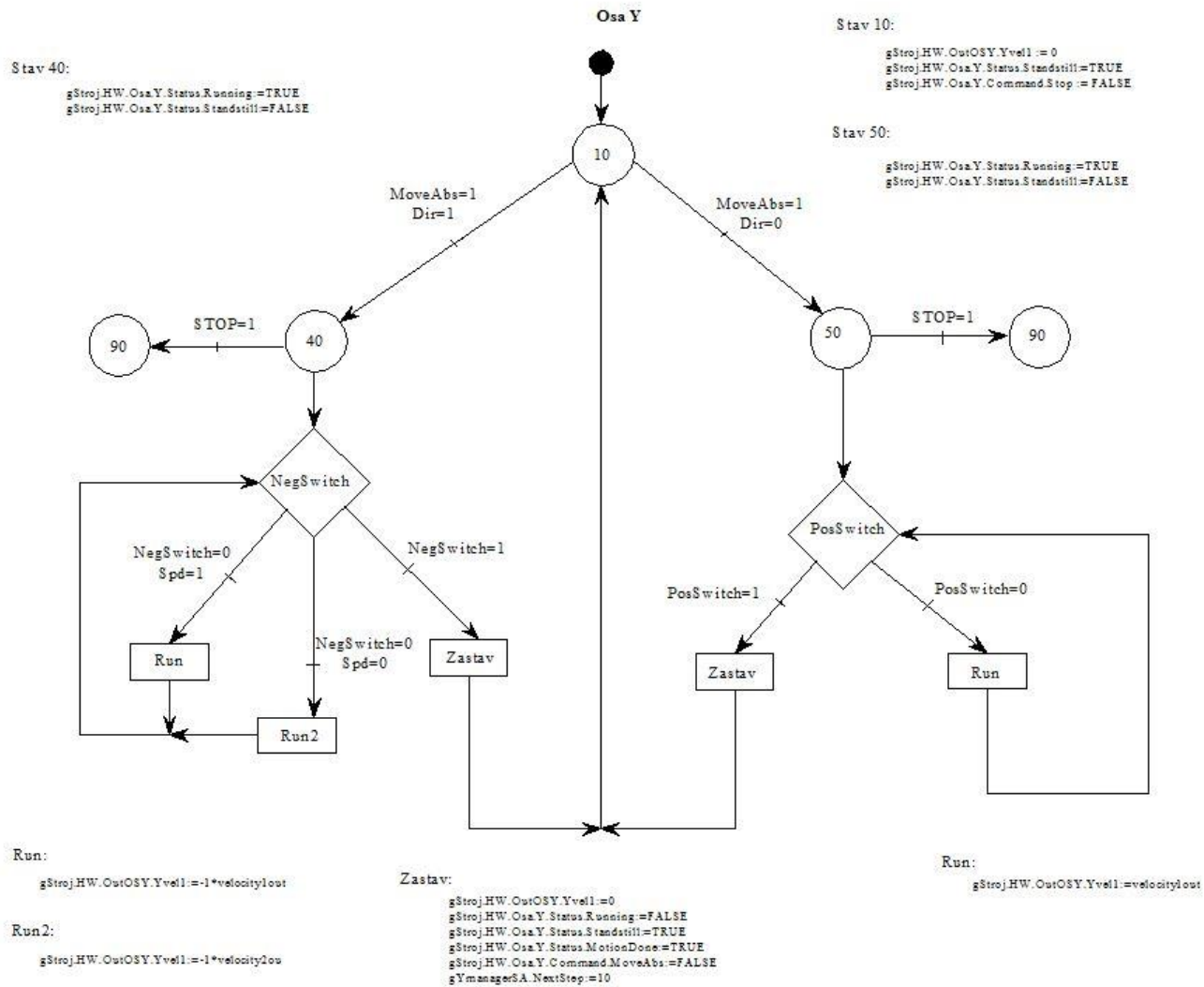


# Osa Y

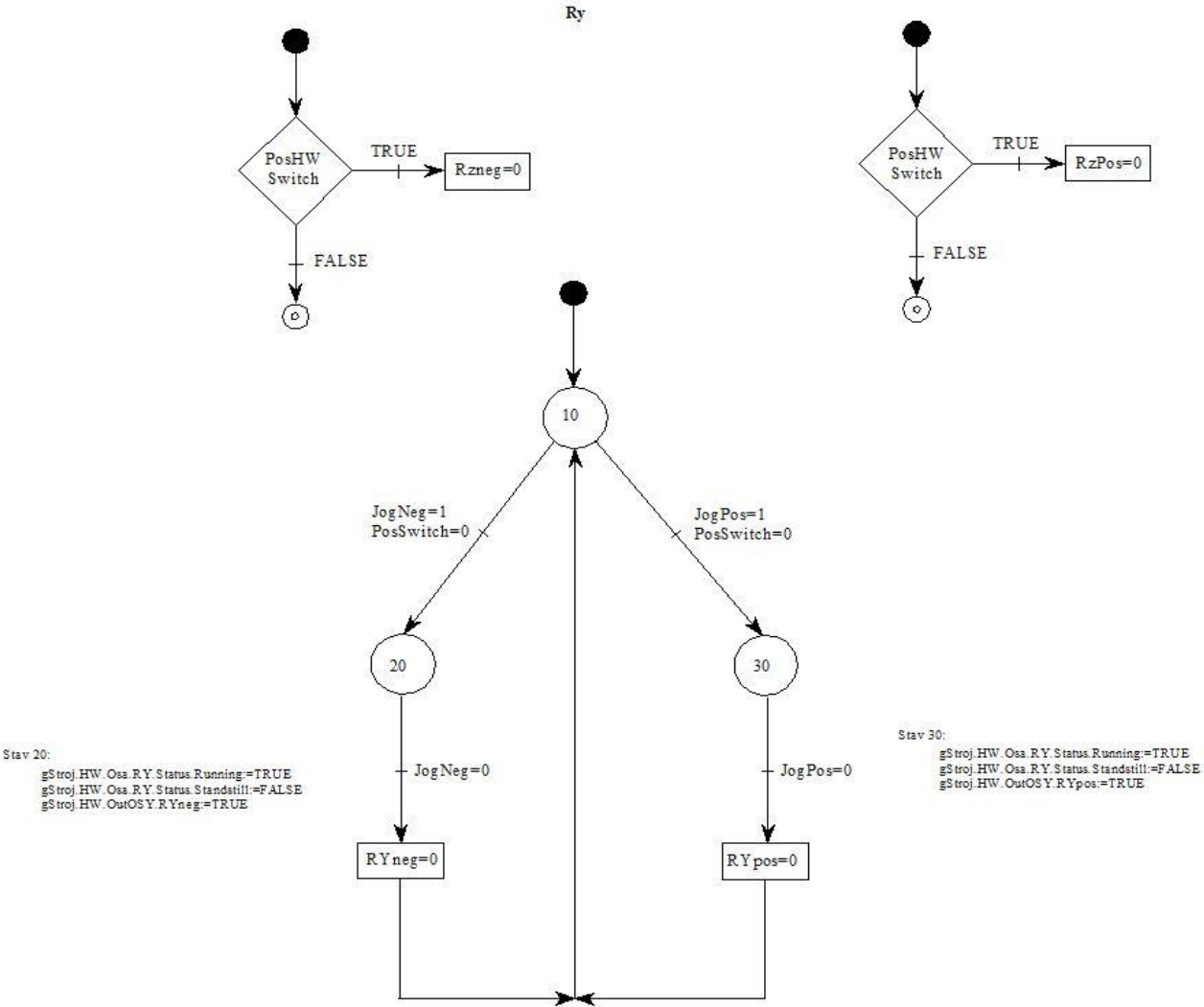




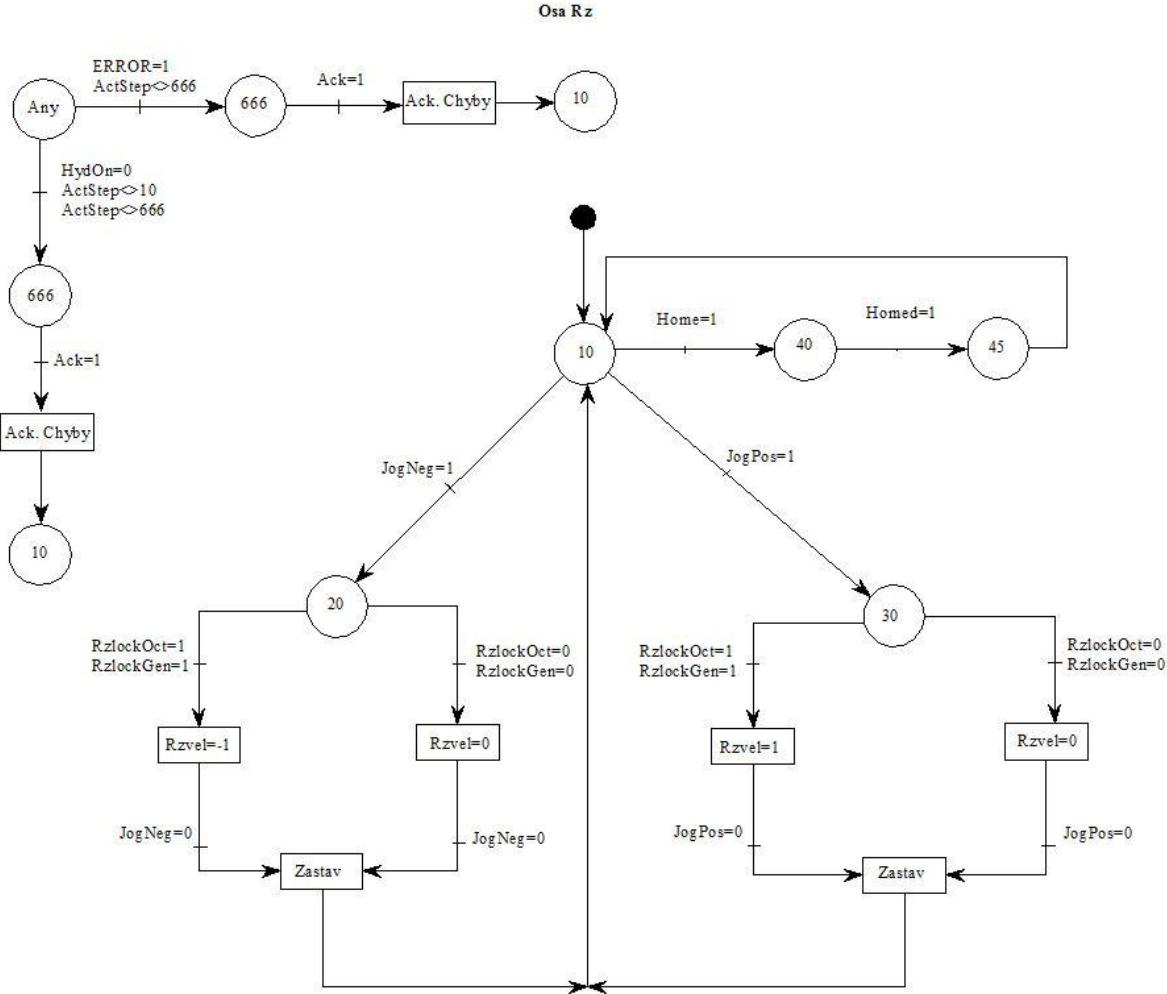


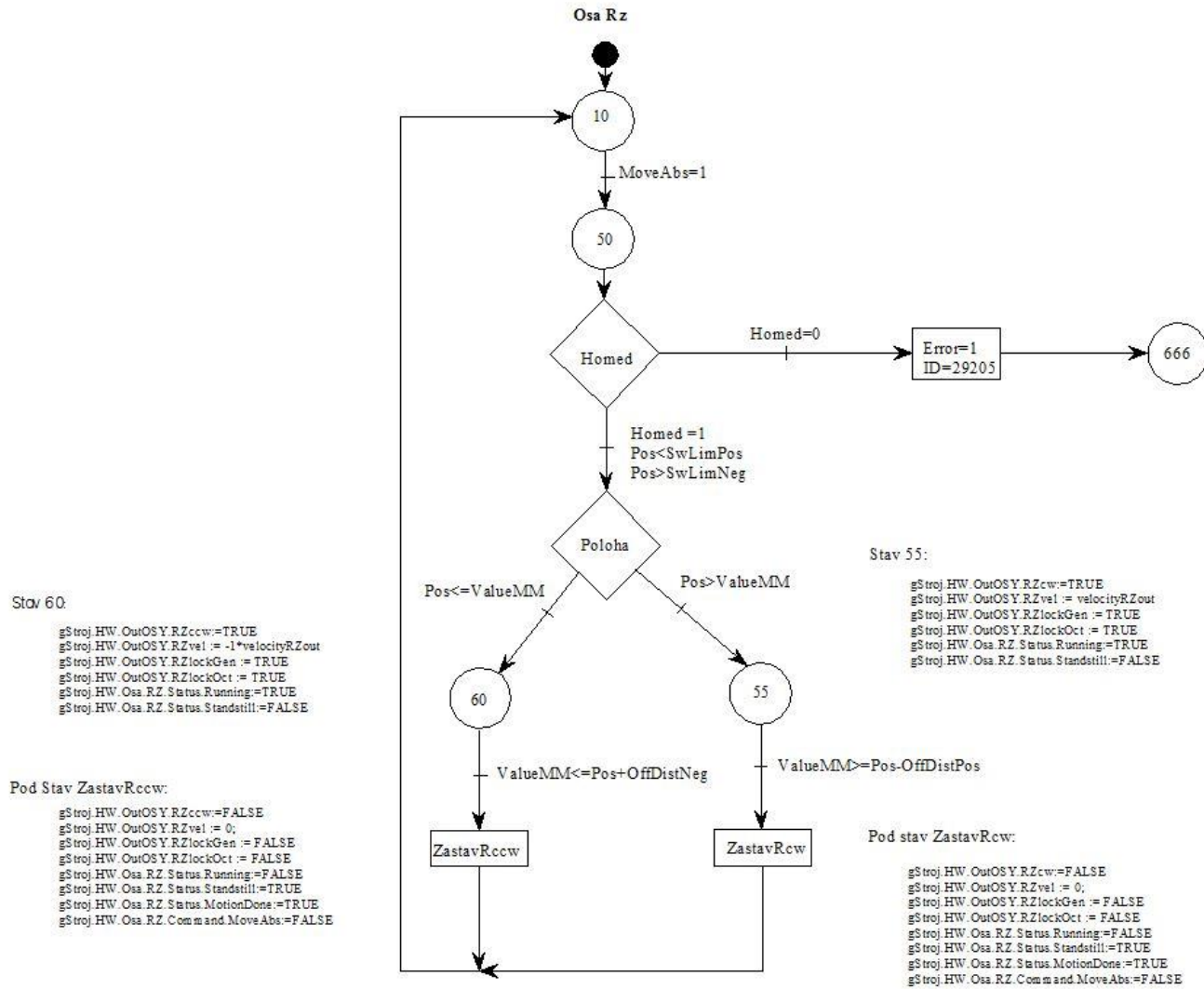


# Osa Ry



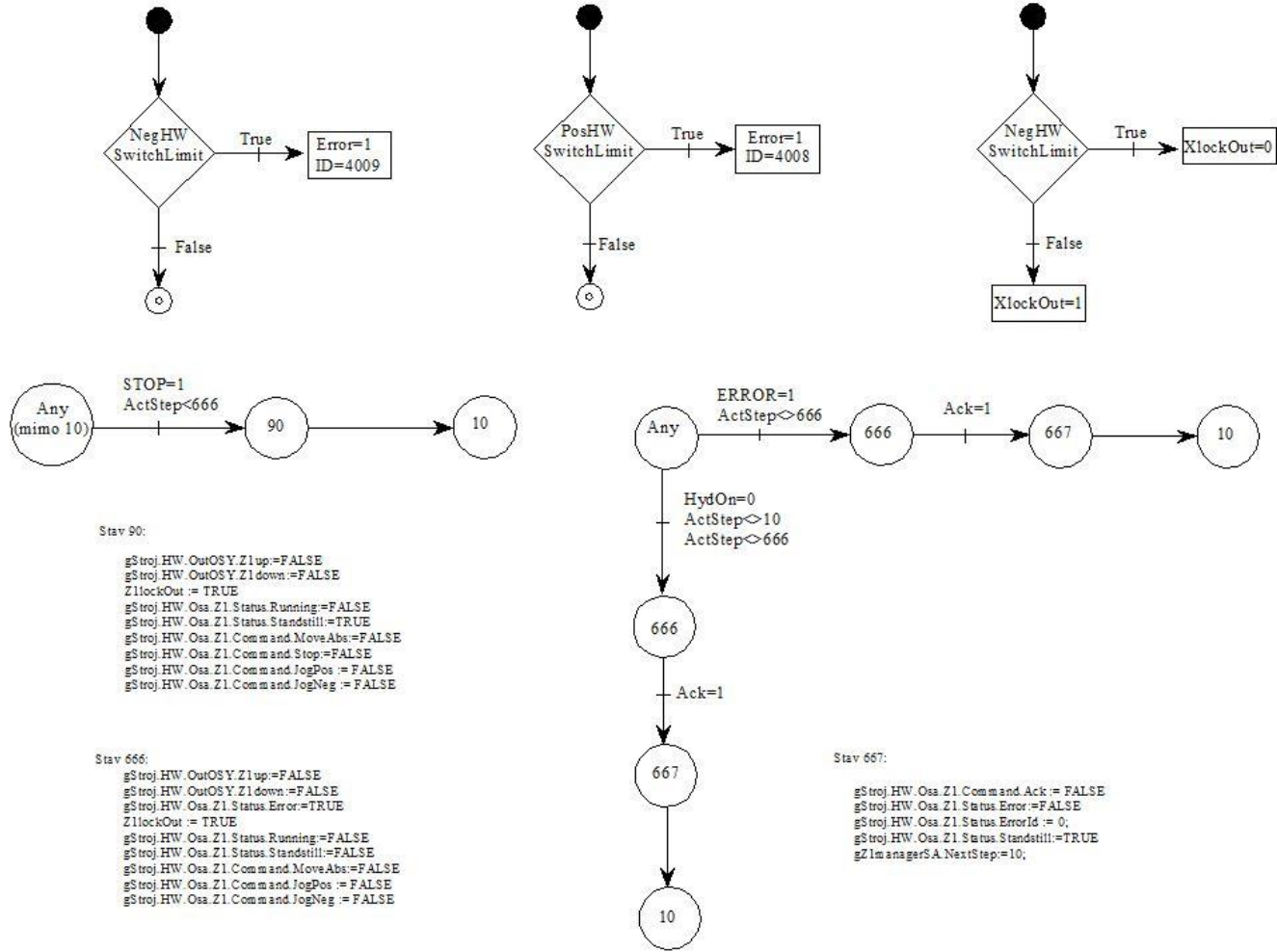
# Osa Rz



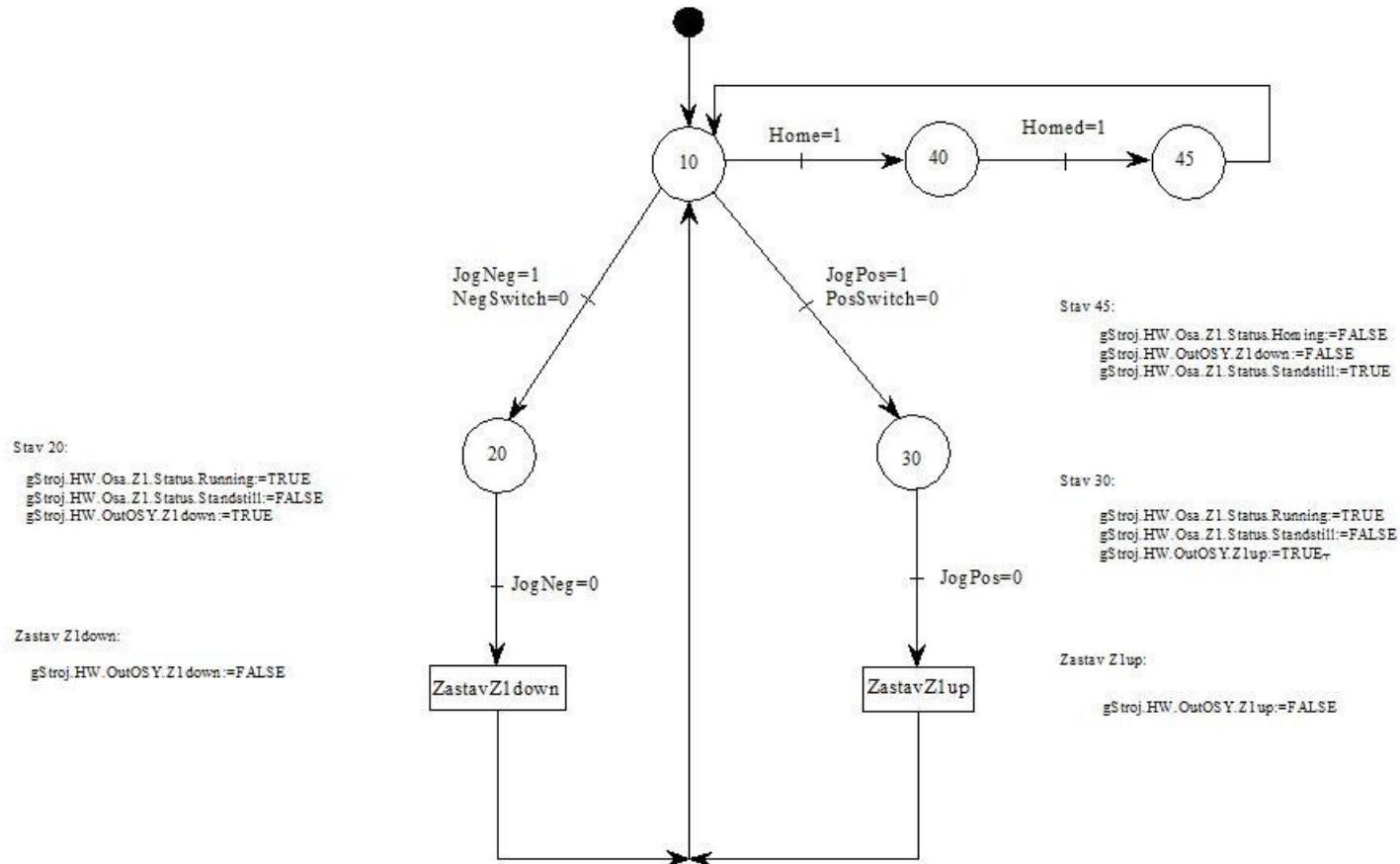


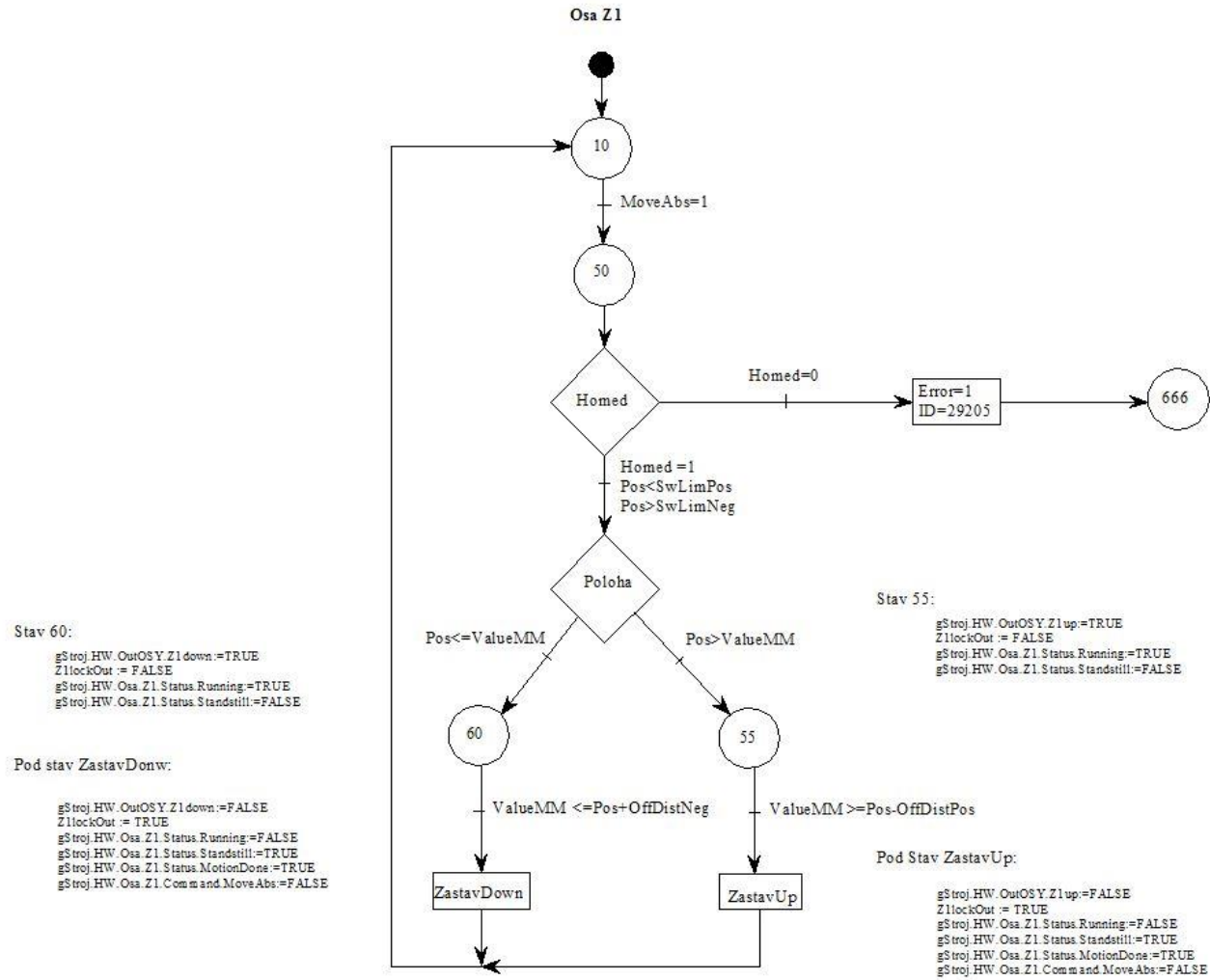
# Osa Z1

Osa Z1



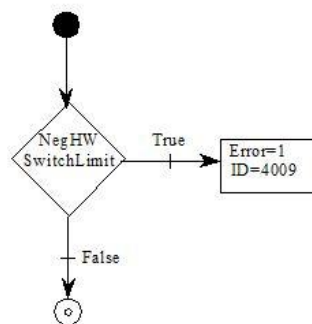
Osa Z1



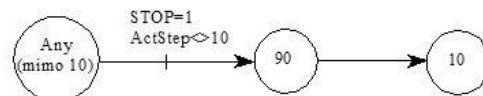
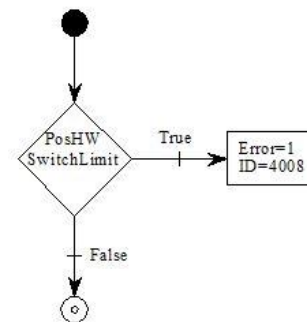




# Osa Z2



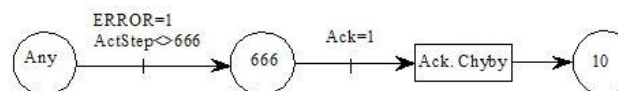
# Osa Z2



## Stav 90:

```

gStroj HW.OutOSY.Z2up:=FALSE
gStroj HW.OutOSY.Z2down:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Status.Running:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Status.Standstill:=TRUE
gStroj HW.Osa.Z2.Command.MoveAbs:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Command.Stop:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Command.JogPos:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Command.JogNeg:=FALSE
  
```



## Stav 666:

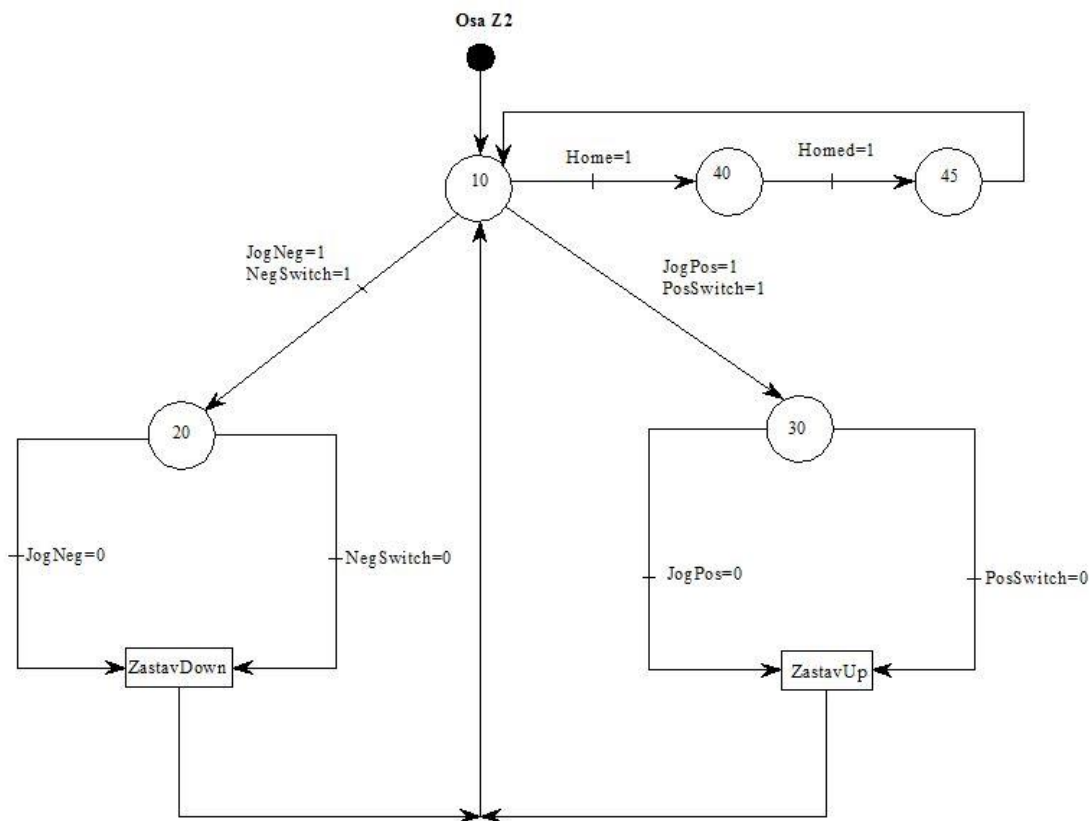
```

gStroj HW.OutOSY.Z2down:=FALSE
gStroj HW.OutOSY.Z2up:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Status.Error:=TRUE
gStroj HW.Osa.Z2.Status.Running:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Status.Standstill:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Command.MoveAbs:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Command.JogPos:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Command.JogNeg:=FALSE
  
```

## Pod Stav Ack. Chyby:

```

gStroj HW.Osa.Z2.Command.Ack:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Status.Error:=FALSE
gStroj HW.Osa.Z2.Status.ErrorId:=0
gZ2managerSA.NextStep:=10
  
```



Stav 20:

```

gStroj.HW.Osa.22.Status.Running:=TRUE
gStroj.HW.Osa.22.Status.Standstill:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.22down:=TRUE
  
```

Pod stav ZastavDown

```

gStroj.HW.OutOSY.22down:=FALSE
  
```

Stav 30:

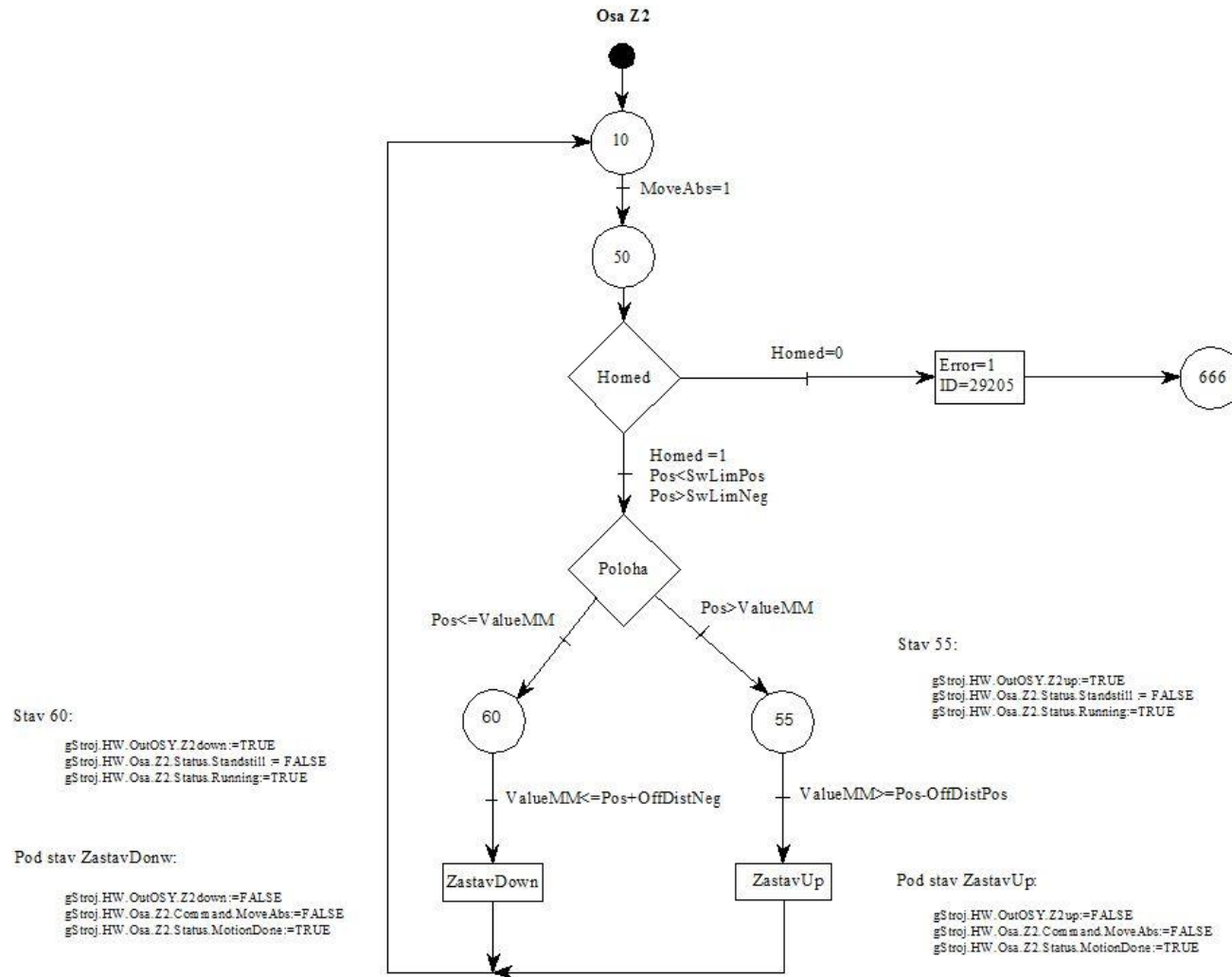
```

gStroj.HW.Osa.22.Status.Running:=TRUE
gStroj.HW.Osa.22.Status.Standstill:=FALSE
gStroj.HW.OutOSY.22up:=TRUE
  
```

Pod stav ZastavUp

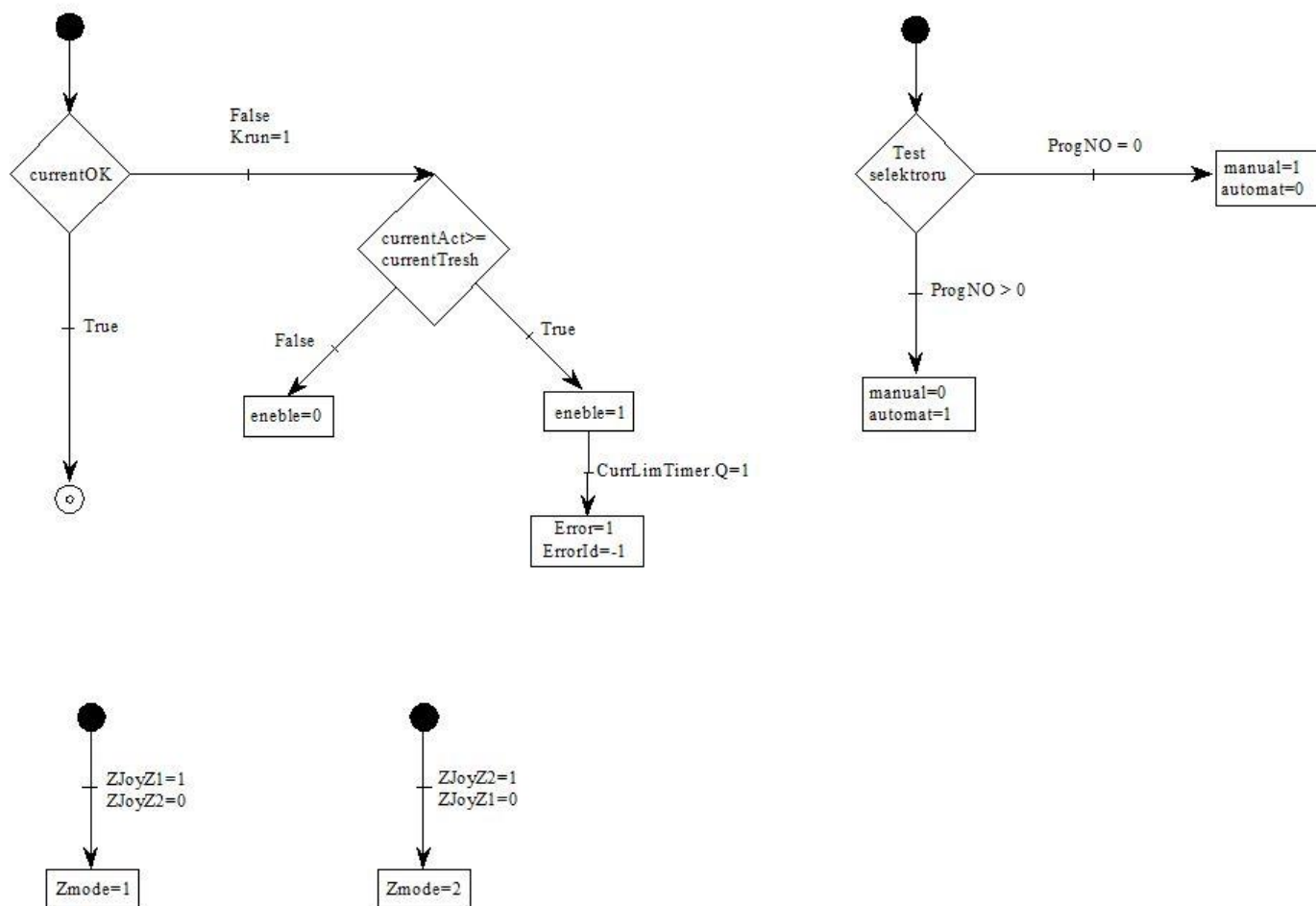
```

gStroj.HW.OutOSY.22up:=FALSE
  
```



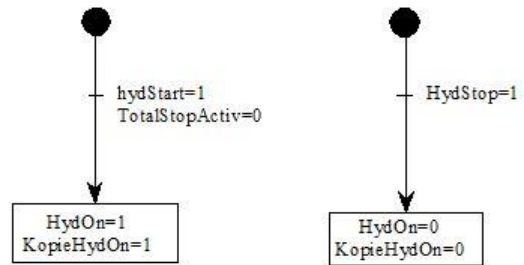
# Manuální režim

Manuální režim

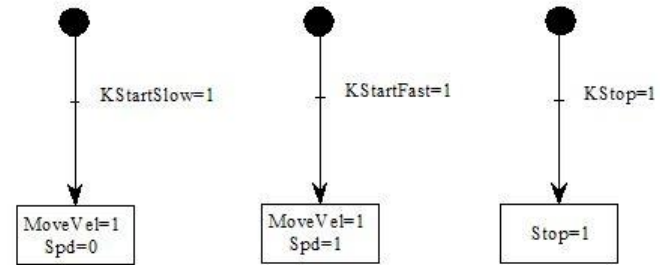


### Manuální režim

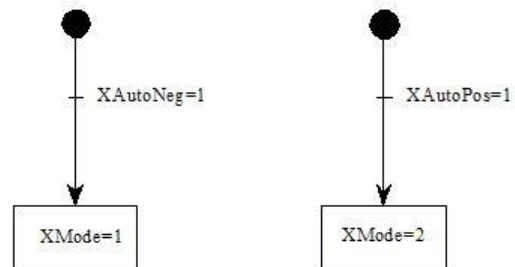
#### Hydraulická centrála



#### Zapnutí a vypnutí kotouče

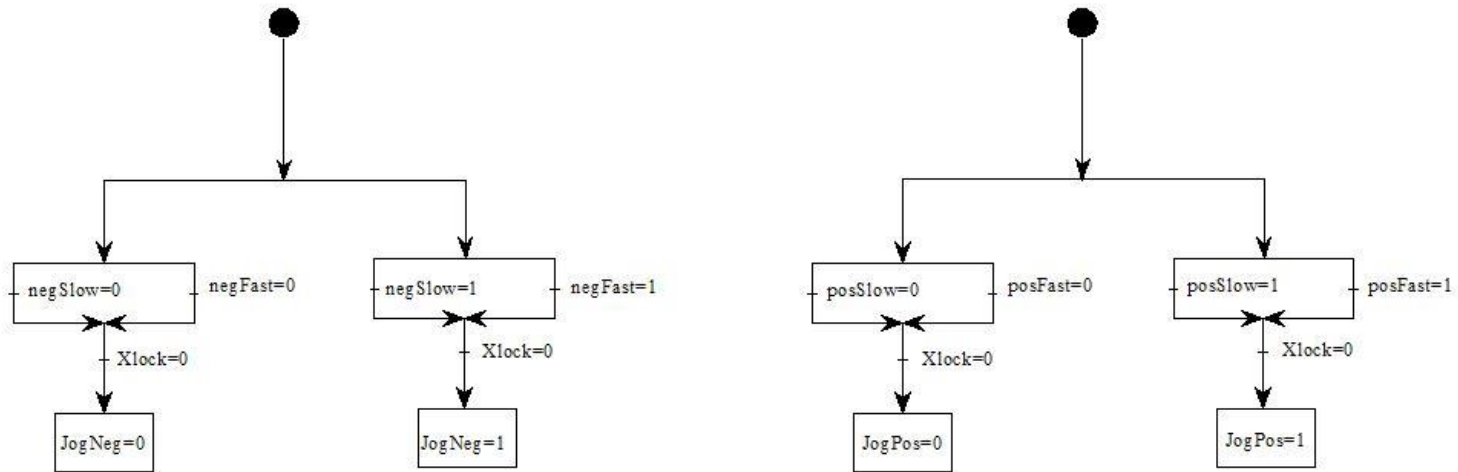


#### Určení směru pohybu osy X

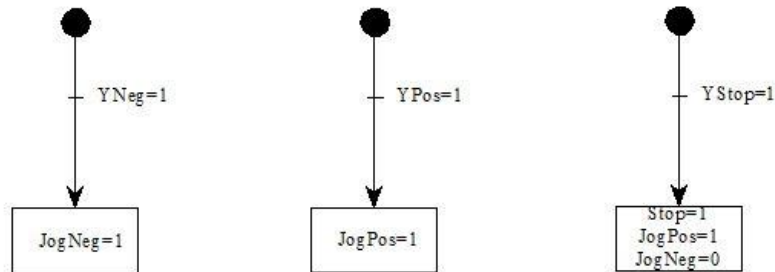


Manualni rezim

Joystick Osa X

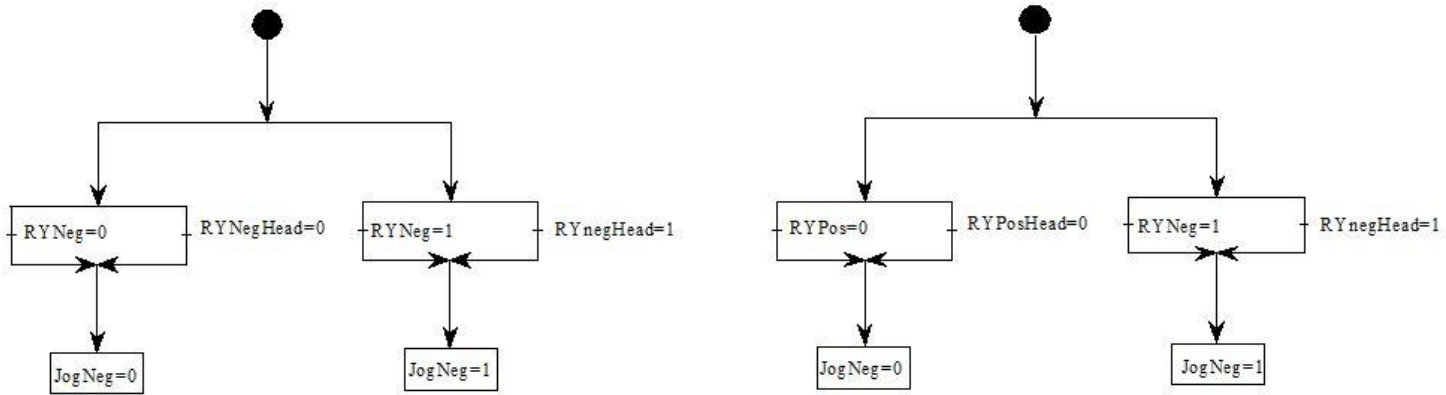


Joystick Osa Y



Manualni rezim

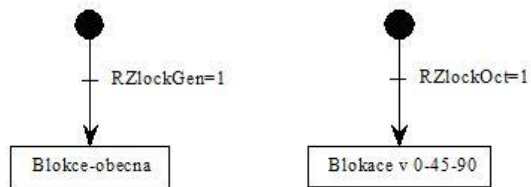
Osa RY



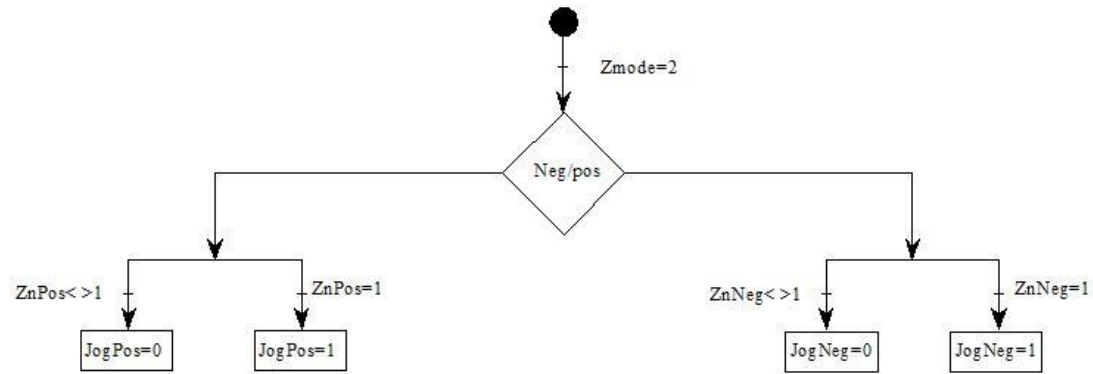
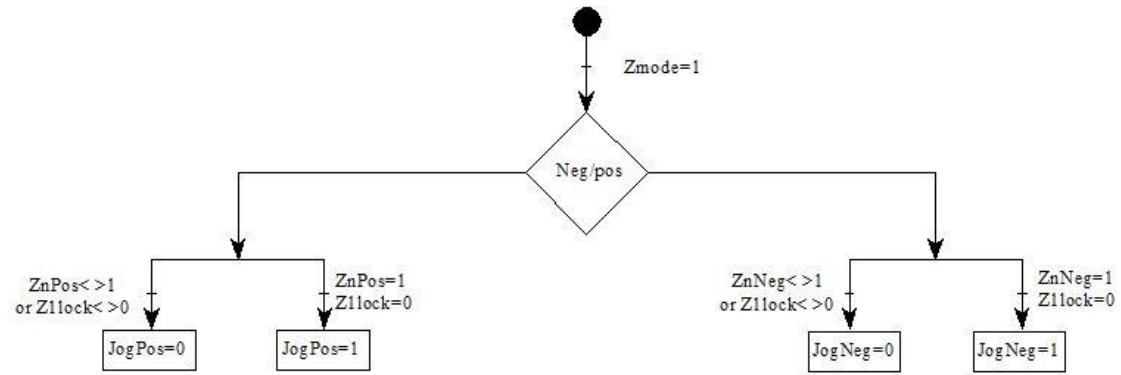
Osa RZ



Blokace a odblokace osy RZ

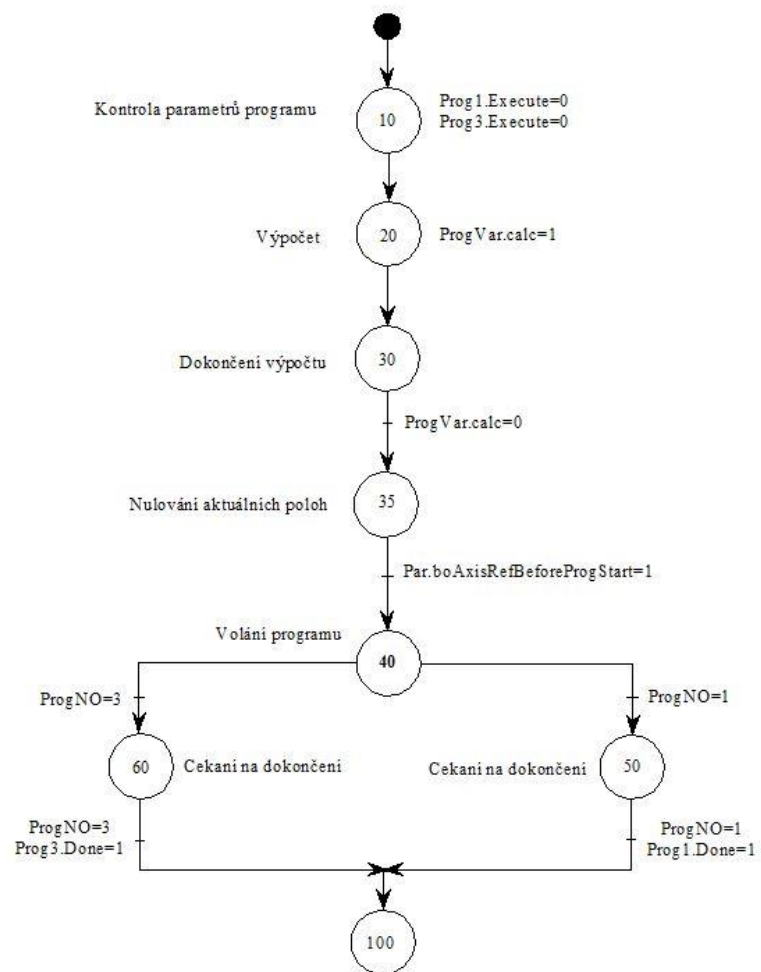


### Manualni rezim

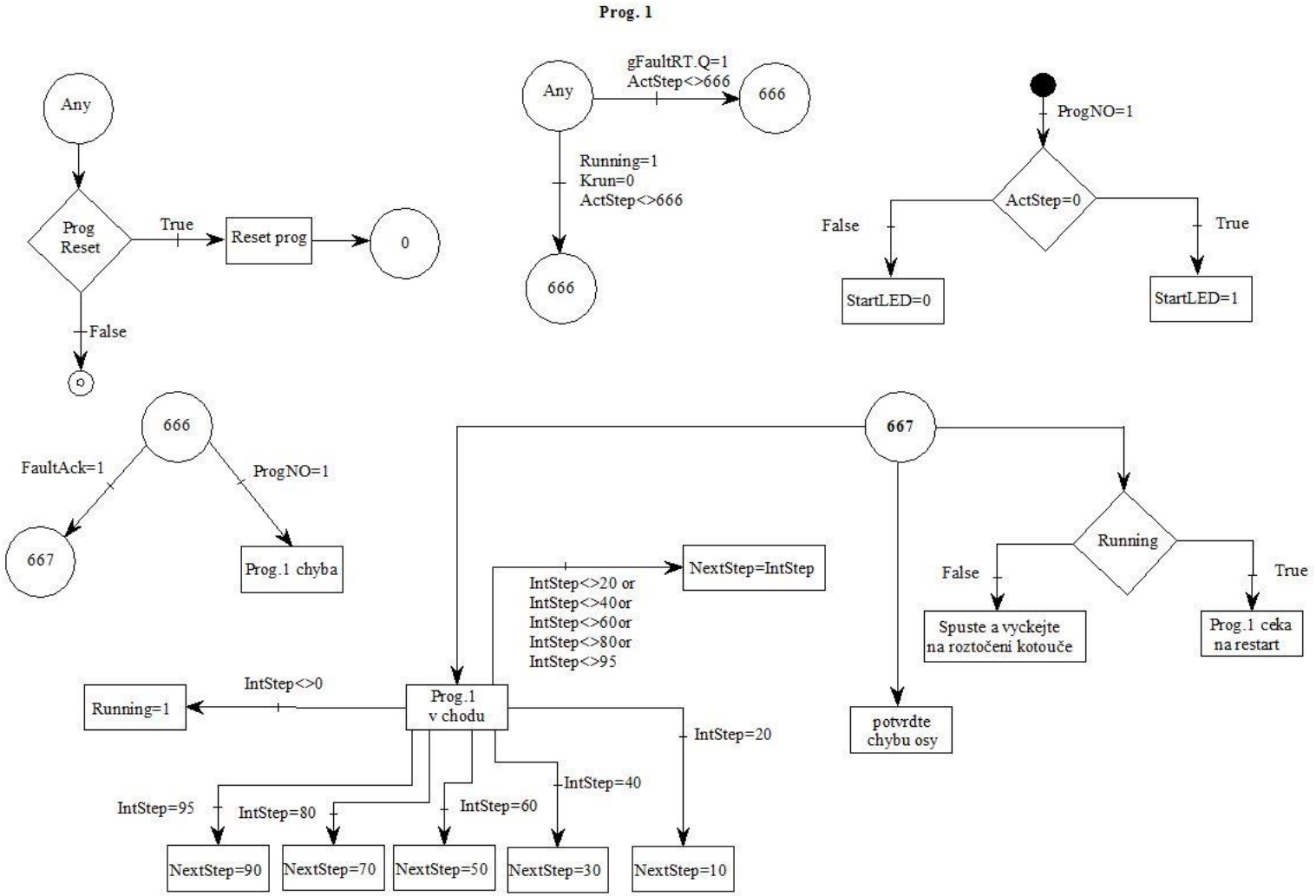


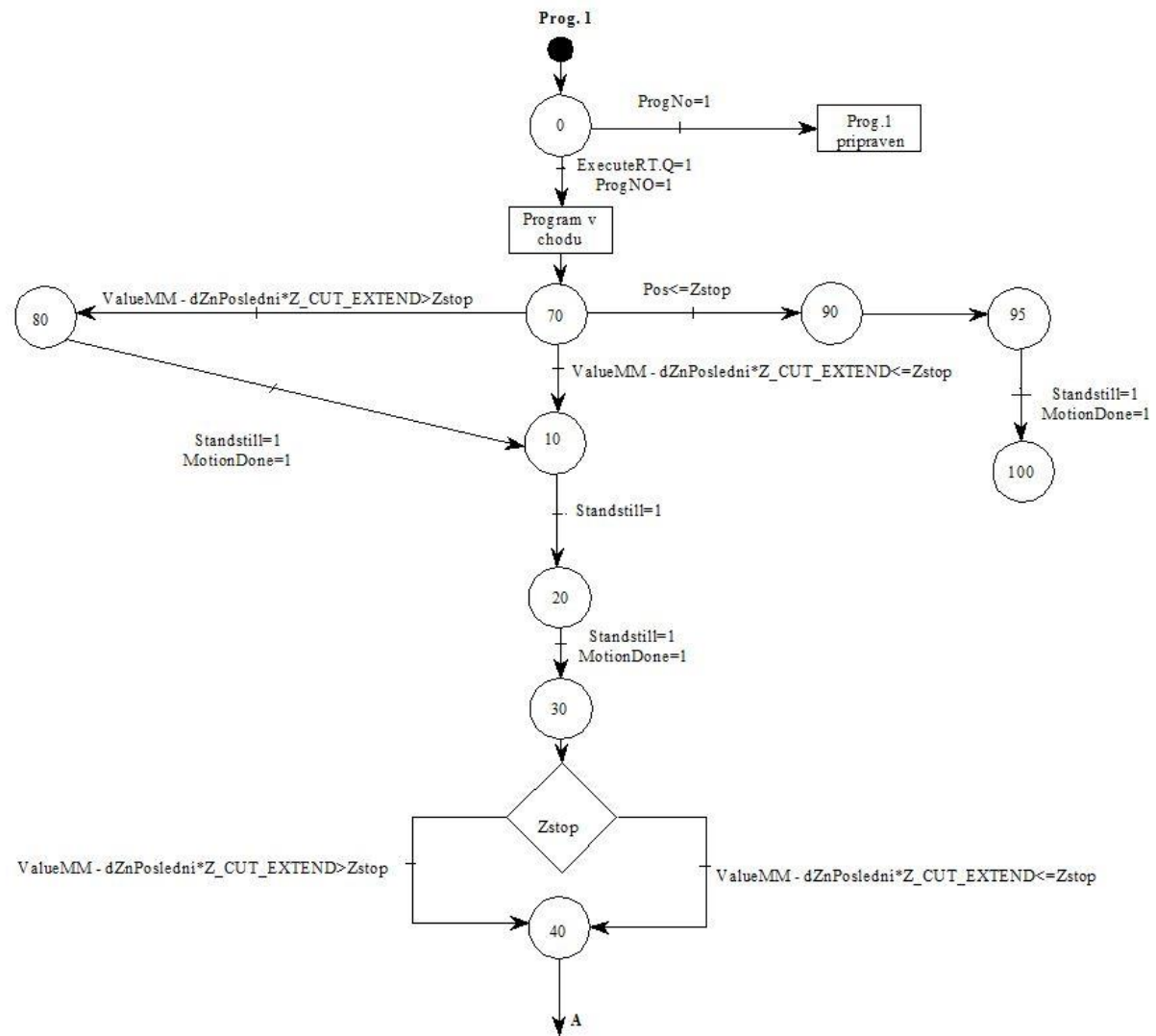


### Manuální režim

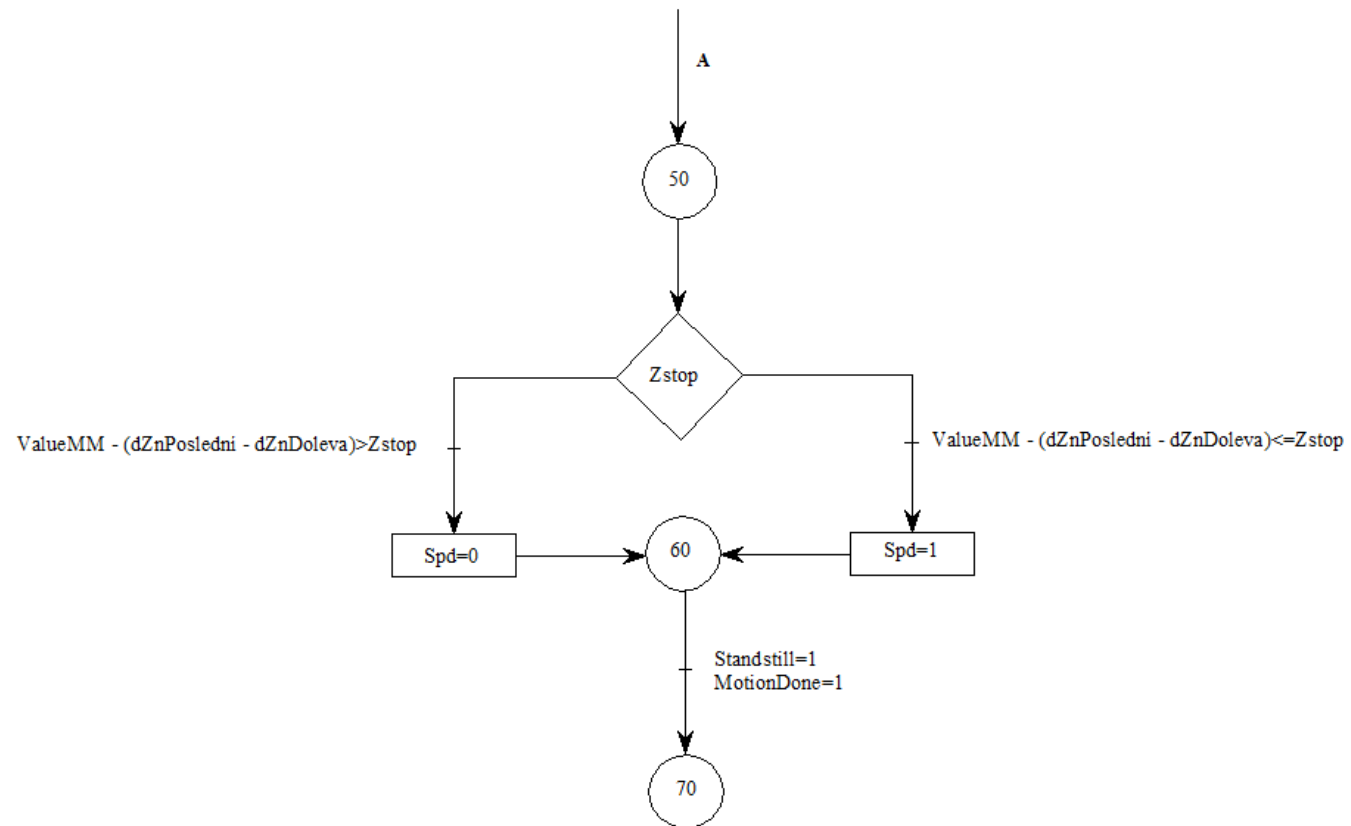


# Program číslo 1





Prog. 1



# Program číslo 3

