

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava



AUTOMATION STUDIO

učební opora předmětu ''Pneumatická zařízení strojů''

Lukáš Dvořák

Miloslav Žáček

Určeno pro projekt:

 Název: Inovace studijních programů strojních oborů jako odezva na kvalitativní požadavky průmyslu
 Číslo: CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414 Operační program Rozvoj lidských zdrojů, Opatření 3.2
 Realizace: VŠB – Technická univerzita Ostrava
 Projekt je spolufinancován z prostředků ESF a státního rozpočtu ČR

Ostrava 2008

Obsah

1 Automation Studio – popis programu
1.1 Spuštění programu2
1.2 Knihovny prvků (Library Explorer)
1.3 Project Explorer
1.4 Lišta menu4
2 Vytvoření obvodového schématu5
3 Plotter
4 Příklady z pneumatiky16
Příklad 1: Pneumatický obvod – základní prvky17
Příklad 2: Pneumatický obvod – taktovací řetězec21
Příklad 3: Elektropneumatický obvod – řízení pomocí releové techniky
Příklad 4: Elektropneumatický obvod – řízení pomocí programovatelného automatu 28
5 Sequential Function Chart (GRAFCET)
6 Příklad z hydrauliky
6.1 Výpočty a dimenzování hydraulických prvků
7 Výpočty a dimenzování pneumatických prvků46
8 Závěr

1 Automation Studio – popis programu

Automation Studio je modulární kreslící a simulační program sloužící pro návrh a kontrolu (animaci) obvodových schémat hydraulických, pneumatických, elektrotechnických a automatizačních.

Automation Studio vychází vývojově z programu PneuSim Pro, který je rovněž od firmy FAMIC Technologies Inc. z Kanady. Automation Studio verze 5.3 obsahuje kromě standardního workshopu (hydraulika, pneumatika, elektrické řízení, digitální elektronika, Ladder diagramy) rovněž workshop Sequential Function Chart (SFC) a workshop ELEKTROTECHNIK. Pro grafický programovací jazyk SFC se nejčastěji používá označení GRAFCET z francouzského označení "Graphe Functionnel de Connexion Etapes Transitions".

1.1 Spuštění programu

Před spuštěním programu je nutno připojit k PC hardwarový klíč ve tvaru modré klíčenky do USB portu. Spuštění se provede z plochy ikonou **Automation Studio 5.3**. Po spuštění se zobrazí hlavní okno s prázdným výkresem Diagram Editoru, vlevo je knihovna – *Library Explorer*, vpravo *Project Explorer*, na okrajích pak pracovní lišty.



Obr. 1.1 Hlavní okno Automation Studio

1.2 Knihovny prvků (Library Explorer)

Knihovna obsahuje bloky Hydraulic, Proportional Hydraulic, Pneumatic, Electrical Control (2 verze), Digital Electronic, Ladder (3 verze), a další. Knihovna bloku Pneumatika obsahuje prakticky obdobnou prvkovou náplň jako PneuSim Pro. Pod Accumulators jsou vzdušníky, ve Flow Lines and Connections jsou zdroje, výfuk, spojky, tlumič hluku, schází volba čáry pro propojovací potrubí Pilot Line a Pressure Line, poněvadž propojování prvků se provádí jiným způsobem - viz dále. V Actuators se nacházejí válce, rotační a kyvné pneumomotory. Přísavka, ejektor a rovněž měch se překvapivě nalézají pod Actuators/ Vaccum Cylinders. Rozváděče jsou v Directional Valves a jejich konfigurace se provádí pomocí Builder v Component Properties - viz dále. Knihovna Flow Controls obsahuje škrticí ventily, jednosměrné ventily a jejich kombinaci a dále ventily uzavírací a ventily s logickou funkcí AND a OR. Knihovna Pressure Controls obsahuje širokou nabídku pojistných a redukčních ventilů včetně jednotky pro úpravu vzduchu. Jak již vyplývá z názvu, v knihovně Sensors je široká nabídka mechanických i bezdotykových spínačů polohy, jejich referenční značky, značka mechanického kontaktu (kulisy) a tlakové a průtokové spínače. Podivně pracují taktovací řetězce v Sequencers. Pro tvorbu programu s taktovacím řetězcem Quickstepper (který je k dispozici v laboratoři) proto doporučujeme použít raději program PneuSim Pro. Příslušenství pro úpravu stlačeného vzduchu se nalézá ve Fluid Conditioning. Měřidla jsou v Measuring Instruments, v Symbols with Cross – Section View se nacházejí prvky, u nichž lze při spuštěné simulaci na ně kliknout pravým tlačítkem a po volbě Animation z kontextového menu se zobrazí prvek v řezu v činnosti. Pro tvorbu liniových schémat se v Evropě používá zásadně Electrical Control (IEC Standard) a pro programy v jazyce příčkového diagramu se pak použije Ladder (IEC Standard).

Další oddíl knihovny *Electrotechnical IEC* nelze v prostředí Diagram Editoru použít. Značky z tohoto oddílu lze přetáhnout pouze do elektrotechnického diagramu (Elektrotechnical).

1.3 Project Explorer

Project Explorer spravuje otevřený projekt. V jeho okně se zobrazí názvy všech dokumentů, které projekt obsahuje. Může to být několik diagramů, elektrotechnický diagram, SFC nebo kusovník (*Report*). Z exploreru lze jednotlivé dokumenty zobrazit, vybrat pro kopírování, přejmenování, exportování, tisk atd.

1.4 Lišta menu

Pod *File* nalezneme následující příkazy viz obr. 1.2: Kromě běžných "Nový projekt", "Otevřít projekt", "Zavřít projekt", "Uložit projekt" je zde *New*. Tento příkaz umožňuje vytvořit následující nové

dokumenty viz obr. 1.3:

Diagram	
Electrotechnical	⊁
Sequential Function Chart	
Report	
Web page	
Other Document	
Folder	



New Project	Ctrl+N
Open Project	Ctrl+O
Close Project	
New	
Save Template As	
Save Project	Ctrl+S
Save Project As	
Import	
Export	
Project Properties	
Print Preview	
Print	Ctrl+P
Send To	
1	
2	
3	
4	
5	
Exit	Alt+F4

obr. 1.2 Menu File

Tedy nový diagram, elektrotechnický diagram, sekvenční funkční diagram (SFC), kusovník (*Report*) nebo jiný dokument. Projekty se ukládají ve formátu * . *pr5* (na rozdíl od PneuSimu Pro, kde je * . *pro*).

V menu *Edit* je kromě běžných "Vyjmout", "Kopírovat", "Vložit", "Odstranit" atd. taky *Component Properties* a *Document Properties*. O těchto příkazech bude pojednáno dále.

V menu Wiew jsou běžné příkazy týkající se zoomu. Dále pak zaškrtnutí Contact Points znázorní body mechanického kontaktu prvků (mechanické konektory), zaškrtnutí Conection Ports znázorní připojovací body (konektory) na potrubí, Conection Ports Names pak číselně označí jednotlivé přívody prvku, zaškrtnutí Component Snap způsobí přichycení prvku k mřížce a Grid Properties nastavuje vlastnosti mřížky. Zoom lze měnit rovněž z lišty.



V menu *Insert* lze do diagramu vložit geometrické prvky, text, obrázek nebo seznam prvků (*Bill of Materials*). Vložení lze provést rovněž pomocí ikony z lišty.



V menu *Layout* lze vybrané prvky otáčet, zrcadlit, seskupit nebo oddělit. Totéž lze provést rovněž z lišty



V menu *Simulation* se spouští a zastavuje simulace obvodu a to normálně, krok po kroku nebo pomalu a zároveň je nutno zaškrtnout, zda se bude simulovat celý projekt, dokument nebo výběr.

Totéž lze provést z lišty. Lišta obsahuje navíc ikonu Plotter, o němž bude pojednáno později, kap. 3.



V menu *Tools* příkaz *Verify Connection* otevře okno *Messages*, kde zobrazí zprávu o chybách – *Errors* a o počtu nezapojených konektorů – *free connectors*. Příkaz *Options* otevírá okno, v němž se nastavují vlastnosti všech komponent softwaru Automation Studio.

V menu *Window* příkaz *New Wiew* otevře nové okno, v němž je další zobrazení aktuálního diagramu. Příkaz *Close All Windows* umožní zavření všech oken aktuálního projektu. Důležitý je příkaz *Display*, který otevírá násladující podmenu:

Toolbars	F6
Messages	F7
 Project Explorer 	F8
 Library Explorer 	F9
Plotter	F10
Status Bar	F11
Variable Manager	F12

obr. 1.4 Podmenu Display

V *Toolbars* lze zapnout a vypnout jednotlivé pracovní lišty. *Messages* zobrazí okno zprávy. *Library Explorer* a *Projekt Explorer* (spouštějí příslušné explorery). *Plotter* otevírá okno plotru stejně jako ikonou z lišty *Simulation*. Využití plotru – viz dále v kap.3. *Status Bar* zapíná stavový řádek a *Variable Manager* otevírá okno na obr. 1.5.

Filter:		Update	New Va	riable	Modify Variable	Delete Variable	e OPC Links	
Tag Name	Value	Type 🔺	Internal ID	Addre	ss Descrip	otion Doc	ument Read Link	Write Link
ACTIVE_SIMULATION	N FALSE	Boolean						
TRST_CYCLE_SIM	FALSE	Boolean						
		1						
Help	Close							

obr. 1.5 Okno Variable Manager

To umožňuje vložit nové proměnné, stávající pak aktualizovat, měnit nebo smazat.

2 Vytvoření obvodového schématu

Způsob práce je shodný s obdobnými kreslicími a simulačními programy, tzn. že značky prvků se myší přetahují z knihovny na plochu Diagram Editoru. Přetáhneme-li z knihovny *Actuators* na plochu diagramu válec (**pneumomotor**), pak na něj klikneme pravým tlačítkem myši, zobrazí se kontextové menu z něhož volíme *Component Properties*. Zobrazí se okno pro konfiguraci válce, obr.2.1.

Component Properties (D	ouble-Acting 2-Cushion Cylinder)	×
Technical Data Driving Force Curve Resistive Force Curve Builder Variable Assignment Catalog Information Displayed Information Personalized Information Sizing	Basic Data Piston Diameter (D) : 50.00 mm	re
Close	Apply Reset He	lp

obr. 2.1 Okno pro konfiguraci válce

Zvolíme-li v tomto okně Builder zobrazí se další okno :

Component Properties (D	ouble-Acting 2-Cushion Cylinder)	×
Technical Data Driving Force Curve	Cylinder type Input/Output port Se Piston type I Cushion Type 4 Body Length Cushion Type Carriage	nsors
Resistive Force Curve Builder Variable Assignment Catalog Information Displayed Information Personalized Information Sizing		
	Left Spring Spring Adapter Spring Brake Adapter Brake Adapter Brake Rod Motion Rod Diameter (d) 1 Rod Diameter (d) 1 Rod Diameter (d)	Right-
Close	Apply Reset Help	

obr. 2.2 Okno Builder válce

Zde lze volit typ pístu, druh tlumení, zakončení pístnice, druh brzdy, délku značky válce nebo zrušit trojúhelníčky u portů.

Nyní přetáhneme na plochu diagramu hlavní **rozváděč** (*Directional Valves*) a **ventily** škrtící s jednosměrným (*Flow Controls*).



obr. 2.3 Kreslení obvodového schématu

Na obr. 2.3 vidíme, že nezapojené konektory jsou červené. Když na nezapojený konektor najedeme kurzorem a táhneme na jiný konektor, znázorní se čára – **potrubní propojení**. Propojené konektory změní barvu na černou. Dvojklikem na rozváděči nebo výběrem *Component Properties* se zobrazí okno pro **konfiguraci rozváděče**, obr. 2.4.

Component Properties (5/	/2 bistabil pneu ovl)
⊷⊾⊒₽	Global Settings Number of ports: 5 2 Initial Position Number of positions: 2 Proportional
	Symbol and Display Information
Catalog Information Displayed Information Variable Assignment Builder	
Close	Apply Reset Help

Obr. 2.4 Okno Builder rozváděče

V tomto okně lze měnit počet přívodu, počet poloh a po dvojkliku na příslušnou polohu se otevře další okno *Spool Selection*, obr.2.5, ve kterém lze dvojklikem vybrat konfiguraci zapojení.

S	pool Select	ion							×
				Ţ.	\mathbf{N}	L		$\boldsymbol{\Sigma}$	
	, ,								
		OK	Cancel	He	q		More		

obr. 2.5 Okno Spool Selection

Při dvojkliku na otazník v okně *Builder* rozváděče se zobrazí jiné okno *Command Selection*, v němž lze zvolit druh ovládání rozváděče, obr. 2.6.

Co	mmand Selection				×
	Double Internal Pneumatic Pilot	Internal Hydraulic Pilot	Solenoid	⊏∎ ⊙ Roller	Push Button
	Internal Pneumatic Pilot	Internal Hydraulic Pilot	Solenoid	─── Plunger	Push Button
	Internal Pneumatic Pilot	Internal Hydraulic Pilot	Solenoid	Variable Plunger	CCC Push Button
	Internal Pneumatic Pilot	Internal Hydraulic Pilot	[]] Solenoid (2-way)	Roller (1 way)	드드 Push Button
	Timer pilot	Internal Hydraulic Pilot	⊡ Solenoid (2-way)	Roller (2 way)	CIII Button
		OK	Cancel	Help	_

obr. 2.6 Okno Command Selection

Při práci s **koncovými spínači** je oproti PneuSimu Pro řada odlišnosti. Do koncové polohy pístnice zatáhneme z knihovny *Sensors* značku *Sensor Ref. (bi- directional)*. Ihned se objeví okno *Modify Variable* obr. 2.7.

Modify ¥ariable		×
Tag Name		
1		
Value		
FALSE		
Hexadecimal	Binary	
Address		
Description		
1	<u> </u>	
OK	Cancel	Help

obr. 2.7 Okno Modify Variable

Do *Tag Name* vypíšeme označení prvku. Poněvadž označení prvku v *Tag Name* nesnáší tečku, není možné obvyklé označení (zde 1.3). Tečku lze nahradit pomlčkou. Po označení se značka senzoru umístí přesně do koncové polohy pístnice (mechanický konektor na mechanický konektor) viz obr. 2.8.



obr. 2.8 Umístění Sensor Ref. (bi-directional) v diagramu

Vysunutí pístnice pro umístění senzoru se provede obdobně jako v PneuSimu Pro. Tzn. v *Component Propperties/Technical Data* se vyplní do políčka *Extension (%)* 100. Aby byla možná simulace obvodu, je nutno ke značce rozváděče ovládaného kladkou zatáhnout z knihovny *Sensors* kulisu (*Mechanical Contact*), obr. 2.9. Značku je třeba otočit vlevo.



obr. 2.9 Umístění Mechanical Contact

U značky se jako označení objeví otazník a proto je nutno provést propojení *Sensor Ref. (bi- directional)* a *Mechanical Contact*. To se provede tak, že se u *Mechanical Contact* v *Component Propperties/Variable Assignment* vybere v *Internal Links* položka 1-3 a pak je nutno kliknout na tlačítko *Link*, viz obr. 2.10. Položka 1-3 se objeví nyní místo otazníku v *Component Variables*. Také ve schématu v diagramu se u *Mechanical Contact* objeví místo otazníku označení 1-3. Propojení prvků je zřejmé z toho, že jejich označení se zobrazí modře a podtrženě viz obr. 2.11.

Component Properties (Mo	echanical Contact)				
	Component Variables -	Mo	dify		
	Tag Name Address 1-3 1	Internal ID R/W	Type Do Boolean Diag	pocument Description gram1	on Value
Catalog Information			,		
Displayed Information	Internal Links				
Variable Assignment	Delete All Links		Link	Read	C Write
	Tag Name 🛆 Addre	ss Internal ID	Туре	Document	Description
	1-3	1-1S1	Boolean	Diagram1	
	External Links	OP	C Links		
Close	Apply	F	leset		Help

obr. 2.10 Propojení tlačítkem Link

Chceme-li zachovat **obvyklé značení**, je nutno v *Component Properties/Displayed Information* zrušit zaškrtnutí u *Tag Name* a naopak zaškrtnout např. *Comment* a vyplnit **1.3** viz obr. 2.12. Jiná možnost je využít vložení textu z menu *Insert/Text* nebo ikonou z pravé lišty. Poněkud obtížnější je zajistit simulaci u obvodu, v němž jsou použity **rozváděče s kladkou a s kloubem**, které vydávají signál pouze v jednom směru pohybu pístnice. Na obr. 2.13 je příklad takového obvodu s rozváděči aktivujícími se při vysouvání i při zasouvání pístnice.



obr. 2.11 Sensor Ref. (bi-directional) a Mechanical Contact po propojení

Catalog Information Displayed Information Variable Assignment	Information Installation Number Circuit Number Tag Name Item Identifier Internal ID Component Name Part Number Catalog Description Manufacturer Inventory Number Comment X Location Y Location	: 1 : 1 : 1-3 : : 1-1S2 : Mechanical Contact : : : : 1.3 : 5 : 6	
Close	Apply	Reset	Help

obr. 2.12 Možnost změny značení kulisy označením 1.3



obr. 2.13 Vzor použití jednosměrných senzorů a kladek s kloubem

Z knihovny Sensors přetáhneme **jednosměrný senzor** – Sensor Ref. (unidirectional). Je to senzor reagující na pohyb vpravo, tedy vysouvání pístnice. Potřebujeme-li senzor pro pohyb vlevo tj. pro zasouvání pístnice, musíme si ho po přetažení z knihovny patřičně natočit. Pro funkčnost simulace je však důležité správně nakonfigurovat rozváděč. V PneuSimu Pro to bylo snadnější, neboť kladka s kloubem byla označena v knihovně Unidirectional Roller (*right*) nebo Unidirectional Roller (left). V Automation Studio jsou kladky označeny pouze Roller (1 way) a Roller (2 way). Pro směr **vpravo** volíme 2 way (kladka "zlomená" nahoru), pro směr **vlevo** volíme 1 way (kladka "zlomená" dolů). Rovněž důležité je nastavení kulis (Mechanical Contact). Kulisa se musí dotýkat kladky přesně na okraji a musí na ni najíždět proti směru zlomu. Pro úpravu polohy kulisy je nutno použít jak otáčení tak i zrcadlení. Propojení (Link) Sensor Ref. (unidirectional) a Mechanical Contact se provádí stejně jako u obousměrného senzoru viz obr. 2.10. Jako vzor použití jednosměrných senzorů a kladek s kloubem ve schématu slouží právě obr. 2.13. Obraz je pořízen při simulaci, pístnice se vysunuje a kulisa 1-3 je právě aktivována tzn. posunula se směrem dolů a stlačila kladku 2 way. Rozváděč je otevřen, indikátor tlaku je aktivován.

Při simulaci lze u prvků, které jsou zobrazeny ve schématu červeně vyvolat **animaci skutečného prvku v řezu**. To lze provést, když pravým tlačítkem klikneme na značce prvku a v kontextovém menu vybereme *Animation*. Na obr. 2.14 je vyvolána animace jednosměrného ventilu.



obr. 2.14 Animace prvku v řezu

3 Plotter

Plotter umožňuje u daného obvodu vytvořit křivky průběhu vybraných parametrů v závislosti na čase v průběhu simulace obvodu. Jak již bylo dříve popsáno otevře se z lišty *Simulation* ikonou *Plotter*.

Na ploše Diagram Editoru vybereme požadovaný prvek a zatáhneme jej do okna Plotteru. Ihned se objeví okno pro volbu vykreslované křivky. Po zaškrtnutí veličin, jejichž vykreslení požadujeme, uzavřeme tlačítkem OK. Maximální počet současně vykreslovaných křivek je 5. Na obr. 3.1 je znázorněno zatažení válce do okna *Plotter*u a zobrazení okna *Plots Selection* s veličinami, které lze vybrat zaškrtnutím k vykreslení křivky. Plotter přiřazuje automaticky ke každé křivce :

- Stupnice: maximální a minimální hodnoty (Scale min., Scale max.)
- Barvu křivky (*Colour*)
- Jednotky (*Current unit*)
- Velikost časového intervalu zobrazeného v okně Plotteru (*Time scale*)



Obr. 3.1 Zatažení válce do okna Plotteru a okno pro volbu křivky Plots Selection

Vykreslování se děje po startu simulace obvodu. Je-li doba simulace delší než je velikost zobrazeného časového intervalu, dochází k posunu vykreslování na časové ose.



obr. 3.2 Příklad vykreslení křivek průběhů tří veličin

Na obr. 3.2 je znázorněn průběh veličin v obvodu s pneumatickým tlakovým relé známým jako "tlakové řízení". Při simulaci obvodu byl zachycen časový průběh výstupního tlaku z pojistného ventilu (*Output Pressure*) znázorněný červeně se stupnicí od 0 do 7 bar, tlaku na pístové straně válce (*Piston Side Pressure*) znázorněný zeleně se stupnicí od 0 do 7 bar a polohy pístnice (*Linear Position*) znázorněný modře se stupnicí od 0 do 30 cm. Zobrazený časový interval (*Time scale*) činí 4s. Barvy křivek a minimální i maximální hodnoty stupnic lze měnit. Průběh veličin lze exportovat v tabelární formě do souboru *.txt.

4 Příklady z pneumatiky

V této části bude uvedeno několik příkladů sestavení obvodů a postup práce v Automation studio. Budou zde uvedeny tři příklady z pneumatiky a elektropneumaticky. U všech uvedených příkladů se jedná o stejnou úlohu, která je řešena několika způsoby. Nejprve je sekvence řízení dvou přímočarých pneumomotorů A+; A-; B+; B- řešena pneumaticky pomocí základních prvků, poté pneumaticky pomocí taktovacího řetězce (*Sequencer*) a následně je řízení realizováno elektricky pomocí relé.

Příklad 1: Pneumatický obvod – základní prvky

Navrhněte pneumatický obvod zařízení pracujícího dle zadaného krokového diagramu. Rychlost pohybu pneumomotoru 1.0 má být v obou směrech řízena pomocí škrticích ventilů. Pneumomotor 2.0 se má vysunout zvýšenou rychlostí, je tedy třeba použít rychloodvětrávací ventil. Řízení sledu jednotlivých pohybů realizujte pomocí základních prvků.



a diagram ovládání

kladky s kloubem

Na obr. 4.1 je uveden zadaný krokový diagram s řídicími signály a diagram ovládacích signálů jednotlivých koncových spínačů. Ze signálních diagramů je zřejmé, že dochází ke kolizi signálů koncových spínačů 2.2 a 2.3, které řídí pohyb pneumomotoru 2.0. Proto nelze použít dva koncové spínače s pevnou kladkou. Je třeba, aby byl koncový spínač 2.2 ovládán jednosměrnou (sklopnou) kladkou je směru zasouvání pístnice pneumomotoru 1.0. Tím se zkrátí řídicí signál pouze na krátký impuls, jak je patrné z obr. 4.2.

Nyní můžeme přikročit k samotné tvorbě pneumatického obvodu, jehož finální podoba je uvedena níže na obr. 4.7. Otevřeme knihovnu *Pneumatic*, dále Actuators a Double-Acting Cylinders, vyhledáme vhodný pneumomotor a vložíme jej na pracovní plochu, obr. 4.3. Po kliknutí pravým tlačítkem na pneumomotor a zvolení Component properties (nebo též dvojím kliknutím levým tlačítkem), můžeme upravit technická data (průměr, zdvih atd.) a upravit, či doplnit značku, např. doplnit tlumení, brzdu pístnice atd. Tyto úpravy byly dříve popsány v kap. 2, str.6.



obr. 4.3 Volba pneumomotoru

obr. 4.4 Volba rozváděče

Vhodný rozváděč pro řízení směru pohybu pneumomotoru zvolíme z knihovny *Directional Valves*, obr. 4.4. V tomto případě se jedná o **rozváděč 5/2** z nabídky *5/2-Way Valves*. Pokud knihovna neobsahuje přesně požadovanou značku rozváděče, pak zvolíme kteroukoliv, umístíme ji do pracovního okna a poklikáním vyvoláme nabídku *Component properties/Builder*, kde je možno značku upravit. Lze zde zvolit počet poloh rozváděče, počet cest, jejich propojení a způsob ovládání rozváděče. Toto bylo rovněž popsáno v kap. 2, str.8.

Z nabídky 3/2-Way NC Valves vložíme na pracovní plochu 3/2 rozváděč ovládaný mechanicky tlačítkem (startovací tlačítko pro spuštění sekvence). Vzhledem k tomu, že nabídka neobsahuje rozváděče s ovládáním pomocí kladky (Roller), je třeba upravit některý jiný pomocí Component Properties/Builder. Obvod bude rovněž obsahovat jeden 3/2 rozváděč ovládaný kladkou s kloubem (Roller (2 way)), který získáme stejným způsobem. Veškeré tyto rozváděče umístíme do spodní části pracovního okna. Pro správnou funkci je dále třeba k pístnici umístit symboly spínacích členů z knihovny Sensors. Postupně vložíme tři značky Sensor Ref. (bi-directional) a jednu Sensor Ref. (unidirectional) a po každém vložení vepíšeme do Tag Name příslušné číslo senzoru. Postup umisťování senzorů byl již

popsán v kap. 2, str. 10. Protože *Sensor Ref. (unidirectional)* má působit při zasouvání pístnice je třeba jej ozrcadlit. To lze provést dvěma způsoby. Označíme senzor kliknutím levým tlačítkem a v nástrojové liště zadáme *Vertical flip*, nebo na senzor klikneme pravým tlačítkem a z nabídky *Transformation* zvolíme opět *Vertical flip*. Senzor potom umístíme mírně před koncovou polohu.

Aby byla možná simulace obvodu, je nutno ke značce rozváděče ovládaného kladkou vložit z knihovny *Sensors* příslušnou **kulisu** (*Mechanical Contact*). Kulisu je třeba otočit a přiřadit jí správné číslo. To provedeme po dvojkliku levým tlačítkem myši v nabídce *Component Properties* jak již bylo popsáno v kap. 2, str. 11.



obr. 4.5 Výběr prvku z knihovny Sensors

obr. 4.6 Knihovna Flow Controls

Pro správnou funkci dle zadání je třeba vložit do obvodu ještě další prvky. Z knihovny *Flow Controls / Trottle Valves* vložíme **jednosměrné škrticí ventily** (*Variable Non Return*) a z knihovny *Flow Controls / Other Valves* vložíme třícestný jednosměrný ventil s funkcí **AND** (*AND Valve*) a **rychloodvětrávací ventil** (*Quick Exhaust Valve*).

Nyní propojíme jednotlivé konektory prvků. Pro **rozlišení tlakových a řídicích vedení** použijeme jiný styl čáry. Standardně je nastaveno, že jsou prvky propojovány plnou čarou. Pro změnu na čárkovanou čáru (řídicí vedení) klikneme na příslušnou čáru pravým tlačítkem a zvolíme *Pilot Line*.

Z knihovny *Flow Lines and Conections* doplníme značky zdroje stlačeného vzduchu *Pneumatic Pressure Source* a značky výstupu vzduchu do atmosféry *Exhaust*, případně použijeme značky tlumičů hluku (*Silencer*). Pozor, všechny konektory musí být zapojeny (včetně výstupů do atmosféry). Pokud tomu tak není, po kliknutí na tlačítko pro spuštění simulace program zahlásí chybu a upozorní na to, který prvek není zapojen.

Nyní je obvod hotov a je možno spustit simulaci. Lze zvolit několik režimů simulace. Normální simulaci spustíme zeleným tlačítkem na nástrojové liště, nebo příkazem v nabídce *Simulation / Normal Simulation*, dále je možno zvolit simulaci po krocích (*Step by step simulation*), nebo pomalou (*Slow motion simulation*). V každém z režimů je potom třeba kliknout na ovládací symbol rozváděče 1.4 (při najetí na ovládací symbol změní kurzor svoji podobu z šipky na ruku). Návrat ze simulace do pracovního prostředí se provádí přerušením simulace – červené tlačítko *Stop the simulation*. Pokud se při simulaci objeví problémy (obvod nepracuje přesně dle požadavků, nebo nedojde k některému z požadovaných pohybů), je vhodné překontrolovat správné umístění kulis (*Mechanical Contact*) vůči kladkám rozváděčů. Jejich nepřesné umístění bývá častou chybou.



obr. 4.7 Pneumatický obvod – řízení pomocí základních prvků

Příklad 2: Pneumatický obvod – taktovací řetězec

Navrhněte pneumatický obvod zařízení pracujícího dle zadaného krokového diagramu. Rychlost pohybu pneumomotoru 1.0 má být v obou směrech řízena pomocí škrticích ventilů. Pneumomotor 2.0 se má vysunout zvýšenou rychlostí, je tedy třeba použít rychloodvětrávací ventil. Řízení sledu jednotlivých pohybů řešte pomocí taktovacího řetězce.



obr. 4.8 Krokový diagram

V tomto případě je třeba do pracovního okna vložit stejné prvky jako v případě předchozím. Navíc je zde taktovací řetězec, který řídí požadovanou sekvenci pohybů. **Taktovací řetězce** (sekvencery) se vyznačují tím, že je aktivní vždy pouze jeden výstup odpovídající danému kroku (aktivnímu modulu) nezávisle na tom, kolik jeho vstupů je aktivních. I z tohoto plyne druhý rozdíl oproti minulému příkladu. Zde je možno použít všechny koncové spínače s pevnou kladkou, protože taktovací řetězec nežádoucí signály zablokuje.

Do pracovního okna tedy, jak již bylo uvedeno, vložíme stejné prvky, upravíme, umístíme je a označíme jako v předchozím příkladě. Z knihovny *Sequencers*, obr. 4.9, navíc vybereme blok *Sequencer* a vložíme jej do pracovního okna.



obr. 4.9 Knihovna Sequencers

Dvojklikem levého tlačítka na prvek spustíme *Component Properties / Builder*. V nabídce *Sequencer Type* lze volit více typů, přičemž základní jsou *Type I* a *Type II*. Rozdíl je ve vnitřním zapojení prvků. Sekvencer *Type I* je uspořádán tak, že jsou vstupy s výstupy propojeny "do úhlopříčky", jak je popsáno níže. **Sekvencer** *Type II* je uspořádán tak, že jednotlivým vstupům odpovídají vždy protilehlé výstupy. Tento typ je fyzicky k dispozici v laboratoři pneumatiky a nese označení Quickstepper. **V Automation studio** ovšem tento sekvencer **nepracuje správně** (vnitřní propojení prvku je odlišné). Proto při tvorbě schématu s tímto typem je vhodnější použít PneuSim Pro, kde je vnitřní zapojení v pořádku.

V Component Properties / Builder je třeba dále zvolit počet jednotek taktovacího řetězce (Number of units), které odpovídají počtu kroků mechanismu. V tomto případě tedy čtyři, obr. 4.10.

Component Properties (Seque	encer Type 3)	1
=1\$7\$\$\$\$- -1\$1\$1\$\$ ⊪1-1Q1	Global Settings Sequencer Type: Type I Number of units: 4 Initial Number: 1	
Builder Variable Assignment		
Catalog Information Displayed Information Personalized Information	Unit Type: AND Unit Temporization:	
Close	Appíy Reset Help	

obr. 4.10 Nastavení taktovacího řetězce

Nyní tedy k funkci **taktovacího řetězce** *Type I*. Již bylo uvedeno, že tento typ pracuje ",do úhlopříčky". Propojení vstupů a výstupů je uvedeno na obr. 4.11. Z obrázku je patrné, že vstupu I1 odpovídá výstup O1 atd., výstup je tedy vždy posunut o jednu pozici doprava. Již bylo uvedeno, že v průběhu cyklu je aktivní vždy pouze jeden výstup na aktivním modulu a veškeré vstupy a výstupy na ostatních modulech jsou blokovány. To musí platit i pro signál startující celou sekvenci. Vstup I5 a výstup O5 proto tvoří jakousi kontrolu, zda byly provedeny všechny kroky a zda je řetězec nastaven do výchozí polohy. Do vstupu I5 tedy přivedeme jeden ze signálů spínačů nutných pro spuštění sekvence (1.2 nebo 1.4) a teprve

z výstupu O5 vedeme signál na logický člen AND, jak je uvedeno na obr. 4.13. Pokud celá sekvence proběhne, ale taktovací řetězec z nějakého důvodu nebude nastaven do výchozí polohy není možno spustit následující cyklus.



4.11 Propojení vstupů a výstupů taktovacího řetězce *Type I*



4.12 Krokový diagram



4.13 Pneumatický obvod – řízení pomocí taktovacího řetězce

Taktovací řetězce lze použít pro řízení daleko složitějších obvodů s více pneumomotory. Jako příklad je na CD přiložen soubor s popisem úlohy se čtyřmi pneumomotory a soubor xxxxxx, který obsahuje projekt zpracovaný v Automation Studio.

Příklad 3: Elektropneumatický obvod – řízení pomocí releové techniky

Navrhněte elektropneumatický obvod zařízení pracujícího dle zadaného krokového diagramu. Rychlost pohybu pneumomotoru 1.0 má být v obou směrech řízena pomocí škrticích ventilů. Pneumomotor 2.0 se má vysunout zvýšenou rychlostí, je tedy třeba použít rychloodvětrávací ventil.



obr. 4.14 krokový diagram

Nejprve vytvoříme pneumatickou část mechanismu. Z knihovny *Pneumatic / Actuators / Double-Acting Cylinders* vložíme na pracovní plochu dva pneumomotory. Otevřeme *Component Properties / Builder* (viz kap. 2) a v nabídce *Piston Type* zvolíme značku pístu s permanentním magnetem. Z knihovny *Flow Controls* vložíme jednosměrné škrticí ventily a rychloodvětrávací ventil. V knihovně Directional Valves vyhledáme monostabilní 5/2 rozváděč ovládaný elektricky, případně jiný a upravíme jej v *Component Properties / Builder* (kap.2). Schéma dále doplníme o zdroje stlačeného vzduchu a výfuky do atmosféry. Hotové schéma je na obr. 4.15 (Pozn. Schéma zatím neobsahuje snímače polohy a u cívek rozváděčů je místo označení Y1 a Y2 zobrazen otazník.)



obr. 4.15 Pneumatická část obvodu

Bezdotykové snímače polohy (*Proximity Sensor*) vložíme z knihovny *Pneumatic / Sensors*. Po vložení snímače na pracovní plochu se zobrazí okno, ve kterém je třeba vyplnit nabídku *Tag Name* (kap.2), tedy název snímače, jak je uvedeno na obr. 4.15.

Pro tvorbu elektrické části mechanismu je třeba přejít do knihovny *Electrical Control* (*IEC Standard*). Ta obsahuje značky elektrických a elektronických prvků dle evropských zvyklostí a norem (IEC – Mezinárodní elektronická komise). Knihovna *Electrical Control* (*JIC Standard*) obsahuje stejné prvky, ovšem značené podle americké normy.

Z knihovny *Power Sources* vložíme na pracovní plochu zdroj napětí *Power Supply 24 Volts* a "zem" *Common (0 Volts)*, obr. 4.16. Poté přepneme do knihovny *Contacts* a vybereme *Contact Normally Open* (první prvek v knihovně), který představuje kontakt spínaný cívkou. Dále vybereme *Proximity Switch Normally Open* a *Proximity Switch Normally Close*, obr. 4.17, což jsou kontakty koncových spínačů.



obr. 4.16 Knihovna Power Sources

Obr. 4.17 Knihovna Contacts

Z knihovny *Switches* vybereme *Pushbutton Normally Open*, obr. 4.18, který představuje spouštěcí tlačítko Start. Knihovna *Output Components* obsahuje výstupní prvky elektrických obvodů jako cívky, elektromotory atd. Z této knihovny vybereme cívku (či spíše relé) *Coil* a *Solenoid*, *DC/AC*, což je v našem případě elektromagnet ovládající šoupátko

rozváděče, obr. 4.19. Po vložení pracovních prvků se vždy zobrazí okno, kde je třeba vyplnit *Tag Name*, tedy označení prvku.



obr. 4.18 Knihovna Switches

obr. 4.19 Knihovna Output Components

ŦΧ

٠

Ŧ

٠

Poklikáním na rozváděč otevřeme dialogové okno *Component Properties / Variable Assigment* a přiřadíme cívce rozváděče příslušné označení (vybereme Y1 nebo Y2 a klikneme na *Link*). Stejným způsobem je potom třeba přiřadit označení všem kontaktům, u kterých je dosud zobrazen otazník. Z uvedených komponentů je potom možno sestavit elektrický obvod, který je uveden na obr. 4.20.

Popis zapojení:

Sekvence pohybů je odstartována tlačítkem Start za podmínky, že pneumomotor 2.0 je v základní poloze. Proto spínač Start a kontakt S3 zapojíme do série. Tím je přiveden signál na cívku K1, ta sepne kontakt ve větvi se solenoidem Y1 a dojde k přestavení rozváděče 1.1. Protože se jedná o rozváděč monostabilní, je třeba k tlačítku Start přidat ještě paralelní "samodržnou větev" s kontaktem K1. Ta zabezpečí, že ani po rozpojení kontaktu tlačítka Start nedojde k přestavení rozváděče do základní polohy a tím k návratu pístnice. K jejímu zpětnému chodu dojde až po dosažení koncové polohy, kdy rozepne spínač S2 větev nad cívkou K1.



Vysouvání pneumomotoru 2.0 je podmíněno tím, že se pneumomotor 1.0 vrátí do základní polohy a sepne koncový spínač S1. Ten je ovšem aktivní již při začátku sekvence což způsobí nežádoucí vysunutí pístnice pneumomotoru 2.0. Proto je třeba do zapojení zahrnout podmínku, že pneumomotor 2.0 může začít práci až v okamžiku, kdy ji dokončí pneumomotor 1.0. Jedná se v podstatě o jakousi "paměť vysunutí pístnice pneumomotoru 1.0", obr. 4.20. Jakmile dosáhne pístnice 1.0 koncové polohy, sepne snímač S2 paměť, tedy cívku K2, jejíž kontakt je zapojen do větve řízení rozváděče 2.1. V této větvi je i zmíněný koncový spínač S1, který odstartuje vysouvání pístnice 2.0. Jakmile píst pneumomotoru 2.0 dosáhne koncové polohy, aktivuje koncový spínač S4, který rozpojí paměťovou i řídicí větev a dojde k zasunutí pístnice. Obvod je potom v základním nastavení.

Příklad 4: Elektropneumatický obvod – řízení pomocí programovatelného automatu

V této části bude vysvětleno řízení pneumatických mechanismů pomocí programovatelného automatu, tedy tvorbu programu pomocí *Ladder diagramu (LDR)*. V podstatě se jedná o liniové schéma podobně jako v předchozím případě, pouze otočené o 90°, jednotlivé větve jsou tedy vodorovné. Skladba řídicího programu je téměř totožná s tím rozdílem, že na výstup programovatelného automatu lze přímo zapojit cívky rozváděče a program se potom zjednoduší o poslední dvě větve v porovnání s elektrickým schématem. Schéma pneumatického obvodu bude tedy stejné a budou zde vysvětleny pouze rozdíly při práci s jednotlivými prvky Ladder diagramu.

Na pracovní plochu vložíme pneumomotory, monostabilní 5/2 rozváděče, škrticí jednosměrné ventily, rychloodvětrávací ventil a snímače koncových poloh, které označíme S1 až S4 stejně jako v příkladu 3. Pro názornost ponecháme stejné označení i když se u PLC používá jiné značení.

Přejdeme do knihovny *Electrical Control (IEC Standard)/Switches* a v ní vybereme a vložíme na plochu spínač *Pushbutton Normally Open*. Dvojklikem na spínač otevřeme *Component Properties*, v *Component Variables* klikneme na *Modify* a do *Tag Name* napíšeme název prvku "Start", potvrdíme *Ok* a zavřeme nabídku (*Close*). V projektu tedy máme pneumatické schéma a startovací tlačítko.

Nyní přejdeme do knihovny *Ladder (IEC Standard)*, která obsahuje symboly pro tvorbu Ladder diagramu. Automation Studio obsahuje dále knihovny *Ladder for AB PLC* a *Ladder for Siemens PLC*, které obsahují stejné prvky, drobné rozdíly jsou pouze ve značení. Z knihovny *Rung* vložíme *Rung*, což je v podstatě rámec, do kterého se vkládají jednotlivé prvky programu. Rámec nabízí konektory pro sedm větví (příček). Pokud je třeba kapacitu zvětšit nebo zmenšit, označíme rámec kliknutím levým tlačítkem myši a protáhneme jej pomocí zvýrazněných bodů.

Další prvky, které budeme potřebovat, jsou kontakty a cívky. Kontakty se nacházení v knihovně *Contact.* Z prvků v této knihovně budeme potřebovat spínací kontakty (*Normally Open Contact (NO)*) a rozepínací kontakty (*Normally Closed Contact (NC)*). Různé druhy cívek se nacházejí v knihovně *Coil*, ze které budeme pro daný případ potřebovat pouze základní typ *Coil (CO)*.

Práci s Ladder diagramem si vysvětlíme na první větvi, obr. 4.21, která tvoří ovládání rozváděče 1.1 (odpovídá části elektrického ovládání na obr. 4.20 označeného jako řízení rozváděče 1.1).



obr. 4.21 První větev Ladder diagramu

Do rámce vložíme všechny uvedené prvky a propojíme jejich konektory. Všechny prvky jsou zatím bez označení. Právě v **označování** jednotlivých prvků je největší **rozdíl** v porovnání s elektrickým řízením. Kontakty Start, S3 a S2 označíme standardním způsobem, tedy dvojklikem na značku otevřeme *Component Properties/Variable Assigment,* zvolíme příslušné označení a pomocí *Link* potvrdíme. U kontaktu Y1, který odpovídá výstupnímu zařízení, tedy cívce Y1 to možné není. Při vložení cívky totiž program nenabídl okno pro vyplnění názvu - *Tag name*. Název (proměnná) tedy zatím není do projektu zavedena. Změnit název není možné ani v *Component Properties*. Vytvořit název (proměnnou) je možno pouze prostřednictvím *Variable Manager*, který spustíme ikonou (*Variable Manager*) z nástrojové lišty Project.

Variable Manager				<u> </u>
Filter:			Update New Variable Modify Variable Delete Variable	OPC Links
Tag Name 🛆	Value	Тур	Add a variable	× A
ACTIVE_SIMULATI	FALSE	Boolear		
FIRST_CYCLE_SIM	FALSE	Boolear	rag Nake	
K2	FALSE	Boolear	Y1	
S1	TRUE	Boolear	Address	
S2	FALSE	Boolear		
S3	TRUE	Boolear	PLC	
S4	FALSE	Boolear		<u>▼</u>
•			Variable Type	• •
Help	Clo	se	Boolean	
1			Document	
			Project	•
			Description	
			OK Cancel Help	

obr. 4.22 Okno Variable Manager a Add a variable

V okně Variable Manager klikneme na Add a variable. V novém okně vyplníme název (*Tag Name*) Y1 a adresu PLC a potvrdíme OK. Stejným způsobem vytvoříme další potřebné proměnné Y2 a K2. Přiřazení názvů jednotlivým prvkům (kontaktům i cívkám) je potom již standardní v Component Properties/Variable Assigment. Stejně vytvoříme další větve programu. Výsledné schéma je na obr. 4.23.



obr. 4.23 Schéma řízení pomocí Ladder diagramu

5 Sequential Function Chart (GRAFCET)

Kromě uvedených způsobů provedení řízení lze v Automation Studio využít rovněž sekvenční funkční diagram (SFC) nebo pod jiným označením GRAFCET. SFC otevřeme z *File/New/Sequential Function Chart*. Objeví se základní obrazovka SFC a v něm okno *Document Properties*, obr. 5.1.

Automation Studio -	[A+B+A-B-:SFC1 ert SFC Simulation] n Tools W	indow ?		-	-					
G 🔁 🖬 🍜 🛐	8 B - *	- C	自中中	¢ + ₽	å ST C ∎ 47%	• <u>କ୍</u> ର୍	G.⊞0	ኛ (∜) [🥥	11 7 80	● ²⁹ 2 ³	
	Document Prope	rties								×	0
	Page Setup		Name	SFC1							2
	Map Locator		Hierarchic	0				Uncondition	al SEC run 🔽		D
	Summary Info		Class	Standard	Source Step						
	History		Comment					-			
	History		4				<u>)</u>		Time upervision		
			Display Level	ents (action, tr nts, Level 1	ansition), Level 2						
			Simulation Boolean Numeric Active S	Animation al Animation itep Scrolling		⊙ Simula ⊂ Anima	ated SFC ated SFC				
			Options Fit Verg	ences Automal tic Jump-to Lab	tically bel on Rising Link	🔽 Autor	matic Open Prop	erties Dialog Bo	ix I		
	Close		Арр	ly	[Reset			Help		
-											
Ready										NL	M //

obr. 5.1 Obrazovka SFC s oknem *Document Properties*

Zde lze SFC diagram pojmenovat a zvolit další vlastnosti. V záložce *Page Setup* lze volit formát výkresu, okraje, měřítko diagramu. Tlačítkem *Close* se toto okno zavře a k dispozici je SFC diagram. Upravíme si velikost kreslící plochy a můžeme vkládat symboly. Vkládání je možné z menu *SFC/Insert* nebo z lišty SFC, kde jsou následující možnosti:



- Initial Step
- Macro Step
- In Step
- Out Step
- Standard Step

- Transition
- Alternate Step/Transition
- Alternate Transition/Step
- Structured Text
- Comment

Tvorbu programu si vyložíme na úloze, jejíž obvodové schéma je na obr. 5.2 a sekvence pohybů vyjádřená zkrácenou symbolikou je A+ B+ B- A-.



obr. 5.2 Obvodové schéma

Nejdříve vložíme výchozí krok (*Initial Step*), ihned se objeví okno *Step Properties*, ten bez dalšího opustíme pomocí tlačítka *OK*.

1

Na spodní konektor připojíme přechod (Transition).



Zde se vkládají podmínky pro vykonání dalšího kroku. Objeví se okno *Transition Properties*, kde v poli *Conditions* se podmínky zapíší. To se provede následovně:

Transition Prop	erties		×
Graph Name	SFC1	ОК	
Number	2 Number Lock	Cancel	
Conditions		Help	
		Guided Mode	
		New Variable	
		External Link	
Comment			_
		Upstream Steps	
र		Downstream Steps	

obr. 5.3 Okno Transition Properties

Stlačíme zde tlačítko Guided Mode a tím se zobrazí další okno Transition Guided Mode.

ansition (Guided Mode			
Vumber	Statement			ОК
2				Cancel
				Help
/ariables	Project1			🔽 Syntax
Va	ariable Name 🛛 🛆	Address	Internal ID	New Variable
EQ_MAX EQ_MAX EQ_MIN_ EQ_MIN_ EQ_MIN_ TART TART	_ACK_MEM _FAULT ACK ACK_MEM FAULT < ACK		1.1 <u>53</u>	External Link
Syntax —	-1		TE E/ T/	
TON/		;=1 ;=0		1
AND	OR XOR		- * /	1

obr. 5.4 Okno Transition Guided Mode

V seznamu proměnných *Variable Name* jsou všechna čidla i startovací tlačítko, která jsme již předem nakreslili v obvodovém schématu elektropneumatického obvodu na obr. 5.2. Vybereme zde startovací tlačítko, tedy proměnnou START a dvojklikem ji zobrazíme v poli *Statement*. Tato proměnná se zobrazí ve tvaru 1-1S3.START tzn., že nejdřív je interní označení (*Internal ID*) a za tečkou název proměnné. Jak je vidět ve spodní části na obr. 5.4, lze do podmínky vložit i logické funkce. To využijeme nyní k tomu, abychom zajistili, že start sekvence nastane jen tehdy bude-li válec A ve výchozí poloze. Použijeme logickou funkci

AND, která zajistí, že start nastane při stlačení startovacího tlačítka START a současně při aktivovaném bezdotykovém čidle S1. V okně *Transition Guided Mode* stlačíme tlačítko *AND* a poté dvojklikem na proměnné S1 obdržíme v poli *Statement* následující zápis: 1-1S3.START AND 1-1S1.S1 . Logické funkce se zobrazují modře. Pokud bude zápis fialový (S1 AND), není syntakticky v pořádku. Po stlačení *OK* se text ze *Statement* přenese do pole *Conditions* okna *Transition Properties* a dalším *OK* pak již do SFC diagramu.



Nyní v 2. kroku se má válec A vysunout. Tzn., že elektromagnet rozváděče válce A se musí zapnout. Jak si povšimnete, do obvodového schématu nelze vložit *Tag Name* elektromagnetů. I když se o to snažíme, zůstává u nich otazník, jak je vidět z obr. 5.5. Jak to tedy provedeme? Do SFC diagramu vložíme další krok (*Standard Step*), čímž se zobrazí okno *Step Properties*.

Step Propertie	5	X
Graph Name	SFC1	ОК
Number	2 Number Lock	Cancel
Туре	Standard Step Graph	
Actions		Guided Mode
		New Variable
		External Link
Unconditio	nal Actions 🔲 Break Point	Time Supervision
		Upstream Transitions
T		Downstream Transitions

obr. 5.5 Okno Step Properties

V okně *Step Properties* stlačíme tlačítko *Guided Mode* a tím se otevře další okno *Step Guided Mode* viz obr. 5.6.

Step Guideo	l Mode						X
Number	Statement						OK Cancel Help
Variables	, Znovua+b	+b-a-					Syntax
Va	ariable Name	Δ	A	ddress		Internal ID	🔺 📩 New Variable
ACTIVE SI ESC FIRST_CYI FORCED FORCED GEN_FAUL INIT Syntax	MULATION CLE_SIM .T				×1	<u></u>	External Link
=0	=1	:=	:=1	:=0	IF	F/T/	
TON/	TOF/	TP/	<u> </u>	F_TRIG(a) ^	R_TRIG(a)	
AND	OR	XOR	NOT	+	-	* /	
MOD	<	<=	=	>=	>	\Leftrightarrow	More >>

obr. 5.6 Okno Step Guided Mode

Elektromagnety nejsou dosud pojmenovány, nenajdeme je tedy v seznamu proměnných a musíme název zadat stlačením tlačítka *New Variable* a do okna *Add a variable* napíšeme do *Tag Name* např. SOL1 (solenoid 1), obr. 5.7.

Add a variable		×
Tag Name		
SOL1		
Address		
Variable Type		
Boolean	•	
Document		
Project		•
Description		
ОК	Cancel	Help

obr. 5.7 Okno Add a variable

Po stlačení *OK* se proměnná objeví v *Step Guided Mode* a dalším *OK* v poli *Action*. Tečku před označením lze vymazat. Dáme *OK* a popis akce se objeví v obdélníku vpravo u příslušného kroku v SFC diagramu. Zároveň vidíme, že kroky se číslují automaticky.



Nyní vložíme podmínku pro vykonání 3. kroku. Obdobně jako jsme učinili po výchozím kroku vložíme přechod (*Transition*). Podmínkou je, že válce A je vysunut, tedy že je aktivováno bezdotykové čidlo S2. V SFC diagramu se objeví:

Ve 3.kroku se musí vysunout válec B tj. zapnout solenoid 2. Opět je nutno nejdříve vložit novou proměnnou SOL2. Zároveň musí zůstat válec A vysunutý. Pod napětím tedy musí být oba elektromagnety solenoid 1 i solenoid 2. To lze provést následovně: Vložíme vedle sebe krok 3 s akcí SOL1 a krok 4 s akcí SOL2 a konektory obou připojíme spojnicí na spodní konektor přechodu 2. Automaticky se vytvoří dvojitá vodorovná čára – AND divergence.



Vložíme další přechod (3), ten bude mít podmínku, že válec B je vysunut, tedy že je aktivováno bezdotykové čidlo S4. Nyní spojíme spodní konektory kroků 3 a 4 s přechodem 3, čímž se vytvoří automaticky dvojitá vodorovná čára – AND konvergence.

V 5. kroku se má válec B zasunout, avšak válec A ještě stále musí zůstat vysunutý tzn. SOL1 pod napětím.



Vložíme přechod 4, který bude mít podmínku, že válec B je zasunut, tedy že je aktivováno bezdotykové čidlo S3.

Válec A se zasune, neboť za přechodem 4 již nenásleduje žádný krok (žádná akce). Nyní program ukončíme tím, že poslední konektor propojíme spojnicí se vstupním konektorem výchozího kroku – provedeme uzavření cyklu viz obr. 5.8.



obr. 5.8 Uzavření cyklu programu GRAFCETu

Abychom mohli odsimulovat elektropneumatický obvod i program v GRAFCETu, je třeba zvolit v menu *Simulation/Project* nebo ikonu ⁽²⁾ . Na obrazovce zobrazíme současně diagram s elektropneumatickým obvodem i diagram SFC (program v GRAFCETu) z menu *Window/Vertical Tile* . Optimální velikost zobrazení v obou částech obrazovky si nastavíme z menu *View/ Zoom All Components* nebo ikonou ⁽²⁾ .

6 Příklad z hydrauliky

Již bylo uvedeno, že Automation Studio umožňuje kreslení nejen pneumatických, ale i hydraulických a elektrických obvodů. Přestože je tento text určen pro výuku pneumatických mechanismů, zařazujeme zde jeden příklad na možnosti využití programu v hydraulice.

Zadání:

Navrhněte obvod s přímočarým hydromotorem pro parametry: sílové zatížení při vysouvání $F_1 = 40000 N$, sílové zatížení při zasouvání $F_2 = 10000 N$, rychlost vysouvání $v_1 = 0,1 m \cdot s^{-1}$, rychlost při zasouvání $v_2 = 0,2 m \cdot s^{-1}$. Rychlost pohybů seřid'te na přesnou hodnotu pomocí škrticích ventilů.

Nejprve sestavíme v Automation Studio obvod a poté se budeme věnovat dimenzování a volbě jednotlivých prvků.

V Library Exploreru otevřeme knihovnu Hydraulic, ve které jsou umístěny knihovny jednotlivých druhů hydraulických prvků. Z knihovny Actuators/Double-Acting Cylinders vložíme na pracovní plochu dvojčinný hydromotor. V Component Properties/Builber lze volit typ pístu, tlumení, brzdu pístnice atd., stejně jako tomu bylo i u pneumomotorů. V Component Properties/Sizing lze provést dimenzování prvku, což bude vysvětleno později. Z knihovny Directional Valves/ 4/3-Way Valves vložíme na plochu 4/3 rozváděč ovládaný pákou s aretací poloh. Rozváděč má uzavřený střed, proto jej v Component Properties/Builber změníme na otevřený (propojeno P a T).

Rychlost pohybů má být regulována na přesnou hodnotu pomocí škrticích ventilů, proto z knihovny *Flow Controls/Throttle Valve* vložíme dva jednosměrné škrticí ventily (*Variable Non Return Throttle Valve*) a otočíme je tak, aby umožňovaly škrcení na výstupu z hydromotoru. V knihovně *Flow Controls* dále otevřeme *Check Valves* a na plochu vložíme jednosměrný ventil s pružinou (*Spring Loaded Check Valve*), který bude zařazen za hydrogenerátor. Ten vybereme v knihovně *Pumps and Power Units*. Ze široké nabídky zvolíme nejjednodušší typ *Variable Displacement Pump*.

V knihovně *Pressure Controls/Pressure Relief* vybereme vhodný pojistný ventil. Filtr řazený do odpadní větve vyhledáme v knihovně *Fluid Conditioning*. Posledním prvkem, který je třeba do obvodu zařadit je nádrž. Tu najdeme v knihovně *Flow Lines and Connections*. Poté propojíme jednotlivé prvky. Hotové schéma je na obr. 6.1.

Pokud je rozváděč ovládán elektricky, sestavíme elektrický řídicí obvod podobně jako tomu bylo v části věnované elektropneumatickému řízení.



obr. 6.1 Schéma hydraulického obvodu

6.1 Výpočty a dimenzování hydraulických prvků

Již bylo uvedeno, že Automation Studio lze využít k dimenzování hydromotorů a dalších prvků. Prvky máme navrhnout pro výše zadané parametry systému: sílové zatížení při vysouvání $F_1 = 40000 N$, sílové zatížení při zasouvání $F_2 = 10000 N$, rychlost vysouvání $v_1 = 0,1 m \cdot s^{-1}$, rychlost při zasouvání $v_1 = 0,2 m \cdot s^{-1}$. Maximální tlak systému nastavený na pojistném ventilu je $p_{pv} = 30 MPa$. Pro výpočet však zvolíme nižší hodnotu a to p = 25 MPa.

Nejprve tedy zjistíme potřebný průměr pístu hydromotoru. Dvojklikem na hydromotor vyvoláme *Component Properties* a přejdeme do položky *Sizing*, obr. 6.2. V levé části okna *Sizing Parameters* zatrhneme známé parametry a vyplníme jejich hodnoty (modrá pole), tedy především tlak (250 bar), zatížení a rychlosti posuvu pístu, obr.6.3. (Pozn. Aby výpočet proběhl, je třeba zadat i jakýkoliv průměr pístnice, hmotnost připojené zátěže i pokud je nulová a úhel sklonu hydromotoru opět i nulový. Pokud při výpočtu některá hodnota chybí, nebo je výpočet naopak přeurčen je uživatel v průběhu výpočtu vyzván k nápravě.). Výpočet se spustí kliknutím na tlačítko *Calculate*. (Pozn. Rovnicemi užitými pro výpočet lze procházet po kliknutí na *Equations*.) Vypočítané hodnoty se zobrazí červeně.

Component Properties (De	ouble-Acting Cylinder)			X
Technical Data Driving Force Curve Resistive Force Curve			d _p A _p A, P, A, C J jednotky	T + + + + + + + + + + + + +
Builder Variable Assignment	Sizing parameters		lze měnit	Check the known parameters and set
Catalog Information Displayed Information Personalized Information	Piston Diameter (D) Rod Diameter (d) Stroke (L) Piston Side Area (Ap) Rod Side Area (Ar)	d _p d _r L _d A _p A _r	50.00 mm • 20.00 mm • 500.00 mm • 19.63 cm2 • 9.46 cm2 •	"Calculate" to obtain all other parameters.
	Extend volume Retract volume Extend time Retract time	V _° V _r t _°	981.75 cm3 ▼ 472.81 cm3 ▼ 5.00 H:mn:S ▼ 2.50 H:mn:S ▼	Calculate
	I Mass I Angle	M œ	0.00 kg 💌 0.00 deg 💌	Equations Find part
Close	Apply		Reset	Help

obr. 6.2 Pracovní okno Sizing Parameters

Resistive Force Curve			,	
Builder	Sizing parameters			Check the known
Variable Assignment	Known			parameters and set
Catalog Information	Push External Force	F _{so}	40000.00 N 💌	Calculate" to obtain
Displayed Information	VIII External Force	F _{re}	-10000.00 N 💌	all other parameters.
Personalized Information	Total extend load	F.	4000.00 daN 💌	
Sizing	Total retract load	Fr	-4000.00 daN 💌	
	Extend flow	Q,	11.78 I/min 💌	
	Retract flow	Q,	11.35 1/min 💌	Calculate
	Extend pressure	P,	250 Bar 💌	
	Retract pressure	P _r	-423.00 Bar 💌	Print
	Average extend speed	v.	0.10 m/s 💌	
	verage retract speed	v,	0.20 m/s 💌	Equations
	Rod internal diameter	d _{ir}	0.00 mm 💌	Find part

obr.6.3 Pracovní okno Sizing Parameters - pokračování

Podle výsledku průměru pístu zvolíme z katalogu vhodný hydromotor a do příslušných kolonek vepíšeme hodnoty průměru pístu a pístnice (50/36). (Pozn. V plné verzi Automation Studio lze volit prvky z knihovny po kliknutí na *Find Part*. Školní verze toto však neumožňuje.). Odstraníme zaškrtnutí u položky pracovního tlaku a opět spustíme výpočet. Nejdůležitějšími výsledky jsou skutečné potřebné hodnoty tlaku pro vysouvání a zasouvání a potřebný průtok, který bude dále sloužit k dimenzování hydrogenerátoru.

Po kliknutí na *Apply* by se automaticky měly hodnoty rozměrů hydromotoru a jeho zatížení uložit do *Componeumt Properties/Technical Data*. Je však vhodné toto překontrolovat, protože právě hodnoty zde uvedené jsou třeba při simulaci a výpočtu průběhů jednotlivých veličin v průběhu práce mechanismu.

Resistive Force Curve	-Sizing parameters]	
Variable Assignment	Known			Check the known
Catalog Information	Angle Push External Force	a. F _{io}	0.00 deg 💌	their values. Click on "Calculate" to obtain all other parameters.
Personalized Information	Pull External Force	F _{re}	-10000.00 N 💌	
Sizing	Total extend load	F.	4000.00 daN 💌	
	Total retract load	F	-1000.00 daN 💌	
	Extend flow	Q,	11.78 1/min 💌	
	Retract flow	Q,	11.35 1/min 💌	Calculate
	Extend pressure	P,	203.72 🛛 🖛 💌	Print
	Retract pressure	P,	-105.75 Bar 💌	
	Average extend speed	v.	0.10 m/s 💌	Equations
	Average retract speed	vr	0.20 m/s 💌	▼ Find part
Close	Apply		Reset	Help

obr.6.4 Pracovní okno Sizing Parameters - výsledné hodnoty

Ve spodní části Sizing Parameters lze dále zjistit kritickou hodnotu síly při namáhání na vzpěr, je ovšem třeba správně zadat redukovanou (ekvivalentní) délku L_o a součinitel závislý na uložení (v AS značeno λ). K tomu slouží tabulka, obr. 6.5, která se zobrazí po kliknutí na tlačítko u příslušného řádku.



obr. 6.5 Tabulka pro určení redukované délky a součinitele uložení

Nyní přejděme k návrhu hydrogenerátoru. Dvojklikem na hydrogenerátor otevřeme *Component Properties* a přejdeme do *Sizing*. Opět zatrhneme známé parametry a vepíšeme jejich hodnoty, tedy otáčky elektromotoru (1450min⁻¹) a výstupní průtok, který jsme získali z výpočtu hydromotoru (11,78 l.min⁻¹). Vstupní tlak ponecháme nulový, účinnosti 100% a dále je třeba vyplnit výstupní tlak, nebo rozdíl tlaků na hydrogenerátoru, obr. 6.6. Spustíme výpočet, vypočtené hodnoty se zobrazí červeně a podle hodnoty geometrického objemu (*Dispacement*) navrhneme z katalogu vhodný hydrogenerátor.



obr.6.6 Pracovní okno Sizing Parameters - výpočet geometrického objemu

Vepíšeme skutečnou hodnotu geometrického objemu (12 cm³) a účinností a spustíme výpočet.

Personalized fillionnadon Sizing	Displacement	D	12.00 cm3/rev 💌	their values, Click on "Calculate" to obtain
	✓ Nominal Speed	ω	1450.00 RPM 💌	all other parameters.
	🔲 🗖 Output Flow	Q	16.88 [/min 💌	
	Inlet pressure	\mathbf{P}_1	0.00 Bar 💌	
	Dutlet pressure	P 2	250.00 🛛 🖉 💌	
	Differential pressure	Δр	250.00 Bar 💌	Calculate
	🗌 🗖 Torque	Т	4.87 daN.m 💌	Calcalace
	Power	Р	7.03 kW 💌	Print
	Volumetric efficiency	n, a	97.00 %	
	Mechanical efficiency	η _{mp}	98.00 %	Equations
J	🔲 🔲 Overall efficiency	η _φ	95.06 %	Find part

obr.6.7 Pracovní okno *Sizing Parameters* – výpočet skutečného průtoku Výsledkem výpočtu jsou hodnoty skutečného průtoku, krouticího momentu a výkonu, obr.6.7. Hodnoty potvrdíme kliknutím na *Apply* a opět je překontrolujeme v *Technical Data*. Dalším prvkem, který umožňuje základní výpočty je škrticí ventil. Po zadání potřebných parametrů je možno zjistit tlakovou ztrátu na prvku. Hodnoty hustoty a viskozity různých kapalin a průtokový součinitel lze volit z tabulek, resp. grafu, které lze spustit kliknutím na tlačítko u příslušného řádku, obr. 6.8.



obr. 6.8 Pracovní okno Sizing Parameters - škrticí ventil

Podobně lze po zadání materiálu potrubí (hadice), délky, průměru, drsnosti, průtoku a dalších parametrů vypočítat tlakovou ztrátu na vedení, obr. 6.9.

Component Properties (Pressure Line)								
Technical Data Configuration								
Catalog Information Displayed Information Personalized Information Sizing	Sizing parameters Known Flow Density Absolute viscosity Kinematic viscosity Flow velocity	Q μ ν ν	60.00 1/min ▼ 900.00 kg/m3 ▼ 45.00 cP 50.00 cSt 318.31 cm/s ▼	Check the known parameters and set their values. Click on "Calculate" to obtain all other parameters.				
	Reynolds number Laminar head loss coefficient Turbulent head loss coefficient Laminar flow pressure loss Turbulent flow pressure loss	Re f _i f _t Δр _i	1273.24 0.050 0.060 0.11 Bar • 0.14 Bar •	Calculate Print Equations				
Close	Apply	R	eset	Help				

obr. 6.9 Pracovní okno *Sizing Parameters* – vedení tlakové kapaliny (Pozn. U rozváděčů nabídka *Sizing* není, nelze tady provádět žádné výpočty.)

Poté, co máme navrženy prvky, můžeme přikročit k simulaci funkce mechanismu a vykreslení průběhů důležitých veličin. Zapneme *Plotter* a do jeho okna přetáhneme hydromotor. Z nabídky možných zobrazovaných veličin zvolíme tlak na straně pístu (*Piston Side Pressure*), tlak na straně pístnice (*Rod Side Pressure*) a rychlost pístu (*Linear Speed*). Rozsah jednotlivých zobrazovaných veličin, tedy minimální a maximální hodnotu, lze nastavit v dolní části Plotteru. Spustíme simulaci a kliknutím na rozváděč jej přesuneme do polohy pro vysouvání a sledujeme rychlost. Pokud je vyšší než požadovaná, klikneme na škrticí ventil, čímž otevřeme okno pro nastavení velikosti otevření škrticího ventilu, obr. 6.10. Tímto lze provést hrubší nastavení (po jedné desetině mm). Pokud je třeba jemnější nastavení, vypneme simulaci a nastavení provedeme v *Component Properties/ Technical Data*. (Pozn. Maximální světlost nastavení škrticího ventilu je 5 mm). Podobně lze nastavovat i tlak na pojistném ventilu a geometrický objem hydrogenerátoru.



obr. 6.10 Nastavení škrcení a tlaku

Na obr. 6.11 jsou uvedeny výsledné průběhy po nastavení škrticích ventilů. Pomocí Plotteru lze demonstrovat jak se mění rychlost při změně zatížení. Na obr. 6.12 jsou uvedeny průběhy tlaků a rychlosti pístu pro stejné nastavení škrticích ventilů, ovšem pro menší zatěžující sílu při vysouvání. Ta byla v tomto případě nastavena na 30000N. Se změnou zatížení se mění potřebný tlak a tím i tlakový spád na škrticím ventilu. Důsledkem toho je změna průtoku ventilem, což způsobí změnu posunové rychlosti, která má pro menší zatížení hodnotu 0,13 m.s⁻¹. Závěrem je třeba konstatovat, že průběhy jednotlivých veličin mají pouze informativní charakter a nemusejí tedy zcela přesně odpovídat výsledkům měření na skutečném mechanismu.



obr. 6.11 Průběhy tlaků a rychlosti při zadaném zatížení 40000N při vysouvání



obr. 6.12 Průběhy tlaků a rychlosti při zatížení 30000N při vysouvání

7 Výpočty a dimenzování pneumatických prvků

Podobně jako u hydraulických, tak i v případě pneumatických prvků lze pomocí Automation Studio provádět základní výpočty. Princip práce v *Component Properties/Sizing* je stejný jako u hydraulických prvků, proto zde budou výpočty a nabídky uvedeny jen zkráceně. V případě pneumomotoru lze opět ze zadaného zatížení a pracovního tlaku zjistit potřebný průměr pístu. Po volbě pneumomotoru z katalogu, zadání jeho skutečných rozměrů a po dosazení zatížení a doby zdvihu lze zjistit minimální potřebný tlak pro pohyb a minimální potřebný průtok vzduchu. Dalšími výsledky jsou průměrné rychlosti vysouvání a zasouvání, spotřeba vzduchu a náklady na provoz (cena spotřebovaného vzduchu). Nevýhodou je, že spotřeba vzduchu je v amerických jednotkách a náklady v dolarech. Výpočty neobsahují kontrolu pístnice na vzpěr.

Component Properties (De	ouble-Acting 2-Cushion Cylinder)			X
Technical Data Driving Force Curve Resistive Force Curve		2		↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
Builder Variable Acciennent	- Sizing parameters			Check the known
Catalog Information Displayed Information Personalized Information Sizing	Piston Diameter (D) Rod Diameter (d) Stroke (L) Piston Side Area (Ap) Rod Side Area (Ar)	d _p [d _r [L ₄ [A _p A _r	50.00 mm ▼ 25.00 mm ▼ 250.00 mm ▼ 19.63 cm2 ▼ 14.73 m2	their values. Click on "Calculate" to obtain all other parameters.
	Extend volume	v	490.87 cm3 ▼ 269.16 om2 ▼	Calculate
	Retract Volume Extend time Retract time	•, t, [t [1.0 H:mr:S -	Print
		M		Equations
	✓ Angle	ar [0.00 deg 💌	Find part
Close	Apply		Reset	Help

obr. 7.1 Pracovní okno Sizing Parameters - pneumomotor

Základní výpočty lze dále provádět u škrticích ventilů a rozváděčů. Okno *Sizing Parameters* a tím i výpočty jsou u obou těchto prvků stejné, obr. 7.2. (Pozn. U některých rozváděčů tato nabídky není). V okně lze zadat buď světlost prvku, nebo jeho průtokový součinitel Cv a pro zadaný vstupní a výstupní tlak nebo tlakovou ztrátu program vypočítá ekvivalentní délku vedení a průtok prvkem. Jsou zde opět použity americké jednotky, takže výpočty zřejmě nenajdou větší uplatnění.



obr. 7.2 Pracovní okno Sizing Parameters - škrticí ventil a rozváděč

Lze říci, že stejné je i okno *Sizing Parameters* pro vedení stlačeného vzduchu. Opět lze ze zadaných rozměrů a vstupního a výstupního tlaku vypočítat průtok. Nevýhodou je, že nelze opačně z průtoku a vstupního tlaku vypočítat tlakovou ztrátu.

Závěrem lze říci, že z uvedených výpočtů lze využít dimenzování pneumomotoru. Ostatní výpočty nejsou pro evropského uživatele příliš výhodné. Automation Studio dále neobsahuje nebo neumožňuje některé výpočty (např. zmíněný výpočet tlakové ztráty), které by z hlediska navrhování pneumatických mechanismů byly zajímavé. Důvodem tohoto nedostatku je komplikovanost výpočtů se stlačeným vzduchem.

8 Závěr

V tomto textu byly uvedeny základy práce v Automation Studio. Text nemohl obsáhnout a postihnout všechny možnosti programu. Více informací o jednotlivých prvcích lze nalézt po kliknutí na *Help* v okně *Component Properties*. Další informace lze čerpat z uživatelské příručky, která je po instalaci AS umístěna v adresáři *Automation Studio* 5.3*Help\En\Pdf* (anglická verze), případně lze v adresáři *Help* volit jiné jazykové verze (francouzská, německá, španělská, italská). Ukázky práce v Automation Studio (soubory *.pr5) lze otevřít z adresáře *Automation Studio* 5.3*DEMOS_and_TUTORIALS*.